مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

خشک‌کردن سیب با استفاده از خشک‌کن خورشیدی با چرخه جاذب در دو حالت تابش مستقیم –همرفتی و غیرمستقیم-همرفتی

شادیه یوسفی[۱]، مهدی کاشانی نژاد[۲*]، حسین درویشی[۳]، امان محمد ضیایی‌فر[۲]، هیمن نوربخش[٤]

۱- دانشجو کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۳- دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

٤- استادیار گروه علوم صنایع غذایی، دانشگاه کردستان.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۱۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۲/۱۹

کلمات کلیدی:

خشک‌کن خورشید،

تابش مستقیم،

همرفتی و غیرمستقیم،

همرفتی،

دارچین،

ساکارز

DOI:10.22034/FSCT.21.154.107.

* مسئول مکاتبات:

چکیده

هدف: هدف از پژوهش حاضر خشک‌کردن سیب با استفاده از خشک‌کن خورشیدی با چرخه جاذب در دو حالت تابش مستقیم –همرفتی و غیرمستقیم-همرفتی می‌باشد. از دو نوع روش خشک کردن مستقیم و غیرمستقیم با جاذب و بدون جاذب رطوبت و خشک کردن در هوای آزاد استفاده شد. ورقه‌های سیب آماده‌شده از قبل (طعم دار شده با دارچین) روی یک قطعه توری با ابعاد مشخص قرار گرفت، وزن اولیه نمونه‌ها اندازه‌گیری و در داخل خشک‌کن خورشیدی با چرخه جاذب در دو حالت تابش مستقیم –همرفتی و غیرمستقیم-همرفتی، گذاشته شد؛ و طی فرایند خشک شدن سرعت تبخیر، بافت، چروکیدگی، میزان بازجذب آب، میزان حفظ ویتامین C (آسکوربیک اسید) و تغییر رنگ و خصوصیات حسی در سطوح مختلف تیمار (۳۰ درصد ساکارز و بدون ساکارز و صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد دارچین) بررسی و همچنین چند نمونه به‌عنوان شاهد بدون طعم‌دار کردن با دارچین به‌تنهایی توسط خشک‌کن خورشیدی خشک شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش آماری طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی و استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲٦ صورت گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در روش مستقیم و غیرمستقیم، با و بدون جاذب رطوبت نرخ حذف رطوبت در نمونه‌های بدون ساکارز نسبت به نمونه‌های دارای ساکارز و دارچین بیشتر می‌باشد و مقایسه نمونه‌های کنترل در دو روش مذکور با و بدون جاذب رطوبت نشان می‌دهد که سرعت تبخیر نمونه‌ها در جاذب رطوبت به صورت معنی‌دار بیشتر است. علاوه بر این در نمونه‌های دارای ساکارز در روش دارای جاذب رطوبت سرعت تبخیر پایین‌تر می‌باشد و در روش مستقیم آفتاب در مقایسه با خشک‌کن خورشیدی به صورت معنی‌داری سرعت خشک‌کردن پایین آمده و نتایج سرعت تبخیر در روش خشک‌کردن غیرمستقیم نیز نشان داد که همانند روش مستقیم، نرخ تبخیر نمونه‌های دارای تیمار دارچین و فاقد ساکارز بیشتر از نرخ تبخیر در نمونه‌های دارای ساکارز و کنترل می‌باشد. نتایج آنالیز بافت نیز حاکی از آن بوده؛ بیشترین میزان سفتی در روش مستقیم بدون جاذب برای نمونه‌های بدون ساکارز با میانگین‌های فاقد اختلاف معنی‌دار است. همچنین دارچین سبب افزایش نیروی سفتی در نمونه‌های بدون جاذب رطوبت در روش خشک‌کردن غیرمستقیم شد و نمونه‌های دارای ساکارز میزان چروکیدگی کمتری داشته و با افزایش غلظت دارچین میزان چروکیدگی افزایش و بیشترین افزایش در روش مستقیم بدون جاذب در مقادیر ۲ درصد دارچین و در روش مستقیم با جاذب در غلظت ۱ درصد دارچین مشاهده شد. بررسی میزان باز جذب آب نیز در روش‌های خشک‌کردن مستقیم و غیرمستقیم نشان داد که نمونه‌های دارای ساکارز شرایط باز جذب آب مطلوب‌تری داشته و میزان تخریب ویتامین C نیز نشان داد که استفاده از ساکارز سبب بهبود حفظ ویتامین C می‌شود و آنالیز تغییر رنگ نیز حاکی از آن بوده که نمونه‌های دارای ساکارز در هردو روش شرایط مناسب‌تری دارند. بنابراین نتایج مربوط به ارزیابی خصوصیات حسی نشان داد نمونه‌هایی که دارای ساکارز و غلظت‌های مختلف دارچین بوده‌اند، بیشترین نمره ارزیابی را دریافت کرده‌اند. فلذا می‌توان بیان کرد که نمونه‌هایی که با محلول اسمزی و ساکارز خشک شده‌اند به طورکلی مقبولیت بیشتری هم از لحاظ فیزیکی و هم رنگ، طعم و مزه داشته‌اند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

۱-مقدمه

بر اساس نتایج تحقیقات اولیه، امروزه کشورهای جهان به طور متوسط سالانه ۸۹۵۶۵۹۷۳ تن سیب تولید می‌کنند [۱]. سیب به دلیل داشتن خواص درمانی سرشار از انواع ویتامین‌ها و عناصر کمیاب T یکی از مهم‌ترین میوه‌ها در رژیم غذایی روزانه ما است. سیب منبع خوبی از مواد مغذی ازجمله فیبر، ویتامین C و آنتی اکسیدان ها است که می‌تواند به هضم سالم، کاهش ۱۰-۱۵ درصدی کلسترول، سلامت مغز و مدیریت وزن کمک و همچنین از بدن در برابر برخی بیماری‌ها مانند سرطان، بیماری‌های قلبی و دیابت نوع ۲ محافظت کند [۲، ۳]. علاوه بر این، حاوی اسیدهای چرب فرار ازجمله استیک، پروپیون، ایزوبوتیریک و والرین است [٤]. تمامی انواع سیب از نظر ترکیب شیمیایی با یکدیگر تفاوت اندکی دارند، به علاوه میوه سیب‌هایی که در استان‌های مختلف و عرض‌های جغرافیایی مختلف می‌رویند نیز متفاوت است [۵].

امروزه خشک‌کردن ورقه‌های میوه‌های مختلف مانند سیب، پرتقال، کیوی، موز و ... مرسوم گردیده و محصولات خشک‌شده در بازار به قیمت بسیار بالایی به فروش می‌رسد. خشک‌کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های حفظ و نگهداری مواد غذایی است و این فرایند به‌منظور کاهش وزن محصولات جهت حمل‌ونقل آسان‌تر، کاهش هزینه‌های بسته‌بندی، ایجاد شکل و طعم‌های جدید و افزایش زمان ماندگاری با حداقل کاهش کیفیت در طی نگه‌داری صورت می‌گیرد [٦]. با توجه به رشد جمعیت و نیاز اساسی به تأمین غذا، نیاز به نگهداری و حفظ منابع غذایی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند و این سؤال مطرح بوده که آیا تمام مواد غذایی قابلیت نگهداری درازمدت را دارند یا خیر؟ با توجه به اینکه برخی از محصولات کشاورزی فصلی می‌باشند و لازم است برای سایر فصول ذخیره شوند لذا از قدیم‌الایام نگهداری محصولات کشاورزی برای کشاورزان موضوعی چالش‌برانگیز بوده است. نحوه خشک‌کردن بر کیفیت محصول خشک‌شده تأثیر داشته و از طرفی خشک‌کردن محصولات به‌ویژه میوه‌ها باعث خسارت و کاهش کیفیت آن‌ها می‌شود. چراکه میوه‌ها، سبزی‌ها، حبوبات و... با داشتن رطوبت بالا و بافت لطیف نسبت به فرآیند خشک‌کردن حساس و خشک‌کردن آن‌ها با دمای بالا در خشک‌کن‌های صنعتی موجب از دست دادن رنگ و طعم آن‌ها شده و خشک‌کردن با روش‌های سنتی نیز باعث آلودگی و اتلاف محصول می‌شود [۷]. طبق آمار موجود و بررسی‌های به‌عمل‌آمده، در حال حاضر به‌طور متوسط همه‌ساله ۳۵ درصد از محصولات کشاورزی در ایران از بین می‌رود که این رقم در برخی موارد مخصوصاً در مورد میوه‌ها و در فصل تابستان تا ۵۰ درصد نیز می‌رسد و درنتیجه حاصل دسترنج باغداران و سایر عوامل سرمایه‌گذار در این بخش نابود می‌شود [۸]. فلذا امروزه روش‌های خشک‌کردن گسترش‌یافته‌اند و استفاده از خشک‌کن‌های صنعتی از قبیل هوای گرم، ماکروویو، مادون‌قرمز، پمپ حرارتی و انجمادی در خشک‌کردن محصولات کشاورزی رواج یافته است. این خشک‌کن‌ها دارای مزایایی (نسبت به روش سنتی) شامل کاهش زمان خشک شدن و افزایش کیفیت محصول می‌شود. چون خشک‌کردن به روش صنعتی یک فرآیند با مصرف انرژی بالا می‌باشد؛ لذا انتخاب روش خشک‌کردن مناسب می‌تواند علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی و کاهش انرژی مصرفی سبب بهبود کیفیت محصول تولیدشده گردد.

دارچین درختی همیشه سبز و ادویه‌ای است که از پوست داخلی چندین گونه درخت از جنس *Cinnamomum* به دست آمده و عمدتاً به‌عنوان یک چاشنی معطر و افزودنی طعم‌دهنده استفاده می‌شود. عطروطعم دارچین از اسانس و جزء اصلی آن یعنی سینامالدئید و همچنین ترکیبات متعدد دیگر ازجمله اوژنول نشات می‌گیرد [۹]. این گیاه دارای اثرات ضد التهابی، ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدان، ضد تومور، محافظت از قلب، کاهش کلسترول، کاهش قند خون، تعدیل‌کننده ایمنی[۱۰]، ضد عفونی کننده برای ناراحتی های گوارشی و همچنین سایر بیماری ها استفاده می شود [۱۱] و بر اساس آمارها در سال ۲۰۲۱، تولید جهانی دارچین ۲۲٦۷۵۳ تن بود که در رأس آن کشور چین با ٤۳ درصد از کل تولید جهانی در رتبه اول قرار دارد [۱۲].

طعم‌دهنده محصولات غذایی شامل استفاده از مواد افزودنی برای افزایش طعم و عطر است [۱۳]. مواد طعم‌دهنده مختلف با یکدیگر تعامل دارند و تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرند که بر درک عطروطعم تأثیر می‌گذارند [۱٤]. تکنیک‌های پیش غلظت مانند ریز استخراج فاز جامد (SPME) و استخراج آب گرم تحت‌فشار (PHW) معمولاً برای تجزیه‌وتحلیل ترکیبات طعم‌دهنده در محصولات غذایی مختلف استفاده می‌شود [۱۵] و تعدادی از محققین بیان کردند که ترکیب و مقدار مواد رایحه نیز نقش مهمی در پذیرش مصرف‌کننده محصولات غذایی ایفا

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

می‌کند [۱۵، ۱۶]. علاوه بر این، اختراعاتی مربوط به طعم‌دهنده غذاها با اجزای غیرطبیعی وجود دارد، که در آن طعم‌دهنده‌های تازه آسیاب شده برای چاشنی فوری به غذا اعمال می‌شوند [۱۵] که هدف از این پیشرفت‌ها بهبود طعم و تجربه حسی محصولات غذایی است.

کاملاً مشخص است که انواع روش‌های خشک‌کردن می‌توانند به‌طور کامل یا جزئی بر ماده غذایی اثر بگذارند. این عوامل باعث تغییرات فیزیکی مانند رنگ و بافت و طعم می‌گردد. آن‌ها همچنین می‌توانند باعث واکنش‌های ناخواسته مانند تخریب ترکیبات مؤثر در آروماتیک و مواد مغذی گردند [۱۷]. بنابراین داشتن یک روش مناسب برای خشک‌کردن، انتخاب مناسبی برای نگهداری ماده غذایی باارزش خواهد بود. در این رابطه پژوهش‌ها نشان داده‌اند، خشک شدن سبب تغییر در خواص مواد غذایی ازجمله بی‌رنگ شدن، از بین رفتن عطر، تغییرات بافتی، ارزش تغذیه‌ای و تغییر در ظاهر و شکل فیزیکی می‌شود و درجه حرارت بالاتر در خشک‌کردن باعث کاهش زمان خشک شدن می‌شود، اما ممکن است منجر به کیفیت پایین محصول، آسیب حرارتی به سطح و مصرف بیشتر انرژی شود [۱۸]. از طرف دیگر، شرایط خشک شدن با درجه حرارت پایین ممکن است کیفیت محصول را بهبود بخشد، اما سرعت خشک شدن را کاهش می‌دهد؛ بنابراین دوره خشک شدن طولانی‌تر می‌شود [۱۹]. بنابراین مطالعه و بررسی انواع روش‌های خشک‌کردن سنتی و نوین مواد غذایی حائز اهمیت بوده که در این مطالعه سعی بر آن شده است تا به اهمیت خشک‌کردن مواد غذایی با استفاده از خشک‌کن خورشیدی پرداخته شود. سیب خشک دارای ویژگی‌های کیفی گوناگونی است که تحت تأثیر روش‌ها و شرایط مختلف شک کردن متفاوت می‌باشد. نتایج لینگایات و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر سرعت خشک شدن دما و سرعت هوا و به دنبال آن تابش خورشیدی، نوع محصول، میزان رطوبت اولیه و جرم کل محصول است [۲۰]. همچنین پروهیت و همکاران (۲۰۲۱) به مقایسه و ارزیابی مالی خشک‌کن خورشیدی و خشک‌کردن محصولات غذایی در آفتاب پرداختند که نتایج آنان نشان داد، خشک‌کردن محصولات غذایی با استفاده از خشک‌کن خورشیدی از نظر مالی، با توجه به کاهش زمان خشک‌کردن و صرفه‌جویی در زمان و همچنین کیفیت محصول نهایی، نسبت به خشک‌کردن در آفتاب به‌صرفه‌تر می‌باشد [۲۱]. محصول تولیدی در این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک محصول جدید به بازار عرضه شود و به‌عنوان یک میان وعده و تنقلات سالم استفاده گردد، همچنین علاوه بر مزایای میوه خشک، خواص دارچین استفاده شده را هم دارا می‌باشد به همین منظور می‌تواند مورد مصرف افراد مبتلا به دیابت قرار گیرد. همچنین نتایج پژوهش انجام شده می‌تواند سبب بهبود خواص ارگانولپتیکی و افزایش عمر ماندگاری و بالا رفتن ارزش غذایی در سیب خشک‌شده شود. لذا با توجه به توضیحات ارائه شده و با توجه به اینکه تاکنون درزمینه طعم دار کردن برگه سیب توسط دارچین با خشک‌کن خورشیدی پژوهشی انجام نشده است در پژوهش پیش رو تولید برگه سیب با طعم دارچین و خشک‌کردن با خشک‌کن خورشیدی به‌منظور رسیدن به کیفیت بهتر خواص فیزیکی نمونه‌های سیب شامل بافت، محتوای رطوبتی، آب‌گیری مجدد و چروکیدگی و خواص شیمیایی و کیفی نمونه‌های خشک‌شده همچون تغییرات ویتامین ث، رنگ و ارزیابی حسی مورد بررسی قرار گرفت.

۲-مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از سیب رقم زرد لبنانی و دارچین استفاده و تا شروع آزمایش در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد با رطوبت ٤٠ درصد نگهداری و رطوبت اولیه نمونه‌های سیب با استفاده روش حرارت دهی آون در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤ ساعت، برابر با ۱/٦٥±۸۷/۳۲ درصد بر پایه‌تر محاسبه شد. از مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش اتانول، اسیدسیتریک، ۲ و ٦- دی کلروفنل اندوفنل (DCPIP)، اسید فسفریک، بافر سیترات، اسید آسکوربیک، متانول و هیدروکلریک اسید (HCL) استفاده و کلیه تجهیزات و دستگاه‌های مورد استفاده در این پژوهش ساخت کشور آلمان بودند.

۲-۱- تهیه نمونه سیب:

پس از شست‌وشو نمونه‌های موردنیاز در هر آزمایش، با استفاده از یک کاغذ جاذب آب سطحی آن‌ها گرفته و نمونه‌ها با ضخامت ۳ میلی‌متر بریده شدند.

۲-۲- آنزیم بری

پس از فرایند برش زدن نمونه‌های سیب، نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول ۱ درصد اسیدسیتریک غوطه‌ور، تا از قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری شود [۲۲].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

۳-۲- تهیه عصاره دارچین

به‌منظور تهیه عصاره دارچین ۵۰ گرم از چوب دارچین توسط آسیاب خردکرده و سپس با استفاده از الک، جداسازی برای رسیدن به ذراتی با اندازه ۳ تا ۱ میلی‌متر انجام شد. محلول الکلی (۷۵ درصد اتانول و ۲۵ درصد آب) با نسبت ٦ قسمت حلال الکلی و ۱ قسمت پودر دارچین ترکیب و در یک حمام آب با دما ٤٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار گرفت تا عصاره گیری انجام شد. محلول عصاره سپس با استفاده از کاغذ واتمن ۱ صاف شد و برای تبخیر حلال عصاره از یک تبخیرکننده چرخشی تحت خلأ استفاده شد. استریل کردن عصاره با استفاده از فیلتر سرنگی با غشاء ۰/۲۲ میکرومتر انجام گرفت و عصاره استریل شده تا زمان استفاده در یخچال با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

٤-۲- آبگیری اسمزی و افزودن عصاره دارچین

محلول اسمزی ۳۰٪ ساکارز، عصاره دارچین و مخلوط محلول ساکارز و عصاره دارچین با غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲٪ تهیه شد. ابتدا محلول اسمزی در حمام آب گرم قرار گرفت تا دمای آن به ٤٠ درجه سانتی‌گراد رسید، سپس نمونه‌ها به نسبت ۱۰:۱ (نمونه: محلول اسمزی) در غلظت‌های مختلف محلول اسمزی قرار گرفتند. پس از مدت زمان ۱۲۰ دقیقه از محلول خارج و در ادامه نمونه‌ها با استفاده از آب مقطر شست‌وشوی سطحی شدند. در ضمن در حین انجام فرآیند اسمزی دمای محلول توسط دماسنج اندازه‌گیری شد تا دما تا انتهای فرآیند ثابت باشد.

۵-۲- خشک‌کردن با هوای آزاد

نمونه‌های سیب آبگیری شده به روش اسمزی در هوای آزاد و زیر تابش مستقیم خورشید قرار گرفتند و در فواصل زمانی متفاوت تغییرات وزن آن‌ها ثبت شد [۲۳].

٦-۲- خشک‌کردن با خشک‌کن خورشیدی

تصویر خشک‌کن خورشیدی با چرخ جذب در شکل (۱) نشان داده شده است. مطابق شکل دارای دو محفظه خشک‌کن می‌باشد. محفظه اول برای فرایند خشک‌کردن با تابش مستقیم (محفظه شماره ۱) با ابعاد ٦٥*۱۳۵ سانتی‌متر مورداستفاده قرار گرفت. در این حالت فرایند خشک شدن براثر ترکیب تابش مستقیم و هوای گرم انجام می‌پذیرد. محفظه دوم به‌منظور انجام آزمایش‌ها خشک‌کردن با تابش غیرمستقیم انجام گرفت. به آن صورت پس از جذب انرژی خورشیدی توسط محفظه اول و افزایش دمنده هوای ورودی، هوا با دمای بالا وارد این محفظه شده و سبب خشک شدن محصول می‌گردد. محفظه دوم دارای سه سینی توری شکل می‌باشد. جرم قرار گرفته بر روی مجموع این سینی‌ها با ظرفیت محفظه اول برابر است. مطابق شکل (۱) از یک مسیر بازیافت برای کنترل هوای بازگشتی به خشک استفاده شده است. مکانیزم چرخ جاذب در انتهای مسیر بازگشتی ورودی دمنده نصب شده است. قبل شروع هرکدام آزمایش‌ها با چرخه جاذب، مواد جاذب در داخل مکانیزم داده شد. خشک‌کن خورشیدی در چهار حالت تابش مستقیم با چرخه هوای بازگشتی بدون جاذب، تابش مستقیم با ترکیب چرخه هوای بازگشتی جاذب رطوبت، خشک‌کن غیرمستقیم با چرخه هوای بازگشتی (محفظه دوم)، و خشک‌کن غیرمستقیم با ترکیب چرخه هوای بازگشتی و جاذب رطوبت مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور ارزیابی عملکرد خشک‌کن در صرفه‌جویی انرژی مصرفی، حالت فوق تحت شرایط یکسان دمایی با ساختار هوای گرم تعبیه‌شده در خشک شدن (در دو حالت تنها چرخه هوای بازگشتی و ترکیب آن با جاذب رطوبت) مورد ارزیابی قرار گرفت [24].

ورقه‌های سیب آماده‌شده از قبل (طعم دار شده با دارچین) روی یک قطعه توری با ابعاد مشخص قرار گرفت وزن اولیه نمونه‌ها اندازه‌گیری و در داخل خشک‌کن خورشیدی با چرخه جاذب در دو حالت تابش مستقیم –همرفتی و غیرمستقیم–همرفتی، گذاشته شد؛ و طی فرایند خشک شدن افت رطوبت و دما بررسی شد. همچنین چند نمونه به‌عنوان شاهد بدون طعم‌دار کردن با دارچین به‌تنهایی توسط خشک‌کن خورشیدی خشک شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

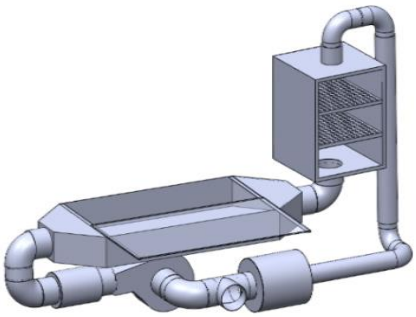


FIG 1: Solar dryer used in experiments

۷-۲- آزمون‌ها

اندازه‌گیری رطوبت:

۵۰ گرم از نمونه‌ها توزین و پس از قرارگیری در آون ۲ ±۱۰۳ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند (پروانه، ۱۳۹۲) و مقدار رطوبت از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\text{درصد رطوبت بر مبنای مرطوب} = \frac{M_1 - M_2}{M_0} \times 100$$

M۱ = وزن ظرف و نمونه قبل از خشک‌کردن

M۲= وزن ظرف و نمونه بعد از خشک‌کردن

M۰= وزن نمونه

آنالیز بافت:

بافت مواد غذایی به‌عنوان یکی از خصوصیات کیفی نقش مهمی در پذیرش کلی آن دارد. بافت نمونه‌های سیب خشک‌شده با به کارگیری آزمون نفوذ توسط دستگاه ارزیابی بافت (TA-XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌ها در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) انجام شد. تمام فرآیند توسط نرم‌افزار مربوطه کنترل (Texture Expert ۱.۰۵) و داده‌ها توسط نرم‌افزار اکسل ثبت شد. این دستگاه به‌صورت خودکار منحنی نیرو-زمان را ثبت می‌نماید. همچنین سفتی هر نمونه در سه تکرار برحسب نیوتن اندازه‌گیری شد [۲۵].

آبگیری مجدد:

جهت بررسی مقدار آبگیری مجدد توسط سیب‌های خشک‌شده، ابتدا، نمونه سیب خشک توزین و درون آب با دمای ۵۰ درجه سلسیوس غوطه‌ور شدند. نسبت وزنی سیب به آب برابر ۱ به ۲۵ در نظر گرفته شد. سپس، بعد از گذشت زمان ۳۰ دقیقه از آب خارج شده وزن‌کشی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم مدل AND ساخت ژاپن انجام شد. تمام تیمارها در سه تکرار انجام و میانگین آن‌ها گزارش و نسبت آبگیری مجدد توسط معادله ۲ محاسبه شد [۲۶].

$$RR = \frac{M - M0}{M0} \times 100$$

در این معادله M وزن نمونه بعد از آبگیری مجدد و M۰ وزن نمونه خشک می‌باشد.

تعیین چروکیدگی:

برای محاسبه‌ی چروکیدگی، از روش پردازش تصویر استفاده شد. با استفاده از سامانه پردازش تصویر، تصاویر نمونه‌های سیب برش خورده قبل و بعد از فرایند خشک شدن گرفته شد. پس از آنالیز تصاویر گرفته شده به کمک برنامه متلب، مساحت رویه نمونه‌های سیب اندازه‌گیری شد. درصد چروکیدگی از رابطه ۳ محاسبه شد:

$$Sh = \frac{A_f - A_d}{A_f} \times 100$$

که در آن Sh بیانگر درصد چروکیدگی نمونه‌ها، Af و Ad به ترتیب مساحت رویه نمونه‌های سیب برش خورده تازه و خشک‌شده (cm^2) می‌باشد.

اندازه‌گیری آسکوربیک اسید:

جهت تعیین محتوای ویتامین C ۱/۰ گرم نمونه خشک‌شده را با ۲ میلی‌لیتر محلول پایدارکننده متافسفریک اسید ۵٪ (وزنی_حجمی) استفاده شد. محلول حاصل در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد برای ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. ٤۰۰

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

میکرولیتر از محلول شناور رویی و یا استاندارد اسیدآسکوربیک با ۲۰۰ میکرولیتر متافسفریک ۱۰٪ (وزنی_حجمی)، ۶۰۰ میکرولیتر بافرسیترات تازه با ۱۸.۵) Ph=٤.٢ میلی‌لیتر سیترات سدیم ۰/۱ مولار+ ۳۱/۵ میلی‌لیتر اسیدسیتریک ۰/۱ مولار+ ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر) و ۶۰۰ میکرولیتر معرف ۲ و ٦ دی کلرو فنول ایندوفنول ۰.۰۳٪ (وزنی_ حجمی) ورتکس شد. جذب نمونه‌ها پس از گذشت ۳۰ دقیقه تاریکی در طول‌موج ۵۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌نورسنج (Spectrophotometer unico, UV-۲۱۰۰, USA) اندازه‌گیری شد [۲۳].

اندازه‌گیری پارامترهای رنگی:

جهت اندازه‌گیری تغییرات رنگی نمونه‌های خشک‌شده، پارامترهای رنگی (L*-a*-b*) نمونه‌های تازه و خشک‌شده از دستگاه رنگ‌سنج مدل TES ۱۳۵ ساخت کشور تایوان اندازه-گیری شد. تغییرات کلی رنگ نمونه‌ها با استفاده از رابطه ٤ محاسبه شد [٢٤].

$$\Delta E = \sqrt{(L_f - L_d)^2 + (b_f - b_d)^2 + (a_f - a_d)^2}$$

که در آن، ΔE تغییرات کلی رنگ نمونه (بدون بعد)، اندیس‌های f و d به ترتیب بیانگر پارامترهای رنگی نمونه تازه و خشک‌شده است.

ارزیابی خصوصیات حسی:

نمونه‌ها در اختیار ۱۰ نفر پانلیست قرار گرفت و از نظر رنگ، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی بر اساس مقیاس هدونیک ۵ نقطه-ای بررسی و امتیازات در پنج کلاس بین ۱ (خیلی بد) و ۵ (خیلی خوب) در نظر گرفته شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آنالیز سرعت تبخیر

میزان سرعت تبخیر نمونه‌های سیب در شرایط متفاوت خشک‌کردن در شکل ۲ نشان داده شده است. باتوجه به نتایج در روش مستقیم بدون جاذب رطوبت نرخ حذف رطوبت در نمونه‌های بدون ساکارز بیشتر بوده است. به‌طور نمونه میزان نرخ تبخیر در نمونه دارای صفر درصد ساکارز و ۱ درصد دارچین برابر با ۳٦٦/۷۹ گرم آب در ساعت می‌باشد، درحالی‌که در نمونه ۳۰ درصد ساکارز و ۱ درصد دارچین ۲۲/ ۲۵۰ گرم آب در ساعت می‌باشد که به صورت معنی‌داری باهم اختلاف دارند. همچنین در نمونه کنترل روش مستقیم بدون جاذب میزان حذف رطوبت نسبت به سایر تیمارها کمتر بوده و برابر با ۵۰/ ۲۰۵ گرم آب در ساعت است. اما مقایسه نمونه‌های کنترل در دو روش مستقیم با جاذب رطوبت و مستقیم بدون جاذب رطوبت نشان می‌دهد که سرعت تبخیر نمونه‌ها در جاذب رطوبت به شکل معنی‌دار بیشتر است. علاوه بر این، در مقایسه نمونه‌های دارای ساکارز بین دو روش مستقیم با جاذب رطوبت و مستقیم بدون جاذب رطوبت نشان می‌دهد که نمونه‌های دارای ساکارز در روش دارای جاذب رطوبت سرعت تبخیر پایین‌تری دارند. همچنین نتایج در روش غیرمستقیم نشان داد بیشترین و کمترین سرعت تبخیر در خشک کن خورشیدی غیرمستقیم بدون جاذب رطوبت به ترتیب در نمونه بدون ساکارز و ۰/۵ درصد دارچین و ۳۰ درصد ساکارز و بدون دارچین و در خشک کن خورشیدی غیرمستقیم با جاذب رطوبت به ترتیب در نمونه بدون ساکارز و ۲ درصد دارچین بیش ترین و در نمونه دارای ۳۰ درصد ساکارز و ۰/۵ درصد دارچین کمترین سرعت تبخیر در سطح خطای ۵ درصد مشاهده می شود. همچنین در روش مستقیم آفتاب (e) در مقایسه با خشک‌کن خورشیدی به صورت معنی‌داری سرعت خشک‌کردن پایین آمده است. در این روش خشک‌کردن با توجه به طولانی بودن زمان خشک‌کردن، غلظت بیشتر مواد حل‌شده مانند دارچین و ساکارز باعث کاهش سرعت خشک‌کردن شده است. به‌طور مثال نرخ تبخیر در نمونه تیمار شده با دارچین ۲ درصد و برابر با ۱۵۳ گرم آب در ساعت می‌باشد، درحالی‌که این مقدار برای برش‌های سیب تیمار شده با دارچین ۰/۵ درصد برابر با ۱۹۳ گرم آب در ساعت است. می‌توان چنین نتیجه گرفت که در ابتدای خشک‌کردن نرخ تبخیر بالا بوده و این سرعت بالای تبخیر باعث ایجاد پدیده سخت شدگی سطحی (Case hardening) شده؛ درنتیجه اجازه خروج بیشتر آب را نداده است. بدین‌صورت که دیفیوز قند از مرکز ورقه‌های سیب به سطح همراه با خروج آب صورت گرفته است و تجمع این ترکیبات در سطح باعث سخت شدن لایه سطحی میوه سیب شده است. همچنین در نمونه‌های دارای دارچین به دلیل عدم وجود ساکارز سرعت تبخیر بیشتری مشاهده می‌شود. علاوه بر آن خود ساکارز به‌عنوان جاذب رطوبت عمل می‌کند یعنی میزان آب اتصال یافته را افزایش می‌دهد درنتیجه نرخ تبخیر کاهش پیدا می‌کند. که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های [۲۷] و [۲۸]

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

همسویی دارد چراکه این محققین بیان داشتند که خشک‌کن خورشیدی سبب حذف بیشتر رطوبت می‌شوند. همچنین با یافته‌های [۲۹] مبنی بر کاهش خروج رطوبت از میوه با افزایش غلظت عصاره دارچین همخوانی و با نتایج [۳۰] پاشازاده و همکاران (۱٤۰۰) همسویی ندارد. بنابراین به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در روش غیرمستقیم با و بدون جاذب رطوبت وجود دارچین سبب افزایش بیشتر روند میزان تبخیر در نمونه‌های سیب خشک شده می‌شود.

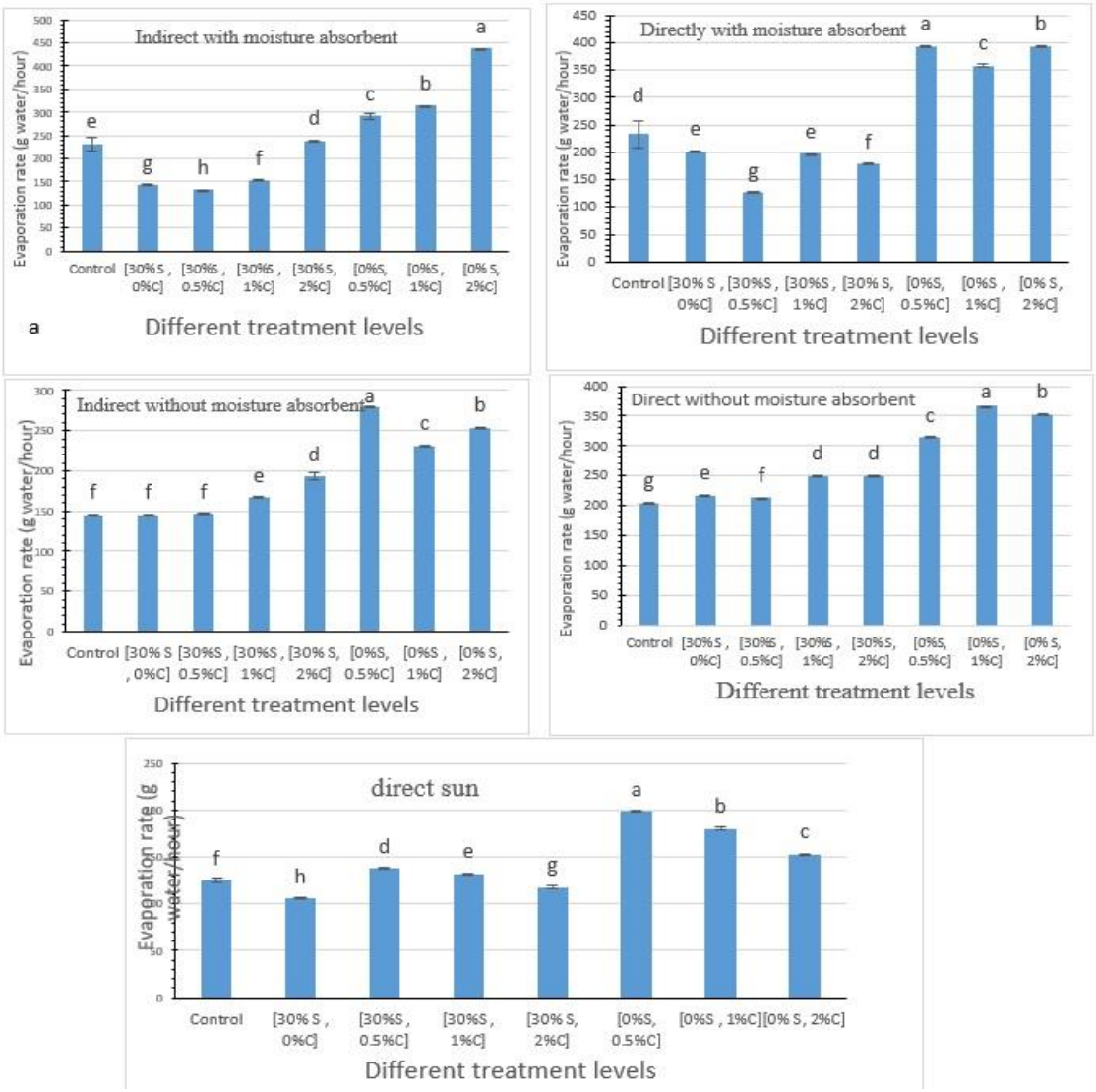


FIG 2: Evaporation rate in grams of water per hour in apple samples dried in different concentrations of sucrose and cinnamon by direct solar drying (with and without moisture absorber), indirect (with and without moisture absorber) and traditional method ($p<0.05$)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

۲-۳- آنالیز بافت

نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز سفتی بافت نمونه‌های سیب خشک‌شده به روش مستقیم و غیرمستقیم در حالت دارای جاذب و بدون جاذب رطوبت در شکل ۳ آورده شده است. در نگاه اول و برای هر دو نوع خشک‌کردن، میزان سفتی با افزایش غلظت دارچین در نمونه‌های بدون ساکارز کاهش پیدا کرده است. سفتی در نمونه‌های سیب خشک‌شده با جاذب و دارای دارچین ۰/۵، ۱ و ۲ درصد به ترتیب برابر با ۹/۲۵، ۵/۹۸ و ۵/۰۵ نیوتن بوده است و تفاوت معنی‌داری نیز ازلحاظ آماری بین غلظت دارچین کم‌وزیاد مشاهده می‌شود. دراین‌ارتباط احتمالاً افزایش غلظت دارچین همراه با افزایش ویژگی‌های الاستیسیته ورقه‌های سیب بوده است. همچنین افزایش غلظت دارچین در نمونه‌های دارای ۳۰ درصد ساکارز نیز با کاهش میزان سفتی همراه بوده است. به‌طوری‌که میزان سفتی در نمونه خشک‌شده با جاذب دارای ۱ درصد دارچین برابر با ۳/۳۹ نیوتن می‌باشد. روند تغییرات سفتی در نمونه‌های خشک‌شده بدون جاذب مشابه نمونه‌های خشک‌شده با جاذب است. همچنین میزان سفتی نمونه کنترل در روش سنتی به‌طور معنی‌دار از سایر روش‌های خشک‌کردن خورشیدی بالاتر بوده است. در این ارتباط میزان سفتی برای این نمونه معادل ۸/۲۹ نیوتن و برای نمونه‌های کنترل خشک‌شده مستقیم (با و بدون جاذب) و غیرمستقیم (با و بدون جاذب) به ترتیب برابر با ٤/٥٤، ٦/٠٦، ٥/٥٨ و ٤/٥٢ نیوتن می‌باشد. درنهایت به‌طورکلی میزان سفتی در نمونه‌های خشک‌شده به روش سنتی و در غلظت مختلف دارچین و ساکارز از کیفیت مناسب‌تری نسبت به روش خشک‌کن خورشیدی برخوردار نیست. فلذا می‌توان نتیجه گرفت اضافه ساکارز به نمونه‌های سیب قبل از خشک‌کردن می‌تواند تأثیر مثبتی در بهبود نسبی بافت داشته باشد. این تأثیر در نمونه‌های خشک‌شده توسط روش مستقیم بسیار مشهودتر است. همچنین دارچین با افزایش ویژگی‌های الاستیسیته موجب افزایش سفتی شده که با نتایج یافته‌های [۳۱] و [۲۳] و [۳۲] مبنی بر افزایش ماندگاری و بهبود بافت با افزودن اسانس دارچین به برش‌های سیب همخوانی دارد. که شاید دلیل آن مربوط به خواص ضد میکروبی دارچین بوده باشد که محققانی چون [۳۳] به این امر اشاره نموده‌اند.

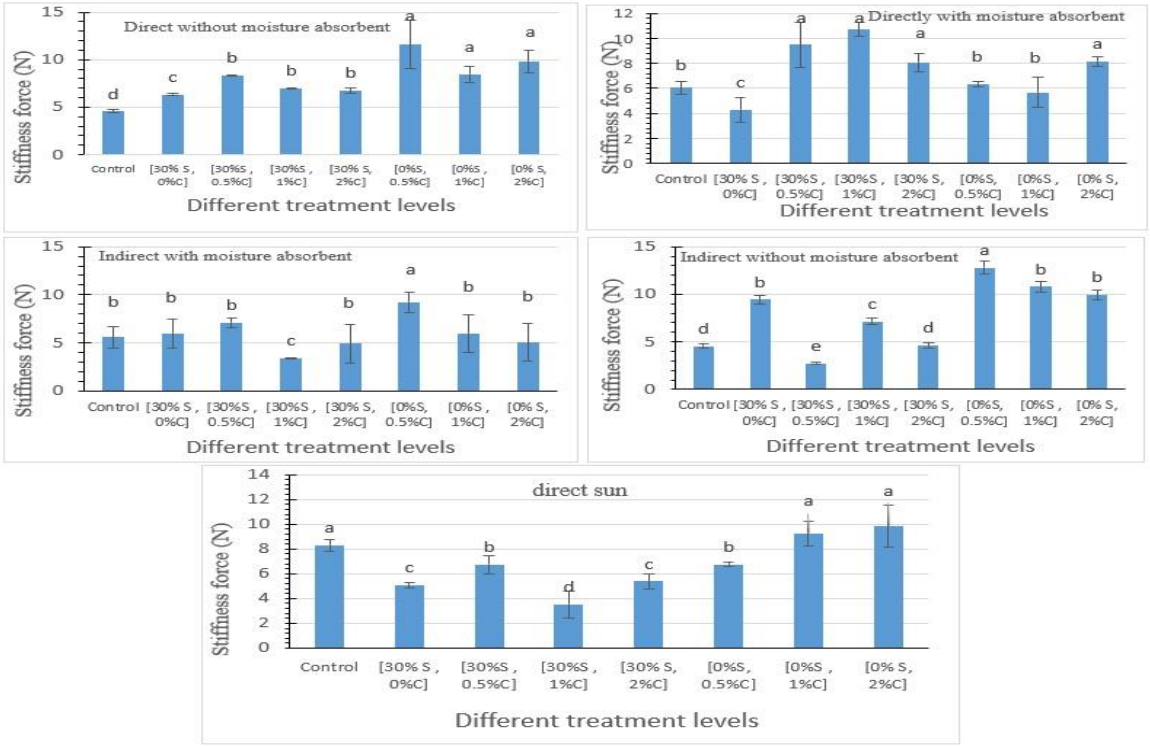


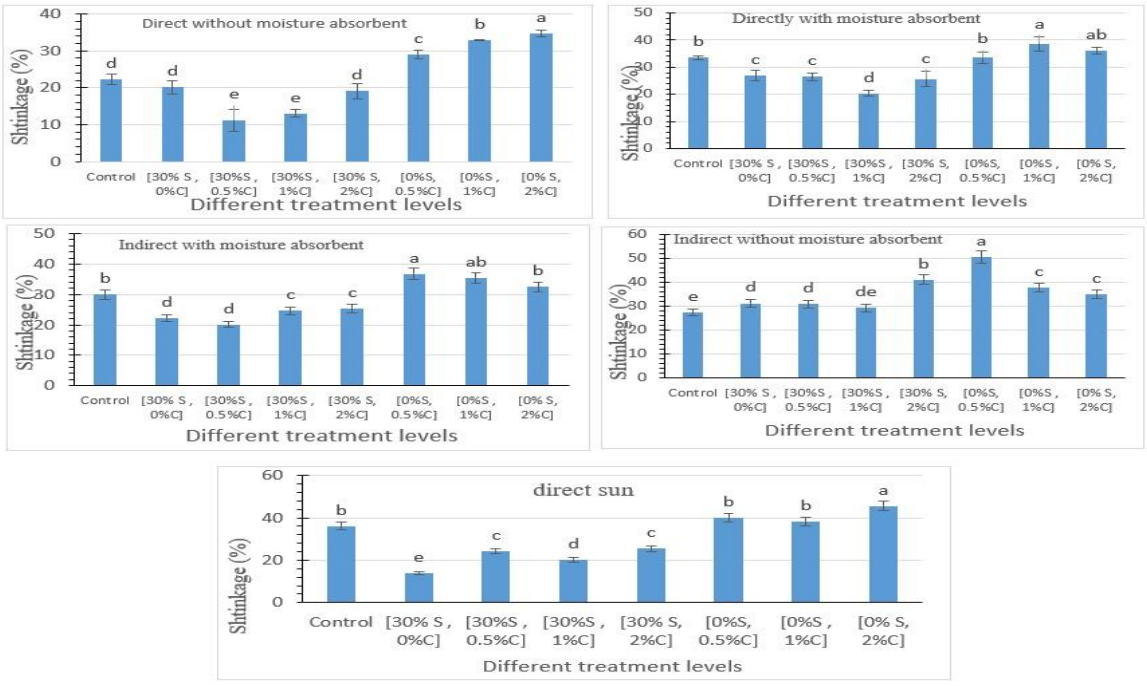
FIG 3: Changes in hardness in Newtons in apple samples dried in different concentrations of ucrose and cinnamon by direct solar drying (with and without moisture absorber), indirect (with and without moisture absorber) and traditional method ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

۳-۳- آنالیز چروکیدگی

مقایسه میانگین نمونه‌های سیب خشک‌شده در روش خشک‌کردن خورشیدی مستقیم و غیرمستقیم با و بدون جاذب رطوبت در شکل ٤ نشان داده شده است. نتایج به‌دست‌آمده بیان می‌کند؛ نمونه‌های دارای ساکارز میزان چروکیدگی کمتری دارند. به‌طوری‌که میزان چروکیدگی برای نمونه‌های خشک‌شده در روش بدون جاذب دارای دارچین با غلظت ۰/۵، ۱ و ۲ درصد به ترتیب برابر با ۲۹/۰۹، ۳۲/۸۷ و ۳٤/۷۳ درصد می‌باشد، درحالی‌که میزان چروکیدگی در نمونه‌های دارای ساکارز ۳۰ درصد با همین میزان دارچین به ترتیب برابر با ۱۱/۱۹، ۱۲/۹۹ و ۱۹/۱۱ درصد است. در نمونه‌های سیب خشک‌شده با جاذب نیز همین روند مشاهده می‌شود و افزایش غلظت ساکارز باعث کاهش میزان چروکیدگی شده است. در این روش میزان چروکیدگی در نمونه کنترل برابر با ۳۳/٤۷ درصد و در نمونه دارای غلظت ۳۰ درصد ساکارز و ۱ درصد دارچین برابر با ۲۰/۳۵ درصد است. این نتایج گزارش می‌کند که آب‌گیری اسمزی نمونه‌های سیب در ساکارز باعث بهبودی ساختار ورقه‌های سیب شده است. این احتمال وجود دارد که وجود ساکارز خاصیت جاذبه الرطوبه بودن نمونه‌های میوه را تقویت کرده و اجازه خروج یک‌باره آب از ورقه‌های سیب و ایجاد چروکیدگی در فضاهای موئینه را نداده است. نتایج میزان چروکیدگی در نمونه‌های سیب خشک‌شده به روش غیرمستقیم نیز حاکی از آن است که در نمونه‌های فاقد ساکارز میزان چروکیدگی بیشتر است. به‌طور نمونه میزان چروکیدگی در سیب‌های خشک‌شده به روش غیرمستقیم بدون جاذب برای دارچین با غلظت ۱ درصد، نمونه کنترل و نمونه فاقد دارچین با ساکارز ۳۰ درصد به ترتیب برابر با ۳٦/٤٦، ۲۹/۹٦ و ۲۲/۱۱ درصد است. در روش غیرمستقیم با جاذب نیز افزایش غلظت ساکارز باعث بهبود ساختار میوه پس از خشک شدن شده است. در روش خشک‌کردن میوه با استفاده از آفتاب مستقیم نیز با وجود زمان طولانی خشک‌کردن، ساکارز همچنان به بهبود ساختاری شبکه‌های موئینه کمک کرده است. میزان چروکیدگی در نمونه خشک‌شده با ساکارز ۳۰ درصد برابر با ۱۳/۸٤ درصد است که در مقایسه با نمونه کنترل که برابر با ۳٦/۰۵ درصد است، حدود ٦٤ درصد کاهش پیدا کرده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در روش سنتی حداقل ساکارز سبب حداکثر کاهش چروکیدگی در نمونه‌های سیب خشک شده می‌شود. که نتایج پژوهش حاضر با نتایج یافته‌های [۳٤] و [۳۵] مبنی بر کاهش چروکیدگی سیب در روش خشک‌کردن غیرمستقیم همخوانی دارد. همچنین با نتایج یافته‌های [۳٦] مبنی براینکه جود مواد قندی باعث کاهش چین و چروک‌های سطحی می‌شود همسویی دارد.



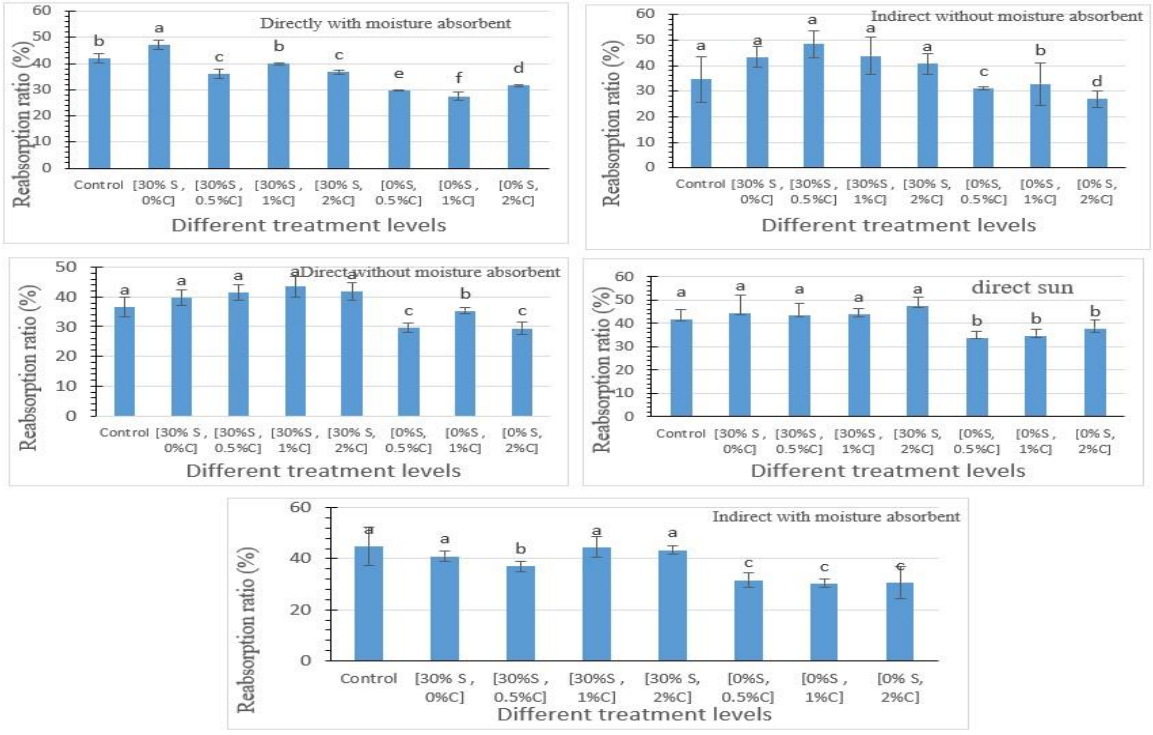
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

FIG 4: Changes in the amount of shrinkage in percentage in apple samples dried in different concentrations of sucrose and cinnamon by direct solar drying (with and without moisture absorber), indirect (with and without moisture absorber) and traditional method (p<۰/۰۵).

۳-۳- آنالیز بازجذب

مقایسه میزان باز جذب آب نمونه‌های سیب خشک‌شده در روش خشک‌کردن خورشیدی مستقیم و غیرمستقیم با و بدون جاذب رطوبت در شکل ۵ آورده شده است. نتایج به‌دست‌آمده بیان می‌کند که به‌طورکلی نمونه‌های دارای ساکارز شرایط بازجذب آب مطلوب‌تری داشته‌اند. به‌طور نمونه میزان باز جذب آب برای نمونه‌های خشک‌شده در روش بدون جاذب در روش مستقیم دارای دارچین با غلظت ۰/۵، ۱ و ۲ درصد به ترتیب برابر با ۲۹/٦٤، ۳۵/۲۹ و ۲۹/٤۷ درصد می‌باشد. اما میزان بازجذب در نمونه‌های این میزان دارچین و ۳۰ درصد ساکارز به ترتیب برابر با ٤۱/۵۱، ٤۳/٤۳ و ۷٤/٤۱ درصد می‌باشد. در نمونه‌های خشک‌شده با جاذب نیز همین روند مشاهده می‌شود به‌طوری‌که غلظت ساکارز باعث افزایش میزان بازجذب آب شده است. میزان بازجذب آب در نمونه‌های کنترل، نمونه‌های دارای ۳۰ درصد ساکارز و ۱ درصد دارچین و نمونه‌های فاقد ساکارز و ۲ درصد دارچین به ترتیب برابر با ٤۱/۹، ۳۹/۸۲ و ۳۱/۵۸ درصد است. مقایسه نتایج حاصل بازجذب آب با آنالیز چروکیدگی در نمونه‌های مختلف تأیید می‌کند که حضور ساکارز در ورق‌های سیب باعث حفظ ساختار فیزیکی و کاهش میزان چروکیدگی شده است که متقاعبا منتج به باز جذب آب بهتری در نمونه‌های خشک شده گردیده است. همچنین در روش خشک‌کردن مستقیم آفتاب نمونه‌های دارای ساکارز و کنترل نسبت به نمونه‌های دارای غلظت‌های متفاوت دارچین از نظر میزان بازجذب آب دارای شرایط مطلوب‌تری هستند. می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به زمان طولانی خشک‌کردن در این روش، حضور دارچین از طریق ایجاد خاصیت چسبندگی باعث کاهش پایداری ساختاری در نمونه‌های خشک‌شده باشد. در روش غیرمستقیم نیز افزایش غلظت ساکارز باعث کاهش چروکیدگی و بهبود میزان باز جذب آب و به‌طورکلی باعث بهبود ساختار میوه پس از خشک شدن شده است. که با نتایج یافته‌های [۳٦] مبنی افزایش بازجذب آب با افزایش غلظت ساکارز در میوه‌ها همخوانی دارد. چراکه در قندهای کوچک وجود حباب‌های هوای به دام افتاده سرعت جذب را کاهش می‌دهد [۳۷].



[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

FIG 5: Changes in the amount of water absorption in percentage in apple samples dried in different concentrations of sucrose and cinnamon by direct solar drying (with and without moisture absorber), indirect (with and without moisture absorber) and traditional method ($p<۰/۰۵$).

۳-٤- آنالیز میزان تخریب ویتامین سی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین میزان تخریب ویتامین ث در روش خشک‌کن خورشیدی مستقیم و غیرمستقیم با و بدون جاذب رطوبت در شکل ٦ آورده شده است. به‌طورکلی آنالیز داده‌ها بیان می‌کند که استفاده از ساکارز باعث بهبود حفظ ویتامین ث شده است و میزان تخریب ویتامین ث در این نمونه‌ها نسبت به نمونه کنترل و نمونه‌های دارای غلظت متفاوت دارچین کمتر بوده است. به‌طور مثال میزان تخریب ویتامین در نمونه خشک‌شده با جاذب برای ورقه‌های سیب غوطه‌ور شده در محلول ۳۰ درصد ساکارز و نیم‌درصد دارچین برابر با ۳۲/۰٤ درصد می‌باشد درحالی‌که در نمونه‌های کنترل و تیمار شده با ۰/۵ درصد دارچین میزان تخریب به ترتیب برابر با ٤۸/۳۳ و ٤٤/۵۸ درصد است که به‌طور معنی‌داری میزان حفظ ویتامین ث پایین‌تری را نشان می‌دهد. همانند مشاهدات [۳۸]، تیمار با محلول اسمزی با توجه به کاهش نرخ دیفیوز ویتامین ث به خارج از میوه می‌تواند روند حفظ ویتامین ث را در میوه قبل از خشک‌کردن بهبود بخشد. همچنین طبق مشاهدات قبلی، در نمونه‌های دارای ساکارز یک‌لایه قندی روی سطح میوه تشکیل می‌شود که می‌تواند تأثیر مناسبی در حفظ ویتامین سی داخل میوه از طریق ممانعت از انتشار آن به سطح میوه داشته باشد. روند حفظ ویتامین ث در نمونه‌های خشک‌شده مستقیم بدون جاذب نیز برای نمونه‌های تیمار شده با ساکارز بیشتر بوده است. همچنین به‌طورکلی نمونه‌های کنترل و یا تیمار شده بدون ساکارز میزان تخریب یکسانی از ویتامین ث را روایت می‌کنند. البته میزان تخریب ویتامین ث در نمونه‌های تیمار شده با دارچین بیشتر از نمونه کنترل بوده است. به‌طور مثال، میزان تخریب ویتامین ث در نمونه خشک‌شده همراه با جاذب در روش مستقیم برابر با ٤٤/۵۸ درصد ولی در نمونه تیمار شده با دارچین ۲ درصد برابر با ۵۰/۲٦ درصد است که اختلاف معنی‌داری با نمونه کنترل دارد. علت این اختلاف به نحوه آماده‌سازی نمونه‌های دارچین برمی‌گردد که در این روش ورقه‌های سیب به مدت ۲ ساعت در دمای ٤۰ درجه سلسیوس داخل غلظت‌های متخلف دارچین غوطه‌ور شده بودند. پیش‌بینی می‌شود که تخریب ویتامین ث در این دما باعث این اختلاف معنی‌دار شده باشد. در نهایت، اضافه کردن دارچین در سطوح مختلف نیز روند مشخص و ثابتی را برای تخریب ویتامین ث ذکر نکرده است. همچنین میزان تخریب ویتامین ث در روش خشک‌کردن مستقیم با آفتاب در مقایسه با سایر روش‌های خشک‌کردن بیشتر بوده است. که نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های [۳۹] مبنی بر کاهش تخریب ویتامین ث در روش غیرمستقیم خشک کردن گوجه فرنگی و انبه و [۳۸] همخوانی دارد. می‌توان بیان نمود که ویتامین ث یکی از مهم‌ترین مواد شیمیایی گیاهی است و تقریباً در تمام میوه‌ها و سبزیجات یافت می‌شود. از آنجایی که تقریباً همه احتمالات را پوشش می‌دهد، از جمله املاح در آب و مستعد شستشو از سلول‌ها، حساس به حرارت (یکی از حساس‌ترین ویتامین‌ها)، pH–، یون فلز، حساس به نور و همچنین به راحتی توسط اکسیداز اسید اسکوربیک، ویتامین، قابل اکسید شدن است و به عنوان متداول‌ترین ماده مغذی اندازه گیری شده برای ارزیابی از دست دادن مواد مغذی در طول پردازش حرارتی انتخاب می‌شود و از سویی دیگر ساکارز با ویژگی که در حفظ رطوبت می‌تواند داشته باشد [٤۰]، نقش مهمی در حفظ ویتامین ث به سبب ترکیب محلول در آب بودن آن دارد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

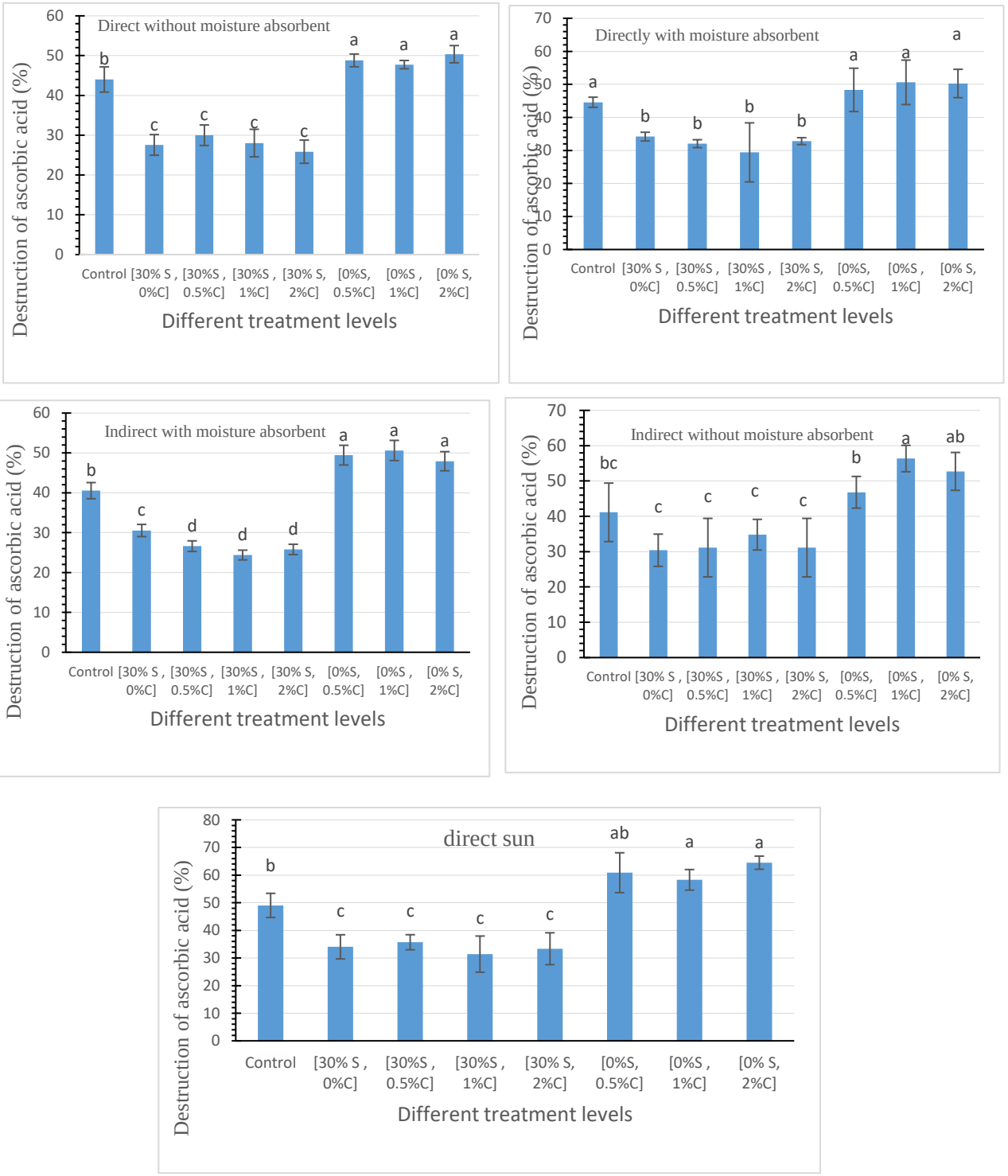


FIG 6: Changes in vitamin C degradation in dried apple samples in different concentrations of sucrose and cinnamon by direct solar drying (with and without moisture absorbent), indirect drying (with and without moisture absorbent) and traditional method (p<۰/۰۵)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

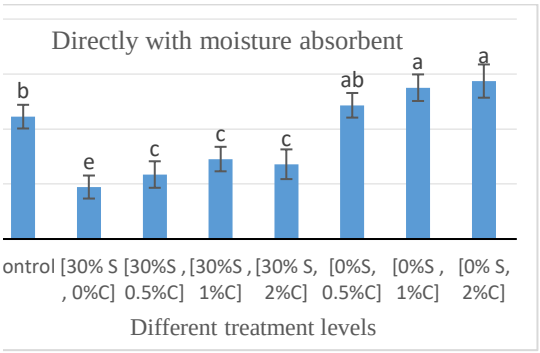
[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

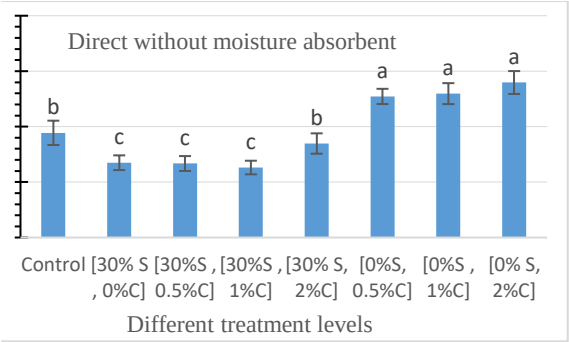
۵-۳- آنالیز تغییر رنگ (ΔE)

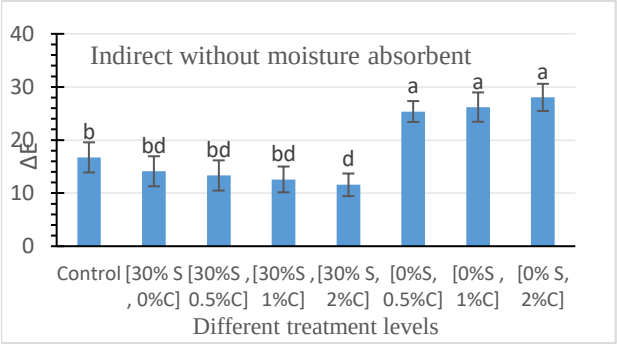
نتایج حاصل از مقایسه میانگین میزان تغییر رنگ در روش خشک‌کن خورشیدی مستقیم و غیرمستقیم با و بدون جاذب رطوبت در شکل ٦ آورده شده است. باتوجه به نتایج هرچه میزان ΔE بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که تغییر رنگ بیشتری رخ داده و نمونه دارای رنگ تیره‌تری (مایل به قهوه‌ای) است [٤١]. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ΔE در روش مستقیم با و بدون جاذب به صورت کلی نشان می‌دهد که نمونه‌های دارای ساکارز در هردو روش شرایط مناسب‌تری داشته‌اند، علاوه بر این نسبت به نمونه کنترل و نمونه‌های دارای دارچین دارای کیفیت رنگ بهتری بوده است. در مقایسه بین کنترل و نمونه‌های دارای دارچین، نمونه‌های دارای دارچین شرایط رنگ نامطلوب‌تری داشته‌اند. به‌طور مثال، میزان تغییر رنگ (ΔE) نمونه‌های دارای ۳۰ درصد ساکارز و ۰/۵ درصد دارچین در روش مستقیم بدون جاذب و با جاذب به ترتیب برابر با ۱۳/۳٤ و ۱۱/۷۲، اما در نمونه‌ی کنترل در هردو روش به ترتیب برابر با ۱۸/۸۸ و ۲۲/۲۵ می‌باشد. همچنین میزان تغییر رنگ برای نمونه‌های خشک‌شده در روش مستقیم بدون جاذب دارای دارچین با غلظت ۰/۵، ۱ و ۲ درصد به ترتیب برابر با ۲۵/٤٤، ۲۵/۹۵ و ۲۷/۹۵ است و در روش مستقیم با جاذب به ترتیب برابر با ۲٤/۳۱، ۲۷/۵۱ و ۲۸/۷۲ می‌باشد. علاوه بر این چون خود دارچین دارای رنگ قهوه‌ای است باعث تشدید رنگ در این نمونه‌ها می‌گردد. در مقایسه دو روش مستقیم بدون جاذب و با جاذب، شرایط مطلوب‌تری در روش دارای جاذب مشاهده می‌شود یعنی با حذف رطوبت در چرخه کیفیت مناسب‌تری به‌دست‌آمده است. می‌توان نتیجه گرفت که حذف رطوبت انجام شده در روش‌های خشک‌کردن دارای جاذب بستر فعالیت آنزیم‌های فنولاز و فنول اکسیدازها را کاهش داده است و درنهایت باعث کاهش میزان قهوه‌ای شدن آنزیمی شده است. که با نتایج پژوهش‌های [٤۲] همسویی دارد. در روش غیرمستقیم چون نمونه‌ها توسط هوای گرم خشک می‌شوند و تحت تابش مستقیم آفتاب قرار نمی‌گیرند، باعث شده که نمونه‌ها از نظر رنگ شرایط مطلوب‌تری داشته باشند. به‌طور نمونه، کنترل در روش غیرمستقیم از نظر رنگ مناسب‌تر از روش مستقیم بوده و مقدار ΔE آن پایین‌تر است. در این روش نیز نمونه‌های دارای ساکارز شرایط مطلوب‌تری در خشک‌کردن را نشان داده‌اند و همچنین در نمونه‌های دارای دارچین نیز میزان ΔE بالا رفته است. در روش مستقیم آفتاب به‌طورکلی همان روند خشک‌کن مشاهده می‌شود و با وجود زمان طولانی خشک‌کردن نمونه‌هایی که دارای ساکارز بودند شرایط مطلوبی از خود نشان دادند. که نتایج این پژوهش با یافته‌های محققانی چون [٤۳] مبنی بر تأثیر مثبت ساکارز در حفظ رطوبت و کاهش تغییر رنگ میوه‌های خشک شده همسویی دارد و با یافته‌های [٤٤] همخوانی داشته چراکه نتایج نشان می‌دهد که می‌توان رنگ و ریزساختار را حفظ کرد، چگالی ظاهری را می‌توان کاهش داد، و ظرفیت آبرسانی بالا را می‌توان با استفاده از روش‌های خشک کردن بهتر نمود.

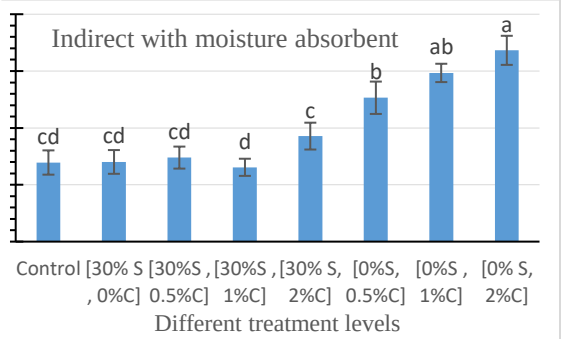
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]









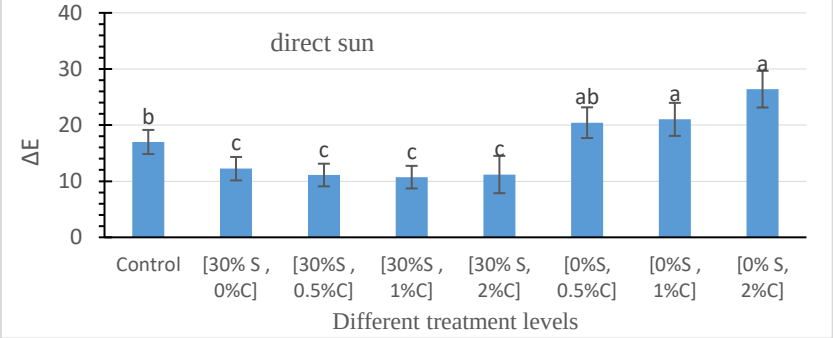


FIG 7:Changes in the amount of color change (ΔE) in apple samples dried in different concentrations of sucrose and cinnamon by direct solar drying (with and without moisture absorber), indirect (with and without moisture absorber) and traditional method ($p<0.05$).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

٦-۳- آنالیز ارزیابی حسی (رنگ، بو، بافت، مزه و پذیرش کلی)

نتایج ارزیابی حسی انجام گرفته توسط داوران در روش خشک‌کن خورشیدی مستقیم با و بدون جاذب رطوبت در شکل ۷ آورده شده است. ارزیابی انجام شده بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه‌ای است. در این روش هرچقدر امتیاز بیشتر و به ۵ نزدیک باشد، نشان‌دهنده مطلوبیت بیشتر از دیدگاه ارزیاب و امتیازهای پایین‌تر و نزدیک به ۱ نشان‌دهنده کیفیت نامناسب از دیدگاه داور می‌باشد. نتایج داده‌ها در ارتباط با رنگ نشان می‌دهد که نمونه-های دارای ساکارز از مطلوبیت رنگ بیشتری برخوردار بوده‌اند و برعکس نمونه‌های فاقد ساکارز و دارای دارچین از دیدگاه داوران دارای کمترین مطلوبیت هستند. محاسبه پارامتر ΔE نیز تأییدکننده این موضوع نیز بود که وجود ساکارز باعث بهبود رنگ نمونه‌های خشک‌شده گردیده است. کمترین مقبولیت رنگ مربوط به نمونه‌های سیب خشک‌شده با غلظت‌های متفاوت دارچین و بدون ساکارز است به‌طوری‌که میزان مقبولیت آن‌ها از دیدگاه ارزیاب در مقایسه با نمونه کنترل نیز پایین‌تر بوده است. همچنین در مقایسه بین انواع روش‌های خشک‌کردن می‌توان دریافت که روش خشک‌کردن غیرمستقیم با خشک‌کن خورشیدی با جاذب دارای بیشترین مقبولیت و روش خشک‌کردن مستقیم با آفتاب دارای کمتری میزان محبوبیت از دیدگاه رنگ بین ارزیابان بوده است. نتایج ارزیابی حسی بو نیز حاکی از آن بوده که قبل از خوردن ورقه‌های سیب، آن‌ها را بو کرده و امتیاز خود را از ۱ تا ۵ ثبت کنند. نتایج انجام شده نشان می‌دهد که نمونه‌های دارای ساکارز و دارچین بیشترین نمره را از ارزیاب‌ها گرفته‌اند. به‌طور مثال نمونه‌ای که در محلول ۲ درصد دارچین و ۳۰ درصد ساکارز غوطه‌ور شده، تقریباً بیشترین نمره را گرفته است. ولی نمونه‌های دارای ۲ درصد دارچین و فاقد ساکارز از نظر بو کمترین نمره را گرفته‌اند. می‌توان نتیجه گرفت که ساکارز باعث تأثیر نگه‌دارندگی روی دارچین در طی خشک‌کردن داشته است و نمونه‌های تهیه شده با این تیمارها همچنان رهایش ملایمی از دارچین را نیز پس از خشک‌کردن داشته‌اند. اما نمونه‌های تهیه شده با دارچین و بدون محلول اسمزی نتوانست نظر داوران را در ارتباط با لذت بویایی دارچین در سیب‌های خشک‌شده جلب کند. نتایج ارزیابی حسی بافت نیز نشان داد، به‌طورکلی بیشترین نمره به نمونه‌هایی که دارای ساکارز هستند تعلق گرفته است و از دیدگاه داوران بافت موردپذیرشی داشته‌اند. اما نمونه‌های تیمار شده با دارچین و بدون ساکارز از مطلوبیت کمتری برخوردار بودند. این نمونه‌های از دیدگاه داوران ترد و سفت بودند و به‌طورکلی اختلاف مشهودی بین انواع روش‌های خشک‌کردن از دیدگاه داوران گزارش نشده است. نتایج ارزیابی حسی طعم و مزه نیز نشان می دهد که نمونه‌های دارای ساکارز از مطلوبیت مزه بیشتری برخوردار بوده‌اند برعکس نمونه‌های فاقد ساکارز و دارای دارچین از دیدگاه داوران دارای کمترین مطلوبیت است. همچنین نمونه‌های دارای ۳۰ درصد ساکارز و ۰/۵، ۱ و ۲ درصد دارچین بالاترین نمره یعنی بیشترین مقبولیت را از نظر مزه داشته‌اند. باید در نظر داشت که در این نمونه‌ها هم وجود ساکارز به‌عنوان یک طعم شیرین و هم حضور طعم دارچین برای ارزیاب‌ها مطلوب بوده است و در مقایسه انواع روش‌های خشک‌کردن نیز می‌توان دریافت که سیب‌های تهیه شده به روش غیرمستقیم بدون جاذب از مقبولیت بیشتری بین ارزیاب‌ها برخوردار بوده است. همچنین نتایج ارزیابی حسی پذیرش کلی حاکی از آن بوده، نمونه‌هایی که دارای ساکارز و دارای غلظت‌های مختلف دارچین بوده‌اند، بیشترین نمره ارزیابی را گرفته‌اند. به‌طوری‌که نمونه ۳۰ درصد ساکارز و ۲ درصد دارچین تقریباً در بین تمام نمونه‌ها بیشتر طرفدار داشته است. همچنین روش غیرمستقیم با جاذب و بدون جاذب بیشترین مقبولیت ازلحاظ بافت و همچنین ازلحاظ پذیرش کلی را دارا می‌باشند.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

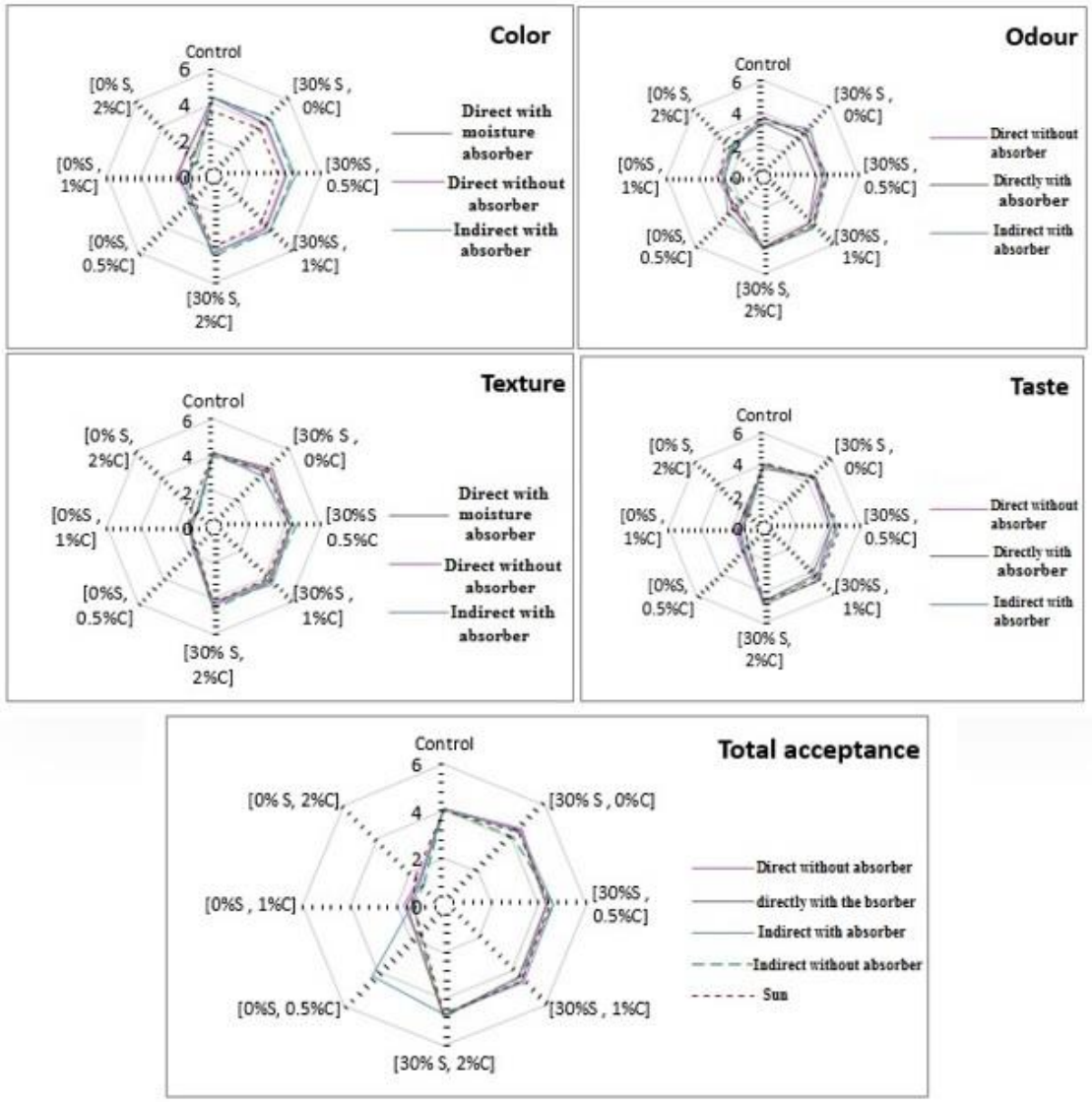


FIG 8: Sensory evaluation of dried apple samples in different concentrations of sucrose and cinnamon by direct solar drying (with and without moisture absorber), indirect (with and without moisture absorber) and traditional method ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

۷-۳- نتیجه‌گیری

در این پژوهش نمونه‌های سیب را به روش‌های مختلف با خشک کن خورشیدی مستقیم و غیرمستقیم و بدون جاذب خشک کردیم. همچنین از محلول دارچین با غلظت‌های مختلف استفاده کردیم و نتایج حاصل از سرعت تبخیر نمونه‌های سیب در روش خشک‌کردن مستقیم نشان داد که در روش مستقیم بدون جاذب رطوبت نرخ حذف رطوبت در نمونه‌های بدون ساکارز (۱ درصد دارچین) نسبت به نمونه‌های دارای ساکارز و دارچین بیشتر بوده است. همچنین در نمونه کنترل روش مستقیم بدون جاذب میزان حذف رطوبت نسبت به سایر تیمارها کمتر است. و مقایسه نمونه-های کنترل در دو روش مستقیم با جاذب رطوبت و مستقیم بدون جاذب رطوبت نشان می‌دهد که سرعت تبخیر نمونه‌ها در جاذب رطوبت به صورت معنی‌دار بیشتر است. علاوه بر این، در مقایسه نمونه‌های دارای ساکارز بین دو روش مستقیم با جاذب رطوبت و مستقیم بدون جاذب رطوبت نشان می‌دهد که نمونه‌های دارای ساکارز در روش دارای جاذب رطوبت سرعت تبخیر پایین‌تری می‌باشد. در روش مستقیم آفتاب در مقایسه با خشک‌کن خورشیدی به صورت معنی‌داری سرعت خشک‌کردن پایین آمده است نتایج سرعت تبخیر نمونه‌های سیب در روش خشک‌کردن غیرمستقیم نیز نشان داد که همانند روش مستقیم، نرخ تبخیر نمونه‌های دارای تیمار دارچین فاقد ساکارز بیشتر از نرخ تبخیر در نمونه‌های دارای ساکارز و کنترل بوده که دلیل آن را وجود تمجع قند در سطح میوه تشخیص داده‌اند و افزایش غلظت مواد حل‌شده مانند دارچین و ساکارز سبب کاهش سرعت خشک‌کردن می‌شود. بررسی خصوصیات ساختاری و آنالیز بافت در روش خشک‌کردن مستقیم نشان داد؛ بیشترین میزان سفتی در روش مستقیم خشک‌کردن بدون جاذب برای نمونه‌های فاقد ساکارز و دارای سطوح مختلف دارچین (حداکثر در ۵ درصد) بدون اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. همچنین میزان سفتی نمونه‌های تیمار شده با ساکارز همراه با دارچین اختلاف معنی‌داری نسبت به نمونه کنترل نشان داد و میزان سفتی در مقایسه با گروه کنترل افزایش پیدا کرده است. بدین ترتیب می‌توان بیان کرد که میزان سفتی در روش خشک‌کردن با جاذب رطوبت برای نمونه‌های دارای ساکارز بیشتر از میزان سفتی در همین نمونه‌ها در روش خشک‌کردن بدون جاذب بوده است. که علت آن را می‌توان به پدیده سختی سطحی دانست که خود به دلیل وجود ساکارز می‌باشد. آنالیز بافت در روش خشک‌کردن غیرمستقیم نیز نشان داد که دارچین سبب افزایش نیروی سفتی در نمونه‌های خشک شده بدون جاذب رطوبت می‌گردد و دلیل آن را افزایش ویژگی‌های الاستیسیته ورقه‌های سیب با افزایش غلظت دارچین تعیین نموده‌اند. بررسی خصوصیات ساختاری و آنالیز چروکیدگی در روش خشک‌کردن مستقیم حاکی از آن بوده که نمونه‌های دارای ساکارز میزان چروکیدگی کمتری داشته و با افزایش غلظت دارچین میزان چروکیدگی افزایش می‌یابد و بیشترین افزایش در روش مستقیم خشک‌کردن بدون جاذب در مقادیر ۲ درصد دارچین و در روش مستقیم خشک‌کردن با جاذب در غلظت ۱ درصد دارچین مشاهده می‌شود. همچنین نتایج آنالیز چروکیدگی در روش خشک‌کردن غیرمستقیم نشان می‌دهد که در نمونه‌های فاقد ساکارز میزان چروکیدگی بیشتر است که این به دلیل عدم بهبود ساختاری شبکه-های موئینه می‌باشد. بررسی میزان باز جذب آب در روش‌های خشک‌کردن مستقیم و غیرمستقیم نیز نشان داد که نمونه‌های دارای ساکارز شرایط باز جذب آب مطلوب‌تری دارند و غلظت‌های مختلف دارچین موجب کاهش بازجذب شده‌اند. نتایج مربوط به میزان تخریب ویتامین سی در روش خشک‌کردن مستقیم نشان داد که استفاده از ساکارز باعث بهبود حفظ ویتامین سی و در مقابل غلظت‌های مختلف دارچین سبب تخریب اسیدآسکوربیک می‌شود. بررسی آنالیز تغییر رنگ در روش خشک‌کردن مستقیم و غیرمستقیم نیز حاکی از آن بوده که نمونه‌های دارای ساکارز در هردو روش شرایط مناسب‌تری دارند و دارچین موجبات تغییر رنگ بیشتر را فراهم می‌آورد.

٤- منابع

[1] Larson, D. F., Khidirov, D., & Ramniceanu, I. (2015). Uzbekistan: Strengthening the Horticulture Value Chain.

[2] Boyer, J., & Liu, R. H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition journal*, *3*, 1-15.

[3] Azizov, A. S., Sultonov, K. S., & Gafurov, J. A. (2021). Scientific significance of using protective devices in pear storage in refrigerated warehouses (in the case of Uzbekistan). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 939, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

[4] Ibragimov, M., Rakhmatov, A., & Tadjibekova, I. (2020). Electrotechnological approach for effective storage of fruits and vegetables in farms. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 614, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.

[5] Khurmatov, Y. E., Kakhkhorova, S. A., Nazirova, U. A., Tursumatov, M. S., & Abdulkhamidova, M. A. (2021). Importance Of Seeded Fruits Storage. The American Journal of Agriculture and Biomedical Engineering, 3(06), 55-60.

[٦] Sagar, V. R., & Suresh Kumar, P. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. Journal of food science and technology, 47, 15-26.

[7] Omolola, A. O., Jideani, A. I., & Kapila, P. F. (2017). Quality properties of fruits as affected by drying operation. Critical reviews in food science and nutrition, 57(1), 95-108.

[8] Ershadian, M., Zamani, H., Sami, M., Abedzadeh, H.. (2012). herbal products. Food industry field, agricultural study department, technical and vocational education branch. Lesson number 4636.

[٩] Nwanade, C. F., Wang, M., Li, H., Masoudi, A., Yu, Z., & Liu, J. (2022). Individual and synergistic toxicity of cinnamon essential oil constituents against Haemaphysalis longicornis (Acari: Ixodidae) and their potential effects on non-target organisms. Industrial Crops and Products, 178, 114614.

[١٠] Gruenwald, J., Freder, J., & Armbruester, N. (2010). Cinnamon and health. Critical reviews in food science and nutrition, 50(9), 822-834.

[١١] Torrens, F., & Castellano, G. Herbs brandies, wines, liquors, Origanum onites, clove and cinnamon oils. RESEARCH METHODOLOGIES IN APPLIED CHEMISTRY WITH MULTIDISCIPLINARY PERSPECTIVES, 37.

[١٢] "Global cinnamon production in 2021; Crops/Regions/World Regions/Production Quantity/Year (pick lists)". UN Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). 2023. Retrieved 19 May 2023.

[13] A., N., Ivankin., N., L., Vostrikova., O., N., Krasulya., E., V., Kazakova., A., V., Kulikovskii., A.S., Knyazeva. (2020). The formation of flavoring characteristics of meat products by changing the chemical composition of food compositions. Teoriâ i Praktika Pererabotki Mâsa, doi: 10.21323/2414-438X-2020-5-4-4-12.

[14] Liyan, Ma., Jingming, Li. (2021). Food Flavor Substances. doi: 10.1007/978-981-16-0610-6_10.

[15] Xu, Anyu. (2013). Flavoring food capable of reducing cancer incidence rate of populations.

[16] Tibor, Cserháti. (2010). Food and Food Products. doi: 10.1007/978-3-642-01656-1_2.

[17] Zhu, J., Liu, Y., Zhu, C., & Wei, M. (2022). Effects of different drying methods on the physical properties and sensory characteristics of apple chip snacks. LWT, 154, 112829.

[18] Naveen KG, Ahmed S, Kumar P. Food Processing of Micronutrients and Macronutrients. InMicronutrients and Macronutrients as Nutraceuticals 2024 Feb 6 (pp. 305-319). Apple Academic Press.

[19] Kumar, C., Karim, M. A., & Joardder, M. U. (2014). Intermittent drying of food products: A critical review. Journal of Food Engineering, 121, 48-57.

[20] Lingayat, A., Chandramohan, V. P., Raju, V. R. K., & Kumar, A. (2020). Development of indirect type solar dryer and experiments for estimation of drying parameters of apple and watermelon. Thermal Science and Engineering Progress, 16, 100477.

[21] Purohit, S. R., Rana, S. S., Idrishi, R., Sharma, V., & Ghosh, P. (2021). A review on nutritional, bioactive, toxicological properties and preservation of edible flowers. Future Foods, 4, 100078.

[22] Shojaei, Saideh, and Hakimzadeh, Vahid. (2018). Investigating the effect of adding acetic acid, citric acid, and phosphoric acid to enzyme juice in reducing heavy metals in canned chickpeas. Iran Food Science and Industry, 16(94), 51-60.

[23] Rasool, Etemadipoor., Abdolmajid, Mirzaalian, Dastjerdi., Asghar, Ramezanian., Sakineh, Ehteshami. (2020). Ameliorative effect of gum arabic, oleic acid and/or cinnamon essential oil on chilling injury and quality loss of guava fruit. Scientia Horticulturae, 266:109255-. doi: 10.1016/J.SCIENTA.2020.109255.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

[24] Nouri, A. (2016). Construction and evaluation of forced flow solar dryer with return air cycle and moisture absorbent wheel. Master's thesis. Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj.

[25] Salehi, F. (2014). Investigating heat and mass transfer during button mushroom drying by infrared equipped systems using computational fluid dynamics method. Ph.D. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan.

[26] Asghari Bayram, Z., Basiri, A. 2019 Optimization of combined hot air osmosis drying process of edible button mushroom (Agaricus bisporus) slices by response surface method. Food Science and Nutrition, 7 (2), 39-50.

[27] Chemkhi S. Design, manufacturing and test of a mixed-mode solar dryer for food products. In2022 13th International Renewable Energy Congress (IREC) 2022 Dec 13 (pp. 1-5). IEEE.

[28] Fernandes L, Fernandes JR, Tavares PB. Design of a Friendly Solar Food Dryer for Domestic Over-Production. InSolar 2022 Nov 1 (Vol. 2, No. 4, pp. 495-508). MDPI.

[29] Mohammadi, M., Panahi, B., & Dehdivan, N. S. (2019). A study on the Effects of using the Essential Oil of Medicinal Plants (Cinnamon, Fennel, Clove) and Storage Temperature on Physicochemical Characteristics and Marketability of Date Fruit of Halilehei Cultivar. In Biological Forum–An International Journal (Vol. 11, No. 1, pp. 12-17).

[30] Pashazadeh, B, Elhami R, Amir H, Haj Na, & Sharayei, P. (1400). Investigating the effect of chitosan coating and cinnamon extract on qualitative, physicochemical and microbial characteristics of apple fruit during cold storage. Journal of Food Processing and Preservation, 13(4), 23-42.

[31] Gisselle, Anahí, Solís-Contreras., María, Consuelo, Rodríguez-Guillermo., María, de, la, Luz, Reyes-Vega., Cristóbal, N., Aguilar., Oscar, Noé, Rebolloso-Padilla., José, Corona-Flores., Xochitl, Ruelas-Chacón. (2021). Extending Shelf-Life and Quality of Minimally Processed Golden Delicious Apples with Three Bioactive Coatings Combined with Cinnamon Essential Oil.. Foods, doi: 10.3390/FOODS10030597.

[32] Fereshteh, Khorram., Asghar, Ramezanian. (2021). Cinnamon essential oil incorporated in shellac, a novel bio-product to maintain quality of 'Thomson navel' orange fruit. Journal of Food Science and Technology-mysore, doi: 10.1007/S13197-020-04798-4.

[33] Rahil, Malekipoor., Zora, Singh., Stuart, K., Johnson., Alan, Payne. (2022). Fumigation with lemon and cinnamon oils suppresses ethylene production and maintains the fruit quality of controlled atmosphere-stored organic apples. Food Packaging and Shelf Life, doi: 10.1016/j.fpsl.2022.100958.

[34] Javadi Yanbalag, Dawood and Nouri Bidgoli, Hossein. (2015). Comparative study of dry apple production by solar dryer and other drying methods, International Conference on Environmental Sciences, Engineering and Technologies, Tehran.

[35] Seerangurayar, T., Al-Ismaili, A. M., Jeewantha, L. J., & Al-Nabhani, A. (2019). Experimental investigation of shrinkage and microstructural properties of date fruits at three solar drying methods. Solar Energy, 180, 445-455.

[36] Hedayati, S., Shahidi, F., Koocheki, A., Farahnaky, A., & Majzoobi, M. (2016). Functional properties of granular cold-water swelling maize starch: Effect of sucrose and glucose. International Journal of Food Science & Technology, 51(11), 2416-2423.

[37] Maldonado, S., Arnau, E., & Bertuzzi, M. A. (2010). Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. Journal of Food Engineering, 96(3), 333-341.

[38] Santos, P. H. S., & Silva, M. A. (2008). Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables—A review. Drying Technology, 26(12), 1421-1437. https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1080/07373930802458911.

[39] Smith, J. C., Biasi, W. V., Holstege, D., & Mitcham, E. J. (2018). Effect of Passive Drying on Ascorbic Acid, α-Tocopherol, and β-Carotene in Tomato and Mango. *Journal of food science*, *83*(5), 1412-1421.

[40] Narváez-Cuenca, C. E., Silva-Bustos, K. J., & Restrepo-Sánchez, L. P. (2015). Effects of thermal processing combined with sucrose on the vitamin C content, total phenolic content, antioxidant activity, and sensory characteristics

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

of arazá (Eugenia stipitata McVaugh) purée during frozen storage. *Agronomía Colombiana*, *33*(2), 212-219.

[41] Hatami, S., Sadeghi, M., & Mireei, S. A. (2017). Indirect forced solar drying of banana slices: phenomenological explanation of non-isotropic shrinkage and color changes kinetics. International Journal of Green Energy, 14(15), 1277-1283.

[42] Marinoni, L., Stellari, A., & Cattaneo, T. M. P. (2022). A mild and innovative solar drying process to provide high quality products. Journal of Food Measurement and Characterization, 16(1), 662-672.

[43] Macedo, L. L., Corrêa, J. L. G., da Silva Araújo, C., & Cardoso, W. S. (2023). Use of Ethanol to Improve Convective Drying and Quality Preservation of Fresh and Sucrose and Coconut Sugar-impregnated Strawberries. Food and Bioprocess Technology, 1-15.

[44] Reis, F. R., Marques, C., de Moraes, A. C. S., & Masson, M. L. (2022). Trends in quality assessment and drying methods used for fruits and vegetables. *Food Control*, 109254.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Drying apples using a solar dryer with a desiccant cycle in two modes: direct radiation-convection and indirect radiation-convection

Shadieh Yousefi[1], Mehdi Kashaninejad[2*], Hossein Darvishi[3], Aman Mohammad Ziai Far[2], Himan Nurbakhsh[4]

1- Master student of Food Science and Industry, Faculty of Food Industry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2- Professor, Department of Food Science and Industry, Faculty of Food Industry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3- Associate Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan
4- Assistant Professor, Department of Food Industry Science, University of Kurdistan

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2024/3/17
Accepted:2024/5/8

Keywords:

solar dryer,

direct radiation,

convective and indirect,

convective,

cinnamon,

sucrose.

DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107.

*Corresponding Author E-

ABSTRACT

The aim of the current research is to dry apples using a solar dryer with a desiccant cycle in two modes: direct radiation-convection and indirect radiation-convection. Two types of drying methods, direct and indirect with desiccant and without desiccant, moisture content, and drying in open air were used. Pre-prepared apple slices (flavored with cinnamon) were placed on a specific-sized mesh, the initial weight of the samples was measured, and they were placed inside the solar dryer with a desiccant cycle in two modes: direct radiation-convection and indirect radiation-convection. During the drying process, the evaporation rate, texture, wrinkling, water reabsorption, vitamin C retention, color changes, and sensory characteristics at different treatment levels (30% sucrose and without sucrose, 0.5%, 1%, and 2% cinnamon) were examined. Additionally, several samples were dried as controls without cinnamon flavoring using the solar dryer. Data analysis was conducted using a completely randomized factorial design and the statistical software SPSS version 26. The results of the study showed that in both direct and indirect methods, with and without desiccant, the moisture removal rate in samples without sucrose was higher compared to samples with sucrose and cinnamon. Comparing control samples in both methods with and without desiccant moisture showed that the evaporation rate of samples with desiccant moisture was significantly higher. Furthermore, in samples with sucrose, the evaporation rate was lower in the desiccant method, and in direct sunlight drying, the drying rate was significantly lower compared to solar dryer drying. The results of evaporation rates in the indirect drying method also indicated that similar to the direct method, the evaporation rate of samples with cinnamon treatment and without sucrose was higher than that of samples with sucrose and controls. Tissue analysis results also indicated that the highest firmness was observed in the direct method without desiccant for samples without sucrose, with no significant difference in means. Cinnamon also increased the firmness in samples without desiccant moisture in the indirect drying method, and samples with sucrose had less wrinkling, with an increase in cinnamon concentration leading to more wrinkling, with the highest increase observed in the direct method without desiccant at 2% cinnamon and in the direct method with desiccant at 1% cinnamon concentration. The water reabsorption rate in both direct and indirect drying methods showed that samples with sucrose had better water reabsorption conditions, and the vitamin C degradation rate indicated that the use of sucrose improved vitamin C retention. Color change analysis also showed that samples with sucrose had more favorable conditions in both methods. Therefore, the results related to sensory evaluation characteristics indicated that samples with sucrose and different cinnamon concentrations received the highest sensory evaluation scores. Hence, it can be stated that samples dried with osmotic solution and sucrose generally had better acceptability in terms of physical appearance, color, taste, and flavor.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-11-23]

[DOI: 10.22034/FSCT.21.154.107]