

بررسی برخی تغییرات خواص کیفی ژل آلونه ورا در خشک کن بازگردشی جریان هوای گرم

محمد اسماعیلی ادبی^{۱*}، سید رضا موسوی سیدی^۲، داود کلانتری^۲، احمد تقی زاده^۳

۱- گروه فیزیک-واحد شهر قدس-دانشگاه آزاد اسلامی-تهران-ایران

۲- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲)

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی پارامترهای کیفی فرآیند خشک کردن گیاه دارویی آلونه ورا در سه دمای (۴۰، ۵۰ و ۶۰ °C)، سرعت جریان هوای (۰/۵، ۱ و ۱/۵ m/s) و بازگردش هوای گرم (۰، ۵۰ و ۷۵٪) به منظور کاهش ضایعات انجام گردیده است. نتایج نشان داد که با افزایش دما، نمونه ها مقاومت کمتری در مقابل تغییر رنگ از خود نشان دادند. بیشترین اختلاف مربوط به ژل خشک شده در دمای ۷۰ درجه سلسیوس بود به طوری که افزایش دما و سرعت هوا سبب افزایش این شاخص شد. همچنین بیشترین تغییرات مقدار pH و چروکیدگی در دمای ۶۰ درجه سلسیوس سرعت هوای ۱/۵ متر بر ثانیه به ترتیب به میزان ۰/۵۸ و ۸۶/۲٪ در حالت بدون بازگردش هوای گرم و کمترین تغییرات مقدار pH و چروکیدگی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس سرعت هوای ۰/۵ متر بر ثانیه به ترتیب به میزان ۰/۳۰ و ۷۰/۶٪ در حالت بازگردش ۷۵٪ هوای گرم اتفاق افتاد. بالاترین مقدار بازجذب آب نسبت به ماده خشک (کیلوگرم آب به کیلوگرم ماده خشک) به میزان ۳۰/۱٪ در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه در حالت بازگردش هوای گرم و کمترین مقدار بازجذب به میزان ۱۹/۹٪ در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه در حالت بدون بازگردش هوای گرم اتفاق افتاد.

کلید واژگان: تغییرات کیفی، خشک کن بازگردشی، آلونه ورا، خشک کردن

* مسئول مکاتبات: m.esmailiadabi@shahryariau.ac.ir

۱- مقدمه

فرآیندهای مختلف به کار رفته در صنایع تبدیلی می‌تواند محصول‌های فاسد شونده را به فرآورده‌هایی با پایداری بالا تبدیل کند. با استفاده از این فناوری‌ها، محصولات می‌توانند انبار شده و در تمام طول سال به بازارهای مصرف منتقل شوند و در نتیجه زمان دسترسی به آن‌ها افزایش یافته و ارزش غذایی و ویژگی‌های کیفی آن‌ها محفوظ می‌ماند. پایداری انباری فرآورده‌های کشاورزی تابع دو عامل فیزیکی دمای محیط و رطوبت محصول می‌باشد. با کاهش رطوبت یا دما یا هر دو می‌توان به میزان قابل ملاحظه‌ای طول این دوره را افزایش داد. کاهش رطوبت به وسیله عملیات خشک کردن ممکن می‌باشد. در واقع خشک کردن، راهی مناسب و مطمئن برای نگهداری و ذخیره سازی محصولات است [۱].

امروزه اکثر کشورهای پیشرفته دنیا مطالعات گسترده‌ای در زمینه شناخت فلور گیاهی سرزمین خود و گیاهان دارویی مورد استفاده در کشورهای دیگر به عمل آورده‌اند. مساله مهمی که بر سر راه این گونه تحقیقات قرار داشته و عامل انجام مطالعات گسترده در زمینه کاربرد گیاهان دارویی می‌گردد، شناخت و حفظ مواد موثره گیاهان به ویژه در اشکال مختلف گیاهان دارویی می‌باشد [۲].

دلایل عدم توجه به گیاهان دارویی در کشور عبارتند از عدم شناخت گیاهان دارویی عدم رعایت مسائل بهداشتی مشخص نبودن تاریخ انقضاء و تولید دارو مشخص نبودن میزان داروی توصیه شده عدم حمایت سازمان‌ها و دوایر دولتی قاطع نبودن اثر درمانی و یا سرعت پایین اثر بخشی

شاخص‌های کیفی از موارد مهم قابل بررسی در مواد غذایی و کشاورزی می‌باشند. فرآیند خشک کردن، بایستی به گونه‌ای باشد که کمترین تغییرات را در شاخص‌های کیفی محصول ایجاد نماید. این شاخص‌ها می‌توانند شامل تغییرات فیزیکی نظیر ابعاد و اندازه، شکل بافت، چروکیدگی، سختی و تغییرات شیمیایی نظیر واکنش‌های قهوه‌ای شدن، تغییر رنگ، تغییرات در ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه، چربی‌ها، و اکسیداسیون در مواد باشند [۳].

در فرآیند خشک کردن، ویژگی‌های سطح خارجی و در نتیجه بازتاب نور و رنگ محصول تغییر می‌کند. تغییرات شیمیایی در رنگ دانه‌های کارتنوئیدی و کلروفیل به دلیل اثر حرارت در حین خشک کردن صورت می‌گیرد. به طور کلی هر چه مدت خشک کردن طولانی‌تر، و دما بالاتر باشد، تغییرات رنگ شدیدتر خواهد بود. زمانی که دما افزایش یابد، ظرفیت نگهداری رنگ کاهش می‌یابد. سینتیک واکنش‌های تخریب رنگ، اغلب از سینتیک واکنش درجه اول تبعیت میکند [۴].

یکی از مهمترین تغییرات فیزیکی در ساختار بافت گیاهی در طول خشک کردن، چروکیدگی است که از همان مراحل اولیه فرآیند خشک کردن شروع می‌شود [۵]. در طول خشک کردن، چروکیدگی وابسته به ساختار بافت و مقدار رطوبت ماده غذایی است [۶ و ۷]. از دست دادن آب و گرم شدن باعث ایجاد تنش در ساختار سلولی مواد غذایی می‌گردد که نتیجه این حالت تغییر شکل و کاهش ابعاد آن است. در طی خشک کردن مواد غذایی، چروکیدگی به طور مداوم اتفاق می‌افتد و خصوصیات فیزیکی ماده و خصوصیات ترموفیزیکی از جمله پدیده‌های انتقال جرم و گرما را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین چروکیدگی هم روی بافت و هم روی کیفیت محصول تاثیرگذار است [۸ و ۹].

در کشور ما به دلیل فرآوری سنتی و پایین بودن سطح فناوری، هزینه تولید افزایش پیدا کرده و از سوی دیگر کیفیت ظاهری و همچنین ترکیبات موثره خود را طی فرآیند خشک کردن، به طور قابل ملاحظه‌ای از دست می‌دهد که این مساله به طور جدی بر مصرف و صادرات آن تاثیر گذار است. تحقیق حاضر به منظور بررسی پارامترهای کیفی فرآیند خشک کردن گیاه آلوئه ورا به منظور بازار پسندی بیشتر انجام شده است. در تحقیق حاضر به دلیل اهمیت شکل ظاهری از نظر بازار پسندی، شاخص کیفی رنگ، چروکیدگی، pH و بازجذب آب مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- مواد و روشها

ویژگی‌های فیزیکی مواد جامد و پدیده انتقال جرم اثر می‌گذارد. حجم ژل آلوئه ورا قبل از خشک کردن با استفاده از رابطه ۲ به دست آمد:

$$V_b = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^3$$

و در نهایت درصد چروکیدگی از رابطه ۳ محاسبه شد [۱۱].

$$S_b = \left(1 - \frac{V}{V_b} \right) \times 100$$

در این رابطه S_b درصد چروکیدگی، V_b و V حجم ژل آلوئه ورا (بر حسب متر مکعب) به ترتیب قبل و بعد از خشک کردن است.

اندازه گیری pH

با استفاده از دستگاه pH متر مدل pH lab 827 ساخت کشور سوئیس، pH نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. جهت تعیین pH ژل آلوئه ورا، ابتدا یک محلول ۱۰٪ از آن‌ها تهیه و سپس با استفاده از دستگاه، pH آن‌ها اندازه‌گیری شد [۱۲].

اندازه گیری باز جذب

نمونه‌های خشک شده در تیمارهای مختلف در آب قرار داده خواهد شد و در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه از آب خارج و وزن

شدند. نسبت نمونه‌ها به محلول بر اساس وزنی $\frac{1}{10}$ خواهد بود. محتویات رطوبت نمونه‌هایی که آب جذب کردند بر طبق AOAC 1980 مورد بررسی قرار خواهد گرفت. محتویات رطوبت بعد از باز جذب آب به صورت محتویات رطوبت نرمال شده (NMC) بیان خواهد شد که برای محاسبه آن معادله زیر استفاده می‌گردد [۱۳].

X_0 (نسبت ماده خشک بر حسب کیلوگرم)، X_t (نسبت آب جذب شده بر حسب کیلوگرم) هستند.

۳- نتایج و بحث

تغییرات رنگ

شاخص رنگ ΔE یکی از شاخص‌های مهم در صنایع غذایی است که تغییرات رنگ محصول را طی فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی مشخص می‌کند. این شاخص معین می‌کند که رنگ محصول نسبت به رنگ اولیه چه مقدار تغییر کرده است. نتایج حاصل از آنالیز متغیرها بر شاخص تغییر رنگ (ΔE)، در

گیاه دارویی صبر زرد مورد استفاده در این تحقیق از کلکسیون گیاهان دارویی مرکز تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی خریداری و در دمای ۵ درجه سلسیوس درون یخچال نگهداری شد. آزمایشات با خشک‌کن جریان هوای گرم با قابلیت با و بدون بازگردش هوای گرم در ۳ سطح دمایی (۴۰، ۵۰، ۶۰ درجه سلسیوس) و ۳ سطح بازگشت هوا (۰، ۵۰ و ۷۵ درصد و سرعت جریان هوای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ متر بر ثانیه در ۳ تکرار انجام شد. برای انجام آزمایشات برگ‌های آلوئه‌ورا تهیه و فیله ژل از قسمت مرکزی آن جدا می‌گردید. نمونه‌ها به صورت قطعات مکعب مستطیل به ضخامت یک سانتی متر و همچنین طول و عرض ۲ سانتی متر برش داده شد و به صورت یک لایه روی صفحه مشبکی خشک‌کن محفظه خشک‌کن قرار داده می‌شد. یکی از مهم‌ترین شاخص کیفی ظاهری محصولات کشاورزی رنگ است. رنگ و تغییرات آن با بسیاری از خواص فیزیکی و شیمیایی محصولات ارتباط مستقیم دارند [۱۰]. برای اندازه‌گیری رنگ، ۳ قطعه از ژل‌های خشک‌شده آلوئه ورا به صورت تصادفی از هر نمونه خشک‌کردن انتخاب شد و رنگ سطحی ژل خشک شده اندازه‌گیری گردید. برای مقایسه‌ی رنگ، تغییرات رنگ (ΔE) با استفاده از سه فاکتور میزان سیاه و سفید بودن (L^*)، میزان سبز یا قرمز بودن (A) و میزان زرد یا آبی بودن (B) بدست آورده شد. میزان رنگ نمونه‌ها قبل و بعد از خشک شدن هر سری از نمونه‌ها به وسیله آنالایزر رنگ بر حسب پارامترهای مدل RGB (میزان قرمز، سبز و آبی بودن) به دست آمد. تغییرات کلی رنگ (E) نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۱ بر حسب پارامترهای رنگی $L^* a^* b^*$ محاسبه شد.

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_t^*)^2 + (a_0^* - a_t^*)^2 + (b_0^* - b_t^*)^2}$$

در این رابطه L_0^* ، a_0^* ، b_0^* مقادیر اولیه پارامترهای رنگی و L_t^* ، a_t^* ، b_t^* مقادیر پارامترهای رنگی ژل آلوئه ورا پس از خشک شدن می‌باشند.

چروکیدگی

در طول فرآیند خشک شدن به دلیل خروج رطوبت از مواد غذایی، پدیده چروکیدگی اتفاق می‌افتد و همین امر بر روی

هوای خروجی به علت وجود رطوبت در هوای خروجی و بازگردش آن به هوای گرم ورودی، مدت زمان فرآیند خشک شدن افزایش می‌یابد و ژل آلوئه ورا مدت زمان بیشتری در معرض هوای گرم قرار می‌گیرد و به دنبال آن تخریب رنگدانه‌ها افزایش می‌یابد. در حالی که در حالت بدون بازگردش هوای خروجی به علت کاهش زمان خشک شدن و کاهش مدت زمان در معرض هوای گرم قرار گرفتن محصول، تغییرات رنگ کمتری در ژل در حال خشک شدن اتفاق افتاد که مطلوب می‌باشد. به طور کلی تغییرات رنگی که در کل فرایند خشک کردن رخ می‌دهد می‌تواند به علل مختلفی مانند تخریب رنگدانه‌ها و اکسیداسیون قهوه‌ای شدن میلارد صورت گیرد. عرب حسینی و همکاران تاثیر شرایط مختلف خشک کردن را بر تغییرات رنگ برگ گیاه ترخون به این نتیجه رسیدند که کمترین تغییرات در رنگ برگ گیاه در دمای ۴۰ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد [۱۴].

جدول ۱ مقادیر تغییرات (ΔE) در خشک‌شدن ژل آلوئه ورا در دما و سرعت‌های جریان هوای مورد آزمایش

سرعت هوا (m/s)	دما (°C)	بدون بازگردش هوا	۵۰٪ بازگردش هوای گرم	۷۵٪ بازگردش هوای گرم
	۴۰	۱۸/۶۶±۱/۸۹	۱۸/۹۳±۱/۲۳	۱۹/۱۰±۳/۳۳
۰/۵	۵۰	۱۸/۸۵±۲/۲۷	۱۹/۱۸±۱/۶۶	۱۹/۴۷±۲/۸۹
	۶۰	۱۸/۹۹±۱/۵۶	۱۹/۴۷±۲/۴۸	۱۹/۷۳±۱/۲۴
	۴۰	۱۸/۷۳±۲/۳۹	۱۸/۹۹±۰/۸۲	۱۹/۳۲±۲/۶۹
۱	۵۰	۱۸/۹۰±۰/۹۹	۱۹/۳۲±۱/۶۳	۱۹/۸۸±۲/۴۸
	۶۰	۱۹/۱۴±۲/۰۸	۱۹/۶۹±۱/۲۹	۱۹/۹۹±۱/۹۷
	۴۰	۱۸/۹۴±۱/۵۷	۱۹/۱۵±۱/۴۷	۱۹/۵۸±۱/۵۸
۱/۵	۵۰	۱۹/۰۸±۳/۰۴	۱۹/۴۳±۱/۷۱	۱۹/۹۳±۱/۲۶
	۶۰	۱۹/۳۰±۲/۲۱	۱۹/۸۷±۰/۹۳	۲۰/۱۸±۱/۶۹

تعیین مزه و کیفیت محصولات کشاورزی می‌باشد. میزان pH اسیدی بودن محصول را تعیین می‌کند و میزان تغییرات آن بر کیفیت محصول می‌تواند تاثیرگذار باشد. افزایش قندها و کاهش اسیدها طی نگهداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌شود ولی این افزایش در اکثر میوه‌ها متفاوت می‌باشد، چون علاوه بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تاثیر بر pH را دارند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش سایر پژوهشگران از جمله راسکین [۱۵] مطابقت دارد.

تغییرات pH

مقادیر pH مطابق حاصل از اندازه‌گیری‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تغییرات میزان pH در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه و با بازگردش ۰٪ هوای گرم به میزان (۰/۵۸+) و کمترین میزان تغییرات pH در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه و با بازگردش ۷۵٪ هوای گرم به میزان (۰/۳۰+) اتفاق افتاد. تغییرات خاصیت pH برای

جدول ۱ میانگین مقادیر تغییرات pH در خشک شدن ژل آلوتی و در دما و سرعت های جریان هوای مورد آزمایش

سرعت هوا (m/s)	دما (°C)	بدون بازگردش هوا	۵۰٪ بازگردش هوای گرم	۷۵٪ بازگردش هوای گرم
	۴۰	۰/۴۳±۰/۰۲۲	۰/۳۳±۰/۰۳۹	۰/۳۰±۰/۰۳۶
۰/۵	۵۰	۰/۴۶±۰/۰۳۱	۰/۳۷±۰/۰۸۱	۰/۳۴±۰/۰۴۱
	۶۰	۰/۵۳±۰/۰۹۸	۰/۴۷±۰/۰۴۵	۰/۴۵±۰/۰۲۷
	۴۰	۰/۵۱±۰/۰۶۷	۰/۴۱±۰/۰۶۰	۰/۳۶±۰/۰۶۹
۱	۵۰	۰/۴۹±۰/۰۵۳	۰/۴۰±۰/۰۹۲	۰/۳۷±۰/۰۶۲
	۶۰	۰/۵۵±۰/۰۹۷	۰/۴۹±۰/۰۴۷	۰/۵۰±۰/۰۳۳
	۴۰	۰/۵۴±۰/۰۸۱	۰/۴۲±۰/۰۳۸	۰/۳۸±۰/۱۰۲
۱/۵	۵۰	۰/۵۲±۰/۱۲۱	۰/۴۴±۰/۰۵۱	۰/۳۷±۰/۰۸۶
	۶۰	۰/۵۸±۰/۰۶۹	۰/۴۸±۰/۰۸۶	۰/۴۹±۰/۰۲۹

میزان چروکیدگی

یکی از اساسی ترین اهداف خشک کردن محصولات کشاورزی، انتقال آب در بافت جامد به طرف سطح رویه محصول تا یک سطح خاص بوده بطوری که ضایعات میکروبی و زوال فعل و انفعالات شیمیایی به طوراساسی به حداقل مقدار ممکن برسد. از دست دادن آب و گرم شدن باعث ایجاد تنش در ساختار سلولی مواد غذایی می گردد که نتیجه این حالت تغییر شکل و کاهش ابعاد آن است. در طی خشک کردن مواد غذایی، چروکیدگی به طور مداوم اتفاق می افتد و خصوصیات فیزیکی ماده و خصوصیات ترموفیزیکی از جمله پدیده های انتقال جرم و گرما را تحت تاثیر قرار می دهد. بنابراین چروکیدگی هم روی بافت و هم روی کیفیت محصول تاثیر گذار است. نتایج اندازه گیری ها نشان داد که سرعت جریان هوا تاثیر چندانی بر میزان چروکیدگی ژل خشک شده ندارد در حالی که دمای هوای خشک کردن نسبت به سرعت جریان هوا تاثیر بیشتری از خود نشان داد. همانطور که از نتایج جدول ۳ مشخص است بیشترین تاثیر بر فرآیند میزان چروکیدگی بازگردش هوای گرم در فرآیند خشک کردن است به طوری که کمترین میزان چروکیدگی در بازگردش ۷۵٪ هوای خروجی دارد. دلیل این امر می تواند آن باشد که در اثر بازگردش هوای خروجی سرعت خشک شدن لایه های ژل آلوتی و با آهنگ

کمتری صورت پذیرد و به دنبال آن فرآیند خشک کردن طولانی مدت تری داشته باشیم. طولانی شدن مدت زمان خشک شدن به لایه های ژل این اجازه را می دهد تا رطوبت به آهستگی از محصول خارج شود و میزان جمع شدن و به اصطلاح چروکیدگی کمتری اتفاق بیافتد. همچنین نتایج جدول ۳ نشان می دهد که با افزایش دما از ۴۰ به ۶۰ درجه سلسیوس میزان چروکیدگی روند صعودی دارد که دلیل این امر آن است که با افزایش دما، آهنگ از دست دادن رطوبت در محصول در حال خشک شدن افزایش می یابد و محصول رطوبت زیادی را در مدت زمان کوتاهی از دست می دهد که باعث چروکیدگی سریعتر و بیشتر ژل می گردد. تاثیر مشابهی نیز توسط سرعت جریان هوا بر فرآیند خشک شدن ژل مشاهده می شود اما این تاثیر به نسبت تاثیر دمای هوا نمی باشد که دلیل این امر آن است که با افزایش سرعت جریان هوا از ۰/۵ به ۱/۵ متر بر ثانیه آهنگ تبخیر رطوبت با شدت کمتری صورت می پذیرد و ژل در مدت زمان بیشتری رطوبت خود را از دست می دهد. نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهش سایر پژوهشگران از جمله در خشک کردن محصولات کشاورزی [۱۶]، در خشک کردن میوه ها [۱۷] و در خشک کردن مواد در خشک کن کابینتی [۱۸] مطابقت دارد.

جدول ۳ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی چروکیدگی (%) در خشک‌شدن ژل آلوئه ورا در دما و سرعت‌های جریان هوای مورد آزمایش

سرعت هوا (m/s)	دما (°C)	بدون بازگردش هوا	۵۰٪ بازگردش هوای گرم	۷۵٪ بازگردش هوای گرم
	۴۰	۷۵/۵±۵/۵۶	۷۲/۳±۷/۰۹	۷۰/۶±۲/۲۴
۰/۵	۵۰	۸۱/۲±۷/۷۹	۷۷/۶±۵/۵۶	۷۶/۵±۷/۵۵
	۶۰	۸۴/۶±۴/۴۹	۷۹/۸±۳/۳۷	۷۹/۱±۶/۴۱
	۴۰	۷۶/۶±۴/۸۱	۷۳/۶±۶/۶۶	۷۱/۳±۵/۵۲
۱	۵۰	۸۲/۴±۶/۶۸	۷۸/۹±۵/۱۴	۷۷/۱±۴/۳۹
	۶۰	۸۵/۱±۵/۴۲	۸۰/۳±۴/۰۸	۷۹/۰±۴/۲۴
	۴۰	۷۶/۸±۶/۲۸	۷۴/۱±۶/۶۹	۷۱/۱±۳/۵۸
۱/۵	۵۰	۸۳/۵±۷/۷۹	۷۹/۲±۴/۹۹	۷۷/۴±۵/۵۰
	۶۰	۸۶/۲±۶/۴۳	۸۱/۳±۳/۳۴	۷۹/۲±۷/۰۳

میزان بازجذب آب

همانطور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان بازجذب در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه و با بازگردش ۷۵٪ هوای گرم به میزان ۳۰۱٪ و میزان بازجذب در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه و با بازگردش ۰٪ هوای گرم به میزان ۱۹۹٪ اتفاق افتاد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که استفاده از بازگردش هوای خروجی سبب افزایش میزان بازجذب آب می‌گردد که دلیل این امر می‌تواند به کاهش میزان چروکیدگی در طول فرآیند خشک شدن با استفاده از بازگردش هوای گرم باشد. همچنین با افزایش دما و سرعت جریان هوای خشک‌کردن، میزان بازجذب کاهش می‌یابد که دلیل این امر هم می‌تواند افزایش میزان چروکیدگی محصول خشک شده با افزایش دما و سرعت جریان هوا باشد. در خلال فرآیند خشک شدن برخی مواد غذایی از جمله انواع میوه‌ها، غالباً یک پوسته غیرقابل نفوذ و سخت در سطح محصول تشکیل می‌شود. این پدیده که به سخت شدن سطح محصول معروف است، معمولاً موجب کاهش سرعت خشک شدن می‌شود. این حالت هنگامی به

وجود می‌آید که درجه حرارت سطح ماده غذایی بسیار زیاد باشد. در این صورت پوسته سختی در سطح ماده غذایی به سرعت تشکیل می‌شود و از انتقال رطوبت به لایه‌های سطحی محصول جلوگیری می‌کند. این پوسته، غیرقابل نفوذ باقی می‌ماند و آب را بین ذرات نگه می‌دارد. به همین دلیل سرعت فرآیند خشک‌شدن، بشدت کاهش می‌یابد. سخت شدن سطحی در مواد غذایی که میزان قند و مواد جامد محلول در آنها زیاد است (از جمله آلوئه ورا) بیشتر به وجود می‌آید. یکی از مهمترین تغییرات مواد غذایی خشک، کاهش قدرت بازجذب آب در آنهاست. علت اصلی این پدیده، چروکیدگی و از بین رفتن سلولها و مجاری موئین در درون بافت مواد غذایی است. در اثر این تغییرات کیفیت، رنگ، عطر، طعم و ارزش تغذیه‌ای محصول نهایی دچار افت می‌شود. از عمده ترین تغییرات ایجاد شده در مواد غذایی خشک، افت کمی و کیفی مواد معطر است، زیرا ترکیب‌های آلی فرار که عطر و طعم را بوجود می‌آورند، نقطه جوش کمتر از آب دارند که اغلب در فرآیند خشک کردن از ماده غذایی خارج می‌شود. نتایج بدست آمده با نتایج تحقیق در خشک کردن لایه های کیوی [۱۹]، لایه های هویچ [۲۰] و لایه‌های قارچ [۲۱] مشابهت دارد.

جدول ۴ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی آب با جذب نسبت به ماده خشک ($\times 100$) آب در خشک شدن ژل آلونه ورا در دما و سرعت‌های جریان هوای مورد آزمایش

سرعت هوا (m/s)	دما (°C)	بدون بازگردش هوا	۵۰٪ بازگردش هوای گرم	۷۵٪ بازگردش هوای گرم
۰/۵	۴۰	۲۵۸±۱۹/۵	۲۸۶±۲۲/۴	۳۰۱±۱۶/۶
	۵۰	۲۲۱±۱۷/۴	۲۶۹±۱۴/۳	۲۸۸±۱۹/۴
	۶۰	۲۰۴±۱۸/۲	۲۳۳±۱۹/۳	۲۵۹±۱۸/۶
۱	۴۰	۲۳۵±۱۵/۱	۲۵۲±۱۶/۸	۲۹۲±۱۴/۱
	۵۰	۲۱۲±۱۸/۹	۲۶۲±۱۰/۱	۲۷۰±۱۵/۹
	۶۰	۲۰۷±۱۶/۸	۲۴۱±۱۳/۶	۲۴۷±۱۲/۷
۱/۵	۴۰	۲۳۰±۲۰/۲۰	۲۳۷±۱۹/۹	۲۷۱±۱۶/۶
	۵۰	۲۱۴±۱۴/۴	۲۷۱±۲۱/۵	۲۶۴±۹/۲۰
	۶۰	۱۹۹±۱۷/۱	۲۳۵±۱۴/۸	۲۴۴±۱۸/۵

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی کیفی خشک کردن ژل آلونه ورا به روش جریان هوای گرم با و بدون بازگردش هوای خروجی در سه دمای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس و در سه سرعت جریان هوای ۰/۵، ۱ و ۵/۱ متر بر ثانیه به شرح زیر می‌باشد:

۱- شاخص ΔE در طی خشک کردن با افزایش دما و سرعت جریان هوای گرم افزایش یافت. تغییرات رنگ با بازگردش هوای گرم روند صعودی داشت به طوری که بالاترین تغییر مرتبط به بالاترین میزان بازگردش بود.

۲- میزان تغییرات pH با افزایش دما و سرعت جریان هوا روند صعودی داشت در حالی که این تغییرات با افزایش میزان بازگردش روند نزولی داشت.

۳- میزان چروکیدگی ژل در حال خشک شدن با افزایش دما و سرعت جریان هوا افزایش یافت اما با بازگردش کردن هوای گرم به علت طولانی شدن مدت زمان خشک شدن روند نزولی مشاهده شد.

۴- بیشترین میزان بازجذب آب در نمونه‌های خشک شده در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۰/۵ متر بر ثانیه و با بازگردش ۷۵٪ هوای گرم و کمترین میزان بازجذب در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان هوای ۱/۵ متر بر ثانیه و با بازگردش ۰٪ هوای گرم اتفاق افتاد.

۵- منابع

- [2] Ahmadi Chenarbon, H., Minaei, S., Bassiri, A.R., Almassi M. and Arabhosseini, A. 2010. Effective quantitative and qualitative parameters for drying and storage of St. John's wort (*Hypericum perforatum L.*) medicinal plant in order to decrease losses and energy consumption, PhD Thesis, Islamic Azad University (Science and Research Branch). Tehran. Iran.
- [3] Okos, M.R., Narsimhan, G., Ingh, R. K., and Weitmauer, A. C. 1992, *Food dehydration*. In D. R. Heldman & D. B. Lund (Eds.), *Hand book of food engineering* (pp. 339-382). New York: Marcel Dekker.
- [4] Fellows, P.J. 1990. *Food Processing Technology, Principles and Practice*. Ellis Horwood Limited.
- [5] Witrowa-Rajchert D., and Turek, W. 1998. Effect of drying method on shrinkage and porosity of apple. *Zeszyty Naukowa Politechniki Bialostockiej Budowa i Eksploatacja Maszyn* 5: 217-226.
- [6] Sjöholm, I., and Gekas, V. 1995. Apple shrinkage upon drying. *J Food Eng.* 25: 123-130.
- [7] Wang, N. and Brennan, J.G. 1995. Changes in structure, density and porosity of Potaro during dehydration. *J. Food Eng.* 24: 61-76.
- [8] Mayor, L., and Sereno, A.M. 2004. Modeling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *J. Food Eng.* 61: 373-386.
- [9] Schultz, E.L., Mazzuco, M., Machado, M.M., Bolzan, A., Quadri M.B., and Quadri, M.G.N. 2007. Effect of pre-treatment on
- [1] Zomorodian, A. 2004. *Grain Drying (Theoretical and practical)*. Agriculture Science Publication, Tehran, Iran.

- drying of food materials: a review J. Food Eng. 61: 373-386.
- [17] Koc, B., Eren I. and Ertekin F.K. 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. J. Food Eng. 85: 340-349.
- [18] Roustapour, O.M., Maftoonazad, N.,Khadem, M.R. and Khaloahmadi, A. Determination of drying kinetics of materials in cabinet dryer. National Conference on New Technologies in Mechanical Engineering. Islamic Azad University, Shiraz Branch. 23-24 Feb., 2011.
- [19] Maskan, M. 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. J. Food Eng. 48:177±182.
- [20] Litvin, S., Mannheim, C. H., and Miltz, J. 1998. Dehydration of carrots by a combination of freeze drying, microwave heating and air or vacuum drying. J. Food Eng., 36, 103-111.
- [21] Doymaz, I. 2014. Drying Kinetics and Rehydration Characteristics of Convective Hot-Air Dried White Button Mushroom Slices, J. Chem. Volume 2014, Article ID 453175, 8 pages.
- drying, density and shrinkage of apple slices. J. Food Eng. 78: 1103-1110.
- [10] Koca, N., Burdurlu, H.S., and Karadeniz, F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. J. Food Eng. 78(2): 449-455.
- [11] Figiel, A. 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods). J. Food Eng. 98(2): 461-470.
- [12] Zakipour-Molkabadi, E., Hamidi-Esfahani Z., Abbasi S. (2011) Formulation of Leather from Kiwi Fruit Losses. Iran. Food Sci. Tech. Res. J. 6 (4), 263-270.
- [13] AOAC. (1980). Official methods of analysis (13th ed.). Washington, DC Association of Official Analytical Chemists.
- [14] Arabhosseini, A., Huisman, W., Van Boxtel, A., and Mueller, J. 2005. Modeling of the equilibrium moisture content (EMC) of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). Int. J. Food Eng. 1(5): art7
- [15] Raskin, I., 1992. Salicylic, a new plant hormone. Plant Physiology, 99: 799-803.
- [16] Mayor L. and Sereno A.M. 2004. Modeling shirinkage during convective

Evaluation of some qualitative properties of aloe vera gel by using recycling hot air dryer

Esmaeili Adabi, M. ^{1*}, Mousavi Seyedi, S. R. ², Kalantari, D. ², Taghizadeh, A. ³

1. Department of Physics, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Agriculture Science & Natural Resources University, Sari, Iran.
3. Department of Mechanical Biosystem Engineering, Gorgan University Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: 93/6/9 Accepted: 93/9/2)

Present study were investigated to evaluation the quality parameters in drying of Aloe vera in three temperatures (40, 50, 60 °C), air velocity (0.5, 1, 1.5 m/s) and hot air recycling (0, 50 and 75%) in order to reduce waste. The results showed that with increasing temperature, the samples showed less resistance to color change. The highest difference dried gel was at 70 °C so that the increasing air velocity and temperature was increased this index. Also, the maximum change pH and shrink were obtained to be 0.58 and 86.2%, at 60 °C and 1.5m/s respectively in case without recycling hot air, while its minimum value 0.3 and 70.6% were at 40 °C and 0.5m/s in case with 75% recycling hot air, respectively. The maximum value of rehydration water was obtained to be 301% at 40 °C and 0.5 m/s in case with 75% recycling hot air, while its minimum value 199% were at 60 °C and 1.5m/s in case without recycling hot air.

Keywords: Quality change, Recycling dryer, Aloe Vera, Drying

* Corresponding Author E-Mail Address: m.esmailiadabi@shahryariau.ac.ir