



اثر روش‌های مختلف تغلیظ حرارتی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، ترکیبات فنولی و خصوصیات حسی کنسانتره آب لیموترش

آیلین عیدخانی رودی^۱، فرنوش عطار^۲، مهرناز امینی‌فر^۳، زهرا علایی روزبهانی^۴

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی، تهران
۲. استادیار، گروه بیولوژی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج
۳. استادیار، گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج
۴. مربی، گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج

(تاریخ دریافت: 96/6/15، تاریخ بازنگری: 96/8/27، تاریخ پذیرش: 96/8/30)

چکیده

لیمو ترش منبع خوبی از ریز مغذی‌های گوناگون نظیر پلی‌فنل‌ها، اسید اسکوربیک و مواد معدنی است که به علت محتوای بالای رطوبت مستعد واکنش‌های آنزیمی و میکروبی است. تغلیظ آب لیمو باعث افزایش عمر نگهداری، کاهش هزینه‌های انبارداری و حمل و نقل می‌شود. با این حال، روش‌های معمول حرارتی مورد استفاده برای تغلیظ آب میوه‌ها، ممکن است به گونه‌ای منفی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، تغذیه‌ای و حسی کنسانتره حاصله را تحت تاثیر قرار دهد. از این رو، دست‌اندرکاران صنایع غذایی مشتاقانه در پی یافتن روش‌های نوین حرارتی با حداقل تاثیر منفی بر ویژگی‌های کیفی محصول نهایی می‌باشند. در این پژوهش کنسانتره آب لیمو با روش‌های حرارت‌دهی تحت خلاء، مایکروویو و شرایط اتمسفری تولید و نمونه‌های باز ساخته شده از آن با نمونه آب لیمو تازه *Citrus auranti folia* از نقطه نظر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، رنگ و حسی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بین نمونه‌های بازساخته شده و نمونه شاهد آب لیمو تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0/05$) از نظر pH وجود ندارد، اما اسیدیته نمونه‌های بازساخته شده به دلیل تخریب ترکیبات اسیدی به صورت معنی‌داری ($p \leq 00/05$) کم‌تر از نمونه شاهد آب لیمو بود. یافته‌های آماری نشان داد که تمامی فرایندهای حرارت‌دهی مورد بررسی به گونه معنی‌داری ($p \leq 00/05$) موجب کاهش میزان ویتامین ث، پلی‌فنل‌ها، فلاونوئیدها، قدرت آنتی‌اکسیدانی و پذیرش حسی آب لیمو می‌شوند، که در این میان، کم‌ترین و بیش‌ترین افت کیفیت به ترتیب در نمونه تهیه شده تحت شرایط خلاء و شرایط اتمسفری مشاهده شد. تغلیظ حرارتی تحت خلاء، به علت دمای پایین مورد استفاده و تغلیظ حرارتی با مایکروویو، به علت سرعت بالاتر فرایند، به مراتب بهتر از روش تغلیظ در شرایط اتمسفری بودند. در مجموع و با در نظر گرفتن تمامی پارامترها می‌توان بیان کرد که بهترین روش حرارتی جهت تغلیظ آب لیمو با کم‌ترین افت کیفیت نسبت به آب لیمو تازه، روش حرارت‌دهی تحت شرایط خلاء می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب لیمو، تغلیظ، خلاء، مایکروویو.

1- مقدمه

آب لیمو فراورده‌ای است تخمیر نشده ولی قابل تخمیر که به روش‌های مکانیکی از آندوکارپ میوه تازه، رسیده و سالم لیمو به دست آمده و با روش‌های فیزیکی نگهداری می‌شود. بر اساس پژوهش انجام شده ترکیبات لیمو ترش خام بدون پوست عبارت هستند از 89 g آب، 0/7-2/2 g پروتئین، 9 g کربوهیدرات، 0/3 g خاکستر، 33 mg کلسیم، 18 mg فسفر، 0/6 mg آهن، 2 mg سدیم، 102 mg پتاسیم، 10 AU ویتامین آ، 0/30 mg تیامین، 0/02 mg ریوفلاوین، 0/2 mg نیاسین و 40-50 mg ویتامین ث.

میزان ترکیبات در انواع لیمو و واریته‌های مختلف تا حدودی متفاوت می‌باشد. [1]. مهم‌ترین ترکیبات مغذی موجود در لیمو ترش ویتامین ث یا اسید آسکوربیک، فلاونوئیدها و ترکیبات پلی فنل می‌باشد [1، 2]، با این وجود طی حمل‌ونقل و نگهداری، بخش عمده‌ای از این ترکیبات به دلیل فرایندهای شیمیایی و فیزیکی نامطلوب ناشی از آسیب حرارتی و اکسیداسیون شیمیایی افت پیدا می‌کند. از این رو به منظور کاهش افت ویژگی‌های کیفی و تغذیه‌ای، آب میوه‌ها را تبدیل به کنسانتره می‌کنند. آب میوه‌های موجود در بازار یا از آب میوه تازه تهیه می‌شوند و یا از کنسانتره آب میوه ساخته می‌شود [3]. به طور کلی، کنسانتره آب میوه‌ها به دلیل جنبه‌های اقتصادی انبارمانی، حمل‌ونقل، توزیع، عملیات تجاری و همچنین سهولت نگهداری به دلیل کاهش فعالیت آبی، تولید می‌شوند [4]. تغلیظ یک مرحله مشترک و معمول در طی فراوری آب میوه‌ها می‌باشد. در تغلیظ آب میوه‌ها هدف حذف قسمتی از محتوای آب بدون تغییر در ترکیباتی نظیر مواد معدنی، مواد آلی مانند قندها، ویتامین‌ها و اغلب ترکیبات محلول است. تغلیظ آب میوه‌ها یک نقطه بحرانی در واحدهای عملیاتی صنایع نوشیدنی است که تعیین‌کننده کیفیت نهایی محصول از لحاظ طعم، رنگ، عطر، ظاهر، احساس دهانی و غیره می‌باشد [5]. امروزه روش‌های مختلفی از جمله تغلیظ انجمادی¹، اسمز معکوس² و نانوفیلتراسیون برای تهیه کنسانتره از آب میوه‌جات وجود دارد. با این وجود هنوز تبخیر حرارتی³ به دلیل سهولت عملیات و مزیت‌های اقتصادی پرکاربردترین فرایند تولید کنسانتره آب

مرکبات به شمار می‌رود [6]. مشخص شده است که استفاده از روش‌های سنتی تبخیر در تهیه کنسانتره آب میوه‌ها منجر به تخریب بسیاری از ترکیبات زیست فعال و تغذیه‌ای آن‌ها می‌شود [3]. بنابراین بهبود روش‌های حرارتی از جمله کاهش فشار طی حرارت دهی و یا استفاده از روش‌های حرارت‌دهی دیگر از جمله مایکروویو می‌تواند افت کیفی کنسانتره را کاهش دهد [7]. با کاهش فشار اتمسفری، نقطه جوش کاهش می‌یابد. این روش یکی از مهم‌ترین راهکارهایی است که امروزه در بسیاری از صنایع تولید محصولات با ارزش و حساس به حرارت، استفاده می‌گردد. در این روش با ایجاد خلاء، فشار سطح مایع کاهش یافته و مایع با فشار بخار کم‌تر تبخیر می‌گردد. در نتیجه ضمن جلوگیری از تخریب حرارتی محصول، مصرف انرژی در فرایند تولید کاهش می‌یابد. همچنین طی سال‌های اخیر، سامانه‌های حرارتی جدید مانند مایکروویو، به علت کمینه کردن زمان و مصرف انرژی در فرایند تولید، از مقبولیت زیادی برخوردار شده‌اند. مایکروویو حرارتی می‌تواند با سایر روش‌های تغلیظ مانند صافی‌های غشایی و انواع تبخیرکننده‌ها رقابت کند. اگرچه تغلیظ با روش‌های غشایی نیز بدون اعمال حرارت انجام می‌شود؛ ولی نمی‌تواند به عنوان یک روش استاندارد برای تغلیظ استفاده شود؛ زیرا هزینه عملیاتی بالایی داشته و امکان تغلیظ تا مقادیر بریکس بالا وجود ندارد [8]. پژوهش‌های متعددی استفاده از روش‌های مختلف تغلیظ در آب میوه‌های مختلف را مورد بررسی قرار داده‌اند، در یکی از این پژوهش‌ها حجت پناه و همکاران در بررسی تغییرات ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنولی در فرایند تولید کنسانتره توت سیاه با دو روش مایکروویو و تبخیر کننده در سه فشار مختلف 7/3، 38/5 و 100 kPa بیان کردند که تخریب این ترکیبات در روش تبخیر در تبخیرکننده چرخشی نسبت به روش مایکروویو بیش‌تر بود [9]. در پژوهشی دیگر مسکان، کنسانتره آب انار را با استفاده از روش‌های مختلف حرارتی شامل فرایندهای اتمسفری، تبخیر کننده چرخشی و مایکروویو تولید کرد. در این پژوهش کنسانتره آب میوه نهایی با بریکس 60/5 طی مدت زمان 23، 108 و 190 min به ترتیب با استفاده از روش‌های حرارت‌دهی مایکروویو، تبخیرکننده چرخشی و اتمسفری به دست آمد [5]. یوسفی و همکاران نیز در بررسی تغلیظ آب

1. Freeze concentration
2. Reverse osmosis
3. Thermal evaporation

2-2-3- تهیه کنسانتره در فشار کاهش یافته
برای این منظور، 500 ml آب لیموترش تازه به وسیله یک تبخیرکننده چرخشی در دمای 70°C تغلیظ شد. بریکس نمونه‌ها هر چند دقیقه یکبار اندازه‌گیری شد [5].

2-2-4- تهیه کنسانتره با استفاده از انرژی میکروویو
برای این روش از یک دستگاه میکروویو خانگی قابل برنامه‌ریزی استفاده شد. از آنجایی که استفاده از توان‌های بالای 350 W برای حرارت‌دهی در این روش سبب مشکلاتی از جمله ایجاد کف می‌شود در این پژوهش از حداکثر توان 350 W برای مدت زمان 1 h استفاده شد. 500 mL آب میوه درون بشر ریخته و بشر در محفظه میکروویو جهت حرارت دهی قرار داده شد. بریکس نمونه‌ها هر چند دقیقه یکبار اندازه‌گیری شد [5].

2-2-3- ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی
pH تمام نمونه‌های آب میوه توسط یک دستگاه pH متر و پس از کالیبراسیون دستگاه با بافرهای 4 و 7، مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره 2685 تعیین شد [10]. اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها برحسب درصد سیتریک اسید، مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره 2685 تعیین شد. در این روش، تیتراسیون با محلول استاندارد سدیم هیدروکسید 0/1 N انجام شد. سپس حجم مصرفی سدیم هیدروکسید تبدیل به g سیتریک اسید در 100 mL آب میوه شد [10]. هم‌چنین به منظور اندازه‌گیری مواد جامد محلول (بریکس) از یک دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی و در دمای 20°C استفاده شد و مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره 2685 مقدار مواد جامد محلول تعیین شد [10]. در نهایت میزان ویتامین ث بر اساس استخراج اسید اسکوربیک نمونه، با استفاده از محلول اسید اگزالیک و یا محلول اسید متافسفوریک، همراه با اسید استیک و عیارسنجی با ماده رنگی 2، 6-دی کلروفنل ایندوفنل تا ظهور رنگ صورتی روشن، مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره 5609 تعیین شد [11].

2-2-4- اندازه‌گیری پلی فنل کل
محتوی پلی فنل کل بر اساس روش استاندارد ملی ایران به

انار با دو روش میکروویو و تبخیرکننده چرخشی در سه فشار مختلف گزارش کردند که کنسانتره تولیدی با روش میکروویو در فشارهای کم‌تر از کیفیت بهتری برخوردار بود [8]. تاکنون پژوهشی در ارتباط با تغلیظ آب لیمو با روش‌های حرارتی مختلف صورت نگرفته است. بنابراین در این پژوهش اثرات روش‌های مختلف تغلیظ حرارتی شامل تغلیظ تحت فشار اتمسفری، تغلیظ تحت فشار پایین و تغلیظ با استفاده از انرژی میکروویو بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ترکیبات زیست فعال و تغذیه‌ای کنسانتره آب لیمو مورد بررسی قرار گرفته و مناسب‌ترین روش انتخاب گردید.

2- مواد و روش‌ها

1-2- مواد

میوه لیموترش *Citrus auranti folia* مورد نیاز از یک فروشگاه محلی در شهر کرج تهیه شد. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

2-2- روش‌ها

1-2-2- تهیه آب لیمو

فرایند آب میوه‌گیری پس از شستشو، توسط یک دستگاه آب میوه‌گیر با توان 2 اسب بخار، ساخت شرکت البرز ماشین ایران صورت پذیرفت. سپس آب میوه‌ها صاف و در دمای 90°C و به مدت 30 s پاستوریزه شدند. هم‌چنین برای تهیه آب میوه بازساخته از کنسانتره، کنسانتره‌های آب لیمو تهیه شده با روش‌های زیر، توسط آب مقطر تا رسیدن به بریکس آب میوه تازه، بریکس 8، رقیق شدند.

2-2-2- تهیه کنسانتره در فشار اتمسفری

در این روش آب لیموترش با استفاده از یک اجاقک الکترومغناطیسی حرارت داده شد. 500 mL آب میوه تازه درون یک بشر ریخته و به‌طور مداوم تحت حرارت‌دهی و همزنی قرار گرفت. بریکس نمونه‌ها هر چند دقیقه یکبار با استفاده از بریکس سنج، ساخت شرکت Anton Paar اتریش، سری Abbemat 300 اندازه‌گیری شد [5].

نمونه کنترل روند مذکور انجام با این تفاوت که به جای آبمیوه از اتانول استفاده شد. سپس کاهش جذب به دلیل فعالیت پروتون دهی در طول موج 517 nm با استفاده از یک دستگاه اسپکتروفوتومتر ساخت شرکت lambda 25 /Perkin Elmerspectrometer/uv/vis آمریکا، اندازه‌گیری شد. در نهایت فعالیت ممانعت کنندگی رادیکال طبق رابطه (1) محاسبه شد [13].

$$I(\%) = 100 \times (A_0 - A_s) / A_0 \quad (1)$$

که در این رابطه $I(\%)$ درصد ممانعت کنندگی، A_0 جذب نمونه کنترل و A_s جذب نمونه پس از 50 min می‌باشد.

2-2-8- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های آب لیمو توسط 10 نفر از داوران حسی 5 نفر مرد و 5 نفر زن در رده سنی 30-40 سال و بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره 2658 انجام شد. قبل از انجام آزمون، به داوران آموزش‌های لازم داده و نمونه‌ها بر اساس پذیرش رنگ، بو و غلظت در یک مقیاس هدونیک 5 نقطه‌ای و نمره دهی از 1 دوست نداشتن تا 5 دوست داشتن مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه‌ها آب‌میوه تازه و آب‌میوه تهیه شده از کنسانتره در لیوان یک‌بار مصرف سفیدرنگ با کدهای 3 رقمی به همراه یک لیوان آب در اختیار گروه ارزیاب‌ها قرار داده شدند [10].

2-2-9- روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر روش‌های مختلف تغلیظ بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی آب لیمو از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. هم‌چنین برای مقایسه میانگین‌ها آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

3- نتایج و بحث

3-1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

براساس نتایج به‌دست آمده جدول (1)، تفاوت

شماره 117 اندازه‌گیری شد. در این روش پلی فنل‌های موجود در عصاره آب لیموترش به روش رنگ سنجی و با استفاده از معرف فولین سیو کالتیو، اندازه‌گیری شد. فسفوتنگستیک اسید به فرمول شیمیایی $H_3PW_{12}O_{40}$ موجود در معرف که احیاکننده است، گروه هیدروکسی فنل اکسید شده را سریعاً احیاء کرده و در پایان رنگ آبی ایجاد شد که حداکثر جذب آن در طول موج 780 nm می‌باشد. در این آزمون، گالیک اسید به‌عنوان ترکیبی برای اندازه‌گیری پلی فنل‌ها در آب لیمو، در تهیه منحنی استاندارد مورد استفاده قرار گرفت [12].

2-2-5- اندازه‌گیری فلاونوئیدها: اریوسیتترین-هسپریدین

محتوی فلاونوئیدها نمونه‌های آب لیمو بر اساس روش استاندارد ملی ایران به شماره 117 و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا HPLC با مشخصات: ستون کروماتوگرافی مایع $8,25 \times 4/5,5 \mu m$ /c8، حلال فاز متحرک کروماتوگرافی مایع: مخلوط آب، استون نیتریل و اسید استیک با نسبت های 78 حجم آب، 21 حجم استون نیتریل و 1 حجم اسید استیک / آشکار ساز فرابنفش-مرئی تنظیم شده در طول موج 280 nm / سرعت جریان 1 mL/min اندازه‌گیری شد. در این آزمون، محلول‌های استاندارد ذخیره شاخص‌های فلاونوئیدی برای کروماتوگرافی مایع با استفاده از استانداردهای اریوسیتترین و هسپریدین تهیه شد [12].

2-2-6- اندازه‌گیری رنگ

اندازه‌گیری رنگ با استفاده از یک دستگاه هانترب لیب انجام شد. مقادیر رنگ با استفاده از پارامترهای L^* تاریکی یا روشنایی، a^* قرمزی/سبزی و b^* زردی/آبی بیان شد [7].

2-2-7- ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های آب لیمو با استفاده از رادیکال آزاد ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل‌هیدرازیل DPPH. و طبق روش آدیل و همکاران ارزیابی شد. برای این منظور 2 mL آب‌میوه با 2 mL از محلول DPPH 0/2 در محلول اتانولی مخلوط شد و این مخلوط به مدت 30 min در تاریکی و در دمای اتاق $25 \pm 1^\circ C$ نگه داشته شد. هم‌چنین برای

جدول (1) ویژگی‌های فیزیوشیمیایی نمونه‌های مختلف آب لیمو ترش
Table 1 Physicochemical characteristics of various samples of lime juice

ویتامین ث (میلی‌گرم/100گرم) Ascorbic acid (mg/100g)	مواد جامد محلول Soluble solids	اسیدیته (%/اسید سیتریک) (Acidity%) Citric acid	pH	فرایند تغلیظ Concentration
7.36±0.18 ^a	8.62±0.26 ^a	3.22±0.10 ^a	2.08±0.01 ^a	نمونه شاهد Control sample
6.69±0.10 ^b	8.92 ±0.26 ^a	2.88±0.14 ^b	2.12±0.04 ^a	تحت خلاء vacuum
6.10±0.08 ^c	8.58±0.14 ^a	1.90±0.10 ^c	2.12±0.02 ^a	مایکروویو Microwave
5.11±0.08 ^d	8.88±0.23 ^a	1.67±0.09 ^d	2.10±0.02 ^a	شرایط اتمسفری Atmospheric conditions

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح 95٪ می‌باشد.
Different small letters at each column show significant difference in 95% of confidence level.

نمونه‌های مورد مطالعه نسبت داد که بر خلاف پژوهش‌های ذکر شده در این تحقیق از نمونه‌های بازساخته شده استفاده گردید که بریکس آن‌ها با اضافه کردن آب مقطر به کنسانتره تنظیم شده بود، اما نکته قابل توجه عدم تغییر معنی‌داری در pH نمونه‌ها بر خلاف اسیدیته بود، که این موضوع می‌تواند به دلیل حضور مواد بافری موجود در آب لیمو باشد که به عنوان یک تامپون عمل کرده و از تغییرات این پارامتر جلوگیری می‌کند [16].

2-3- ویتامین ث

ویتامین ث یک ترکیب مهم در رژیم غذایی است و در بسیاری از غذاها به دلیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، ویتامین ث یک ترکیب ناپایدار است و تحت شرایط نامطلوب به راحتی تجزیه می‌شود [17]. فاکتورهای زیادی مانند طول دوره نگهداری، دمای نگهداری و ماهیت ظروف بسته‌بندی بر افت میزان ویتامین ث در پروسه تولید آب مرکبات تأثیرگذار هستند [18]. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول (1) از این تحقیق، میزان ویتامین ث نمونه‌های مختلف آب لیمو باز ساخته شده از کنسانتره آب لیمو تولید شده توسط فرایندهای مختلف تغلیظ کم‌تر از نمونه شاهد آب لیمو تازه بود ($p \leq 0/05$) و در بین سایر نمونه‌ها برتری به ترتیب از آن نمونه تهیه شده تحت شرایط خلاء، مایکروویو و سپس شرایط اتمسفری بود ($p \leq 0/05$) طی فرایند تغلیظ با روش‌های تخت خلاء، مایکروویو و شرایط اتمسفری میزان ویتامین ث نسبت به نمونه آب لیمو تازه به ترتیب 6/53، 6/45

معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بین pH نمونه‌های مختلف آب لیمو باز ساخته شده از کنسانتره آب لیمو و نمونه آب لیمو شاهد مشاهده نشد. در تطابق با نتایج این پژوهش عالمی و همکاران گزارش کردند که فشار و دمای تغلیظ تأثیر معنی‌داری بر pH آب هندوانه ندارد [14]. هم‌چنین یوسفی و همکاران بیان کردند که طی تغلیظ عصاره تمشک قرمز و سیاه سیاهگل با دو روش مایکروویو و تحت خلاء تغییر معنی‌داری در pH آن مشاهده نمی‌شود [15]. نتایج نشان داد که میزان اسیدیته نمونه شاهد به گونه معنی‌داری بیش‌تر از نمونه‌های باز ساخته شده بود و در بین نمونه‌های بازساخته شده بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به ترتیب از آن نمونه تهیه شده تحت شرایط خلاء و مایکروویو بود ($p \leq 0/05$) که هر دوی این نمونه‌ها اسیدیته بیش‌تری نسبت به نمونه تهیه شده در شرایط اتمسفری داشتند ($p \leq 0/05$). دلیل این نتایج را می‌توان به فشار و دمای پایین روش تغلیظ در شرایط خلاء و هم‌چنین مدت زمان کم‌تر حرارت‌دهی در روش مایکروویو نسبت داد که در نتیجه آسیب کم‌تری بر ترکیبات اسیدی (اسید آسکوربیک) وارد خواهد کرد [15]. شایان ذکر است یوسفی و همکاران گزارش کردند که اسیدیته عصاره تمشک قرمز و سیاه سیاهگل همراه با افزایش درجه بریکس عصاره طی فرایند تغلیظ افزایش پیدا می‌کند [15]. حجت پناه و همکاران نیز بیان کردند که اسیدیته و کدورت نمونه‌های آب میوه توت فرنگی در طول فرایند تغلیظ در فشار اتمسفری یا مایکروویو افزایش پیدا می‌کند [9]. با این وجود عدم مطابقت نتایج حاصل را می‌توان به اختلاف در

مختلف پردازش از بین می‌روند [9]. در نتیجه تعیین یک روش مناسب جهت تغلیظ آب لیمو با کم‌ترین آسیب به ترکیبات فنلی امری بسیار ضروری است. نتایج حاصل از این تحقیق در جدول (2) نشان داد که میزان پلی‌فنل نمونه‌های مختلف آب لیمو باز ساخته شده از کنسانتره آب لیمو کم‌تر از نمونه شاهد یا آب لیمو تازه است ($p \leq 0/05$) و در بین نمونه‌های بازساخته شده نمونه تهیه شده تحت خلاء و سپس میکروویو میزان پلی‌فنل بیش‌تری دارا بودند. در تطابق با این نتایج حجت پناه و همکاران بیان کردند که کنسانتره آب‌میوه توت سیاه و سفید محتوای ترکیبات فنلی کم‌تری در مقایسه با نمونه تازه و پردازش نشده دارند و سرعت تخریب ترکیبات فنلی با استفاده از انرژی میکروویو در فشارهای 7/3، 38/5 و 100 kPa.h و به ترتیب 0/113، 0/192 و 0/296 بود، در حالی که سرعت تخریب در روش حرارت دهی معمول به ترتیب 0/171، 0/299 و 0/389 kPa.h بود [9]. البته بر خلاف پژوهش ذکر شده، نکته قابل توجه در این تحقیق برتری میزان ترکیبات فنلی نمونه تهیه شده در شرایط تحت خلاء بر نمونه تهیه شده با میکروویو بود که دلیل این تناقض را همان‌گونه که قبلاً ذکر شد می‌توان به استفاده از فشار اتمسفری در حرارت دهی میکروویو در این تحقیق نسبت داد. یوسفی و همکاران نیز گزارش کردند که سرعت تخریب آنتوسیانین به‌عنوان گروهی از ترکیبات فنلی در فرایند گرمادهی با میکروویو کم‌تر از حرارت‌دهی معمولی می‌باشد؛ بنابراین گرمادهی میکروویو به منظور حفظ آنتوسیانین‌ها در آب تمشک به مراتب بهتر می‌باشد [8]. این

و 6/66 کاهش پیدا کرد. کاهش بیش‌تر میزان ویتامین ث نمونه تهیه شده در شرایط اتمسفری احتمالاً به دلیل دمای بالای این فرایند می‌باشد [19]. اما در شرایط خلاء چون نمونه آب لیمو در دمایی به مراتب کم‌تر از شرایط اتمسفری قرار می‌گیرد تخریب ویتامین ث کم‌تر است. هم‌چنین در این تحقیق از حرارت میکروویو در شرایط اتمسفری استفاده شد، با این وجود با توجه به زمان کم‌تر حرارت‌دهی در این فرایند میزان تخریب ویتامین ث نسبت به شرایط اتمسفری به مراتب کم‌تر بود. نصیری و همکاران گزارش کردند که درصد افت ویتامین ث موجود در آب نارنج بازسازی شده از کنسانتره آب نارنج تغلیظ شده در دماهای 50، 60، 70 و 80 °C به ترتیب برابر 4/95، 13/33، 11/51 و 14/11 بود. در نتیجه در تطابق با نتایج این پژوهش دمای تغلیظ اثر قابل توجهی بر کاهش ویتامین ث داشت و با افزایش دما میزان ویتامین ث کاهش یافت. این روند با نتایجی که بردلو و همکاران [17] و الزوبیدی و خلیل [21] نیز در مورد سایر مرکبات گزارش کرده بودند مطابقت داشت. هم‌چنین فریال و همکاران نیز به چندین مطالعه که نشان دهنده کاهش غلظت اسید اسکوربیک در نتیجه حرارت دادن بود اشاره کردند [22].

3-3- پلی‌فنل کل

ترکیبات فنلی موجود در لیمو نقش مؤثری در کیفیت میوه و بهبود سلامتی مصرف‌کنندگان دارد [2]. با این وجود پلی‌فنل‌ها حساس به گرما هستند و بنابراین در طی عملیات

جدول (2) میزان پلی‌فنل کل، فلاونوئید و قدرت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های مختلف آب لیمو ترش
Table 2 Total polyphenol content, flavonoids and antioxidant potency of various samples of lime juice

قدرت آنتی‌اکسیدان (درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH) Antioxidant capacity (%inhibition of the free radical DPPH)	فلاونوئید Flavonoids (ppm)	فنل کل Total phenol (ppm)	فرایند تغلیظ Concentration
32.69 ± 0.85 ^a	5.26 ± 0.15 ^a	1045.6 ± 47 ^a	نمونه شاهد Control sample
27.58 ± 1.36 ^b	5.01 ± 0.03 ^b	959.52 ± 35 ^b	تحت خلاء vacuum
23.82 ± 0.61 ^c	4.85 ± 0.06 ^c	893.99 ± 20 ^c	مایکروویو Microwave
19.79 ± 0.65 ^d	4.34 ± 0.06 ^d	790.41 ± 36 ^d	شرایط اتمسفری Atmospheric conditions

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح 95٪ می‌باشد.
Different small letters at each column show significant difference in 95% of confidence level.

گیاهان خوراکی و غیرخوراکی که اثرات بیولوژیک متعدد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها گزارش شده است، یافت می‌شوند. چندین مطالعه یک ارتباط مستقیم بین محتوای فنولیک کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به اثبات رسانده‌اند [13، 24]. همان‌گونه که در قسمت پیش ذکر گردید دما و زمان بالای فرایند در شرایط اتمسفری موجب تخریب بیش‌تر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مثل ترکیبات فنولیک و ویتامین ث موجود در آب لیمو می‌شود. میزان تخریب برای حرارت دهی تحت خلاء و مایکروویو کم‌تر از حرارت‌دهی در شرایط اتمسفری بود که مطابق با نتایج به‌دست آمده در خصوص ترکیبات فنلی در این تحقیق بود. در تطابق با نتایج این پژوهش حجت پناه و همکاران گزارش کردند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب توت با افزایش دما و فشار کاهش می‌یابد [9]. یوسفی و همکاران نیز بیان کردند که استفاده از فشار و دمای بالا در تغلیظ آب انار در هر دو روش مایکروویو و حرارت دهی معمولی سبب تخریب قدرت آنتی‌اکسیدانی آن می‌شود که سرعت تخریب قدرت آنتی‌اکسیدانی در روش مایکروویو به مراتب کم‌تر از روش حرارت‌دهی معمولی بود که با نتایج به‌دست آمده این محققین برای میزان آنتوسیانین به‌عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هماهنگی داشت [8].

3-6- پارامترهای رنگی

رنگ محصول یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که نظر مصرف‌کننده را نسبت به محصول به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین، یکی از اهداف این مطالعه بررسی تغییرات رنگ نمونه‌های آب لیمو بود. نتایج این تحقیق در جدول (3) نشان از کاهش پارامتر L نمونه‌های آب لیمو باز ساخته نسبت به نمونه شاهد داشت که کم‌ترین کاهش پارامتر L در نمونه تغلیظ شده تحت شرایط خلاء مشاهده شد. از آن‌جا که مقادیر L مقدار رنگ را از نظر روشنی و تیرگی نشان می‌دهد، کاهش L نشان‌دهنده تیره شدن نمونه‌ها می‌باشد. نتایج مشابهی به‌وسیله محققان دیگر در نتیجه گرمادهی آب میوه‌ها به‌دست آمده و گزارش شده است کاهش در مقادیر L وابسته به افزایش قهوه‌ای شدن مواد غذایی و تخریب رنگدانه‌ها است [16]. یوسفی و همکاران در بررسی پارامترهای رنگ

موضوع می‌تواند این‌گونه تفسیرشود که در گرمادهی مایکروویو گرما در تمامی جوانب نمونه تحت کنترل است، اما در حرارت‌دهی معمولی گرما به‌طور معمول از سطح به داخل نمونه منتقل می‌شود [16]. نتایج مشابهی هم‌چنین توسط سکالزو و همکاران گزارش شده است [23].

3-4- فلاونوئیدها

فلاونوئیدها ترکیبات بسیار مهم و سلامتی بخشی می‌باشند که خطر ابتلا به بیماری‌های سرطان و قلبی عروقی را کاهش می‌دهند [13]. لیمو منبع خوبی از فلاونوئیدها است و به‌طور مشخص حاوی مقادیر بالایی از این ترکیبات تقویت‌کننده سلامت می‌باشد. فلاونوئیدها مانند نارپروتین، هسپریدین و دیمین در آب‌میوه لیمو یافت می‌شوند که هسپریدین بیش‌ترین ترکیب موجود در آب لیمو می‌باشد [2]. نتایج حاصل از اندازه‌گیری این فلاونوئیدها توسط HPLC در جدول (2) نشان داد که تمامی نمونه‌های آب لیمو باز ساخته شده از کنسانتره آب لیمو، میزان فلاونوئید کم‌تری از نمونه شاهد داشتند ($p \leq 0/05$). در بین نمونه‌های آب لیمو باز ساخته شده نیز بیش‌ترین میزان فلاونوئید به ترتیب مربوط به نمونه تهیه شده تحت شرایط خلاء، مایکروویو و شرایط اتمسفری می‌باشد. همان‌گونه که قبلاً ذکر شد گرمای بالای شرایط اتمسفری و انتقال مداوم گرما از سطح به داخل نمونه موجب از بین رفتن فلاونوئیدهای موجود در آب لیمو هنگام فرایند تغلیظ می‌شود که این کاهش فلاونوئیدها در روش حرارت دهی تحت فشار کاهش یافته به‌دلیل استفاده از حرارت پایین و در روش مایکروویو به‌دلیل انتقال همه جانبه گرما و کاهش مدت زمان فرایند می‌باشد [16].

3-5- فعالیت آنتی‌اکسیدانی

یافته‌های بررسی ظرفیت آنتی‌کسیدانی در تطابق با نتایج بررسی ترکیبات فنلی، نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تمامی نمونه‌های بازساخته شده کم‌تر از نمونه شاهد بود ($p \leq 0/05$) و در بین نمونه‌های بازساخته بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به نمونه تهیه شده تحت شرایط خلاء بود ($p \leq 0/05$). ترکیبات فنلی یکی از مهم‌ترین عوامل در فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب میوه‌ها هستند و این ترکیبات عمدتاً در

جدول (3) پارامترهای رنگی نمونه‌های مختلف آب لیمو ترش
Table 3 Color parameters of various samples of lime juice

b*	a*	L*	فرایند تغلیظ Concentration
18.89±0.25 ^a	3.40±0.13 ^d	38.97±0.67 ^a	نمونه شاهد Control sample
16.07±0.10 ^b	1.19±0.20 ^c	37.36±0.98 ^b	تحت خلاء vacuum
15.10±0.43 ^c	1.07±0.07 ^b	36.51±0.80 ^c	مایکروویو Microwave
11.20±0.65 ^d	2.56±0.28 ^a	21.78±0.28 ^d	شرایط اتمسفری Atmospheric conditions

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح 95٪ می‌باشد.

Different small letters at each column show significant difference in 95% of confidence level.

نادری و همکاران نیز در تطابق با نتایج این پژوهش بیان کردند که فرایندهای حرارتی در نتیجه تخریب کاروتنوئید و کلروفیل و همچنین شکل‌گیری رنگدانه‌های قهوه‌ای موجب کاهش روشنایی آب میوه گیلان می‌شود [16]. مطابق با جدول (3)، نتایج نشان داد (جدول 3) که شاخص a* نمونه آب لیمو باز ساخته شده از کنسانتره آب لیمو تولید شده تحت شرایط اتمسفری عددی مثبت بود که نشان از قرار گرفتن آن در محدوده رنگ قرمز بود. بررسی شاخص a* سایر نمونه‌ها نشان داد که میزان آن در محدوده اعداد منفی (رنگ سبز) می‌باشد که بیش‌ترین سبزی در نمونه شاهد آب لیمو مشاهده شد. کاهش دما در شرایط خلاء و کاهش زمان گرمادهی در مایکروویو منجر به تخریب کم‌تر ترکیبات رنگی و کاهش پیشرفت واکنش قهوه‌ای شدن می‌شود که در نتیجه رنگ سبز آب لیمو در این نمونه‌ها نسبت به شرایط اتمسفری بیش‌تر حفظ می‌گردد. همچنین نتایج در جدول (3) نشان داد که اعمال فرایند حرارتی سبب کاهش شاخص b* می‌شود (p≤0/05) که در این میان کم‌ترین و بیش‌ترین کاهش به ترتیب مربوط به نمونه آب لیمو باز ساخته شده از کنسانتره آب لیمو تهیه شده در شرایط تحت خلاء و اتمسفری بود (p≤0/05).

3-7- ارزیابی حسی

یکی از مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی در محصولات غذایی مختلف پارامترهای حسی می‌باشد و کسب رضایت در بین مصرف‌کنندگان در گرو دارا بودن بیش‌ترین امتیاز

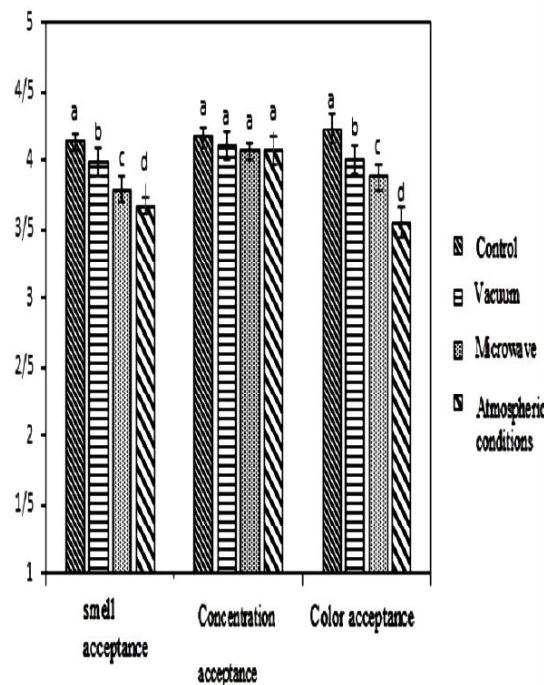
کنسانتره تمشک تولید شده به وسیله تکنیک‌های خلأ و مایکروویو بیان کردند که تغییرات کلی رنگ طی فرایند تغلیظ و افزایش بریکس بیش‌تر می‌شود و هر چه فشار بیش‌تر باشد روند تغییرات آن شدیدتر است. وجود آنزیم‌های طبیعی، اکسیداسیون اسید اسکوربیک، واکنش میلارد که بستگی به محتوای قندهای کاهنده، پروتئین‌ها و درجه حرارت دارد و زمان از جمله عوامل اصلی تأثیرگذار بر روی رنگ عصاره تمشک می‌باشد [15]. نتایج حاصل از مطالعه گاتلا و همکاران بر روی آب‌میوه نوعی گلابی نیز نشان داد که تیمار حرارتی تأثیر زیادی بر کاهش فاکتورهای رنگ داشته است [25]. نتایج حاصل از مطالعات ریچ و همکاران در مورد رنگ آب انگور [26]، راتانائالرک و همکاران به هنگام بررسی رنگ آب آناناس [27] و چاتینتراسری و نومهورن بر روی تغییرات رنگ پوره آناناس [28] نیز مؤید این مطلب بود که حرارت سبب کاهش روشنایی نمونه‌ها می‌شود. در پژوهشی دیگر یوسفی و همکاران بیان کردند که شاخص L تمامی نمونه‌ها آب انار در طول تغلیظ کاهش پیدا کرد اما میزان نهایی آن به وسیله فشار مورد استفاده مخصوصاً در روش حرارت دهی معمولی تحت تأثیر قرار گرفت. در این مورد، فشار بالاتر منجر به زمان بیش‌تر فرایند و کاهش شاخص L شد. استفاده از مایکروویو در تغلیظ آب انار نیز موجب کاهش شاخص L شد، اما یک تفاوت آشکار بین نمونه‌های تولید شده با روش‌های مختلف گرمادهی بود. زمان کوتاه فرایند در روش حرارت دهی مایکروویو دلیل کاهش کم‌تر میزان روشنایی در نمونه‌های تغلیظ شده است [8].

روش جهت تهیه کنسانتره از آب لیمو می‌باشد.

3-8- نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش روش‌های مختلف تغلیظ شامل حرارت‌دهی در شرایط اتمسفری، مایکروویو و تحت خلاء جهت تولید کنسانتره آب لیمو مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد نمونه‌های مختلف کنسانتره تا بریکس آب لیمو تازه رقیق شدند و از نقطه نظر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی و حسی در مقایسه با نمونه آب لیمو تازه مورد بررسی قرار گرفتند. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از تمامی روش‌های حرارتی تغلیظ مورد بررسی در این پژوهش موجب کاهش ویتامین ث، پلی‌فنل کل، فلاونوئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مقبولیت حسی نسبت به نمونه آب لیمو تازه می‌شود، که البته این کاهش کیفیت در نمونه تهیه شده تحت شرایط خلاء به مراتب کم‌تر از شرایط اتمسفری و مایکروویو بود. در مجموع و با در نظر گرفتن کلیه پارامترهای مورد بررسی می‌توان گفت که استفاده از شرایط خلاء بهترین روش جهت تولید کنسانتره آب لیمو می‌باشد.

ارزیابی حسی است. در این پژوهش نمونه‌های مختلف از نقطه نظر پارامترهای بو، رنگ و غلظت مورد ارزیابی قرار گرفتند و همان‌طور که در شکل (1) مشخص است نمونه‌های باز ساخته شده امتیاز پذیرش بو کم‌تری در بین مصرف‌کنندگان کسب کردند ($p \leq 0/05$) و در بین نمونه‌های بازساخته، نمونه تهیه شده تحت شرایط خلاء بیش‌ترین مقبولیت را در بین مصرف‌کنندگان داشت ($p \leq 0/05$). هماهنگ با نتایج ارزیابی پارامترهای رنگ، نتایج ارزیابی رنگ توسط مصرف‌کنندگان نیز نشان از مقبولیت رنگ بیش‌تر نمونه آب لیمو تازه در بین مصرف‌کنندگان داشت ($p \leq 0/05$) و در بین سایر نمونه‌ها بیش‌ترین امتیاز را نمونه تهیه شده تحت خلاء و پس از آن مایکروویو به خود اختصاص داد ($p \leq 0/05$). با اعمال فرایندهای تغلیظ روشنایی نمونه‌ها کاهش پیدا کرده و رنگ آن همان‌طور که در قسمت ارزیابی پارامترهای رنگی ذکر گردید به سمت منطقه رنگ قرمز سوق پیدا می‌کند که در نتیجه از رنگ سبز مورد پسند مصرف‌کنندگان فاصله خواهد گرفت. با توجه به نتایج ارزیابی حسی، حرارت‌دهی تحت شرایط خلاء به‌دلیل کم‌ترین آسیب به مواد رنگی و روشنایی بیش‌تر آن، بهترین



شکل (1) نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف آب لیمو
Fig.1 The results of sensory evaluation of various samples of lime juice

منابع

Technol., 5(4), 1328-1339.

- [9] Hojjatpanah, G., Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z. (2011). Effects of heating method and conditions on the quality attributes of black mulberry (*Morus nigra*) juice concentrate. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 46(5), 956-962.
- [10] سازمان ملی استاندارد ایران، 1386. آب میوه‌ها-روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران شماره 2685.
- [11] سازمان ملی استاندارد ایران، 1380. میوه‌ها، سبزی‌ها و فراورده‌های آن‌ها - اندازه‌گیری اسید اسکوربیک (ویتامین ث) - (روش متداول). استاندارد ملی ایران شماره 5609.
- [12] سازمان ملی استاندارد ایران. 1392. آب لیموترش-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی ایران شماره 117.
- [13] Aadil, R.M., Zeng, X.A., Han, Z., & Sun, D.W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. *Food Chem.*, 141(3), 3201-3206.
- [14] عالمی، ا.؛ امام جمعه، ز.؛ میرزایی، ح. (1391) اثر فشار و دمای تغلیظ بر برخی خصوصیات کیفی آب هندوانه. مجله علوم و صنایع غذایی، جلد 9، شماره 1، ص 44-37.
- [15] یوسفی، ش.؛ یوسفی، ق.؛ امیری ریگی، ع.؛ امام جمعه، ز. (1395) بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی کنسانتره تمشک تولید شده به وسیله تکنیک های خلأ و مایکروویو. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، جلد 13، شماره 57، ص 132-121.
- [16] Naderi, B., Maghsoudlou, Y., Aminifar, M., Ghorbani, M., Rashidi, L. (2015). Investigation on the changes in color parameters and turbidity of cornelian cherry (*Cornus mas* L) produced by microwave and conventional heating. *Nutr. Food Sci. Res.*, 2(4), 39-46.
- [17] Burdurlu, H.S., Koca, N., Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *J. Food Eng.*, 74(2), 211-216.
- [18] Farnworth, E.R., Lagace, M., Couture, R., Yaylayan, V., Stewart, B. (2001). Thermal processing, storage conditions, and the composition and Physical properties of orange juice. *Food Res. Int.*, 34(1), 25-30.
- [1] صداقت، ن.؛ حسینی، ف. (1390) ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی آب لیموی بسته بندی شده در ظروف PET. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، جلد 8، شماره 1، ص 93-100.
- [2] Uckoo, R.M., Jayaprakasha, G.K., Patil, B.S. (2015). Phytochemical analysis of organic and conventionally cultivated Meyer lemons (*Citrus meyeri* Tan.) during refrigerated storage. *J. Food Compos. Anal.*, 42, 63-70.
- [3] Cassano, A., Drioli, E., Galaverna, G., Marchelli, R., Di Silvestro, G., Cagnasso, P. (2003). Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *J. Food Eng.*, 57(2), 153-163.
- [4] Jesus, D.F., Leite, M.F., Silva, L.F.M., Modesta, R.D., Matta, V.M., Cabral, L.M.C. (2007). Orange (*Citrus sinensis*) juice concentration by reverse osmosis. *J. Food Eng.*, 81(2), 287-291.
- [5] Maskan, M. (2006). Production of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics. *J. Food Eng.*, 72(3), 218-224.
- [6] Lin, J., Rouseff, R.L., Barros, S., Naim, M. (2002). Aroma composition changes in early season grapefruit juice produced from thermal concentration. *J. Agric. Food Chem.*, 50(4), 813-819.
- [7] قربانی حسن سرایی، آ.؛ شهیدی، س. ا.؛ محبی، م.؛ معاذیان، ر. (1395) مدل سازی سینتیکی تخریب حرارتی رنگ در تولید کنسانتره آب چغندر قرمز با روش‌های حرارتی مختلف. علوم غذایی و تغذیه، جلد 13، شماره 2، ص 87-98.
- [8] Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., Mousavi, S.M.A., Askari, G.R. (2012). Comparing the effects of microwave and conventional heating methods on the evaporation rate and quality attributes of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate. *Food Bioprocess*

- chumpoung, W. (2005). Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. *J. Food Eng.*, 66(2), 259-265.
- [28] Chutintrasri, B., Noomhorm, A. (2007). Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. *LWT-Food Sci. Technol.*, 40(2), 300-306.
- [19] Moßhammer, M.R., Stintzing, F.C., Carle, R. (2006). Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Innov. Food Sci. Emerging Technol.*, 7(4), 275-287.
- [20] نصیری، م؛ فرحناکی، ع؛ نیاکوثری، م؛ مجذوبی، م؛ مصباحی، غ. (1393) تأثیر شرایط فرآوری بر روی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و رفتار جریان کنسانتره آب نارنج. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد 24، شماره 2، ص 166-155.
- [21] Al-Zubaidy, M.M., Khalil, R.A. (2007). Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. *Food Chem.*, 101(1), 254-259.
- [22] Ferial, S.A., El-Hashimy, S.A., Sobhy, M.M., Abdel Gawad, E.A. (1986). Effect of method of extraction and pasteurization on orange juice properties and its volatile components [Egypt]. *Egypt J. Food Sci.*
- [23] Scalzo, R.L., Genna, A., Branca, F., Chedin, M., Chassaigne, H. (2008). Anthocyanin composition of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and cabbage (*B. oleracea* L. var. capitata) and its stability in relation to thermal treatments. *Food Chem.*, 107(1), 136-144.
- [24] Ghafar, M.F., Prasad, K.N., Weng, K.K., & Ismail, A. (2010). Flavonoid, hesperidine, total Phenolic contents and antioxidant activities from Citrus species. *Afr. J. Biotechnol.*, 9(3).
- [25] Kgatla, T.E., Howard, S.S., Hiss, D.C. (2011). Colour stability of wild cactus pear juice. *WASET*, 80, 249-255.
- [26] 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(3), 776-777.
- [27] Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N., Sri-