

بررسی تاثیر محلول‌های اسمزی بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و ترکیبات معطر زنجبیل در فرآیند خشک کردن

مریم شاه امیریان^{۱*}، ندا مفتون آزاد^۲، لادن جوکار^۳

۱- مربی پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۲-دانشیار پژوهشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۳- مربی پژوهشی بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۰/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۷

چکیده

اسمزی کردن به عنوان یک پیش‌فرآیند قبل از خشک کردن، سبب کاهش میزان آب اولیه محصول شده و در نتیجه زمان فرآیند خشک کردن کاهش می‌یابد. همچنین باعث بهبود خصوصیات حسی، عملکردی و تغذیه‌ای محصولات خشک شده می‌گردد. در این مطالعه آبیگری زنجبیل تازه با استفاده از محلول‌های اسمزی ساکاروز با غلظت‌های ۵۰ و ۷۰٪ (وزنی-وزنی) انجام گردید و سپس در خشک‌کن کابینتی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۱ متر بر ثانیه خشک شد. منحنی خشک کردن تیمارها به دست آمد و شاخص‌های رنگ ($L, a, b, \Delta E$) و ترکیبات معطر اندازه‌گیری گردید. زمان خشک کردن هر دو تیمار تفاوت معنی داری را با یکدیگر و با نمونه کنترل در سطح ۱٪ نشان داد. کمترین و بیشترین زمان خشک شدن به ترتیب مربوط به محلول اسمزی ۷۰٪ ساکاروز (۷ ساعت) و نمونه کنترل (۱۱ ساعت) بود. بیشترین و کمترین شاخص درخشندگی (L) نیز به ترتیب مربوط به نمونه‌های ۷۰٪ ساکاروز (۷۱/۳۳) و شاهد (۳۳/۶۴) مربوط می‌شد. نتایج به دست آمده از دستگاه GC/MS نشان داد که مهم‌ترین ترکیب شناسایی شده در نمونه‌های زنجبیل آلفا-زینجیرین به میزان ۲۶/۶۵٪ بود که پس از خشک کردن مقدار آن کاهش یافت. در نتیجه فرآیند خشک کردن اسمزی ترکیبات معطری مانند کامفن از ۶/۷۷ در نمونه تازه به ۲۹/۳۸ در نمونه شاهد خشک، ۲۹/۴۵ در محلول ۵۰٪ ساکاروز و ۲۹/۴۴ در محلول ۷۰٪ ساکاروز افزایش داشت. همچنین مقادیر بتا فلائندرین، جرانینال نیز روند افزایشی داشتند ولیکن ترکیب نرال از ۵/۷۵ در نمونه تازه زنجبیل به ترتیب به ۰/۶۵۹، ۱/۱ و ۱/۳۰ درصد در نمونه خشک شاهد، خشک شده در محلول اسمزی ۵٪ و ۷۰٪ ساکاروز کاهش یافت.

کلید واژگان: زنجبیل، خشک کردن اسمزی، مواد معطر، آنالیز GC/MS

۱- مقدمه

زنجبیل^۱ با نام علمی زینجیبر آفیسینال^۲ سالهاست که به عنوان ادویه مورد استفاده قرار می گیرد. ریشه این گیاه و عصاره به دست آمده از آن حاوی ترکیبات پلی فنلی (۶- جینجرول^۳ و مشتقات آن) می باشد که دارای خواص آنتی-اکسیدانتی بالایی می باشد [۱]. این گیاه یکی از مهمترین گیاهان دارویی می باشد که در صنایع دارویی و علم پزشکی در درمان بسیاری از بیماریها مانند رماتیسم، سوء هاضمه، بیماری های عفونی و بیماریهای قلب و عروق مورد استفاده قرار می گیرد [۲]. ترکیبات موجود در زنجبیل خواص بیولوژیک بسیاری دارد. این خواص به ترکیبات فرار و غیر فرار موجود در اسانس زنجبیل مربوط می باشد که دارای خاصیت آنتی-اکسیدانی نیز می باشند. طعم مطبوع زنجبیل به وجود بیش از ۷۰ نوع ترکیب فرار از دسته ترپن ها مربوط می باشد [۳]. زنجبیل به صورت خمیر تازه، اسلایس و پودر خشک، طعم دهنده چای، ادویه و چاشنی در انواع مواد غذایی مورد استفاده قرار می گیرد. ترکیبات آروماتیک فرار عامل اصلی بوی مطلوب در انواع زنجبیل می باشد [۴و۵].

درصد رطوبت زنجبیل ۹۰-۸۰ درصد می باشد. یکی از مهمترین راههای کاهش ضایعات پس از برداشت و کاهش تغییرات خصوصیات فیزیکی شیمیایی و ارگانولپتیکی و افزایش ماندگاری آن خشک کردن می باشد [۶]. نتایج نشان داده است که استفاده از زنجبیل در طولانی مدت در درمان بیماریها موثر می باشد اما طعم و مزه تند آن سبب می شود که استفاده آن محدود شود. یکی از تکنیک ها به منظور ایجاد طعم بهتر و استفاده موثرتر از زنجبیل، خشک کردن اسمزی آن می باشد [۲].

خشک کردن به تنهایی به دلیل نیاز به انرژی زیاد روشی پر هزینه می باشد. استفاده از روش آب گیری اسمزی به عنوان یک پیش فرایند قبل از خشک کردن سبب کاهش میزان آب اولیه محصول شده و در نتیجه زمان فرایند خشک کردن کاهش می یابد. اسمزی کردن میوهجات سبب کاهش فعالیت آبی در محصول می گردد، که این امر سبب کاهش فعالیت های فسادپذیر در محصول، افزایش پایداری میکروبی و در نهایت بالابردن عمر ماندگاری محصول می گردد. این روش همچنین

سبب بهبود خصوصیات حسی، عملکردی، تغذیه ای، حفظ رنگ، بافت و مواد معطر محصولات خشک شده می گردد. بدین منظور از محلول های هیپرتونیک قند، نمک یا مواد دیگر برای جداسازی آب از مواد غذایی بدون تغییر فاز استفاده می شود. نیروی موثر در این پدیده اختلاف فشار اسمزی محلولها در دو طرف غشا سلولی نیمه نفوذ پذیر است [۷]. دو دلیل عمده استفاده از پیش فرایند اسمزی پیش از خشک کردن، بهبود کیفیت و صرفه جویی در مصرف انرژی می باشد. علاوه بر کاهش زمان خشک شدن، این پیش فرایند، رنگ طبیعی میوه را (بدون افزودن ترکیبات ضد قهوه ای شدن) حفظ می نماید. همچنین به حفظ مواد معطر حین خشک کردن کمک می کند [۸]. بسته به نوع ماده غذایی و رفتار آن حین اسمزی شدن، میزان از دست رفتن رطوبت (M.L^۴) و جذب مواد جامد (S.G^۵) با هم متفاوت است [۹، ۱۰ و ۱۱]. فتحی و همکاران (۲۰۱۰) اسلایس های کیوی را در محلول های اسمزی قندی (۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰٪) در دماها و زمان غوطه وری مختلف قرار داده و سپس خشک نمودند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت محلول های اسمزی، زمان و دمای خشک کردن محتوی رطوبت نمونه ها به طور معنی داری کاهش می یابد [۱۰]. آنگیری اسمزی مانگو با استفاده از قند های اینورت و شکر نشان داد که نمونه هایی که با محلول قند های اینورت اسمزی شده بودند از لحاظ ارگانولپتیکی پذیرش بهتری داشتند [۱۲]. تاثیر ترکیبات اسمزی (ساکاروز و محلول قندی ذرت) بر آنگیری اسمزی پاپایا نشان داد که فاکتور های ازدست رفتن رطوبت (M.L) و جذب ماده جامد (S.G) در محلول قندی ساکاروز بالاتر بود [۱۳]. خشک کردن اسمزی پیاز با استفاده از محلول های نمکی نشان داد که با افزایش دمای خشک کردن و غلظت محلول های اسمزی میزان ازدست رفتن رطوبت (M.L) و جذب ماده جامد (S.G) افزایش می یابد و نمونه های اسمزی شده از لحاظ رنگ مقبولیت بیشتری داشتند [۱۴]. نتایج منفی و همکاران (۲۰۱۰) بر آنگیری اسمزی اسلایس زردآلو با استفاده از نمک و شکر نشان داد که افزایش میزان حجم محلول اسمزی سبب افزایش نرخ انتقال جرم و در نتیجه افزایش سریع جذب ماده جامد (S.G) می گردد [۱۵]. خشک کردن اسمزی همچنین سبب حفظ مواد معطر که یکی از مهمترین شاخص های کیفی میوه

1. Ginger
2. *Zingiber officinale*
3. 6-gingerol

4. moisture losses
5. solid gain

جامد (S.G) وازدست دادن رطوبت (M.L) را به خود اختصاص داده است [۲].

از آنجا که مواد معطر موجود در زنجبیل نقش مهمی در عطر و بوی این محصول ایفا می کند و خشک کردن که یکی از راه های کاهش ضایعات زنجبیل تازه و افزایش ماندگاری آن می باشد، می تواند بر میزان مواد معطر زنجبیل تاثیرگذار باشد، بنابراین استفاده از خشک کردن اسمزی با کاهش زمان خشک کردن و حفظ فاکتورهای کیفی، رنگ و مواد معطر یکی از بهترین روش های خشک کردن این محصول می باشد؛ هدف از انجام این پژوهش استفاده از محلول های اسمزی در خشک کردن زنجبیل و بررسی خواص کیفی و مواد معطر آن در حین خشک کردن می باشد.

۲- مواد و روش ها

زنجبیل تازه از بازار محلی خریداری شد. پس از شستشو و پوست گیری به صورت قطعات ریز خرد شد. به منظور تهیه محلول های اسمزی ۵۰ و ۷۰٪ وزنی-وزنی ساکاروز مقدار مورد نیاز ساکاروز به آب مقطر اضافه شده و محلول های اسمزی تهیه گردید. غلظت محلول ها با استفاده از یک رفرکتومتر دستی اندازه گیری گردید. نسبت محلول اسمزی به میوه ۴ به ۱ در نظر گرفته شد تا از رقیق شدن زیاد محلول اسمزی جلوگیری شود و نسبت محلول اسمزی به میوه و مخلوط شدن مناسب در حین فرایند رعایت گردد [۲۱]. مقدار مشخصی از نمونه های زنجبیل (۳۰۰ گرم) در محلول های اسمزی تهیه شده با غلظت ۵۰ و ۷۰٪ وزنی-وزنی ساکاروز به مدت ۲ ساعت و در دمای محیط غوطه ور گردیدند. دمای محلول ها توسط حمام آب گرم تنظیم گردید. بعد از این مدت، نمونه ها از محلول های اسمزی خارج شده و توسط کاغذ خشک کن محلول اضافی آنها گرفته شد و مجدداً وزن و رطوبت نمونه ها اندازه گیری گردید. سپس به خشک کن کابینتی (شکل ۱) منتقل شده و در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و سرعت ۱ متر بر ثانیه تا رطوبت حدود ۲۰ درصد خشک گردیدند. خشک کن مورد استفاده مجهز به یک فن سانتریفیوژی و سه مقاومت الکتریکی بود که امکان استفاده آنها با هم یا بطور مجزا وجود داشت. دمای هوای خشک درون محفظه خشک کن در قسمت میانی ورودی هوا و با استفاده از یک ترمومتر دیجیتالی با دقت ± 1 درجه سانتی گراد

جات و سبزیجات می باشد، می گردد. خشک کردن اسمزی از افزایش الکل در حین فرایند انجماد طالبی ممانعت می کند. این یافته بیانگر وجود طعم بهتر در محصولات فرایند شده با محلول های اسمزی در مقایسه با نمونه های بدون پیش فرایند است [۱۶]. خشک کردن اسمزی توت فرنگی در محلول های اسمزی غلیظ شکر سبب حفظ بهتر مواد فرار در حین خشک کردن در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد گردید [۱۷]. نتایج نشان داد که در حین فرایند اسمزی فوران، پیرانون و تا حد کمتری بقیه استرها در بافت میوه باقی می مانند در حالی که ترکیبات الکلی و کربونیل دار از سمت میوه به سمت شربت حرکت کرده که این مسئله به احتمال زیاد به خاطر حلالیت این ترکیبات در آب می باشد. به نظر می رسد که افزایش مواد جامد قطعات توت فرنگی در حین خشک کردن اسمزی، حفظ مواد فرار را در حین خشک کردن با هوای داغ بهبود می بخشد [۱۸]. خشک کردن سبب ایجاد تغییراتی در مواد معطر زنجبیل مانند ترپین ها می گردد [۴]. دینگ و همکاران (۲۰۱۲) زنجبیل را با استفاده از روش های مختلف خشک کردند و ترکیبات معطر نمونه ها را توسط روش (GC/MS^۶) مورد بررسی قرار دادند. بهترین روش خشک کردن، انجمادی و سپس خشک کردن در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد بود. خشک کردن سبب افزایش ترکیباتی مانند ۱-۵ دی متیل ۴-هگزینیل^۷ و کاهش ترکیباتی مانند ۳-دی متیل-۶ و ۲-اکتانال^۸ گردید [۵]. خشک کردن زنجبیل سبب کاهش در ترکیب جینجرول و افزایش در هیدرو کربن های ترپن گردید [۴]. از بین روش های خشک کردن آفتابی و انجمادی بهترین شرایط خشک کردن و تولید پودر زنجبیل، خشک کردن در دمای ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی گراد می باشد که در این شرایط میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی اکسیدانی آن حداکثر می باشد [۱۹]. کوپرا و همکاران (۲۰۱۰) حدود ۷۴ ترکیب را در اسانس زنجبیل شناسایی کردند [۶]. اسلایس زنجبیل با رطوبت ۸۷-۸۸٪ در دماهای مختلف در خشک کن کابینتی خشک گردید و نتایج نشان داد که خشک کردن زنجبیل در مرحله نزولی رخ می دهد [۲۰]. اسمزی کردن زنجبیل در محلول عسل با استفاده از روش پاسخ سطح نشان داد که دمای خشک کردن ۶۰ درجه سانتی گراد بالاترین میزان جذب ماده

6. gas chromatography-mass spectrometry
7. 1-5 dimethyl-4-hexenyl
8. 3,7-dimethyl 2,6-octadienal

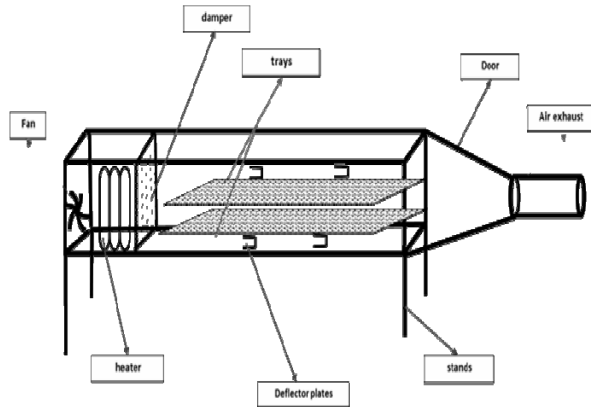


Fig1 Schematic of cabinet dryer

۲-۱- اندازه گیری رنگ

روش های متعددی برای اندازه گیری و طبقه بندی رنگ ها وجود دارد که مهم ترین آن ها CIE است. سیستم CIE یک سیستم تری کروماتیک^۱ (سه فام) می باشد. این سیستم بر این اساس پایه گذاری شده است که هر رنگی را می توان به وسیله مخلوط مناسبی از سه رنگ اصلی قرمز، آبی و سبز تولید کرد. در سیستم اندازه گیری CIE، تغییرات رنگ ΔE و a^* ، b^* ، L^* به ترتیب L شاخص درخشندگی است و از صفر تا ۱۰۰ تغییر می کند ($L=0$ نشان دهنده رنگ سیاه و $L=100$ نشان دهنده رنگ سفید می باشد)، a شاخص سبزی - قرمزی است و از ۶۰- تا ۶۰+ تغییر می کند که ۶۰- نشان دهنده سبزی و ۶۰+ نشان دهنده قرمزی می باشد، b شاخص آبی - زردی می باشد و از ۶۰- تا ۶۰+ تغییر می کند که ۶۰- نشان دهنده رنگ آبی و ۶۰+ نشان دهنده زردی می باشد و ΔE تغییرات کلی رنگ می باشد و از رابطه ۵ به دست می آید [۲۴ و ۲۵].

رابطه (۵)

$$\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

فاکتورهای رنگ با استفاده از رنگ سنج Tintometer Ltd RT500, Salisbury ساخت کشور انگلستان اندازه گیری گردید.

۲-۲- آزمون تعیین ترکیبات معطر

ترکیبات معطر نمونه های زنجبیل نیز با استفاده از دستگاه GC/MS (کروماتوگرافی مدل ۷۸۹۰ سری A و اسپکترومتری جرمی مدل ۵۹۷۵ سری C) اندازه گیری گردید [۲۶]. بدین منظور، حدود ۳ گرم از هر نمونه در یک ویال ۲۰ میلی لیتری مربوط به فضای خالی قرار داده شد. ویال ها سپس به سینی

اندازه گیری شد. سرعت هوا توسط یک آنومتر^۲ (سرعت سنج باد) که در فاصله مناسبی از سینی خشک کن قرار می گرفت تعیین شد. وزن نمونه ها قبل از خشک کردن و در طول مدت خشک کردن در فواصل زمانی ۳۰ دقیقه اندازه گیری گردید. میزان تغییرات وزن (با استفاده از ترازوی دیجیتال) به منظور بررسی منحنی خشک شدن و رطوبت اولیه نمونه های تازه و خشک شده زنجبیل با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری گردید [۲۲]. محتوای رطوبتی و نرخ خشک شدن نمونه های زنجبیل بر پایه وزن خشک در یک دوره زمانی به ترتیب توسط روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند [۲۳].

رابطه (۱)

$$MC = W_i M_0 - (W_t - W_{t+\Delta t}) / W(1 - M_0)$$

MC: محتوای رطوبتی (کیلوگرم ماده خشک بر کیلوگرم آب)

W_i : وزن اولیه (کیلوگرم)

W_t : وزن در لحظه t ام (کیلوگرم)

$W_{t+\Delta t}$: وزن در لحظه $t+\Delta t$ (کیلوگرم)

M_0 : محتوای رطوبتی اولیه (کیلوگرم ماده خشک/کیلوگرم)

رابطه (۲)

$$DR = W_t - W_{t+\Delta t} / W(1 - M_0) (t_{t+\Delta t} - t_t)$$

DR: نرخ خشک شدن (کیلوگرم ماده خشک در دقیقه)

بر کیلوگرم آب)

Δt : یک دوره زمانی (دقیقه)

ΔW : تغییر وزن محصول در دوره زمانی (کیلوگرم)

میزان جذب مواد جامد (S.G) و میزان از دست رفتن رطوبت

(M.L) با استفاده از رابطه ۳ و ۴ محاسبه گردید [۱۴].

رابطه (۳)

$$SG(\%) = \frac{[W_t \cdot (1 - X_t) - W_0 \cdot (1 - X_0)]}{W_0} \times 100$$

رابطه (۴)

$$ML(\%) = \frac{(W_0 \cdot X_0 - W_t \cdot X_t)}{W_t} \times 100$$

که در آن W_0 و W_t وزن نمونه ها (g)، X_0 و X_t جزئی

وزنی رطوبت (g/g) وزن مرطوب) به ترتیب در شروع

آزمایش و در زمان t می باشد.

(M.L) و جذب مواد جامد (S.G) در تیمارهای زنجبیل

نتایج نشان داد که زمان خشک کردن در تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری داشت و بیشترین زمان خشک کردن مربوط به نمونه های شاهد زنجبیل و کمترین زمان مربوط به تیمار ۷۰٪ محلول قندی ساکاروز بود (شکل ۲). استفاده از پیش تیمار اسمزی قبل از خشک کردن می تواند سرعت خشک شدن را افزایش و زمان آن را کاهش دهد که دلیل این امر خروج سریع تر آب از میوه جات به دلیل تاثیر محلول های مورد استفاده بر ساختار بافت محصول می باشد. با افزایش غلظت محلول قندی ساکاروز به ۷۰٪، زمان خشک کردن در مقایسه با دو تیمار دیگر کاهش یافت. نتایج فوق با نتایج تایو و ادمی (۲۰۰۹)، فتحی و همکاران (۲۰۱۰) و مورنو و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد [۱۰، ۱۱ و ۱۲]. همچنین نرخ خشک شدن نمونه های زنجبیل (شکل ۳) نشان داد که خشک شدن آن در مرحله نزولی رخ می دهد. این نتایج مطابق با نتایج لوها و همکاران (۲۰۱۲) می باشد [۲۰]. نرخ خشک شدن نمونه های زنجبیل در ابتدا سریع تر بود و با گذشت زمان و کاهش رطوبت نرخ خشک کردن کاهش یافت [۲۸ و ۲۰].

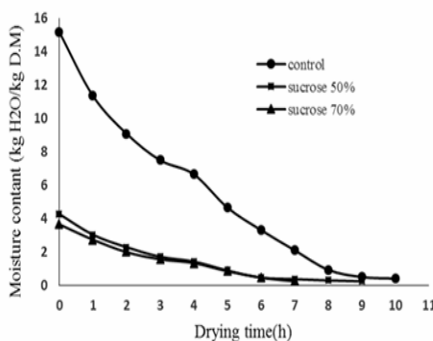


Fig2 Drying curve of Ginger samples

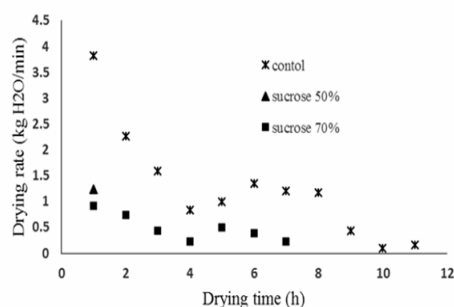


Fig3 Drying rate of Ginger samples

فضای خالی انتقال داده شدند. سپس در یک سیستم Combi-PaL که دارای یک نمونه بردار اتوماتیک، هیتر و همزن است ویال ها تا ۸۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند. مواد تبخیر شده با استفاده از یک کروماتوگرافی مدل ۷۸۹۰ سری A و اسپکترومتری جرمی مدل ۵۹۷۵ سری C آنالیز شدند. ستون موبینه 5MS (فنیل متیل سیکلوزان، 30m*0.25mm i.d*25µm) همراه با گاز حامل هلیوم با سرعت ۱ متر بر دقیقه استفاده شد. دمای آن کروماتوگرافی گازی از ۶۰ تا ۲۱۰ درجه با نرخ ۳ درجه بر دقیقه برنامه ریزی شده و سپس از ۲۱۰ تا ۲۴۰ درجه سانتی گراد با نرخ ۲۰ درجه سانتی گراد در دقیقه افزایش یافت و در ۲۴۰ درجه سانتی گراد به مدت ۸/۵ دقیقه نگهداری شد. اسپکترومتری جرمی در دامنه ۵۰-۴۰ amu با یک ولتاژ یونیزه کننده ۷۰ ولت اسکن شد. شاخص بازداری با استفاده از زمان های بازداری n-آلکان ها (C8-C25) که بعد از مواد تبخیر شده معطر تحت همان شرایط کروماتوگرافی تزریق شدند تعیین گردیدند. شاخص های بازداری بر اساس روش n-آلکان ها به عنوان استاندارد تعیین شدند. ترکیبات با مقایسه شاخص های بازداری (RI, HP-5) با موارد گزارش شده قبلی و مقایسه اسپکترومتری جرمی با کتابخانه موجود در دستگاه گزارش گردید [۲۶].

۲-۳- آنالیز آماری

این تحقیق به صورت یک طرح کاملاً تصادفی با ۳ تیمار (شاهد- تیمار ۵۰٪ محلول قندی ساکاروز و تیمار ۷۰٪ محلول قندی ساکاروز) و در ۳ تکرار انجام گردید. در مورد قسمت اندازه گیری ترکیبات معطر توسط دستگاه GC/MS شاهد به صورت تازه و خشک در نظر گرفته شد که در این مورد تعداد تیمار ها به ۴ تیمار افزایش یافت. نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ آنالیز گردید و آزمون مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تاثیر محلول های اسمزی بر زمان و نرخ خشک شدن، میزان ازدست رفتن رطوبت

رطوبت (M.L) و جذب مواد جامد (S.G) در بین تیمارهای اسمزی شده زنجبیل تفاوت معنی داری در سطح ۱٪ داشت (جدول ۱).

بسته به نوع ماده غذایی و رفتار آن در حین فرآیند اسمزی، میزان از دست رفتن آب و جذب مواد جامد متفاوت می باشد. نتایج جداول تجزیه واریانس نشان داد میزان از دست رفتن

Table1 ANOVA table for M.L and S.G in osmotic Ginger samples

factors	Source	Sum of Square	df	Mean Squares	F Value	Sig.
M.L	TR	59.85	1	59.85	39.63	0.003**
	Error	6.04	4	1.51		
	Total	65.89	5			
S.G	TR	1.1010	1	1.1010	33024.5	0.000**
	Error	0.00013	4	0.00003		
	Total	1.1010	5			

**Significant at level 1%, * Significant at level 5% , M.L(moisture losses) , S.G(solid gain)

خشک شده متفاوت می باشد و این امر نشان می دهد که خشک کردن بر میزان ترکیبات معطر زنجبیل تاثیر دارد (جدول ۲). روش خشک کردن زنجبیل نیز می تواند بر نوع ترکیبات معطر آن پس از فرآیند موثر باشد. نتایج فوق با نتایج دینگ و همکاران (۲۰۱۲) و بارتلی و همکاران ۲۰۰۰ مطابقت دارد. [۴ و ۵]. با توجه به جدول ۲ مهمترین ترکیبات شناسایی شده در نمونه های زنجبیل، آلفا زینجیرین^{۱۱} با مقدار اولیه ۲۶/۶۵٪ بود که طی فرآیند خشک کردن میزان آن در نمونه های شاهد، و نمونه های اسمزی شده با محلول های ۵۰٪ و ۷۰٪ ساکاروز به ترتیب به ۶/۱۸، ۷/۱۵ و ۶/۹۵٪ رسید. ترکیب کامفن^{۱۲} از ۱،۷۸٪ در نمونه تازه به ترتیب به ۱۳/۷۰، ۱۳/۱۹ و ۱۳/۲۷٪ در نمونه های شاهد و نمونه های اسمزی شده با محلول های ۵۰٪ و ۷۰٪ ساکاروز افزایش یافت. همچنین میزان ترکیب بتافلاندرن^{۱۳}، جرانئال^{۱۴} افزایش و میزان ترکیب نرال^{۱۵} در نمونه های مختلف زنجبیل کاهش یافت. نتایج تحقیق فوق نشان داد که فرآیند آبیگری اسمزی می تواند بر میزان برخی از ترکیبات مولد عطر و طعم اثر گذار باشد.

فرآیند اسمزی سبب کاهش رطوبت محصول و جذب ماده جامد می گردد که بسته به غلظت محلول، نوع محلول اسمزی و نوع محصول این اعداد متفاوت می باشند. از دست دادن آب و جذب مواد قندی در طول مدت آبیگری اسمزی اثر مطلوب و محافظت کننده ای بر رنگ و بافت محصول دارد و در جلوگیری از تخریب ساختار بافت میوه حین خشک شدن بسیار موثر می باشد [۲]. نتایج تحقیق فوق نیز نشان داد که با افزایش غلظت محلول قندی ساکاروز از ۵۰ به ۷۰٪، میزان جذب ماده جامد و اتلاف رطوبت در نمونه های زنجبیل از ۷/۵ به ۸/۴ درصد و از ۴/۹ به ۴/۳ افزایش یافت. نتایج به دست آمده در این زمینه مشابه با نتایج منافی و همکاران (۲۰۱۰)، ال-اوار و همکاران (۲۰۰۶)، باییک و همکاران (۲۰۰۷)، پاتیل و همکاران (۲۰۱۲) و گوپتا و همکاران (۲۰۱۲) می باشد [۲، ۹، ۱۳، ۱۴ و ۱۵].

۲-۳- تاثیر محلول های اسمزی بر ترکیبات

معطر در تیمار های زنجبیل

زنجبیل حاوی انواع مواد معطر می باشد که مقدار آن در نمونه تازه و خشک شده متفاوت می باشد. نتایج آنالیز G.C/ MS نشان داد که تعداد ترکیبات شناسایی شده در نمونه تازه و

11. a-Zingiberene
12. Camphene
13. B-phellandrene
14. Geranial
15. Neral

Table 2 Volatile components identified in the Ginger (*Zingiber officinale*) samples by HS-GC/MS as/.

No	Components	Fresh	Dried(control)	Osmotic Ginger (sucrose solution 50%)	Osmotic Ginger (sucrose solution 70%)
1	Tricyclene	0.098	1.271	1.264	1.187
2	α -Thujene	-	0.063	0.053	0.05
3	α -Pinene	1.782	13.709	13.195	13.274
4	Camphene	6.776	29.389	29.458	29.443
5	Sabinene	0.094	0.451	0.379	0.355
6	β -Pinene	0.238	1.825	2.036	2.143
7	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.583	0.172	0.104	0.124
8	Myrcene	0.894	4.623	4.864	5.097
9	n-Octanal	-	0.035	0.053	0.06
10	α -Phellandrene	0.45	1.648	1.304	1.214
11	δ -3-Carene	-	0.107	0.11	0.113
12	α -Terpinene	-	0.084	0.089	0.092
13	p-Cymene	0.087	0.198	0.173	0.205
14	β -Phellandrene	9.209	22.444	17.947	17.675
15	1,8-Cineole	10.681	9.023	10.905	10.065
16	(Z)- β -Ocimene	-	0.014	0.015	0.015
17	(E)- β -Ocimene	-	0.005	0.004	0.005
18	γ -Terpinene	-	0.125	0.14	0.15
19	Terpinolene	0.275	0.769	0.879	0.976
20	2-Nonanone	0.117	0.03	0.026	0.018
21	Linalool	0.901	0.259	0.263	0.276
22	Camphor	-	0.085	0.097	0.124
23	Citronellal	0.589	0.133	0.176	0.179
24	Borneol	2.491	0.807	0.916	1.057
25	Rosefuran epoxide	-	0.036	0.039	0.045
26	Terpinene-4-ol	0.218	0.057	0.063	0.082
27	α -Terpineol	0.868	0.283	0.337	0.388
28	Myrtenal	-	0.022	0.025	0.023
29	Neral	5.753	0.659	1.1	1.306
30	Geranial	7.103	0.741	1.358	1.592
31	Bornyl acetate	-	0.014	0.018	0.028
32	α -Copaene	0.272	0.23	0.272	0.305
33	β -Elemene	0.481	0.09	0.1	0.112
34	cis- α -Bergamotene	0.113	0.056	0.065	0.07
35	trans- α -Bergamotene	-	0.019	0.02	0.022
36	trans- β -Farnesene	0.329	0.113	0.103	0.112
37	allo-Aromadendrene	0.122	0.04	0.048	0.048
38	α -Amorphene	0.085	0.02	-	-
39	Germacrene D	1.38	0.258	0.299	0.307
40	ar-curcumene	4.056	0.807	0.912	1.022
41	β -Selinene	-	0.152	0.153	0.166
42	α -Zingiberene	26.651	6.185	7.159	6.958
43	β -Bisabolene	7.036	1.374	1.586	1.643
44	β -Sesquiphellandrene	8.011	1.533	1.84	1.828
45	Trans- γ -Bisabolene	0.21	0.027	0.031	0.032
46	Germacrene B	0.211	0.018	0.023	0.017
47	Citronellol	0.357	-	-	-
48	Geraniol	0.48	-	-	-
49	Unknown	0.026	-	-	-
50	γ -Elemene	0.13	-	-	-
51	valencene	0.793	-	-	-
52	(E)-Nerolidol	0.058	-	-	-

اشکال ۷ تا ۹ پروفایل کروماتوگرام های نمونه های مختلف زنجبیل را نشان می دهد.

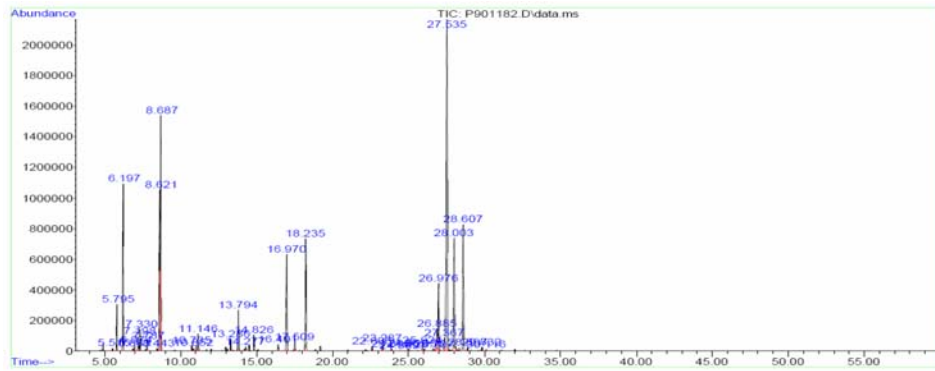


Fig4 Chromatogram profile of fresh Ginger

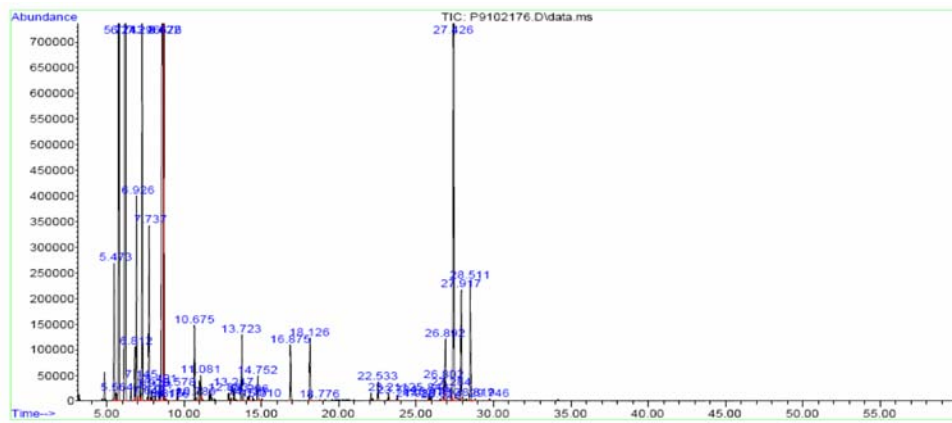


Fig5 Chromatogram profile of dried Ginger (control)

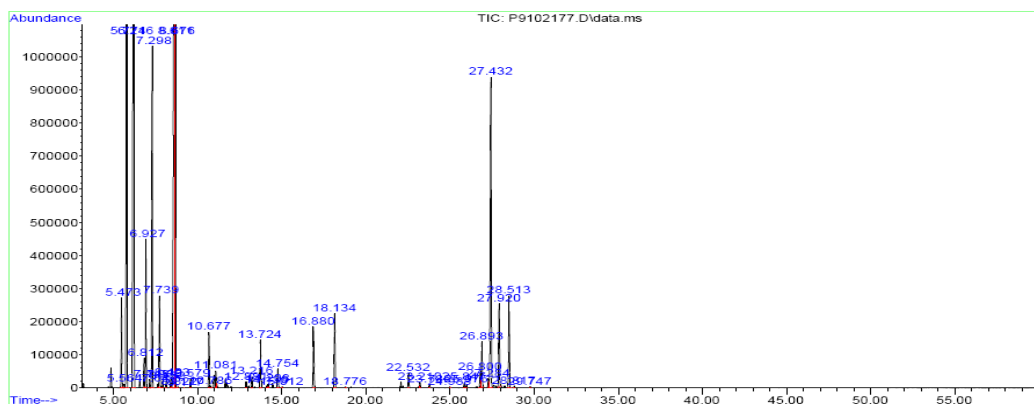


Fig6 Chromatogram profile of osmotic Ginger (sucrose 50%)

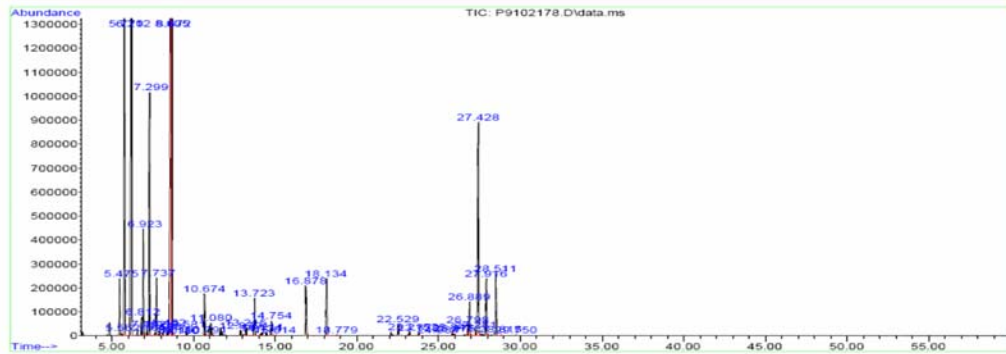


Fig7 Chromatogram profile of osmotic Ginger (sucrose 70%)

می‌تواند از جدا شدن و در نتیجه کاهش این ترکیبات در اثر دما در حین خشک‌کردن جلوگیری نماید. روشن و همکاران (۲۰۱۲) اعلام کردند که آلفا-پینن نمونه‌های موسیر خشک شده بیشتر از نمونه تازه بود [۲۶]. همچنین کوبرا و راو (۲۰۱۲) نیز نشان دادند که مقدار آلفا-پینن و بتافلاندین طی خشک کردن زنجبیل افزایش و مقدار آلفا زینجیبرن نیز با خشک کردن کاهش یافت [۶].

همچنین مقدار ترکیباتی مانند نرال، جرانئال، آرکورکومن^{۱۸}، بتا بیسابولن^{۱۹}، بتا سسکوئیفلاندرن^{۲۰} نیز طی خشک کردن کاهش یافت. به عنوان مثال ترکیب نرال در نمونه تازه ۵/۷۵ درصد بود که پس از خشک کردن مقدار آن به ۰/۶۵۹ درصد در نمونه ساده خشک و ۱/۱ در نمونه خشک شده در محلول اسمزی ۰/۵۰ ساکاروز و ۱/۳۰ در نمونه خشک شده با محلول اسمزی ۰/۷۰ ساکاروز کاهش یافت.

نتایج به دست آمده با نتایج کیژاک کاپیل و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد. در این مطالعه نیز ترکیبات فوق در زنجبیل توسط روش GC/MS شناسایی شدند [۳۱]. همچنین کمالی روستا و همکاران (۲۰۱۳) نیز ۱۷ ترکیب را در زنجبیل شناسایی نمودند که عمده ترین ترکیب آلفا زینجیبرن به میزان ۳۱/۷٪ بود [۳۲]. نتایج پژوهش فوق با نتایج بیگناردی و همکاران (۲۰۰۰)، پینو و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشابهت دارد. آنها اعلام کردند که خشک کردن اسمزی همچنین سبب ایجاد تغییرات و همچنین حفظ مواد معطر میوه جات و سبزیجات می‌گردد [۲۹ و ۱۶].

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در نمونه تازه، خشک شده شاهد، خشک شده با محلول اسمزی ۰/۵۰ ساکاروز و خشک شده با محلول اسمزی ۰/۷۰ ساکاروز به ترتیب ۳۹، ۴۶، ۴۵ و ۴۵ ترکیب شناسایی گردید. بعضی از ترکیبات فقط در نمونه تازه مشاهده گردیدند در حالی که برخی فقط در نمونه های خشک شده وجود داشتند. مقادیر ترکیبات مهمی چون آلفا-پینن^{۱۶}، کامفن و بتافلاندین، طی خشک کردن افزایش یافت. نتایج به دست آمده با نتایج روشن و همکاران (۲۰۱۲) و کوبرا و راو (۲۰۱۲) مطابقت دارد [۲۶ و ۶]. به عبارتی مقدار آلفا-پینن از ۱/۷۸ در نمونه تازه به ۱۳/۷۹ در نمونه شاهد خشک و ۱۳/۱۹۵ و ۱۳/۲۷ به ترتیب در نمونه های آبیگری شده در محلول های اسمزی ۰/۵۰ و ۰/۷۰ افزایش یافت. همچنین مقدار کامفن از ۶/۷۷ در نمونه تازه به ۲۹/۳۸ در نمونه شاهد خشک، ۲۹/۴۵ در محلول ۰/۵۰ ساکاروز و ۲۹/۴۴ در محلول ۰/۷۰ ساکاروز افزایش داشت. مهمترین و عمده ترین ترکیب شناسایی شده در این نمونه ها آلفا زینجیبرن بود که در نمونه تازه با مقدار ۲۶/۶۵ بالاترین بود و طی خشک کردن مقدار آن کاهش یافت. آلفا زینجیبرن از دسته سسکوئیترن^{۱۷} می باشد و عمده ترین و مهمترین ترکیب موجود در اسانس زنجبیل و عامل عطر و بوی زنجبیل می باشد [۲۹ و ۳۰]. نکته مهم این است که کاهش این ترکیب در نمونه های اسمزی شده با محلول ۰/۵۰ و ۰/۷۰ ساکاروز کمتر از نمونه شاهد بود به عبارتی توسط اسمزی کردن می توان از کاهش این ترکیب مهم که عامل عطر و بوی زنجبیل می باشد جلوگیری نمود. به عبارتی می توان گفت که استفاده از محلول های اسمزی سبب تثبیت ترکیبات معطر می‌گردد که به نوعی

18. ar-curcumene
19. β -Bisabolene
20. β -Sesquiphellandrene

16. α -Pinene
17. sesquiterpene

۳-۳- تاثیر محلولهای اسمزی بر تغییرات رنگ

در نمونه های زنجبیل

رنگ یکی از مهمترین فاکتور های کیفی در محصولات خشک شده می باشد. نتایج رنگ به صورت فاکتور های L ، a و b گزارش گردید که فاکتور L نشان دهنده شفافیت، فاکتور a نشان دهنده قرمزی-سبزی نمونه ها و فاکتور b نیز نشان دهنده زردی-آبی نمونه ها می باشد. نتایج آنالیز آماری نشان داد که فاکتور های L ، a و b در سطح ۱٪ تفاوت معنی داری داشتند و بالاترین و کمترین میزان L به ترتیب ۷۱/۳۳ و ۶۴/۳۳ بود که به ترتیب به نمونه آگیری شده با محلول اسمزی ۷۰٪ و نمونه شاهد خشک تعلق داشت (جدول ۳). به عبارتی اسمزی کردن سبب بهبود رنگ و شفاف شدن نمونه-های زنجبیل گردید. این نتایج مشابه نتایج بچیر و همکاران (۲۰۱۰) و سحری و همکاران (۲۰۰۶) بود [۳۵ و ۳۶].

نتایج مشابهی نیز توسط کوبرا و راو (۲۰۱۲) به دست آمد. آنها ۵۴ ترکیب را در نمونه های زنجبیل که توسط روش های مختلف خشک شده بود شناسایی کردند که عمده ترین آنها آلفا زینجیبرین بود و نسبت به نمونه شاهد ۴۳ درصد کاهش داشت. علت این کاهش، حساس بودن این ترکیب و تجزیه آلفا زینجیبرین به مونوترپن ها و در نتیجه کاهش آن و افزایش مونوترپن هایی مانند کامفن و بتافلاندین به میزان ۲۲٪ بود [۶]. وهلموت و همکاران (۲۰۰۶) هم کاهش ترکیبات فرار را در حین خشک کردن زنجبیل گزارش کردند [۳۳]. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه جایاشری و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد. آنها نشان دادند که خشک کردن زنجبیل سبب کاهش در مقدار اسانس ها و محتوی الثورزین می گردد. عمده ترین ترکیب آلفا زینجیبرین بود. خشک کردن سبب تبخیر مواد فرار و در نتیجه کاهش آن می گردد. عملیات پوست گیری نیز خود سبب کاهش مقدار اسانس می گردد و سبب می شود که اسانس به مقدار بیشتری طی خشک کردن از بین برود [۳۴].

Table3 Average Comparison between osmotic treatment on L value in Ginger samples

Treatment	L0	L
Contorol	82.00 a	64.33 c
Osmotic Ginger with sucrose sulation 50%	72.66 c	68 b
Osmotic Ginger with sucros sulation 70%	75 b	71.33 a

Means in column with different letters are significantly different ($P < 0.01$), L0: initial L, L: final L

رابطه ۶، تغییرات مولفه رنگی L نمونه شاهد زنجبیل طی خشک کردن

$$Y = -9/67 \ln(x) + 77/99 \quad R^2 = 0/93$$

رابطه ۷، تغییرات مولفه رنگی L نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۵۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = -4/42 \ln(x) + 75/51 \quad R^2 = 0/97$$

رابطه ۸، تغییرات مولفه رنگی L نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۷۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = -3/62 \ln(x) + 77/33 \quad R^2 = 0/94$$

مقدار a نیز با گذشت زمان به صورت خطی (شکل ۹) و طبق روابط ۹ تا ۱۱ افزایش داشت:

روند تغییرات فاکتور L نمونه های زنجبیل در طول مدت زمان خشک کردن به صورت نزولی بود که نشان دهنده این است که با گذشت زمان مقدار L به صورت لگاریتمی و بر اساس روابط ۶ تا ۸ کاهش یافت (شکل ۸).

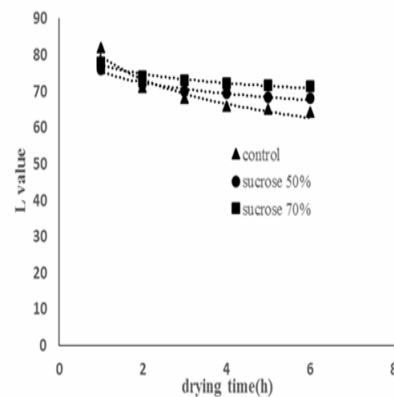


Fig8 Change in L value during drying process

رابطه ۱۲، تغییرات مولفه رنگی b نمونه شاهد زنجبیل طی خشک کردن

$$Y = -1.075 \ln(x) + 4.695 \quad R^2 = 0.94$$

رابطه ۱۳، تغییرات مولفه رنگی b نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۵۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = -1.072 \ln(x) + 5.025 \quad R^2 = 0.99$$

رابطه ۱۴، تغییرات مولفه رنگی b نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۷۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = -0.773 \ln(x) + 4.555 \quad R^2 = 0.95$$

بین تیمارهای مختلف زنجبیل از نظر مقدار دلتا E (تغییرات کلی رنگ) نیز تفاوت معنی داری داشت (در سطح ۱٪) و مقدار دلتا E با گذشت زمان به صورت خطی (شکل ۱۱) و طبق روابط ۱۵ تا ۱۷ افزایش داشت.

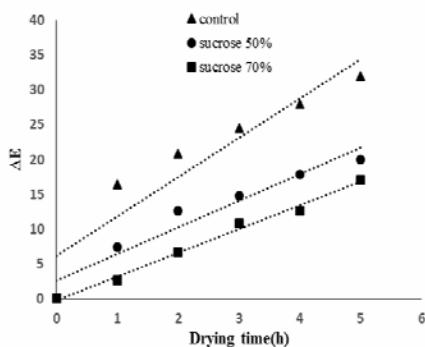


Fig11 Change in ΔE during drying process

رابطه ۱۵، تغییرات کلی رنگ (ΔE) نمونه شاهد زنجبیل طی خشک کردن

$$Y = 5.76x + 6.15 \quad R^2 = 0.87$$

رابطه ۱۶، تغییرات کلی رنگ (ΔE) نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۵۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = 3.81x + 2.57 \quad R^2 = 0.93$$

رابطه ۱۷، تغییرات کلی رنگ (ΔE) نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۷۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = 3.405x + 0.20 \quad R^2 = 0.99$$

فرایند اسمزی سبب بهبود پایداری رنگ در حین خشک کردن میوه ها و سبزیجات می‌گردد. تغییر ترکیب قند در حین فرایند اسمزی سبب پایداری رنگ در قطعات مکعبی زردآلو گردید و شاخص قهوه‌ای شدن را کاهش داد [۳۷]. تغییرات معنی داری

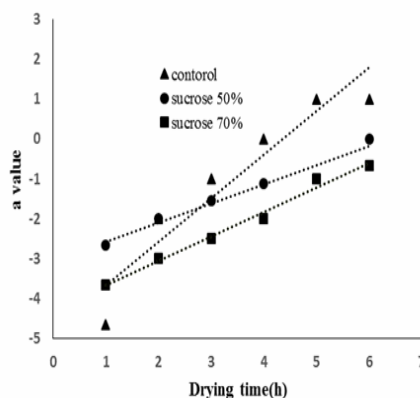


Fig 9 Change in a value during drying process

رابطه ۹، تغییرات مولفه رنگی a نمونه شاهد زنجبیل طی خشک کردن

$$Y = 1.094x - 4.77 \quad R^2 = 0.89$$

رابطه ۱۰، تغییرات مولفه رنگی a نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۵۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = 0.478x - 3.06 \quad R^2 = 0.95$$

رابطه ۱۱، تغییرات مولفه رنگی a نمونه زنجبیل اسمزی شده در محلول ۷۰٪ ساکاروز طی خشک کردن

$$Y = 0.61x - 4.28 \quad R^2 = 0.98$$

مقدار مولفه رنگی b نیز با گذشت زمان به صورت لگاریتمی (شکل ۱۰) و طبق روابط ۱۲ تا ۱۴ کاهش داشت

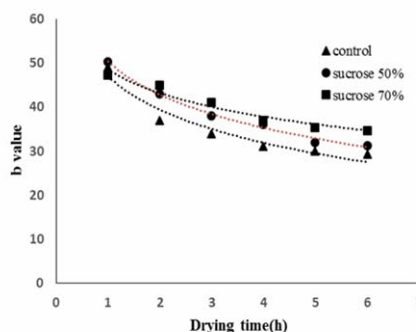


Fig 10 Change in b value during drying process

- Dehydration Process for the Development of Honey-ginger Candy Using Response Surface Methodology. *Drying Technology*. 30, 750–759.
- [3] Palatty, P., Haniadka, R., Valder, B., Arora, R., & Baliga, M.S. 2013. Ginger in the Prevention of Nausea and Vomiting: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 53, 659–669.
- [4] Bartley, J.P., & Jacobs, A.L. 2000. Effects of drying on flavour compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80, 209-215.
- [5] Ding, S.H., An, K.J., Zhao, C.P., Li, Y., Guo, Y.H., & Wang, Z.F. 2012. Effect of drying methods on volatiles of Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) food and bioproducts processing. 9 0, 515–524.
- [6] Kubra, I.R., and Rao, L.J.M. 2012. Effect of microwave drying on the phytochemical composition of volatiles of ginger. *International Journal of Food Science and Technology*. 47, 53–60.
- [7] Alam, S., Singh, A., and Sawhney, B.K. 2010. Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. *Journal of Food Science and Technology*. 47(1), 47-54
- [8] Torreggianni D, Bertolo G. 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*. 49, 247-253.
- [9] Babic, L., Babic, M., & Pavkov, I. 2007. The Quality Indicators of Osmotic Dried Apricot (*Prunus armeniaca*). *Agriculture conspectus scientificus*. 72 (4), 336-341
- [10] Fathi, M., Mohebbi, M., and Razavi, S.M.A. 2011. Effect of Osmotic Dehydration and Air Drying on Physicochemical Properties of Dried Kiwifruit and Modeling of Dehydration Process Using Neural Network and Genetic Algorithm. *Food Bioprocess Technol*. 4, 1519–1526.
- [11] Moreno, J., Chiralt, A., I. Escriche, I., & Serra, J.A. 2000. Effect of blanching/osmotic dehydration combined methods on quality and stability of minimally processed strawberries. *Food Research International*. 33, 609-616
- [12] Bernardi, S., Bodini, R.B., Marcatti, B., Petrus, R.R., and Favaro-Trindade, C.S. 2009. Quality and sensorial characteristics of در روشنایی (میزان L) در خشک کردن اسمزی گل کلم و قارچ مشاهده گردید [38]. نتایج به دست آمده در مورد رنگ در این پژوهش با نتایج هوکیو و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد. آنها نشان دادند با افزایش زمان خشک کردن مقدار L زنجبیل کاهش یافت. همچنین میزان فاکتور b کاهش و مقدار a نیز افزایش داشت [28]. همچنین نتایج اوکافور و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان داد که خشک کردن زنجبیل سبب تغییر رنگ آن می شود و سبب کاهش ۳۲ درصدی در مقدار فاکتور رنگی b گردید [39].
- ### ۴- نتیجه گیری
- خشک کردن اسمزی به عنوان راهی برای بهبود کیفیت محصولات خشک شده می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پیش فرایند اسمزی با استفاده از محلول های قندی (۵۰ و ۷۰٪ ساکاروز) در خشک کردن زنجبیل می تواند زمان خشک کردن نمونه های زنجبیل را نسبت به نمونه شاهد کاهش دهد. فرایند اسمزی زنجبیل سبب کاهش رطوبت و جذب ماده جامد در نمونه های زنجبیل اسمزی شده گردید. این فرایند همچنین در حفظ فاکتور های رنگ بخصوص فاکتور روشنایی (L) موثر می باشد. بیشترین مقدار فاکتور L در نمونه های ۷۰٪ ساکاروز (۷۱/۳۳) و کمترین میزان L در نمونه شاهد (۳۳/۶۴) مشاهده گردید. خشک کردن اسمزی همچنین تغییراتی در ترکیبات معطر زنجبیل ایجاد نمود. طبق نتایج به دست آمده از دستگاه GC/MS و آنالیز ترکیبات معطر، در اثر خشک کردن زنجبیل ترکیباتی مانند کامفن، بتافلاندرن، جرانیاال افزایش و ترکیباتی چون آلفا زینجیبرن و نرال در نمونه های مختلف زنجبیل کاهش یافت. به طور کلی استفاده از محلول های اسمزی ۵۰ و ۷۰٪ ساکاروز در این مطالعه سبب حفظ مواد معطر نمونه های اسمزی شده زنجبیل نسبت به نمونه شاهد زنجبیل گردید.
- ### ۵- منابع
- [1] Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P. & Gargova, S. (2007). Antioxidant activity of ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry*. 102, 764-770.
- [2] Gupta, R., Singh, B., and Shivhare, U.S. 2012. Optimization of Osmo-convective

- Measurement. *Journal of Food Processing & Technology*, 3(6),1-5.
- [21] Fernandes, F.A.N.; Rodrigues, S.; Gaspareto, O.; & Oliveira, E.L. 2006. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. *Food Research International*. 39, 492–498
- [22] AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC. 15th ed.
- [23] Corzo, O., Bracho, N., Vasquez, A. & Pereira, A. 2008. Optimization of a thin layer drying process for coroba slices. *Journal of Food Engineering*. 85, 372–380.
- [24] Maskan, M. 2006. Production of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics. *Journal of Food Engineering*. 72, 218–224.
- [25] Ozkan, M., Kirca, A., & Cemeroglu, B. 2003. Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. *European Food Research and Technology*. 216, 217–219.
- [26] Rowshan, V., Mafton, N., Bahmanzadegan, A., & Yazdani, M. 2012. Headspace Analyses of Fresh, Salted and Dried Corm of Persian Shallot (*Allium hirtifolium Boiss*) by CombiPAL System Technique. *Analytical Chemistry Letters*. 2 (1), 7 – 12.
- [27] Taiwo, K.A., & Adeyemi, O. 2009. Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slices. *African Journal of Food Science*. 3(10), 307-315.
- [28] Hoque, M.A., Bala, B.K., Hosseini, M.A., & Uddin, B. 2013. Drying kinetic of ginger rhizome (*Zingiber officinale*). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 38(2), 301-319.
- [29] Pino, J.O., Panades, G., Chiralt, P.F.A., & Ortega, A. 2008. Influence of osmotic dehydration on volatile profile of Guava fruits. *Journal of Food Quality* 31, 281–294.
- [30] Sultan, M., Bhatti, H. N. & Iqbal, Z. 2005. Chemical analysis of essential oil of ginger (*Zingiber officinale*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 8, 1576-1578.
- [31] Kizhakkayil, J., & Sasikumar, B. 2012. Characterization of ginger (*Zingiber officinale Rosc.*) germplasm based on volatile and non-volatile components osmotically dehydrated mango with syrups of inverted sugar and sucrose. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)*. 66(1),40-43.
- [13] El-Aouar, A.A., Azoubel, P.M., Barbosa Jr, J.L., & Murr, F.E.X. 2006. Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya L.*). *Journal of Food Engineering*. 75(2), 267–274.
- [14] Patil M.M., Kalse S.B., & Jain S.K. 2012. Osmo-Convective Drying of Onion Slices. *Research Journal of Recent Sciences*. 1(1),51-59.
- [15] Manafi, M., Hesari, J., Peighambaroust, H., & Rahimzade Khoyi, M. 2010. Osmotic Dehydration of Apricot using Saltsucrose Solutions. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 68, 1088-1091
- [16] Bignardi B, Lupi D, Lo Scalzo R, Maestrelli A., & Torreggiani, D. 2000. Partial removal of water before freezing to obtain high quality frozen cantaloupe melon balls. In Poster presented final congress "osmotic treatment in food processing" EU_FAIR concerted action CT961118 "Improvement of overall food quality by application of osmotic treatments in conventional and new process", Karlsruhe, Germany.
- [17] Di Cesare L.F., Torreggiani D., & Bertolo, G. 1999. Preliminary study of volatile composition of strawberry slices air dried with or without an osmotic pretreatment. In Proceedings of the fifth plenary meeting of concerted action EU_FAIR CT96-1118 "Improvement of overall food quality by application of osmotic treatments in conventional and new process", (pp. 39-44). Valencia, Spain.
- [18] Loh, J.P., Hong, Y.C.A., Nayyar, D., & Apel, L.G. 2006. Process for preparing intermediate moisture vegetables. US7105197.
- [19] Chumroenphat, T., Intha Khanprom, I., & Butkhup, L. 2011. Stability of Phytochemicals and Antioxidant Properties in Ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) Rhizome with Different Drying Methods. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 17:361–374.
- [20] Loha, C., Das, R., Choudhury, B., & Chatterjee, P.K. 2012. Evaluation of Air Drying Characteristics of Sliced Ginger (*Zingiber officinale*) in a Forced Convective Cabinet Dryer and Thermal Conductivity

- chemical Properties of Osmotically Pre-treated Pomegranate Seeds. Food Bioprocess Technol. 5, 1840–1852.
- [36] Sahari, A., Souti, M., & Emam-jomeh, Z., 2006. Improving the hydration of dried Peach by osmotic method. Journal food technology. 4(3), 189-193.
- [37] Forni E, Sormani A, Scalise S., & Torreggiani D. 1997. The influence of sugar composition on the color stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots. Food Research International. 30: 87-94.
- [38] Shukla B.D., & Singh, S.P. 2007. Osmo-convective drying of cauliflower, mushroom and green pea. Journal of Food Engineering. 80, 741-747
- [39] Okafor G.I., & Okafor J.N.C. 2007. Effects of pricking, sun-drying and sieving on Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) colour and powder. Nigerian food journal. 25(1), 155-160.
- African Journal of Biotechnology. 11(4) , 777-786.
- [32] Kamaliroosta, Z., Kamaliroosta, L., & Elhamirad, A.H. 2013. Isolation and Identification of Ginger Essential Oil. Journal of Food Biosciences and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch. 3, 73-80.
- [33] Wohlmuth, H., Smith, M.K., Brooks, L.O., Myers, S.P. & Leach, D.N. 2006. Essential Oil composition of diploid and tetraploid clones of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) grown in Australia. Journal of Agricultural Food Chemistry. 54, 1414–1419.
- [34] Jayashree E. & Visvanathan R. & John Zachariah T. 2014. Quality of dry ginger (*Zingiber officinale*) by different drying methods. Journal of Food Science and Technology. 51(11), 3190–3198.
- [35] Bchir, B., Besbes, S., Karoui, R., Attia, H., Paquot, M., & Blecker, C. 2012. Effect of Air-Drying Conditions on Physico-

The influence of osmotic solutions on physicochemical properties and volatile compounds of ginger during air drying

Shahamirian, M. ^{1*}, Maftoonazad, N. ², Joukar, L. ³

1. Research Instructor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, IRAN

2. Research Associate Prof., Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, IRAN

3. Research Instructor seed and plant improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, IRAN

(Received: 2015/12/30 Accepted: 2016/09/17)

Osmotic dehydration is a pre-treatment for conventional air drying by removal of product water hence decreasing drying time. It also improves sensory, functionality and nutritional characteristic of dried food products. In this study, osmotic dehydration of fresh ginger in 50 and 70% w/w sucrose solutions was done. Then samples were dried in cabinet drier in 60°C and air velocity of 1 m/s. Drying curves were obtained, and color parameters (L, a, b, ΔE) and volatile compounds were measured. Drying time in both treated samples and control was significantly different ($P < 0.01$). The lowest and highest drying times were related to samples pretreated with 70% sucrose solution (7 h) and control (11 h); respectively. The highest and lowest L values were observed in sample pretreated in 70% sucrose solution concentration (71.33) and control (33.64); respectively. GC/MS analysis showed that the most important aromatic compound was α-zingerberene (26.5%) which decreased during drying process. Osmotic dehydration caused some aromatic compounds such as Camphene increased from 6.77% in fresh sample to 29.38, 29.45 and 29.44% in dried control sample, samples dehydrated in 50% and 70% sucrose solution; respectively. The amounts of β-Phellandrene and Geranial also showed increasing trend but the Nerol decreased from 5.75 in fresh sample to 0.659, 1.1 and 1.30% in dried control sample, samples dehydrated in 50% and 70% sucrose solution; respectively.

Keywords: Ginger, Osmotic drying, Volatile compounds, GC/MS analysis

* Corresponding Author E-Mail Address: shahamirian2008@gmail.com