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

نوشین فرجی[۱]، ندا مفتون آزاد[۲] *، عسکر فرحناکی[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 انجیر در جهان است. یکی از فرآورده های این محصول، انجیر 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، متا بی سولفیت سدیم و اسید سیتریک در غلظت های مختلف در جلوگیری از قهوه ای شدن انجیر نیمه مرطوب در دمای محیط بود.
ترکیبات شیمیایی(پروتئین، قندکل، چربی، فیبرو رطوبت) نمونه های انجیر 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 غلظت های ۰/۶، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد، اسید سیتریک باغلظت های۰/۵، ۱، ۲ و ۳ درصد، سیستئین با غلظت های ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۲ و ۰/۵ درصد و متا بی سولفیت سدیم با غلظت های ۵۰۰، ۸۰۰ ، ۱۰۰۰و ۱۲۰۰ ppm تهیه شدند. سپس انجیرهای 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 انجیر شدند. افزودن اسید سیتریک ۱، ۲ ،۳ درصد و کلرید کلسیم ۱/۵ درصد به انجیر، میزان L* نسبتا مطلوبی را ایجاد کرد. نتایج آزمون رنگ در مورد سیستئین و متا بی سولفیت سدیم در غلظت های به کار رفته رضایت بخش نبود.
نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از حرارت مناسب به منظور غیر فعال ساختن آنزیم های پلی فنل اکسیداز و تیمار های شیمیایی به منظور به تعویق انداختن و کاهش میزان قهو ه ای شدن نمونه های انجیر نیمه مرطوب می تواند موثر باشد.

کلید واژگان: انجیر، واکنش قهوه ای شدن، کلرید کلسیم، متا بی سولفیت سدیم، اسید سیتریک، سیستئین

* مسئول مکاتبات: neda.maftoonazad@farsagres.ir

۱- مقدمه

میوه انجیر از نظر انرژی و ارزش غذایی دارای اهمیت ویژه ای است. جزو میوه‌های مناطق نیمه‌گرم طبقه‌بندی می‌شود. ایران یکی از مهمترین تولید کنندگان انجیر در جهان است. این میوه یکی از اقلام مهم صادراتی کشور محسوب می‌شود و به ویژه انجیر منطقه استهبان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ایران حدود ۱۰٪کل تولید جهانی را به خود اختصاص داده و با ۵۲۰۰۰ هزار هکتار سطح زیر کشت در مقام دوم قرار گرفته است [۱]. به واسطه تونائ بالای این محصول در منطقه استهبان مشکلات زیادی برای باغداران ایجاد می گردد به این شکل که در این شهرستان۳۰ تا ۳۵٪ میوهای تولیدشده به علت ریز بودن و دهان بسته بودن قابلیت ارائه به بازار را ندارند و برای فراوری و تبدیل به فراورده‌های مختلف مناسبند [۲]. انجیر پرسی عبارت است از محصولی از انجیر که طی مراحل مختلف فرآیند، تغییراتی در آن پدید آید به نحوی که با خیساندن و مشروط کردن رطوبت آن افزایش یافته و دارای بافت نرم ویکسان گردد، وبه طریق مناسب بسته بندی شود. این نوع انجیر معمولا 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 قهوه ای تیره تبدیل می گردد [۲]. رنگ از جنبه‌های 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 می‌کند و اثر زیادی بر ظاهر و پذیرش مواد غذایی دارد [۴]. رنگ به علت رنگدانه های طبیعی موجود در میوه مثل کلروفیل، کارتنوئید و آنتوسیانین بوده یا به بخاطر رنگدانه های حاصل از واکنش های قهوه ای شدن می باشد [۵]. قهوه ای شدن میوه ها و فر آورده های حاصل از میوه یکی از مشکلات اساسی در صنعت میوه است و گمان می رود که شاید اولین علت افت کیفیت در طول جابه جایی پس از برداشت، فرآیند و انبار کردن می باشد، بنا بر این قهوه 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 تغییرات رنگ، عطر، طعم و نرم کردن بافت تغییر میدهد و سبب افت مواد مغذی نیز می شود [۶]. قهوه ای شدن به چندین علت می تواند صورت گیرد: قهوه ای شدن ناشی از اکسیداسیون اسکوربیک اسید (اکسیداسیون غیرآنزیمی)، قهوه ای شدن آنزیمی و واکنش میلارد [۶].

قهوه 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 قهوه ای شدن آنزیمی می‌باشد. قهوه ای شدن آنزیمی بسیار سریع اتفاق می افتد. حتی یک تکنولوژی فرآیند بهینه نمی تواند به طور کامل از قهوه ای شدن آنزیمی در طول استخراج آب میوه ها جلوگیری کند، مگر آنکه برای جلوگیری از تماس اکسیژن محافظت ویژه ای انجام شود[۷ و۵]. تکنیک ها و مکانیسم های متعددی برای کنترل قهوه ای شدن آنزیمی گسترش پیدا کرده است. این تکنیک ها برای حذف یکی یا تعداد بیشتری ازمولفه های ضروری تلاش می کنند: اکسیژن، آنزیم، مس و یا سوبسترا. غیر فعال کردن پلی فنل اکسیداز به وسیله تیمار حرارتی، مثل بلانچینگ با بخار، به طور موثری برای کنترل قهوه 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 دهند و از تشکیل ترکیبات رنگی ممانعت کنند. باید به این نکته توجه داشت که غیر فعال سازی آنزیم های مسئول قهوه ای شدن در میوه ها می تواند مانند استفاده از تیمار حرارتی برگشت ناپذیر باشد یا مانند استفاده از اسکوربیک اسید بر گشت پذیر باشد. در سال های اخیر، مطالعات متعددی در مورد استفاده از اسید های آلی، نمک ها، سولفیت ها و ترکیبات احیا کننده مانند سیستئین در ممانعت از قهوه 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 قهوه ای شدن آنزیمی نشان داده اند [۸].

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

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 [۹]. 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، o-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 قهوه ای جلو گیری می کند. سولفیت ها و بی سولفیت ها در کنترل قهوه 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 متیل‌رد، n هگزان، محلول‌های فهلینگ، (کلیه مواد شیمیایی) با درجه خلوص بالا از شرکت Merck تهیه شدند. کیسه پلاستیکی از بازار تهیه شد.

تعیین ترکیب شیمیایی انجیر خشک: رطوبت نمونه‌ها مطابق روش استانداردAOAC، میزان پروتئین به روش کلدال (N×۵/۷)، میزان چربی به روش سوکسله با حلال n-هگزان، میزان قندکل به روش فهلینگ و فیبر 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 دقیقه) و ۵ سطح دما (۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ درجه) در قالب یک طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر استفاده شد. نمونه ها در زمان ها و دماهای 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 کنترل 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 غلظت های ۰/۵، ۱، ۲ و ۳ درصد (وزنی/ وزنی) اسید سیتریک، ۰/۶، ۱، ۱/۵ و ۲درصد کلرید کلسیم (وزنی/ وزنی)، غلظت های ۰/۰۵، ۰/۰۷، ۰/۲ و ۰/۵ درصد (وزنی/ وزنی) سیستئین و غلظت های ppm ۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰و 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 زمانی۴ ماه در فواصل زمانی معین از نمونه ها به وسیله دوربین دیجیتال عکس گرفته شد و سپس عکس ها به وسیله نرم افزارPhotoshop 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].

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

بافت نمونه‌های انجیر توسط دستگاه بافت سنج مدل(Lloyd Instrument Limited, Fareham, Hans, UK) اندازه گیری شد، که در این آزمون از پروب با قطرmm ۵ استفاده و نیروی دستگاه(load cell) روی ۵۰N 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 کاملا تصادفی در مرحله اول با ۱۶تیمار، 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 افزار SPSS ۱۶ و همچنین نرم افزار Microsoft Office Excel انجام پذیرفت.

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

جدول ۱ ترکیب شیمیایی انجیر خشک قبل از فرآوری

(بر حسب وزن خشک)

ترکیب	درصد
چربی	۰/۱۵ ±۰/۰۲
رطوبت	۶ ±۰/۱۲
پروتئین	۴/۵ ±۰/۱۲
قند کل	۸۰/۲ ±۲/۰۸
فیبر	۱۲/۱ ±۰/۴

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 انجیردر 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 ($p < ۰/۰۱$) 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 روشنایی 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، ۲۰/۳۲ (gr/100gr) بود که بهترین میزان رطوبت برای این نوع محصول می باشد [۳].

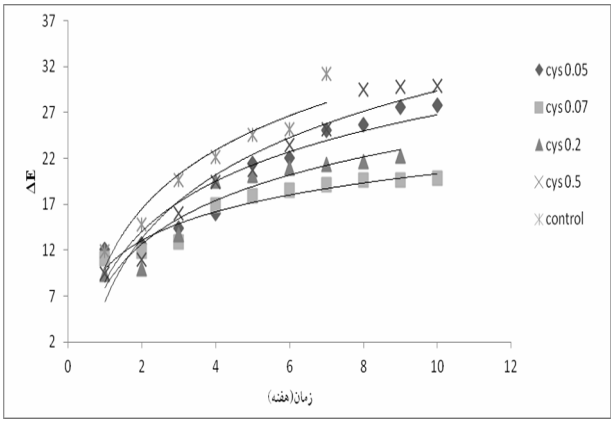
مقادیر رطوبت و بافت نمونه های انجیر خیسانده شده در دماها و زمان های مختلف بعد از ۲ هفته نگهداری در جدول ۲ آمده است.

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

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

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

نمودار ۱ نحوه تاثیر غلظت های مختلف سیستئین (۰/۰۵ ، ۰/۰۷ ، ۰/۲ و ۰/۵ ٪) را درطول 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 اثرغلظت های مختلف سیستئین (Cys) بر پارامتر ΔE در طول زمان در مقایسه با نمونه شاهد

کمترین ΔE یا تغییرات کلی رنگ در سیستئین۰/۰۷ درصد و پس از آن در سیستئین ۰/۲ درصد دیده می شود. نتایج آماری نشان داد که نمونه های تیمار شده در محلول ۰/۵ درصد سیستئین تفاوت معنی داری با شاهد ندارد ($P <$۰/۰۵). پس از گذشت مدت زمان ده هفته ΔE یا تغییرات کلی رنگ به مقدار ثابت رسید.

معادله ۲) سیستئین ۰/۰۵ درصد $\Delta E=$۷/۹۱۰ ln(t)+ ۸/۵۳۸ $R^2=$۰/۸۸۲

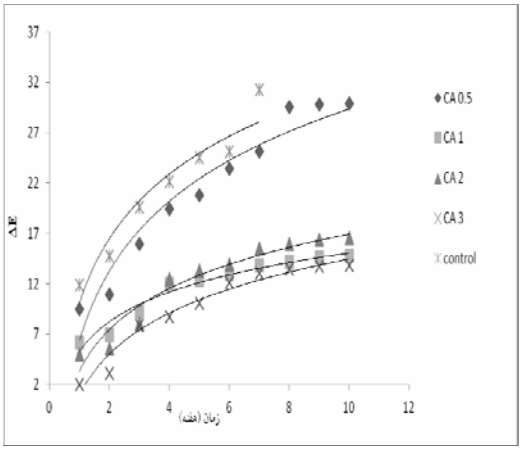
معادله ۳) سیستئین ۰/۰۷ درصد $\Delta E=$۴/۵۱۹ ln(t)+۹/۹۱۱ $R^2=$۰/۹۲۰

معادله ۴) سیستئین ۰/۲ درصد $\Delta E=$۶/۸۴۱ ln(t)+۷/۹۱۸ $R^2=$۰/۹۰۶

معادله ۵) سیستئین ۰/۵ درصد $\Delta E=$۹/۹۸۸ ln(t)+۶/۳۴۵ $R^2=$۰/۹۴۱

معادله ۶) شاهد $\Delta E=$۹/۳۴۱ ln(t)+۱۰/۰۸ $R^2=$۰/۹۲۵

نمودار ۲ نحوه تاثیر غلظت های مختلف اسید سیتریک (۰/۵ ، ۱ ، ۲ و۳ ٪) را درطول 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.

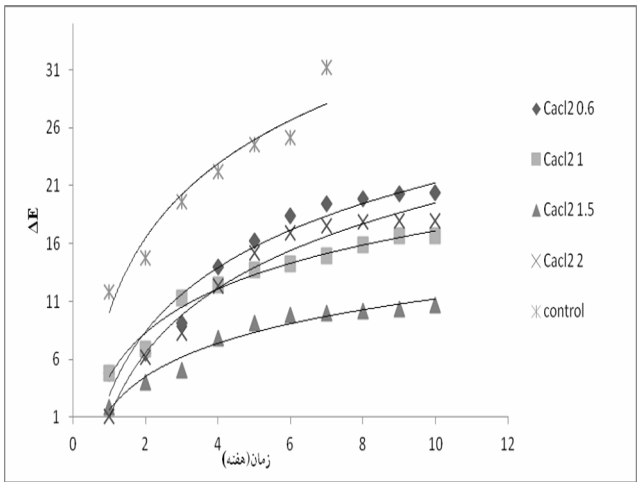


نمودار ۲ اثرغلظت های مختلف اسید سیتریک (CA) در طول زمان نگهداری بر پارامترΔE در مقایسه با نمونه شاهد

معادله ۱۲) کلرید کلسیم ۰/۶ درصد	$R2=$ ۰/۹۴۷	$\Delta E=$ ۷/۹۷۴ ln(t)+۲/۸۶۵
معادله ۱۳) کلرید کلسیم ۱ درصد	$R2=$ ۰/۹۷۸	$\Delta E=$ ۵/۴۶۵ ln(t)+۴/۵۰۲
معادله ۱۴) کلرید کلسیم ۱/۵ درصد	$R2=$ ۰/۹۶۱	$\Delta E=$۴/۱۶۶ ln(t)+۱/۶۱۳
معادله ۱۵) کلرید کلسیم ۲ درصد	$R2=$۰/۹۶۸	$\Delta E=$۸/۰۴۱ ln(t)+۰/۹۸
معادله ۱۶) شاهد	$R2=$ ۰/۹۲۵	$\Delta E=$۹/۲۴۱ ln(t)+۱۰/۰۸

استفاده از اسید سیتریک در غلظت های بالاتر، سبب کاهش بیشتر ΔE یا اختلاف رنگ می شود. آنالیز آماری نیز بیانگر وجود اختلاف معنی داری میان تیمارها و شاهد بود ($P < ۰/۰۵$). اختلاف معنی داری میان غلظت های ۱ و ۳ درصد اسید سیتریک در تغییرات ΔE مشاهده نشد($P <$۰/۰۵). غلظت ۰/۵درصد اسید سیتریک اختلاف معنی داری با دیگر تیمارها و شاهد نشان داد ($P < ۰/۰۵$). بررسی نمونه ها 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 غلظت های مختلف کلرید کلسیم (۰/۶ ، ۱ ، ۱/۵ و۲ ٪) را درطول زمان بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد نشان می دهد.



نمودار ۳ اثرغلظت های مختلف کلرید کلسیم ($CaCl2$) در طول زمان نگهداری بر پارامترΔE در مقایسه با نمونه شاهد

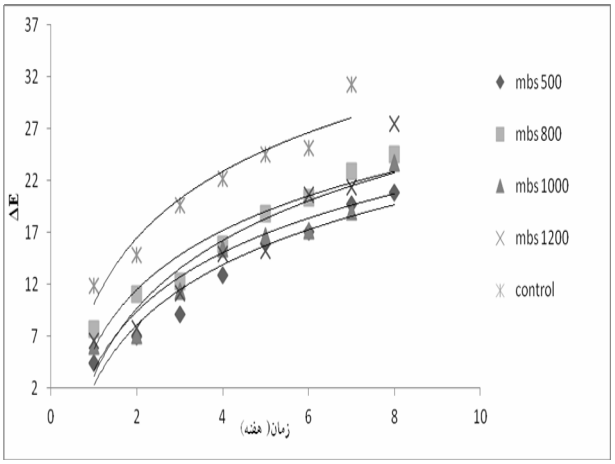
معادلات ۱۲ تا ۱۶ نحوه کاهش ΔE در انجیر را تحت تاثیر غلظت های مختلف کلرید کلسیم همراه با نمونه کنترل نشان می دهد.

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 ۱/۵درصد بود که با نمونه شاهد تفاوت معناداری نشان می داد و در بین تیمار ها، بالاترین ΔE مربوط به تیمار ۰/۶ درصد بود که اختلاف معنا داری با نمونه شاهد داشت ($P < ۰/۰۵$).

معادله ۷) اسید سیتریک ۰/۵ درصد	$\Delta E=$۸/۹۸۸ ln(t)+۶/۳۴۵ $R2=$۰/۹۴۱
معادله ۸) اسید سیتریک ۱ درصد	$\Delta E=$۴/۳۳۲ ln(t)+۵/۳۰۶ $R2=$۰/۹۵۷
معادله ۹) اسید سیتریک ۲ درصد	$\Delta E=$۵/۸۹۲ ln(t)+۳/۳۶۶ $R2=$۰/۹۳۷
معادله ۱۰) اسید سیتریک ۳ درصد	$\Delta E=$۵/۸۵۸ ln(t)+ ۰/۹۷۱ $R2=$۰/۹۶۱
معادله ۱۱) شاهد	$\Delta E=$۹/۲۴۱ ln(t)+۱۰/۰۸ $R2=$۰/۹۲۵

۴ غلظت مختلف کلرید کلسیم با یکدیگر و شاهد تفاوت معنی داری نشان دادند ($P < ۰/۰۵$). پس از هفته نهم مقدار ΔE ثابت شد و افزایشی در آن مشاهده نگردید.

نمودار ۴ نحوه تاثیر غلظت های مختلف متا بی سولفیت سدیم (۵۰۰، ۸۰۰ ، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ ppm) را درطول زمان بر پارامتر ΔE در مقایسه با نمونه شاهد نشان می دهد.



نمودار۴ اثرغلظت های مختلف متا بی سولفیت سدیم (M.B.S) بر پارامتر ΔE در طول زمان

معادلات ۱۷ تا ۲۱ نحوه افزایش ΔE در انجیر را تحت تاثیر غلظت های مختلف متا بی سولفیت سدیم همراه با نمونه کنترل نشان می دهد.

معادله ۱۷) متا بی سولفیت سدیم ۵۰۰ppm $\Delta E=۸/۳۶۰ \ln(t)+۲/۲۹۹$ $R2=۰/۹۴۱$

معادله ۱۸) متا بی سولفیت سدیم ۸۰۰ppm $\Delta E=۸/۲۲۷ \ln(t)+۵/۷۹۶$ $R2=۰/۹۳۶$

معادله ۱۹) متا بی سولفیت سدیم ۱۰۰۰ppm $\Delta E=۸/۱۷۳ \ln(t)+۳/۷۴۰$ $R2=۰/۹۰۶$

معادله ۲۰) متا بی سولفیت سدیم ۱۲۰۰ppm $\Delta E=۹/۴۱۹ \ln(t)+۳/۱۷۹$ $R2=۰/۸۵۰$

معادله ۲۱) شاهد $\Delta E=۹/۲۴۱ \ln(t)+۱۰/۰۸$ $R2=۰/۹۲۵$

نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش مقدار متا بی سولفیت سدیم تغییرات کلی رنگ یا ΔE کاهش می یابد. همان طور که در جدول شماره ۳ مشاهده می شود غلظت ppm ۸۰۰ متا بی سولفیت تفاوت معنا داری با غلظت ppm۱۰۰۰متا بی سولفیت سدیم در کاهش ΔE نداشت ($P < ۰/۰۵$). نتایج حاکی از آن است که متا بی سولفیت سدیم در غلظت های 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 ۰/۶٪	۳۶^{ef}
کلرید کلسیم ۱٪	۳۹^{c}
کلرید کلسیم ۱/۵٪	۴۴^{a}
کلرید کلسیم ۲٪	۳۸^{cd}
اسید سیتریک ۰/۵٪	۳۲^{i}
اسید سیتریک ۱٪	۴۲^{b}
اسید سیتریک۲٪	۴۰^{c}
اسید سیتریک ۳٪	۴۲^{b}
سیستئین ۰/۰۵ ٪	۳۲^{g}
سیستئین ۰/۰۷٪	۳۷^{de}
سیستئین ۰/۲٪	۳۵^{f}
سیستئین ۰/۵٪	۲۸^{h}
متا بی سولفیت سدیم ۵۰۰ppm	۳۶^{e}
متا بی سولفیت سدیم۱۰۰۰ ppm	۳۳^{deg}
متا بی سولفیت سدیم۸۰۰ ppm	۳۹^{g}
متا بی سولفیت سدیم ۱۲۰۰ppm	۳۷^{f}
شاهد	۲۹^{h}

مقایسه شاخص L^* غلظت های مختلف تیمارها توسط آزمون ANOVA

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

($p=۰/۰۵$) حروف متفاوت بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

۳- بحث

با توجه به آزمون‌های شیمیایی در مرحله اول تحقیق، میزان رطوبت در انجیر خشک حدود ۶ درصد می باشد که برای تولید انجیر نیمه مرطوب باید میزان رطوبت تا حدود ۲۰ درصد افزایش پیدا کند. در این تحقیق از دماها و زمان های مختلف برای خیساندن انجیر به منظور حصول بهترین بافت با بهترین احساس دهانی و روشن ترین رنگ پس از دو هفته استفاده شد. فرآیند های حرارتی به دلیل تاثیر بر روی میکرو ارگانیسم ها، آفت ها و آنزیم ها می تواند علاوه بر جلوگیری از فساد ناشی از آفات و میکروارگانیسم ها، به دلیل تاثیر بر آنزیم ها به ویژه پلی فنلاز ها از قهوه ای شدن آنزیمی 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 نمونه های انجیر شدند. vámos و همکاران (۱۹۸۱) نیز گزارش کردند که آنزیم های پلی فنل اکسیداز نسبت به حرارت نسبتا 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 کاملا نابود می شوند [۱۳].اگر چه نمونه های تیمار شده در دما و زمان های مختلف دیگر ممکن است بافت نرم تری ایجاد کنند، اما باعث پاره شدن پوست انجیر می گردند 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 فاکتور های مؤثر در بازار پسندی محصول می باشد که در این حالت انجیر های دهان بسته (کور) در مقابل انجیر های دهان باز (خندان) دارای مقاومت بیشتر و در نتیجه مطلوبیت بیشتر می باشند. ازطرفی افزایش زیاد رطوبت باعث نزدیک شدن به نقطه ذوب نمونه و افزایش شدید تحرک مولکولی شده که از نظر ترمودینامیکی ادامه واکنش های قهوه ای شدن متوقف می‌شود. لذا در رطوبت‌های بینابینی (رطوبتی که برای انجیر نیمه مرطوب استفاده می شود)، شدت و سرعت واکنشها به حداکثر می‌رسد.

در مرحله بعد از تیمار های مختلف به منظور ممانعت از واکنش های قهوه ای شدن و به دست آوردن نمونه هایی با میزان L^* یا روشنایی و h^* بالا و ΔE یا تغییرات کلی رنگ کم استفاده شد. در میان تیمار های سیستئین کمترین کاهش L^* در غلظت ۰/۰۷٪

و بیشترین در غلظت ۰/۵ ٪ مشاهده شد، (در تمام هفته ها این روند مشاهده شد ولی در اینجا مقادیر L* هفته ی هشتم گزارش شده است). به نظر میرسد که استفاده از غلظت های مختلف سیستئین چندان اثر مطلوبی بر میزان روشنایی نمونه ها ندارد ولی مشاهده شد که سیستئین در غلظت های کمتر اثر بهتری بر رنگ نمونه ها داشت. بر خلاف نتیجه به دست آمده، Son و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی اثر غوطه وری برش های سیب در محلول ۱ درصد سیستئین بر پارامتر L* در سیب گزارش کردند که پس از سه ساعت نگهداری هیچ تغییری در L* نمونه ها در مقایسه با L* اولیه مشاهده نشد [۱۰]. همچنین اثر ترکیب ال – سیستئین توسط İyidoğan و همکاران (۲۰۰۴) در ممانعت از قهوه ای شدن آنزیمی در آب سیب مورد بررسی قرار گرفت و گزارش شد که ۸۹/۲ درصد ممانعت از قهوه ای شدن آنزیمی در آب سیب با استفاده از این ترکیب وجود داشت و ال – سیستئین مؤثر ترین عامل ضد قهوه ای شدن بود (۱۴). در میان غلظت های مختلف اسید سیتریک، غلظت ۱ تا ۳ درصد کمترین کاهش را در میزان پارامتر L* در طول ۴ ماه نگهداری نشان دادند. پارامتر L* در مدت زمان نگهداری نمونه ها در دمای محیط به صورت لگاریتمی کاهش یافت و پس از ۱۰ هفته مقدار آن ثابت شد. بیشترین کاهش در میزان L* در اسید سیتریک ۰/۵ درصد مشاهده گردید. تیمار های ۱ و ۳ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر نشان ندادند، هم سو با نتایج به دست آمده در این تحقیق در بررسی اثر اسید سیتریک در ممانعت از قهو ای شدن میوه لیچی توسط Jiang نشان داده شد که اسید سیتریک در غلظت 100 mmol/ litre به طور بسیار موثری از قهوه ای شدن میوه لیچی ممانعت می کند. اسید سیتریک به عنوان عامل کلاته کننده عمل کرده و مس را از دسترس آنزیم خارج می سازد چرا که این آنزیم بدون وجود این عنصر قادر به فعالیت نمی باشد [۵]. در عین حال یک عامل اسیدی کننده می باشد زیرا pH بهینه فعالیت آنزیم های پلی فنل اکسیداز pH قلیایی می باشد، که هر دو عملکرد آن از فعالیت پلی فنل اکسیداز جلوگیری می کند (۱۵ و ۱۰). نمونه های تیمار شده با کلرید کلسیم ۱/۵، ۱ و ۲ درصد کمترین کاهش را در مقدار L* نشان دادند. همچنین نشان داده شد که کلرید کلسیم ۱و ۲ درصد اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند و نمونه های تیمار شده در محلول۰/۶ درصد کلرید کلسیم در مقایسه با بقیه تیمار ها کمترین تفاوت را با شاهد نشان داد. نتایج حاکی از آن است که کلرید کلسیم در غلظت های بیشتر، موثرتر می باشد. تیمار های کلرید کلسیم پس از گذشت مدت زمان ۹ هفته به رنگ ثابت رسیدند و پس ازآن تغییر رنگ مشاهده نشد. کلرید کلسیم با اسید های آمینه واکنش داده و باعث خروج آمین ها از محیط می شود و بدین صورت از واکنش قهوه ای شدن میلارد جلو گیری می کند[۲۲و۱۷]. نتایج حاصل از نمونه های تیمار شده با غلظت های ۵۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ ppm متا بی سولفیت سدیم نشان داد که این ماده در غلظت های فوق از کاهش پارامتر L* در طول زمان به میزان کم جلوگیری می کند. آنالیز آماری نیز نشان داد که تفات معنی داری میان غلظت های مختلف متا بی سولفیت سدیم وجود ندارد. هرچند که تیمار ها تفاوت معنی داری را با شاهد نشان دادند. نمونه های تیمار شده در محلول های با غلظت ppm ۱۰۰۰و ۱۲۰۰ متا بی سولفیت سدیم بیشترین تاثیر را بر حفظ رنگ نمونه ها داشتند. کمترین کاهش L* در این غلظت ها مشاهده گردید.

به طور کلی نتایج نشان داد که در بین تیمار های استفاده شده با غلظت های مختلف فقط در مورد سیستئین ۰/۵ درصد اختلاف معنا داری با شاهد مشاهده نشد، بقیه تیمارها اثرات معنی داری در کاهش L* از خود نشان دادند. به صورت کلی افزودن اسید سیتریک ۱، ۲، ۳ درصد و کلرید کلسیم ۱/۵ درصد به انجیر، میزان L* نسبتا مطلوبی را ایجاد می کند. علی رغم اینکه متا بی سولفیت سدیم در غلظت های به کار رفته و سیستئین با غلظت های ۰/۰۷ ، ۰/۰۵ و ۰/۲ درصد اختلاف معنا داری با شاهد نشان دادند، ولی نتایج رضایت بخش نبود. همانطور که در جدول شماره ۱ مشاهده می شود انجیر دارای میزان زیادی قند می باشد که می تواند با پروتئین موجود در انجیر واکنش دهد. بنابراین احتمال دارد که قهوه ای شدن نمونه های انجیر ناشی از قهوه ای شدن میلارد باشد. روشنایی نسبتا مطلوب نمونه های تیمار شده با کلرید کلسیم نیز می تواند 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 بافت های گیاهی وجود دارد و انجیر دارای ترکیبات فنولی زیادی می باشد(۱۶)، وبا توجه به اینکه در این نوع محصول از فرآیند پرس کردن استفاده می شود قهوه ای شدن آنزیمی نیز ممکن است رخ دهد.

۴- منابع

[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

[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, Colaric 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 aponicas). 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

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

Faraji, N. [1], Maftoonazad, 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.maftoonazad@farsagres.ir