

بررسی تاثیر قیمار های مختلف در کنترل قهوه ای شدن انجدیر نیمه مرطوب (پرسی) رقم سبز استهبان

نوشین فرجی^۱، ندا مفتون آزاد^{۲*}، عسکر فرحاکی^۳، فوژان بدیعی^۴، سید ابراهیم حسینی^۵

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
 - ۲- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
 - ۳- دانشیار بخش علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
 - ۴- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج
 - ۵- استادیار واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی
- (تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۸)

چکیده

ایران یکی از مهمترین تولید کنندگان انجدیر در جهان است. یکی از فرآورده های این محصول، انجدیر نیمه مرطوب می باشد، این محصول پس از فرآوری در حین نگهداری به سرعت تغییر رنگ داده و قهوه ای می شود. هدف این تحقیق، ارزیابی اثر دما و زمان خیساندن و بررسی اثر کلرید کلسیم، سیستئین، متابی سولفات سدیم و اسید سیتریک در غلاظت های مختلف در جلوگیری از قهوه ای شدن انجدیر نیمه مرطوب در دمای محیط بود.

ترکیبات شیمیایی (پروتئین، قندکل، چربی، فیبر و رطوبت) نمونه های انجدیر تعیین شد. به منظور آماده سازی محصول از ۵ طول زمان (۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵ دقیقه) و ۵ سطح دما (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درجه) در قالب یک طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر استفاده شد. نمونه ها در دمای محیط به مدت ۲ هفته نگهداری شدند. سپس رطوبت، رنگ و بافت نمونه ها اندازه گیری گردید. محلول های کلرید کلسیم با غلاظت های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۴ درصد، اسید سیتریک با غلاظت های ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ درصد، سیستئین با غلاظت های ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۰۲ و ۰/۰۵ درصد و متابی سولفات سدیم با غلاظت های ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ ppm تهیه شدند. سپس انجدیر های خشک در محلولهای آماده شده و در آب به عنوان نمونه شاهد در مدت زمان و دمای بهینه تعیین شده از مرحله اول غوطه ور شدند. بعد از آن در طول مدت ۴ ماه نگهداری، در فواصل زمانی مشخص رنگ نمونه ها بررسی گردید.

نتایج نشان داد که دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و مدت زمان ۳ دقیقه علاوه بر بافت و رنگ مناسب، باعث تولید محصولی با میزان رطوبت ۲۰ درصد (رطوبت مناسب) در نمونه های انجدیر شدند. افزودن اسید سیتریک ۱، ۲، ۳ درصد و کلرید کلسیم ۱/۵ درصد به انجدیر، میزان * L نسبتاً مطلوبی را ایجاد کرد. نتایج آزمون رنگ در مورد سیستئین و متابی سولفات سدیم در غلاظت های به کار رفته رضایت بخش نبود.

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از حرارت مناسب به منظور غیرفعال ساختن آنزیم های پلی فنل اکسیداز و تیمار های شیمیایی به منظور به تعویق انداختن و کاهش میزان قهوه ای شدن نمونه های انجدیر نیمه مرطوب می تواند موثر باشد.

کلید واژگان: انجدیر، واکنش قهوه ای شدن، کلرید کلسیم، متابی سولفات سدیم، اسید سیتریک، سیستئین

* مسئول مکاتبات: neda.mafsoonazad@farsagres.ir

تغییرات رنگ، عطر، طعم و نرم کردن بافت تغییر میدهد و سبب افت مواد مغذی نیز می شود [۶]. قهقهه ای شدن به چندین علت می تواند صورت گیرد: قهقهه ای شدن ناشی از اکسیداسیون اسکوربیک اسید (اکسیداسیون غیر آنزیمی)، قهقهه ای شدن آنزیمی و واکنش میلارد [۶].

قهقهه ای شدن آنزیمی یکی از مخرب ترین واکنش ها برای میوه ها به ویژه میوه های گرم‌سیری و نیمه گرم‌سیری می باشد، تخمین زده می شود که بیش از ۵۰ درصد افت میوه به علت قهقهه ای شدن آنزیمی می باشد. قهقهه ای شدن آنزیمی بسیار سریع اتفاق می افتد. حتی یک تکنولوژی فرآیند بهینه نمی تواند به طور کامل از قهقهه ای شدن آنزیمی در طول استخراج آب میوه ها جلوگیری کند، مگر آنکه برای جلوگیری از تماس اکسیژن محافظت ویژه ای انجام شود [۷ و ۵]. تکنیک ها و مکانیسم های متعددی برای کترل قهقهه ای شدن آنزیمی گسترش پیدا کرده است. این تکنیک ها برای حذف یکی یا تعداد بیشتری از مولفه های ضروری تلاش می کنند: اکسیژن، آنزیم، مس و یا سوپرسترا. غیرفعال کردن پلی فنل اکسیداز به وسیله تیمار حرارتی، مثل بلانچینگ با بخار، به طور موثری برای کترل قهقهه ای شدن در میوه هایی که قوطی یا منجمد می شوند کاربرد دارد. ترکیبات شیمیایی خاص می توانند با محصولات حاصل از فعالیت پلی فنل اکسیداز واکنش دهنند و از تشکیل ترکیبات رنگی ممانعت کنند. باید به این نکته توجه داشت که غیرفعال سازی آنزیم های مسئول قهقهه ای شدن در میوه ها می تواند مانند استفاده از تیمار حرارتی برگشت ناپذیر باشد یا مانند استفاده از اسکوربیک اسید برگشت پذیر باشد. در سال های اخیر، مطالعات متعددی در مورد استفاده از اسید های آلی، نمک ها، سولفات ها و ترکیبات احیا کننده مانند سیستین در ممانعت از قهقهه ای شدن میوه ها صورت گرفته است [۵]. اکثر اسید های کربوکسیلیک به علت ویژگی کلاته کنندگی فلزات، یا کاهش pH اثر ممانعت کنندگی بر روی قهقهه ای شدن آنزیمی نشان داده اند [۸].

اسید سیتریک به علت فعالیت ممانعت کنندگی اش بر روی پلی فنل اکسیداز و فعالیت ضد قهقهه ای شدن در میوه ها و سبزیجات با حد اقل فرآوری کاربرد زیادی دارد [۹]. آمینو اسید های شامل سولفور به علت فعالیت ضد قهقهه ای شدنشان به طور موقتی آمیزی در مورد سیب، سیب زمینی، میوه لیچی و نوشیدنی های

۱- مقدمه

میوه انجیر از نظر انرژی و ارزش غذایی دارای اهمیت ویژه ای است. جزو میوه های مناطق نیمه گرم طبقه بندی می شود. ایران یکی از مهمترین تولید کنندگان انجیر در جهان است. این میوه یکی از اقلام مهم صادراتی کشور محسوب می شود و به ویژه انجیر منطقه استهبان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. ایران حدود ۱۰٪ کل تولید جهانی را به خود اختصاص داده و با ۵۲۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت در مقام دوم قرار گرفته است [۱]. به واسطه توپاظ بالای این محصول در منطقه استهبان مشکلات زیادی برای باغداران ایجاد می گردد به این شکل که در این شهرستان ۳۰ تا ۳۵٪ میوه های تولید شده به علت ریز بودن و دهان بسته بودن قابلیت ارائه به بازار را ندارند و برای فراوری و تبدیل به فراورده های مختلف مناسبند [۲]. انجیر پرسی عبارت است از محصولی از انجیر که طی مراحل مختلف فرآیند، تغییراتی در آن بدید آید به نحوی که با خسارتند و مشروط کردن رطوبت آن افزایش یافته و دارای بافت نرم ویکسان گردد، و به طریق مناسب بسته بندی شود. این نوع انجیر معمولاً از گونه *Ficus carica* تهیه می شود و به آن انجیر نیمه مرطوب نیز گفته می شود [۳]. مشکلی که در رابطه با این محصول وجود دارد این است که به دلیل رطوبت بالا در معرض فساد میکروبی بوده و به سرعت تغییر رنگ می دهد بطوریکه بعد از گذشت چند ماه رنگ آن به قهقهه ای تیره تبدیل می گردد [۲]. رنگ از جنبه های کیفی مهم مواد غذایی قبل و بعد از فرآوری است. رنگ همراه با طعم و بافت نقش مهمی در تشخیص ظاهری و سنجش خصوصیات سطحی بازی می کند و اثر زیادی بر ظاهر و پذیرش مواد غذایی دارد [۴]. رنگ به علت رنگدانه های طبیعی موجود در میوه مثل کلروفیل، کارتنوئید و آنتوسبیانین بوده یا به بخاطر رنگدانه های حاصل از واکنش های قهقهه ای شدن می باشد [۵]. قهقهه ای شدن میوه ها و فرآورده های حاصل از میوه یکی از مشکلات اساسی در صنعت میوه است و گمان می رود که شاید اولین علت افت کیفیت در طول جایه جایی پس از برداشت، فرآیند و انبار کردن می باشد، بنا بر این قهقهه ای شدن مواد غذایی در طول فرآیند و نگهداری به ویژه در طول عمل آوری میوه ها و سبزیجات خواص حسی محصولات را به علت همراه بودن با

درجه) در قالب یک طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر استفاده شد. نمونه ها در زمان ها و دمای های فوق در آب غوطه ور شدند. تنظیم دما با استفاده از حمام آب Schutzart-Schwabach, (memmert, Germany) انجام گرفت. سپس به منظور متعادل شدن رطوبت، نمونه ها به مدت ۳ روز در کیسه های پلاستیکی با دوخت حرارتی (برای کترول انتقال رطوبت) نگهداری شدند. سپس به منظور مطالعه تاثیر پارامترهای خیساندن بر رنگ و بافت محصول، نمونه ها در دمای محیط به مدت ۲ هفته نگهداری شدند. سپس رطوبت و رنگ نمونه ها اندازه گیری شد. در پایان این مرحله بهترین دما و زمان خیساندن بر اساس کمترین تغییر رنگ و بافت مناسب (بافت نرم با قابلیت جویدن مناسب) تعیین گردید.

تهیه انجیر های تیمار شده: به منظور مطالعه تاثیر اسید سیتریک، سیستئین، کلرید کلسیم و متا بی سولفیت سدیم بر رنگ نمونه های انجیر، بر اساس آزمایشات مقدماتی غلاظت های ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ درصد (وزنی / وزنی) اسید سیتریک، ۰/۶، ۰/۵ و ۰/۷ درصد کلرید کلسیم (وزنی / وزنی)، غلاظت های ۰/۰۵، ۰/۰۲ و ۰/۰ درصد (وزنی / وزنی) سیستئین و غلاظت های ppm ۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ متا بی سولفیت سدیم تهیه شدند. سپس انجیرهای خشک در این محلول ها و در آب مقطر به عنوان نمونه شاهد به مدت ۳ دقیقه و با دمای ۶۰ درجه سانتی گراد غوطه ور شدند.

پس از خروج نمونه ها از محلول، نمونه ها درون کیسه های پلاستیکی از جنس پلی اتیلن با دوخت حرارتی نگهداری شده و در طول مدت ۴ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، ابتدا پس از ۳ روز و سپس در فواصل زمانی ۲ هفته رنگ نمونه ها بررسی گردید.

برای مطالعه تغییرات رنگ در نمونه های انجیر، در بازه زمانی ۴ ماه در فواصل زمانی معین از نمونه ها به وسیله دوربین دیجیتال عکس گرفته شد و سپس عکس ها به وسیله نرم افزار Photoshop SC5 آنالیز گردیده و پارامترهای L^* , a^* و b^* اندازه گیری گردید. برای بررسی تغییرات رنگ از ارزش عددی پارامتر های L^* , a^* و b^* برای محاسبه اختلاف رنگ کلی (ΔE) مطابق با معادله ۱ استفاده گردید [۱۲].

میوه ای دیگر استفاده شده اند [۹]. اگرچه مکانیسم دقیق ممانعت کنندگی ترکیبات شامل سولفور بر روی پلی فنل اکسیداز هنوز واضح نیست. بر اساس اظهارات Kahn (۱۹۹۵) سیستئین به طور مستقیم با پلی فنل اکسیداز واکنش داده و کمپلکس پایداری با مس تشکیل می دهد. اگرچه در این مورد هم سیستئین با محصولات کینون واکنش می دهد و ترکیبات مزدوج بی رنگی را به وجود می آورد [۴]. کلرید کلسیم از ممانعت کننده های آنزیم پلی فنل اکسیداز می باشد که وابسته به pH است و قسمت باردار هالید با بخش فعال آنزیم واکنش می دهد. همچنین کلرید کلسیم با آمینو اسید ها واکنش داده و بدین صورت از واکنش میلارد نیز می تواند جلوگیری کند [۹]. سولفیت ها به عنوان یک عامل احیا کننده، ۰-کینون تولید شده به وسیله پلی فنل اکسیداز را به دی فنل که واکنش پذیری کمتری دارد احیا می کند، که بدین وسیله از متراکم شدن بعدی ترکیب ملانین قهقهه ای جلو گیری می کند. سولفیت ها و بی سولفیت ها در کترول قهقهه ای شدن آنزیمی و میلارد بسیار موثر می باشند [۵].

۲- مواد و روش ها

مواد: انجیر خشک رقم سبز از منطقه استهبان خریداری شد. کلرید کلسیم، سیستئین، اسید سیتریک، متا بی سولفیت سدیم، اسید سولفوریک غلیظ، شناساگر متیل رد، n-هگزان، محلول های فهelinگ، (کلیه مواد شیمیایی) با درجه خلوص بالا از شرکت Merck تهیه شدند. کیسه پلاستیکی از بازار تهیه شد.

تعیین ترکیب شیمیایی انجیر خشک: رطوبت نمونه ها مطابق روش استاندارد AOAC، میزان پروتئین به روش کلدا (N×۵/۷)، میزان چربی به روش سوکسله با حلal-n-هگزان، میزان قندکل به روش فهelinگ و فیر کل به روش هضم اسید- قلیا مطابق روش استاندارد AOAC (۲۰۰۸) تعیین شد [۱۱].

آماده سازی نمونه های انجیر: به منظور آماده سازی محصول ترکیبات مختلفی از دما و زمان در هنگام خیساندن در نظر گرفته شد. بدین منظور از ۵ طول زمان مختلف (۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۵، ۲۰ دقیقه) و ۵ سطح دما (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰

نتایج حاصل از تاثیر دما و زمان خیساندن بر

رنگ و بافت نمونه های انجیر: اثر متقابل دما و مدت

زمان خیساندن بر روی نرمی و شکل پذیری انجیر در سطح ۱٪ معنی دار بود، هرچند که شکل پذیری نمونه در سختی بافت کمتر اتفاق می افتد اما نرمی زیاد نیز ترکیدگی بافت را در هنگام پرس کردن به دنبال داشت. اثر متقابل مدت زمان ۳ دقیقه و دمای خیساندن ۶۰ درجه سانتی گراد بر روی نرمی و شکل پذیری انجیر معنی دار بود ($p < 0.01$) و مطالعات اولیه نشان داد که استفاده از این دما و زمان خیساندن احساس دهانی مناسبی را ایجاد می کند. همچنین نتایج حاصل از آنالیز رنگ نشان داد که نمونه های تیمار شده به مدت ۳ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد مقدار L^* بیشتری داشتند که بیانگر روشانی بیشتر در نمونه بود. نتایج نشان داد که اگر چه نمونه های تیمار شده در دما و زمان های مختلف دیگر ممکن است بافت نرم تری ایجاد کنند (جدول شماره ۲)، اما باعث پاره شدن پوست انجیر می گردند و یا با وجود دارا بودن بافت مناسب، رنگ روشنی نداشته و دچار تیرگی شده بودند. بنا بر این از این دما و زمان در مراحل بعدی به منظور خیساندن نمونه های انجیر استفاده شد.

میزان رطوبت اندازه گیری شده برای مدت زمان ۳ دقیقه در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد، $20/32 \text{ gr}/100\text{gr}$ بود که بهترین میزان

رطوبت برای این نوع محصول می باشد [۳].

مقادیر رطوبت و بافت نمونه های انجیر خیسانده شده در دمایها و زمان های مختلف بعد از ۲ هفته نگهداری در جدول ۲ آمده است.

$$\Delta E = [(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2]^{1/2}$$

بافت نمونه های انجیر توسط دستگاه بافت سنج مدل (Lloyd Instrument Limited, Fareham, Hans, UK) اندازه گیری شد، که در این آزمون از پروب با قطر ۵ mm استفاده و نیروی دستگاه (load cell) روی N ۵۰ و سرعت تیغه mm/min ۵۰ تنظیم گردید (۲۴).

تجزیه و تحلیل آماری: جهت مطالعه تاثیر فاکتورهای مستقل دما و زمان بر خصوصیات بافت و رنگ نمونه های انجیر در مرحله اول از طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر (Central composite rotatable design) استفاده شد. آزمون ها بر اساس طرح کاملاً تصادفی در مرحله اول با ۱۶ تیمار، و در مرحله استفاده از تیمار های مختلف، با ۱۷ تیمار و در ۳ تکرار انجام شد. برای تعیین معنا دار بودن اختلاف تیمارها و غلظت های آن در مدت ۴ ماه نگهداری از روش تحلیل واریانس ANOVA استفاده گردید و سپس آزمون مقایسه میانگین از نوع دانکن در سطح معنی داری ۵٪ (*) و ۱٪ (***) به منظور بررسی معنی دار بودن نتایج حاصله صورت گرفت. آنالیز واریانس با استفاده از نرم Microsoft Office SPSS و همچنین نرم افزار Excel انجام پذیرفت.

یافته ها: ترکیب شیمیابی انجیر در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱ ترکیب شیمیابی انجیر خشک قبل از فرآوری

(بر حسب وزن خشک)

ترکیب	درصد
چربی	$0/15 \pm 0/02$
رطوبت	$6 \pm 0/12$
پروتئین	$4/5 \pm 0/12$
قند کل	$80/2 \pm 2/08$
فیبر	$12/1 \pm 0/4$

کمترین ΔE یا تغییرات کلی رنگ در سیستئین $0/07$ درصد و پس از آن در سیستئین $0/2$ درصد دیده می شود. نتایج آماری نشان داد که نمونه های تیمار شده در محلول $0/5$ درصد سیستئین تفاوت معنی داری با شاهد ندارد ($P < 0/05$). پس از گذشت مدت زمان ده هفته ΔE یا تغییرات کلی رنگ به مقدار ثابت رسید.

$$\Delta E = 7910 \ln(t) + 8538 \quad R^2 = 0.882$$

معادله ۲ سیستئین $0/05$ درصد

$$\Delta E = 4519 \ln(t) + 9911 \quad R^2 = 0.920$$

معادله ۳ سیستئین $0/07$ درصد

$$\Delta E = 6841 \ln(t) + 7918 \quad R^2 = 0.906$$

معادله ۴ سیستئین $0/2$ درصد

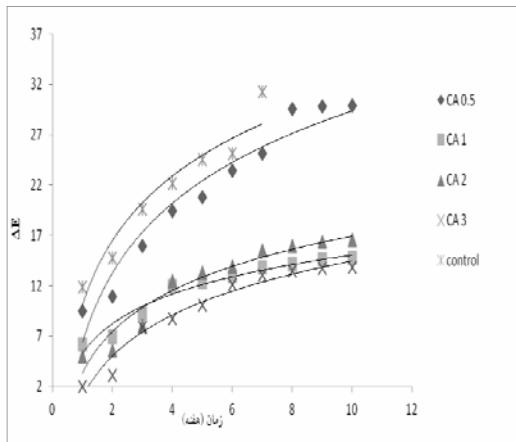
$$\Delta E = 9988 \ln(t) + 6845 \quad R^2 = 0.941$$

معادله ۵ سیستئین $0/5$ درصد

$$\Delta E = 9741 \ln(t) + 1008 \quad R^2 = 0.925$$

معادله ۶ شاهد

نمودار ۲ نحوه تاثیر غلظت های مختلف اسید سیتریک ($0/05$ ، $0/1$ ، $0/2$ و $0/3$ ٪) را در طول زمان بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد نشان می دهد. معادلات ۷ تا ۱۱ بیانگر مدل کاهش ΔE در انجیر تحت تاثیر غلظت های مختلف اسید سیتریک در مقایسه با نمونه کنترل می باشد.



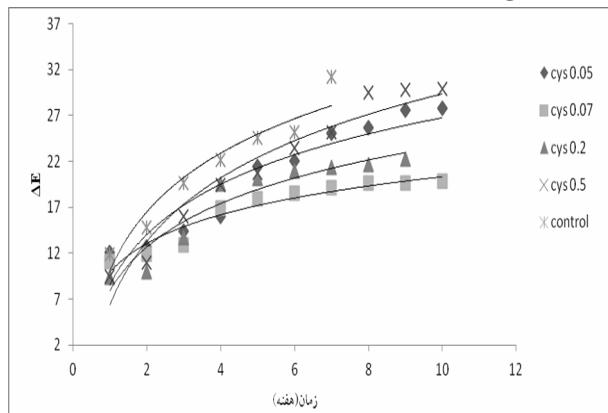
نمودار ۲ اثر غلظت های مختلف اسید سیتریک (CA) در طول زمان نگهداری بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد

جدول ۲ مقادیر رطوبت و بافت نمونه های انجیر خیسانده شده در دما ها و زمان های مختلف بعد از ۲ هفته

زمان	رطوبت (دقیقه - دما) (gr/ (100gr) (نیوتن))	سفتی بافت (Firmness) (گراد)	شماره (کد) (درجه سانتی گراد)
۲/۷۴	۲۱/۵۶	۴۰ - ۶	۱
۱/۳۵	۳۱/۳۷	۸۰ - ۶	۲
۳/۳	۲۱/۸۵	۴۰ - ۱۲	۳
۳/۹۵	۳۱/۴۹	۸۰ - ۱۲	۴
۲/۵۵	۲۲/۵	۲۰ - ۹	۵
۰/۹۶۲	۳۱/۶۳	۱۰۰ - ۹	۶
۲/۲۴	۲۰/۳۲	۶۰ - ۳	۷
۲/۱۳	۲۶/۵۵	۶۰ - ۱۵	۸
۱/۸۰	۲۹/۰۳	۶۰ - ۹	۹
۱/۹۰	۲۵/۷۱	۶۰ - ۹	۱۰
۲/۱۸	۲۷/۲۴	۶۰ - ۹	۱۱
۱/۸۲	۲۹/۱۳	۶۰ - ۹	۱۲

بررسی تاثیر تیمار های مختلف بر رنگ نمونه های انجیر نیمه مرطوب

نمودار ۱ نحوه تاثیر غلظت های مختلف سیستئین ($0/05$ ، $0/07$ ، $0/2$ و $0/05$ ٪) را در طول زمان بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد نشان می دهد. معادلات ۲ تا ۶ بیانگر مدل کاهش نرخ ΔE در برابر زمان می باشد.



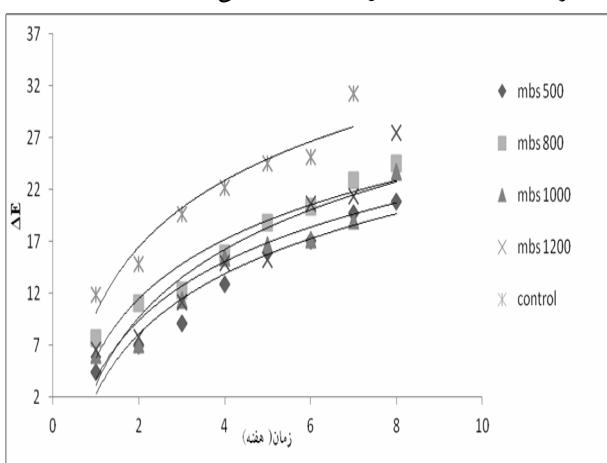
نمودار ۱ اثر غلظت های مختلف سیستئین (Cys) بر پارامتر ΔE در طول زمان در مقایسه با نمونه شاهد

در تیمارهای کلرید کلسیم، با افزایش غلظت آن کاهش معنی داری در ΔE یا اختلاف رنگ کلی مشاهده شد، بصورتی که کمترین ΔE مربوط به تیمار ۱/۵ درصد بود که با نمونه شاهد تفاوت معناداری نشان می داد و در بین تیمارها، بالاترین ΔE مربوط به تیمار ۰/۶ درصد بود که اختلاف معناداری با نمونه شاهد داشت ($P < 0/05$).

$$\begin{array}{ll} \Delta E = 8988 \ln(t) + 6845 & R^2 = 0.941 \\ \text{معادله ۷ اسید سیتریک ۰/۵ درصد} & \\ \Delta E = 4737 \ln(t) + 5306 & R^2 = 0.957 \\ \text{معادله ۸ اسید سیتریک ۱ درصد} & \\ \Delta E = 5892 \ln(t) + 3366 & R^2 = 0.937 \\ \text{معادله ۹ اسید سیتریک ۲ درصد} & \\ \Delta E = 5858 \ln(t) + 0.971 & R^2 = 0.961 \\ \text{معادله ۱۰ اسید سیتریک ۳ درصد} & \\ \Delta E = 9241 \ln(t) + 10.08 & R^2 = 0.925 \\ \text{معادله ۱۱ شاهد} & \end{array}$$

۴ غلظت مختلف کلرید کلسیم با یکدیگر و شاهد تفاوت معنی داری نشان دادند ($P < 0/05$). پس از هفته نهم مقدار ΔE ثابت شد و افزایشی در آن مشاهده نگردید.

نمودار ۴ نحوه تاثیر غلظت‌های مختلف متابی سولفیت سدیم (۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ ppm) را در طول زمان بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد نشان می دهد.



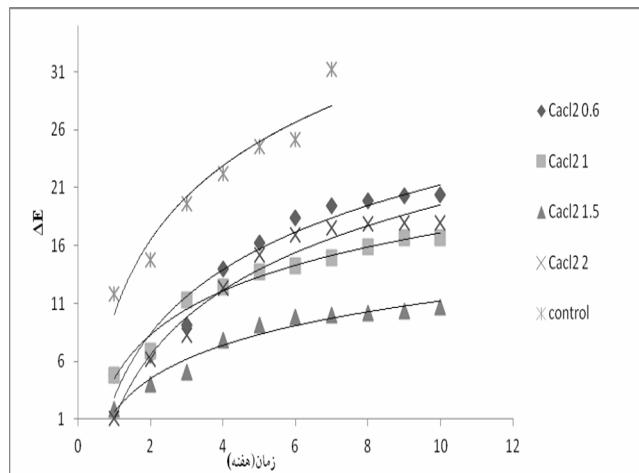
نمودار ۴ اثر غلظت‌های مختلف متابی سولفیت سدیم (M.B.S) بر پارامتر ΔE در طول زمان

معادلات ۱۷ تا ۲۱ نحوه افزایش ΔE در انجیر را تحت تاثیر غلظت‌های مختلف متابی سولفیت سدیم همراه با نمونه کترول نشان می دهد.

$\Delta E = 7977 \ln(t) + 2/865$	$R^2 = 0.947$	معادله ۱۲ کلرید کلسیم ۰/۶ درصد
$\Delta E = 5455 \ln(t) + 4/502$	$R^2 = 0.978$	معادله ۱۳ کلرید کلسیم ۱ درصد
$\Delta E = 4766 \ln(t) + 1/613$	$R^2 = 0.961$	معادله ۱۴ کلرید کلسیم ۱/۵ درصد
$\Delta E = 8041 \ln(t) + 0/98$	$R^2 = 0.968$	معادله ۱۵ کلرید کلسیم ۲ درصد
$\Delta E = 9241 \ln(t) + 10/08$	$R^2 = 0.925$	معادله ۱۶ شاهد

استفاده از اسید سیتریک در غلظت‌های بالاتر، سبب کاهش بیشتر ΔE یا اختلاف رنگ می شود. آنالیز آماری نیز بیانگر وجود اختلاف معنی داری میان تیمارها و شاهد بود ($P < 0/05$). اختلاف معنی داری میان غلظت‌های ۱ و ۳ درصد اسید سیتریک در تغییرات ΔE مشاهده نشد ($P > 0/05$). غلظت اسید سیتریک اختلاف معنی داری با دیگر تیمارها و شاهد نشان داد ($P < 0/05$). بررسی نمونه‌ها نشان داد که از هفته نهم مقدار ΔE به میزان ثابتی رسیده و پس از آن تغییری در آن مشاهده نشد.

نمودار ۳ نحوه تاثیر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (CaCl₂) در طول زمان نگهداری بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد



نمودار ۳ اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (CaCl₂) در طول زمان نگهداری بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد معادلات ۱۲ تا ۱۶ نحوه کاهش ΔE در انجیر را تحت تاثیر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم همراه با نمونه کترول نشان می دهد.

۳- بحث

با توجه به آزمون‌های شیمیایی در مرحله اول تحقیق، میزان رطوبت در انجیر خشک حدود ۶ درصد می‌باشد که برای تولید انجیر نیمه مرطوب باید میزان رطوبت تا حدود ۲۰ درصد افزایش پیدا کند. در این تحقیق از دمایا و زمان‌های مختلف برای خیساندن انجیر به منظور حصول بهترین بافت با بهترین احساس دهانی و روشن ترین رنگ پس از دو هفته استفاده شد. فرآیندهای حرارتی به دلیل تاثیر بر روی میکرو ارگانیسم‌ها، آفت‌ها و آنزیم‌ها می‌تواند علاوه بر جلوگیری از فساد ناشی از آفات و میکروارگانیسم‌ها، به دلیل تاثیر بر آنزیم‌ها به ویژه پلی فنلزها از قهوه‌ای شدن آنژیمی نیز جلوگیری کنند. نتایج نشان داد که دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و مدت زمان ۳ دقیقه علاوه بر بافت و رنگ مناسب، باعث تولید محصولی با میزان رطوبت ۲۰ درصد در نمونه‌های انجیر شدند. *vámos* و همکاران (۱۹۸۱) نیز گزارش کردند که آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز نسبت به حرارت نسبتاً ناپایدار بوده و دمای بیش از ۵۰ درجه سانتی گراد و زمان مناسب حرارت دادن فعالیت آنها را کاهش داده، در حالیکه در ۸۰ درجه سانتی گراد کاملاً نابود می‌شوند [۱۳]. اگر چه نمونه‌های تیمار شده در دما و زمان‌های مختلف دیگر ممکن است بافت نرم تری ایجاد کنند، اما باعث پاره شدن پوست انجیر می‌گردد و یا با وجود دارا بودن بافت مناسب، رنگ روشنی نداشته و دچار تیرگی شده بودند. در هنگام پرس کردن انجیر عدم تخریب بافت از فاکتورهای مؤثر در بازار پسندی محصول می‌باشد که در این حالت انجیرهای دهان بسته (کور) در مقابل انجیرهای دهان باز (خندان) دارای مقاومت بیشتر و در نتیجه مطلوبیت بیشتر می‌باشند. از طرفی افزایش زیاد رطوبت باعث نزدیک شدن به نقطه ذوب نمونه و افزایش شدید تحرک مولکولی شده که از نظر ترمودینامیکی ادامه واکنش‌های قهوه‌ای شدن متوقف می‌شود. لذا در رطوبت‌های بینایینی (رطوبتی که برای انجیر نیمه مرطوب استفاده می‌شود)، شدت و سرعت واکنشها به حداقل می‌رسد. در مرحله بعد از تیمارهای مختلف به منظور ممانعت از واکنش‌های قهوه‌ای شدن و به دست آوردن نمونه‌هایی با میزان L^* یا روشنایی و ΔE بالا و h^* یا تغییرات کلی رنگ کم استفاده شد. در میان تیمارهای سیستئین کمترین کاهش L^* در غلظت $٪۰/۰۷$

$\Delta E = ۸۳۶ \ln(t) + ۲۷۹۹$	$R^2 = ۰/۹۴۱$	معادله ۱۷) متابی سولفیت سدیم ۵۰ ppm
$\Delta E = ۸۷۷ \ln(t) + ۵۷۹۶$	$R^2 = ۰/۹۳۶$	معادله ۱۸) متابی سولفیت سدیم ۸۰ ppm
$\Delta E = ۸۱۷ \ln(t) + ۳۷۴۰$	$R^2 = ۰/۹۰۶$	معادله ۱۹) متابی سولفیت سدیم ۱۰۰ ppm
$\Delta E = ۹۴۱۹ \ln(t) + ۳/۱۷۹$	$R^2 = ۰/۸۵۰$	معادله ۲۰) متابی سولفیت سدیم ۱۲۰ ppm
$\Delta E = ۹۷۴۱ \ln(t) + ۱۰/۰۸$	$R^2 = ۰/۹۲۵$	معادله ۲۱) شاهد

نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش مقدار متابی سولفیت سدیم تغییرات کلی رنگ یا ΔE کاهش می‌یابد. همان‌طور که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود غلظت ۸۰۰ ppm متابی سولفیت تفاوت معنا داری با غلظت ۱۰۰۰ ppm متابی سولفیت سدیم در کاهش ΔE نداشت ($p > 0.05$). نتایج حاکی از آن است که متابی سولفیت سدیم در غلظت‌های به کار برده شده در این پژوهش اثر چندانی بر کاهش تغییرات رنگ یا ΔE نداشته است.

جدول ۳ مقایسه میانگین شاخص L^* هفته هشتم تیمارهای مختلف و شاهد

تیمار	L^*
کلرید کلسیم ٪۰/۰۶	۳۶ ^{ef}
کلرید کلسیم ٪۱	۳۹ ^c
کلرید کلسیم ٪۱/۵	۴۴ ^a
کلرید کلسیم ٪۲	۳۸ ^{cd}
اسید سیتریک ٪۰/۰۵	۳۲ ⁱ
اسید سیتریک ٪۱	۴۲ ^b
اسید سیتریک ٪۲	۴۰ ^c
اسید سیتریک ٪۳	۴۲ ^b
سیستئین ٪۰/۰۵	۳۲ ^g
سیستئین ٪۰/۰۷	۳۷ ^{de}
سیستئین ٪۰/۰۲	۳۵ ^f
سیستئین ٪۰/۰۵	۲۸ ^h
متا بی سولفیت سدیم ۵۰۰ ppm	۳۶ ^e
متا بی سولفیت سدیم ۱۰۰۰ ppm	۳۳ ^{deg}
متا بی سولفیت سدیم ۸۰۰ ppm	۳۹ ^g
متا بی سولفیت سدیم ۱۲۰۰ ppm	۳۷ ^f
شاهد	۲۹ ^h

مقایسه شاخص L^* غلظت‌های مختلف تیمارها توسط آزمون

ANOVA

(و آزمون مقایسه میانگین دانکن برای مقایسه (L))

(حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی دار می‌باشد $(p=0/05)$)

در مقایسه با بقیه تیمارها کمترین تفاوت را با شاهد نشان داد. نتایج حاکی از آن است که کلرید کلسیم در غلظت‌های بیشتر، موثرتر می‌باشد. تیمارهای کلرید کلسیم پس از گذشت مدت زمان ۹ هفته به رنگ ثابت رسیدند و پس از آن تغییر رنگ مشاهده نشد. کلرید کلسیم با اسیدهای آمینه واکنش داده و باعث خروج آمینه‌ها از محیط می‌شود و بدین صورت از واکنش قهوه‌ای شدن میلارد جلوگیری می‌کند [۲۲ و ۱۷]. نتایج حاصل از نمونه‌های تیمار شده با غلظت‌های ۵۰۰ ppm، ۸۰۰ ppm و ۱۲۰۰ ppm متأثر بی‌سولفیت سدیم نشان داد که این ماده در غلظت‌های فوق از کاهش پارامتر L^* در طول زمان به میزان کم جلوگیری می‌کند. آنالیز آماری نیز نشان داد که تفافت معنی‌داری میان غلظت‌های مختلف متأثر بی‌سولفیت سدیم وجود ندارد. هرچند که تیمارها تفاوت معنی‌داری را با شاهد نشان دادند، نمونه‌های تیمار شده در محلول‌های با غلظت 1000 ppm و 1200 ppm متأثر بی‌سولفیت سدیم بیشترین تاثیر را بر حفظ رنگ نمونه‌ها داشتند. کمترین کاهش L^* در این غلظت‌ها مشاهده گردید.

به طور کلی نتایج نشان داد که در بین تیمارهای استفاده شده با غلظت‌های مختلف فقط در مورد سیستئین $0/5$ درصد اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد، بقیه تیمارها اثرات معنی‌داری در کاهش L^* از خود نشان دادند. به صورت کلی افزودن اسید سیتریک ۱، ۲، ۳ درصد و کلرید کلسیم $1/5$ درصد به انجیر، میزان L^* نسبتاً مطلوبی را ایجاد می‌کند. علی‌رغم اینکه متأثر سولفیت سدیم در غلظت‌های به کار رفته و سیستئین با غلظت‌های $0/05$ و $0/10$ درصد اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان دادند، ولی نتایج رضایت‌بخش نبود. همانطور که در جدول شماره ۱ مشاهده می‌شود انجیر دارای میزان زیادی قند می‌باشد که می‌تواند با پروتئین موجود در انجیر واکنش دهد. بنابراین احتمال دارد که قهوه‌ای شدن نمونه‌های انجیر ناشی از قهوه‌ای شدن میلارد باشد. روشنایی نسبتاً مطلوب نمونه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم نیز می‌تواند دلیلی بر انجام واکنش میلارد نیز باشد زیرا این ترکیب شیمیایی در ممانعت از واکنش میلارد موثر است. همچنین از آن جایی که آنزیم پلی فنل اکسیداز در تمامی بافت‌های گیاهی وجود دارد و انجیر دارای ترکیبات فنولی زیادی می‌باشد [۱۶]، و با توجه به اینکه در این نوع محصول از فرآیند پرس کردن استفاده می‌شود قهوه‌ای شدن آنزیمی نیز ممکن است رخ دهد.

و بیشترین در غلظت $0/5$ ٪ مشاهده شد، (در تمام هفته‌ها این روند مشاهده شد ولی در اینجا مقادیر L^* هفته‌ی هشتم گزارش شده است). به نظر میرسد که استفاده از غلظت‌های مختلف سیستئین چنان‌اثر مطلوبی بر میزان روشنایی نمونه‌ها ندارد ولی مشاهده شد که سیستئین در غلظت‌های کمتر اثر بهتری بر رنگ نمونه‌ها داشت. برخلاف نتیجه به دست آمده، Son و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی اثر غوطه‌وری برش‌های سیب در محلول 1 mmol/litre درصد سیستئین بر پارامتر L^* در سیب گزارش کردند که پس از سه ساعت نگهداری هیچ تغییری در L^* نمونه‌ها در مقایسه با L^* اولیه مشاهده نشد [۱۰]. همچنین اثر ترکیب ال - سیستئین توسط İyidoğan و همکاران (۲۰۰۴) در ممانعت از قهوه‌ای شدن آنزیمی در آب سیب با استفاده از این ترکیب وجود داشت و ال - سیستئین مؤثر ترین عامل ضد قهوه‌ای شدن بود [۱۴]. در میان غلظت‌های مختلف اسید سیتریک، غلظت 1 تا 3 درصد کمترین کاهش را در میزان پارامتر L^* در طول 4 ماه نگهداری نشان دادند. پارامتر L^* در مدت زمان نگهداری نمونه‌ها در دمای محیط به صورت لگاریتمی کاهش یافت و پس از 10 هفته مقدار آن ثابت شد. بیشترین کاهش در میزان L^* در اسید سیتریک $0/5$ درصد مشاهده گردید. تیمارهای 1 و 3 درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند، هم‌سو با نتایج به دست آمده در این تحقیق در بررسی اثر اسید سیتریک در ممانعت از قهوه‌ای شدن میوه لیچی توسط Jiang نشان داده شد که اسید سیتریک در غلظت 100 mmol/litre به طور بسیار موثری از قهوه‌ای شدن میوه لیچی ممانعت می‌کند. اسید سیتریک به عنوان عامل کلاته کننده عمل کرده و مس را از دسترس آنزیم خارج می‌سازد چرا که این آنزیم بدون وجود این عنصر قادر به فعالیت نمی‌باشد [۵]. در عین حال یک عامل اسیدی کننده می‌باشد زیرا pH بهینه فعالیت آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز pH قلیابی می‌باشد، که هر دو آنزیم‌کرد آن از فعالیت پلی فنل اکسیداز جلوگیری می‌کند [۱۵] و 10 ٪ نمونه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم $1/5$ و 2 درصد کمترین کاهش را در مقدار L^* نشان دادند. همچنین نشان داده شد که کلرید کلسیم 1 و 2 درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند و نمونه‌های تیمار شده در محلول $0/6$ درصد کلرید کلسیم

- منابع -۴

- [14] İyidoğan NF, Bayındırlı A. Effect of L-cysteine, kojic acid and 4-hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya apple juice. *Journal of Food Engineering* 2004; 62: 299-304.
- [15] Jang JH, Moon KD. Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. *Food Chemistry* 2011; 124: 444-449.
- [16] Veberic R, Colarić M, Stampar F. Phenolic acids and flavonoids of fig fruit(*Ficus Carica L.*) in the northern Mediterranean region. *Food Chemistry* 2008; 106 : 153-157.
- [17] Altunkaya A, Gokmen V. Effect of various inhibitors on enzymatic browning, antioxidant activity and total phenol content of fresh lettuce (*Lactuca sativa*). *Food Chemistry* 2007; 107: 1173-1179.
- [18] Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M. Inhibitory effect of cysteine and glutathione on phenoloxidase from kuruma prawn (*Penaeus japonicas*). *Food Chemistry* 2006; 98: 158-163.
- [19] Jiang YM, Duan X, Joyce D, Zhang Z, Li J. Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. *Food Chemistry* 2004 ; 88: 443-446.
- [20] Azarakhsh, H. Study of different harvest methods and fig processing. Shiraz: Agricultural ministry. Agricultural organization of Fars; 2001 [in Persian].
- [21] Severini C, Baiano A, De Pilli T, Romaniello R and Derossi A. Prevention of enzymatic browning in sliced potatoes by blanching in boiling saline solutionsLebensm. Wiss. U.-Technol 2003; 36: 657-665.
- [22] Toma's-Barbera'n FA, Gil MI, Castan~ er M, Arte's F and Saltveit ME. Effect of Selected Browning Inhibitors on Phenolic Metabolism in Stem Tissue of Harvested Lettuce. *Journal of Agricultur. Food Chemistry* 1997; 45: 583-589
- [23] Quevedo R, Ronceros B, Garcia K, Lopez P, Pedreschi F. Enzymatic browning in sliced and pureed avocado: A fractal kinetic study. *Journal of Food Engineering* 2011;105: 210-215.
- [24] Rocha AMCN, Morais AMMB. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food Control* 2003; 14: 13-20
- [1] FAO. Statistical Database. Available from: <http://faostat.fao.org>; 2007.
- [2] Jalili H. Optimization method of fig production in order to improve product quality. Shiraz: Statistic research and information processing workshop of Fars province; 2003[in Persian].
- [3] institute of Standard and industrial research of Iran, Processed fig-Regulation of production act. ISIRI no 7868.1st revision, Fars: ISIRI; 2008 [in Persian].
- [4] Nisha P, Singhal R, Pandit A. A study on the degradation kinetics of visual green colour in spinach (*Spinacea oleracea L.*) and the effect of salt therein. *Journal of Food Engineering* 2004; 64 :135-142.
- [5] deMan J. M. Principle of Food Chemistry. 3th ed. Maryland. An Aspen Publication. Press 1999; 295-297.
- [6] McEvily A, Iyengar R, Otweii s. Inhibition of Enzymatic Browning in Food and Beverage. Critical Review in Food Science and Nutrition1992; 32(3): 253-273.
- [7] Yang Zh, Han Y, Gu Zh, Fan G, Chen Zh. Thermal degradation kinetis of aqueous anthocyanins and visual color of purple corn (*Zea mays L.*) cob. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 2008; 9 : 341–347.
- [8] Benjakul S, Visessanguan W, Tanaka M. Inhibitory effect of cysteine and glutathione on phenoloxidase from kuruma prawn (*Penaeus japonicus*). *Food Chemistry* 2006; 98: 158-163.
- [9] Kahn V, Lindner P, Zakin V. Effect of kojic acid on the oxidation of o- dihydroxy phenols by mushroom tyrosinase. *Journal of Food Biochemistry* 1995; 18: 253-271.
- [10] Son SM, Moon KD, Lee CY. Inhibitory effect of various antibrowning agents on apple slices. *Food Chemistry* . 2001; 73: 23-30.
- [11] AOAC. Official Methods of Analysis, 17th ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists International: 2008.
- [12] Barreiro JA, Milano M. And Sandoval AJ. Kinetics of color changes of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering* 2009; 33: 359-371.
- [13] Vámos- Vigyázó L. Poly phenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. Critical Review in Food Science and Nutrition 1981; 15: 49-127

Study the effect of different treatments in control of browning in estahban intermediate moisture fig(cv. Sabz)

Faraji, N. ¹, Mafsoonazad, N. ^{2 *}, Farahnaki, A. ³, Badii, F. ⁴, Hoseini, E. ⁵

1. M. Sc in Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University
2. Assistant Prof, Dept. of Agricultural Engineering Research, Agriculture and Natural Resources Center, Fars, Iran.
3. Associate Prof, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Agriculture, Shiraz University
4. Assistant Prof, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj
5. Assistant Prof, Dept. of Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University

(Received: 90/9/23 Accepted: 91/2/8)

Iran is one of the most important fig producer countries around the world. Intermediate moisture fig is a processed product. One problem about intermediate moisture fig is that the color will be changed and transmute to brown during storage after processing. The purpose of this research was to study soaking temperature and time effects and to evaluate the effects of calcium chloride, cysteine, sodium metabisulphite and citric acid in various concentrations on prevention of semi-moisture fig browning at room temperature.

Chemical compounds (protein, total sugar, fat, fiber and moisture) of fig samples were determined. In order to prepare product five different periods of time(3, 6, 9, 12, 15 min) and five different degrees of temperature (20, 40, 60, 80, 100°C) based on central composite rotational design were used. Samples were kept in room temperature for 2 weeks to evaluate the effects of soaking parameters on color and texture of product. After that moisture, color and texture of samples were determined. First different solution of calcium chloride (0.6, 1, 1.5, 2% w/w), citric acid (0.5, 1, 2, 3%w/w), cysteine (0.05, 0.07, 0.2, 0.5%w/w) and sodium metabisulphite (500, 800, 1000 and 1200 ppm) were prepared. Dried figs were dipped in prepared solutions and water was used to evaluate control samples to optimize the time and temperature, then color of the samples were measured in specific period of time during four months.

Results showed that temperature of 60°C and 3min interval provided 20% moisture in the product which assessed as the best moisture content for preserving color and texture. The most desirable L value was obtained using citric acid (1, 2, 3%w/w) and Calcium chloride (1.5%w/w). However sodium metabisulphite and cysteine in concentration of 0.07%, 0.05%, 0.2% showed significant difference with control, the results were not satisfactory.

Results showed that using suitable temperature in rehydration of fig to inactivate poly phenol oxidase and chemical treatments to postpone and reduce the browning reaction rate were effective.

Keyword: Fig, Browning reaction, Calcium chloride, Citric acid, Cysteine , sodium metabisulphite,

* Corresponding Author E-Mail Address: neda.mafsoonazad@farsagres.ir