

# تولید کنسانتره از میوه انجیر خشک (وارته سبز) و بررسی تغییرات رنگ آن در طول تغلیظ

فاطمه فروزنده<sup>۱</sup>، ندا مفتون آزاد<sup>۲\*</sup>، عسکر فرحناکی<sup>۳</sup>، سید ابراهیم حسینی<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- استادیار 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- استادیار بخش علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۳)

## چکیده

میوه انجیر<sup>۱</sup> با روشهای مختلف حرارتی تغلیظ شد. انجیر خشک در سه دمای مختلف خیسانده و سپس فیلتر شد. توسط روشهای حرارتی ماکروویو، اوپراتور چرخان تحت خلا، حرارت در فشار اتمسفر، به ترتیب شیرابه در ۲۵، ۱۰ و ۶۳ دقیقه از بریکس ۱۰ به ۶۵ رسید. در طول مدت تغلیظ تغییرات رنگ مورد بررسی قرار گرفت. اختلاف رنگ کل (TCD) و از پارامترهای L، a و b برای مطالعه تغییر رنگ محصول استفاده شد. پارامترهای L و b با گذشت زمان کاهش یافتند ولی پارامترهای a و TCD افزایش یافتند. همچنین مشاهده شد که شدت تغییرات رنگ در روش ماکروویو کمتر از بقیه روشها بود. انواعی از مدل‌های سینتیکی برای بررسی پارامترهای رنگ استفاده شد. مدل مرکب برازش خوبی با دیگر پارامترها نشان داد.

**کلید واژگان:** شیره انجیر، کنسانتره انجیر، تغییرات رنگ، بریکس، مدل‌های مرتبه صفر و یک، مدل‌های مرکب

\* مسئول مکاتبات: neda.maftoonazad@farsagres.ir

1. Ficus carica

## ۱- مقدمه

می‌دهد منجر به کاهش کیفیت نهایی محصول در اثر فرآیند حرارتی می‌شود [۴ و ۵].

بسیاری از واکنشها در طول عملیات حرارتی می‌تواند اتفاق بیفتد که رنگ محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد که مهمترین آنها کاهش پیگمانها در واکنشهای قهوه‌ای شدن مثل میلارد، واکنشهای قهوه‌ای شدن آنزیمی و اکسیداسیون آسکوربیک اسید است [۵-۷].

مسکن (۲۰۰۶) تغییرات رنگ آب انار را در حین تغلیظ بررسی کرد. همچنین مشاهده کرد که تغییرات TCD براساس مدل درجه اول و مدل سینتیک مرکب است [۵]. تحقیق مشابهی نیز توسط آساوراچان و نومهورم بر روی کنسانتره آناناس انجام گرفته که تأثیر روشهای مختلف حرارتی را بر پارامترهای رنگ مطالعه نموده است [۸]. همچنین می‌توان به فرآیند حرارتی رب گوجه فرنگی [۶] و عصاره میوه توت [۹] اشاره کرد. هیچگونه یافته‌ای در مورد تغلیظ آب انجیر و سینتیکهای تغییر رنگ آن بدست نیامده است. بنابراین در این تحقیق موارد زیر بررسی شد: (۱) تولید کنسانتره آب انجیر با سه روش تبخیری میکروویو، اواپراتور چرخان تحت خلا و حرارت در شرایط اتمسفری، (۲) سینتیک کاهش درجه رنگ محصول با استفاده از پارامترهای رنگ هانتر در طول مراحل تغلیظ.

## ۲- مواد و روشها

میوه انجیر خشک از واریده سبز بومی (ایران، فارس، استهبان) تهیه شد. میوه‌ها در آب سرد شسته شده و در آب با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۳ ساعت و ۳۰ دقیقه) خیس‌انده شد. پس از صاف کردن عصاره با بریکس ۱۰ به رنگ زرد کم‌رنگ بدست آمد.

### ۲-۱- تغلیظ آب انجیر

سه روش مختلف تغلیظ برای تولید کنسانتره انجیر به کار رفت. عصاره تا بریکس نهایی ۶۵-۶۳ به روشهای زیر تغلیظ شد:

(۱) حرارت دادن توسط ماکروویو خانگی قابل برنامه ریزی (LG, Bucheon, Korea) انجام شد. در توان ۶۰۰ وات ۱۰۰، گرم نمونه در بشر ریخته و در محفظه داخلی

انجیر یکی از میوه‌هایی است که از قدیم الایام کشت می‌شده و یکی از مهمترین محصولات خشک با چندین نوع واریده است که به شکل خشک برای مصرف طولانی مدت قابل استفاده است. به علت اینکه انجیر منبع غنی از کربوهیدراتها می‌باشد، اهمیت زیادی در تغذیه دارد. انجیر حاوی اسیدهای آمینه ضروری و منابع غنی ویتامینهای C, A, B<sub>1</sub> و B<sub>2</sub> و مواد معدنی است که معمولاً به شکل خشک، تازه و یا فرایند شده مصرف می‌شود. بیشترین صادرات انجیر به ترتیب از کشور ترکیه، ایران و مراکش است و ایران حدود ۱۰٪ کل تولید جهانی را به خود اختصاص داده است که ۹۰٪ آن به شکل خشک است. بنابراین انجیر خشک ارزش اقتصادی زیادی برای کشاورزی ایران دارد. واریده سبز نیز مهمترین واریده انجیر خشک و بیشترین واریده تولید شده در ایران است. مشکلات اصلی انجیر خشک افت کیفیت غذایی آن و همچنین وجود میکروارگانیزم‌های مضر، افلاتوکسین B<sub>1</sub> و بعضی حشرات مثل افستیا و پلودیا است [۱]. توانا بالای انجیر مشکلات زیادی را برای کشاورزان ایجاد می‌کند. لذا روشهایی برای افزایش ارزش افزوده انجیر به کار برده می‌شود. کنسانتره آب انجیر محصولی است که به طور وسیع در قنادی به عنوان مواد رنگی، جایگزین افزودنیهای مصنوعی، جانشین قند و به عنوان پرکننده برای آب‌نباتهای سفت استفاده می‌شود. همچنین به عنوان یک طعم دهنده طبیعی میوه به جای شربت و شکلات در ماست و بستنی کاربرد دارد [۲]. ۱۰۰ گرم از کنسانتره طبیعی میوه ۳۸۵ کیلوکالری انرژی تولید می‌کند و حاوی ۹۱ گرم کربوهیدرات، ۷۸ گرم قند احیاء (گلوکز، فروکتوز، مالتوز و زایلوز)، ۱/۹۹ گرم پروتئین و ۰/۲۲ گرم چربی است [۳].

تغلیظ آب میوه‌جات با حذف بخشی از آب آنها بدون تغییر در محتوای مواد جامد انجام می‌گیرد. تغلیظ آب میوه‌جات از آنجا که کیفیت محصول نهایی از جمله رنگ، طعم، آروما و احساس دهانی را تعیین می‌کند، دارای اهمیت بسیاری است. مطالعات نشان داده است که افت کیفیت رنگ و کاهش اکثر مواد فرار که در اکثر روشهای متداول تبخیر رخ

دانکن<sup>۲</sup> بررسی شد ( $P < 0/05$ ). پارامترهای مربوط به مدل-های سینتیک (معادله‌های ۱-۵) با روش رگرسیون غیرخطی تکرارپذیر با استفاده از سیگماپلات<sup>۳</sup> ارزیابی شد [۵].

تغییرات غلظت (بریکس) نمونه‌های آب میوه در مقابل زمان با معادله نمایی سه پارامتری زیر (۱) برازش داده شد:

$$B = B_0 + B_1 * \exp(k * t) \quad (1)$$

$B_0$  و  $B_1$  به ترتیب مقدار ماده جامد محلول در زمانهای مختلف و زمان صفر است،  $B_1$  ثابت و  $k$  ثابت سرعت تبخیر ( $\text{min}^{-1}$ ) می باشد [۵].

مطالعات متعددی در ارتباط با سینتیک تغییر رنگ مواد غذایی در مقالات وجود دارد. مهمترین این نتایج به صورت سینتیک واکنش‌های تجزیه‌ای مرتبه صفر و مرتبه یک گزارش شده است (معادلات ۲ و ۳):

$$C = C_0 \pm k_0 * t \quad (2)$$

$$C = C_0 * \exp(\pm k_1 * t) \quad (3)$$

(+) و (-) افزایش یا کاهش کیفیت پارامتر را نشان می‌دهد. از طرف دیگر مدل‌های نسبتاً ساده مثل ۲ و ۳ به اندازه کافی پدیده تغییرات رنگ را نشان نمی‌دهند. بنابراین از مدل سینتیک مرکب استفاده شد تا مراحل مختلف واکنش‌های تغییر رنگ را بررسی کند. مرحله اول شامل شکل‌گیری ترکیبات پلیمری رنگی براساس سینتیک مرتبه صفر و مرحله دوم شامل تجزیه پلیمرهای رنگی براساس مدل سینتیک مرتبه یک است [۵ و ۱۰]. بر این اساس مدل سینتیک معادله تغییر رنگ به صورت معادله شماره ۴ بیان شد:

$$C = C_0 + C_1 \exp(-k_1 * t) + k_0 * t \quad (4)$$

$C_0$  و  $C_1$  به ترتیب غلظت پارامترهای رنگ را در زمان‌های مختلف و در لحظه صفر نشان می‌دهند.  $k_0$  ثابت سینتیک مرتبه صفر و  $k_1$  ثابت سینتیک مرتبه یک را در معادله‌های ۱ تا ۴ نشان می‌دهند و  $C_1$  نیز ثابت است. یک مدل دیگر اختلاف رنگ کلی است که ترکیب پارامترهای  $L$ ،  $a$  و  $b$  است. این پارامتر برای مشخص کردن تغییر رنگ در غذاها به کار می‌رود و با معادله ۵ بدست می‌آید:

ماکروویو قرار داده شد. نمونه بعد از هر ۲ دقیقه از داخل محفظه ماکروویو برای اندازه‌گیری رنگ و بریکس خارج شده (حدود ۱ دقیقه) و سپس در جای خود قرار می‌گرفت.

(۲) استفاده از تبخیرکننده چرخان تحت خلا (Rhys International Ltd, Manchester, UK)، ۱۰۰ گرم نمونه در داخل بالن دستگاه ریخته شد و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد حرارت دادن انجام شد. نمونه در فواصل ۳ دقیقه-ای از داخل محفظه اواپراتور برای اندازه‌گیری رنگ و بریکس خارج شده (حدود ۱ دقیقه) و سپس در جای خود قرار می‌گرفت.

(۳) استفاده از تبخیر توسط هیتر الکترومگنت تحت فشار اتمسفر: بدین منظور ۱۰۰ گرم نمونه در بشر ریخته شد. هم-زدن نمونه در کل زمان تغلیظ با استفاده از یک مگنت در ۷۰ درجه سانتیگراد انجام شد. نمونه در فواصل ۵ دقیقه‌ای از داخل محفظه اواپراتور برای اندازه‌گیری رنگ و بریکس خارج شده (حدود ۱ دقیقه) و سپس در جای خود قرار می‌گرفت.

## ۲-۲- اندازه‌گیری مقدار ماده جامد محلول

در طول مرحله تغلیظ مقدار ماده جامد محلول از نمونه آب میوه توسط رفرکتومتر (Atago, Japan) در دمای ۲۰°C اندازه‌گیری شده و تحت عنوان بریکس بیان شد.

## ۲-۳- اندازه‌گیری رنگ

در فواصل زمانی مشخص در طول تغلیظ و هم در پایان تغلیظ (محصول نهایی) رنگ محصول اندازه‌گیری شد. این سنجش بوسیله دستگاه رنگ‌سنج (Tintometer Ltd RT500, Salisbury, UK) انجام گرفت. دستگاه هر بار با رنگ سیاه و سفید کالیبره شد. مقادیر بدست آمده به ترتیب با پارامترهای  $L^*$  (روشنایی به تاریکی)،  $a^*$  (قرمزی به سبزی) و  $b^*$  (زردی به آبی) بیان شد.

## ۲-۴- آنالیزهای آماری

آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) برای نشان دادن اثر سه روش تغلیظ بر بریکس و پارامترهای رنگ، با استفاده از نرم افزار SAS (۱۹۹۹) صورت گرفت. هر اندازه‌گیری در سه تکرار انجام شد. میانگین تیمارها با استفاده از آزمون

2. Duncan multiple range test

3. (Sigma- Plot 10.0 Windows version, SPSS Inc)

انجیر در طول مراحل تغلیظ در جدول ۱ گزارش شده است. مقادیر  $\Gamma$  در همه موارد بیش از ۰/۹۷ (نشان دهنده برازش خوب) بود. مشابه نتایج بدست آمده مطالعات انجام شده توسط آسوراچان و نومهورم (۲۰۱۰) برای تغلیظ آب آناناس بدست آمده است. هم ثابت آهنگ تبخیر ( $k$ ) برای میکروویو حدود ۷/۸ مرتبه بیشتر از اوپراتور چرخان و حرارت در فشار اتمسفر بود که این به علت حرارت دادن سریع و اثر تبخیر آب در میکروویو است. در مطالعات مسکن (۲۰۰۶)،  $k$  میکروویو به ترتیب ۵/۸ و ۸/۴ مرتبه بزرگتر از تبخیر کننده چرخان تحت خلا و حرارت دادن در فشار اتمسفر بود [۵].

جدول ۱ پارامترهای سینتیک معادله (۱) برای تغییرات غلظت (بریکس) آب انجیر در طول مراحل تغلیظ

R	$k \pm SD$	$B_1 \pm SD$	$B_0 \pm SD$	روش تغلیظ
۰/۹۹۷	$۰/۰۹۲ \pm ۰/۰۲۵۱$	$۰/۲۱۱ \pm ۰/۱۳۱$	$۸۲ \pm ۰/۵۸۷$	اتمسفر
۰/۹۹۷	$۰/۰۹۴ \pm ۰/۰۱۱۴$	$۵۹۶ \pm ۳۹۲$	$۸۲ \pm ۳۹۲$	اوپراتور چرخان
۰/۹۹۸	$۰/۲۵۶ \pm ۰/۰۳۰۳$	$۲/۶۷ \pm ۵۳۲$	$۶۳۱ \pm ۸۲۰$	تحت خلا میکروویو

SD: انحراف استاندارد R: ضریب همبستگی

$B_0$ : مقدار ماده جامد محلول در زمان صفر

$B_1$ : ثابت و  $k$  ثابت سرعت تبخیر ( $\text{min}^{-1}$ )

### ۳-۲- تغییرات پارامترهای رنگ در طول عملیات

رنگ عصاره انجیر در طول تغلیظ از زرد کم‌رنگ به قهوه‌ای مایل به قرمز تغییر کرد. در همه مراحل تغلیظ مشاهده شد که پارامترهای  $L$  و  $b$  به طور قابل توجهی کاهش یافته و  $a$  و  $TCD$  افزایش یافتند (شکل ۲ الف تا د) و رنگ نهایی نمونه‌ها قهوه‌ای مایل به قرمز شد. روشنایی نمونه‌ها ( $L$ ) در طول زمان تغلیظ کاهش یافت (شکل ۲ الف). کاهش در شاخص  $L$  به ترتیب ۵۴٪، ۶۴٪ و ۶۰٪ برای میکروویو، اوپراتور چرخان تحت خلا و تغلیظ در فشار اتمسفر بود. همان‌طوری که در این شکل دیده می‌شود، مقدار کاهش  $L$  در نمونه‌های حرارت دیده در اوپراتور چرخان تحت خلا از دو نمونه دیگر بیشتر بود. نتایج آنالیز واریانس اختلاف

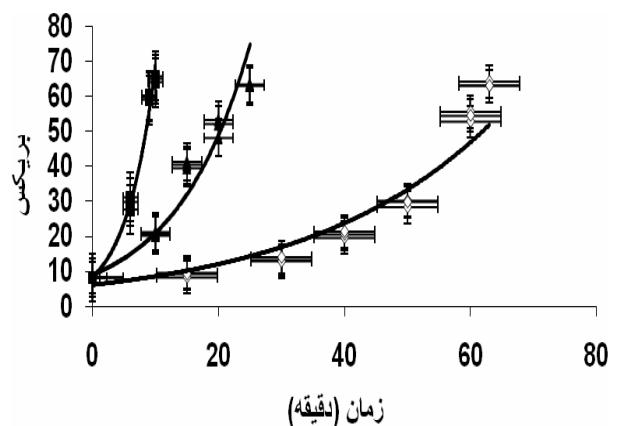
$$TCD = [(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2]^{1/2} \quad (5)$$

$L_0$ ،  $a_0$  و  $b_0$  پارامترهای رنگ آب انجیر تازه و  $L$ ،  $a$  و  $b$  مربوط به زمان‌های مختلف در طول عملیات تغلیظ هستند [۵].

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- تغییرات غلظت در طول عملیات تغلیظ

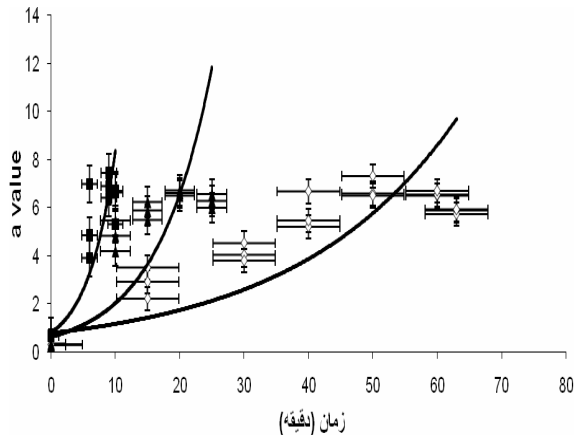
شکل ۱ درصد مواد جامد موجود در عصاره انجیر را در مقابل زمان در طول تغلیظ توسط سه روش حرارتی نشان می‌دهد.



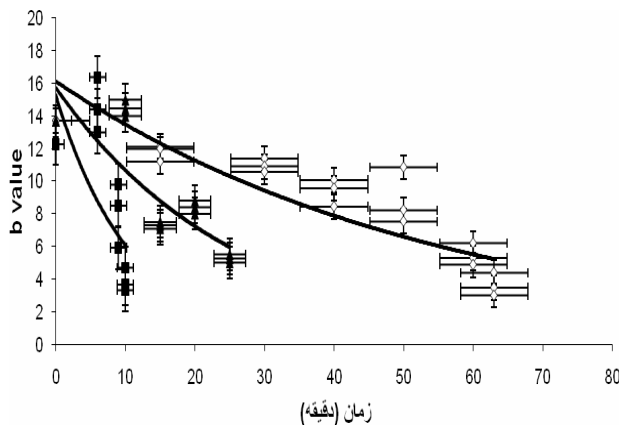
شکل ۱ تغییرات غلظت ایجاد شده با روشهای مختلف تغلیظ (◇) حرارت تحت فشار اتمسفر، ▲ حرارت در اوپراتور چرخان تحت خلا، ■ حرارت در میکروویو و □ مدل پیش بینی شده)

زمان مورد نیاز برای رسیدن به غلظت نهایی (بریکس ۶۳-۶۵) به ترتیب ۱۰، ۲۵ و ۶۳ دقیقه برای سه روش میکروویو، اوپراتور چرخان تحت خلا و تبخیر تحت فشار اتمسفر بود. آنالیز واریانس تفاوت‌های معنی‌داری را بین هر سه روش تغلیظ نشان داد ( $P < 0/05$ ). داده‌های حاصل از آزمایش با معادله نمایی سه پارامتری ساده، برازش داده شد. مقادیر مربوط به برازش معادله ۱ با داده‌های حاصل از آزمایش و ضرایب همبستگی مربوطه ( $\Gamma$ ) برای تغییر در غلظت آب

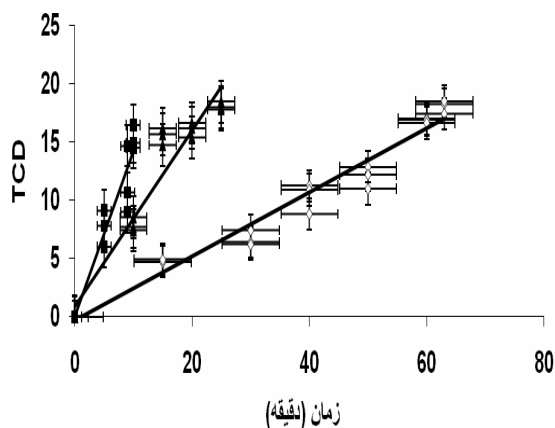
(ب) آماری معنی داری ( $P < 0.05$ ) را بین سه روش تغلیظ نشان داد. با توجه به اینکه  $L$  شاخص روشنایی- تاریکی نمونه است، این کاهش در مقدار  $L$  بیانگر تیره تر شدن همه نمونه‌ها در طول مرحله تغلیظ بود. نتایج مشابهی توسط محققان مختلف بدست آمده است و گزارش شده که کاهش  $L$  به میزان زیادی در ارتباط با افزایش قهوه‌ای شدن و تخریب ساختار پیگمان‌های مواد غذایی است [۹، ۱۱].



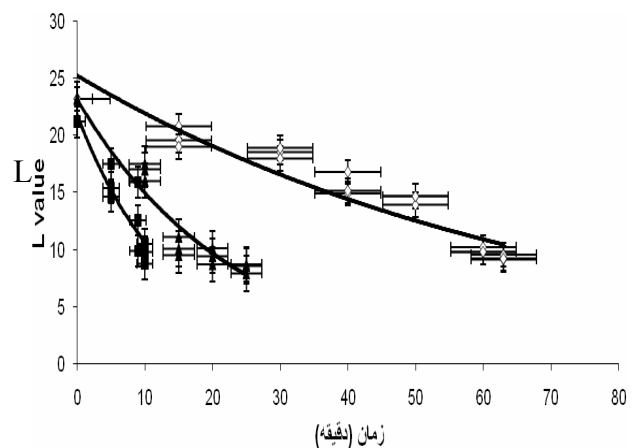
(ج)



(د)



(الف)



شکل ۲ تغییرات: (الف) مقدار  $L$ ؛ (ب) مقدار  $a$ ؛ (ج) مقدار  $b$  و (د) کنسانتره انجیر تولید شده با روشهای مختلف تغلیظ (▲) حرارت تحت فشار اتمسفر، (●) حرارت در اواپراتور چرخان تحت خلا و (■) حرارت در مایکروویو و (□) مدل پیش بینی شده

### ۳-۳- بررسی سینتیک پارامترهای رنگ

در این مطالعه تغییرات پارامترهای رنگ  $L$ ،  $a$ ،  $b$  و  $TCD$  در طول آزمایش با مدل‌های سینتیک مرتبه صفر، مرتبه یک و مدل مرکب با استفاده از رگرسیون غیرخطی برازش داده شد. ضرایب همبستگی و مقادیر اولیه پارامترهای تخمین زده شده به عنوان مبنایی برای انتخاب مدلی که بتواند بهترین برازش را با داده‌های آزمایشی داشته باشد، استفاده شد. آنالیز رگرسیون نشان داد که مدل مرکب برازش بهتری را با داده‌های آزمایشی پارامترهای  $L$ ،  $a$ ،  $b$  و  $TCD$  نسبت به مدل‌های سینتیک مرتبه صفر و یک نشان می‌دهد. دلیل این برتری ضریب همبستگی بالا و مقادیر قابل قبول  $C_0$  بدست آمده بود. در مورد  $TCD$ ، هر دو مدل مرکب و مرتبه صفر به خوبی توانستند داده‌های آزمایشی را توصیف نمایند (فقط داده مربوط به مدل مرتبه صفر ارائه شده است). داده‌های مربوط به مدل مرکب در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر ثابت سینتیک مدل مرتبه صفر ( $k_0$ ) در تمام نمونه‌ها بیشتر از مقادیر مربوط به مدل مرتبه یک ( $k_1$ ) بود. این مورد با نتایج بدست آمده توسط گارزا و همکاران و مسکن ۲۰۰۱ مطابقت داشت [۵ و ۱۰]. از داده‌های موجود در جدول ۲ می‌توان استنباط کرد که صرفنظر از مدل مرتبه صفر یا مرتبه اول، ثابت‌های سینتیک همه مقادیر رنگ در روش مایکروویو بیشتر از تبخیرکننده چرخان تحت خلا و حرارت تحت فشار اتمسفر بوده است.

مقدار  $b$  در طول آزمایش در همه نمونه‌ها کاهش یافت (شکل ۲ ج). این کاهش بیانگر از دست رفتن رنگ زرد نمونه‌ها بود. از نظر آماری تغییر در شاخص  $b$  در بین روش‌های مختلف معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). نتایج مشابهی برای کاهش  $b$  در شیره انگور سیاه در طول نگهداری [۱۴] و در طول خشک کردن کیوی [۱۵] مشاهده شده است. همچنین مقادیر  $L$ ،  $a$  و  $b$  برای تعیین تفاوت رنگ نهایی (TCD) در طول فرآیند استفاده شدند که اختلاف رنگ کل بین آب انجیر تازه و تغلیظ شده را نشان می‌دهد. مقدار  $TCD$  با گذشت زمان در همه نمونه‌ها در طول فرآیند حرارتی افزایش یافت (شکل ۲ د). پارامتر  $TCD$  در کنسانتره با بریکس ۶۳-۶۵ به ترتیب حدود ۱۵، ۱۸ و ۱۸/۵ برای مایکروویو، اوپراتور چرخان و حرارت در فشار اتمسفر بود. به طور دقیق‌تر حداقل تغییر رنگ در روش مایکروویو مشاهده شد و این مسئله بیانگر تغییر رنگ کمتر در فرآیند مایکروویو می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری را بین سه مرحله تغلیظ نشان نداد. علی‌رغم تفاوت‌های موجود در فرآیند حرارتی بکار رفته نتایج این تحقیق در رابطه با  $TCD$  مشابه نتایج مربوط به فرآیند حرارتی پوره گلابی در دمای بالا [۷] و خشک کردن کیوی [۵] بود. در مقایسه پارامترهای مختلف رنگ مشخص شد که میزان افت کیفیت در مایکروویو کمتر از دو روش دیگر است. این نتیجه می‌تواند به علت دمای بالا و زمان کوتاه اعمال شده باشد که آنزیم‌های اکسیدکننده طبیعی موثر بر تغییر رنگ در طی فرآیند غیرفعال می‌کند [۱۵].

جدول ۲ پارامترهای سینتیک مدل ترکیب شده معادله (۴) برای پارامترهای  $L$  و  $a$  و  $b$  و  $TCD$

	$C_0$	$C_1$	$K_0$	$K_1$	$R$	روشهای تغلیظ
	$28 \pm 2 / 35$	$22 / 9 \pm 3 / 35$	$-0.294 \pm 0.0429$	$0.0767 \pm 0$	۰/۹۵۵	اتمسفر
I	$13 \pm 2 / 59$	$23 / 9 \pm 5 / 17$	$-0.184 \pm 0.0698$	$0.0459 \pm 0$	۰/۹۳۲	تبخیرکننده چرخان تحت خلا
	$29 / 7 \pm 2 / 47$	$21 / 2 \pm 6 / 19$	$-1 / 95 \pm 0.0134$	$0.0362 \pm 0$	۰/۸۶۹	مایکروویو
a	$5 / 87 \pm 1 / 63$	$0 / 465 \pm 2 / 33$	$0.0807 \pm 0.298$	$-0.0752 \pm 0$	۰/۹۰۰	اتمسفر
	$5 / 43 \pm 7 / 50$	$0 / 344 \pm 1 / 50$	$0.0232 \pm 0.0240$	$-0.0210 \pm 0$	۰/۹۶۶	تبخیرکننده چرخان تحت خلا
	$3 / 25 \pm 1 / 22$	$0 / 670 \pm 3 / 06$	$0.341 \pm 0.0665$	$0.3380 \pm 0$	۰/۸۹۳	مایکروویو
b	$20 / 9 \pm 2 / 81$	$13 / 5 \pm 4 / 01$	$-0.247 \pm 0.113$	$0.07420 \pm 0$	۰/۸۷۱	اتمسفر
	$11 / 1 \pm 2 / 74$	$14 / 6 \pm 5 / 49$	$-0.205 \pm 0.41$	$0.0204 \pm 0$	۰/۹۱۳	تبخیرکننده چرخان تحت خلا
	$30 / 8 \pm 1 / 84$	$12 / 3 \pm 4 / 59$	$-2 / 63 \pm 9 / 97$	$0.0282 \pm 0$	۰/۸۱۵	مایکروویو
TCD	$4 / 21 \pm 2 / 55$	$3 / 34 \pm 3 / 64$	$0.348 \pm 4 / 67$	$-0.0236 \pm 0$	۰/۹۶۷	اتمسفر
	$11 / 4 \pm 2 / 76$	$0.0397 \pm 5 / 25$	$0.256 \pm 7 / 46$	$-0.0437 \pm 0$	۰/۹۲۴	تبخیرکننده چرخان تحت خلا
	$8 / 64 \pm 2 / 36$	$0 \pm 5 / 911$	$2 / 33 \pm 1 / 28$	۰	۰/۹۴۴	مایکروویو

$C_0$ : غلظت پارامترهای رنگ در لحظه صفر،  $C_1$ : ثابت

$k_0$ : ثابت سینتیک مرتبه صفر

$k_1$ : ثابت سینتیک مرتبه یک

- [5] Maskan, M. 2001. Kinetics of color change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *J. Food Eng.* 48: 169–175.
- [6] Barreiro, J. A., Milano, M., & Sandoval, A. J. 1997. Kinetics of color change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *J. Food Eng.* 33: 359–371.
- [7] Ibarz, A., Pagan, J., & Garza, S. 1999. Kinetic models for color changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. *J. Food Eng.* 39: 415–422.
- [8] Assawarachan, R. and Noomhorm, N. 2011. Changes in color and rheological behavior of pineapple concentrate through various evaporation methods. *Int. J. Agric. Boil. Eng.* 3(1): 45-60.
- [9] Suh, H. J., Noh, D. O., Kang, C. S., Kim, J. M., & Lee, S. W. 2003. Thermal kinetics of color degradation of mulberry fruit extract. *Nahrung*, 47: 132–135.
- [10] Garza, S., Ibarz, A., Pagan, J., & Giner, J. 1999. Non-enzymatic browning in peach puree during heating. *Food Res. Intl.* 32: 335–343.
- [11] Ahmed, J., Shivhare, U. S., & Raghavan, G. S. V. 2004. Thermal degradation kinetics of anthocyanin and visual colour of plum puree. *Eur. Food Res. Technol.* 218: 525–528.
- [12] Rhim, J. W., Nunes, R. V., Jones, V. A., & Swartzel, K. R. 1989. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. *J. Food Sci.* 54: 776–777.
- [13] Garcia-Viguera, C., Zafrilla, P., Romero, F., Abellan, P., Artes, F., & Tomas-Barberan, F. A. 1999. Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. *J. Food Sci.* 64: 243–247
- [14] Skrede, G. 1985. Color quality of blackcurrant syrups during storage evaluated by Hunter L, a, b values. *J. Food Sci.* 50: 514–517, 525.
- [15] Maskan, M. 2006. Production of pomegranate (*Punica granatum L.*) juice concentrate by various heating methods: color degradation and kinetics. *J. Food Eng.* 72: 218-224.

برای دیگر پارامترها نیز الگوی مشابهی مشاهده شد که این مسئله بیانگر تخریب شدید پارامترهای رنگ می باشد. اما از آن جایی که زمان مورد نیاز برای رسیدن به غلظت نهایی در کنسانتره انجیر (بریکس ۶۵-۶۳) کوتاه تر از دو روش دیگر است بنابراین نتایج بدست آمده قابل قبول می باشد. همان طور که قبلا ذکر شد،  $k_0$  برای پارامترهای  $a$ ،  $L$  و  $b$  به طور قابل ملاحظه ای بیشتر از  $k_1$  بود که نشان می دهد که دو مرحله فرض شده توسط مدل (تشکیل رنگ و تخریب رنگدانه ها) در عمل اتفاق افتاده است. این مسئله بیانگر آن است که در همه مراحل فرآیند سرعت تشکیل رنگ بیش از تخریب آن می باشد. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط گارزا و همکاران (۱۹۹۹) و مسکن (۲۰۰۱) مطابق بود [۱۰].

#### ۴- نتیجه گیری

بر اساس نتایج بدست آمده، استفاده از ماکروویو در تولید کنسانتره انجیر موفقیت آمیز بود. دو روش دیگر تفاوت چندانی از خود نشان ندادند. مدل مرکب ارائه شده می تواند داده های عملی پارامترهای رنگی را بهتر از مدل سینتیکی مرتبه صفر یا یک توصیف کند. این مدل نشان داد که شکل گیری رنگ و تخریب پیگمانها در طول عملیات تغلیظ اتفاق می افتد.

#### ۵- منابع

- [1] Oztekin, S., Zorlugence, B. & Zorlugence, F. 2006. Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. *J. Food Eng.* 75: 396-399.
- [2] Toribo, J. L., & Lozano, J. E. 1986. Heat induced browning of clarified apple juice at high temperatures. *J. Food Sci.* 51: 172–175, 179.
- [3] Foroozandeh, f. 1388. Feasibility study of extraction of Estahban dried fig juice and production of Fig concentrate and syrup.
- [4] Jiao, B., Cassano, A., & Drioli, E. 2004. Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices: a review. *J. Food Eng.* 63: 303–324.

## Production of Fig Juice Concentrate from Dried Fig Fruits (Sabz cultivar) and Evaluation of Color Changes

Foruzandeh, F. <sup>1</sup>, Maftoon Azad, N. <sup>2\*</sup>, Farahnaki, A. <sup>3</sup>, Hosseini, S. A. <sup>4</sup>

1. Graduated student of Food Science and Technology Dept., Azad University, Tehran

2. Research Assistant Prof., Agricultural Engineering Research Institute, Fars Research Center of Agriculture and Natural Resources

3. Associated Prof. Food Science and Technology Dept., College of Agriculture, Shiraz

4. Assistant Prof., Azad University, Tehran

(Received: 89/12/23 Accepted: 90/8/3)

Fig juice was concentrated by various heating methods. Dried figs were soaked in water with three different temperatures and finally filtered. The final juice concentration of 65 °Brix was achieved by heating in 10, 25 and 63 min using microwave, rotary vacuum and atmospheric heating processes, respectively. The color changes during concentration processes were investigated. Total color differences, Hunter L\*, a\* and b\* parameters were used to estimate the extent of color loss. L\* and b\* parameters decreased with time but a\* and total color difference increased. It was observed that the severity of color loss was lower in microwave heating process than the others. Different types of kinetic models were also applied to the changes in color parameters. The combined model fitted very well with all parameters.

**Key Words:** Fig syrup, Fig concentrate, Color change, Brix, Ziro-one model, multiple model

---

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