تاثیر تیمار فراصوت برروی رنگ، محتوی فنلی، فلاونوئیدها و پروفایل قند آب لیمو ترش جهرمی

زهرا علائی روزبهانی *

پژوهشگاه استاندارد، پژوهشکده صنایع غذایی و فراورده های کشاورزی، گروه پژوهشی مواد غذایی، کرج، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۲۰

چکیده

مقدمه: با افزایش دانش مصرف کنندگان در خصوص بحث سلامت و تغذیه، مصرف کنندگان در کنار افزایش ماندگاری فراورده های غذایی خواهان حفظ کیفیت اولیه محصول فراوری شده می‌باشند. برای رسیدن به این هدف محققان به دنبال فرآیندهای غیر حرارتی هستند یکی از این فرآیندهای غیر حرارتی نو ظهور، تیمار فراصوت است.

مواد و روش‌ها: تاثیر فرآیند حرارتی و تیمار فراصوت برروی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (بریکس، pH، اسیدیته، عدد ابری شدن و هدایت الکتریکی)، شاخص‌های رنگی، ترکیبات آنتی اکسیدانی وفعالیت آنتی اکسیدانی، پروفایل قندها، شاخص قهوه ای شدن و مقدار هیدورکسی متیل فورفورال آب لیموترش جهرمی مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد که پاستوریزاسیون معمولی و تیمار فراصوت تاثیر معنی داری برروی اسیدیته، pH، بریکس، قندها و مقدار هیدروکسی متیل فورفورال ندارد. فرآیند حرارتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در میزان ترکیبات آنتی اکسیدانی وفعالیت آنتی اکسیدانی شد. در حالی که در آب لیموترش با تیمار فراصوت به مدت ۹۰ دقیقه بیشترین مقدار ترکیبات آنتی اکسیدان در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد. همچنین تفاوت معنی داری در مورد شاخص‌های رنگی بین تیمارفراصوت و فرایند حرارتی وجود نداشت.

نتیجه گیری: فرآیند پاستوریزاسیون معمول منجر به کاهش کیفیت در آب میوه گردید. در صورتی که تیمار فراصوت به مدت ۹۰ دقیقه باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار عدد ابری شدن، ترکیبات آنتی اکسیدانی و فعالیت آنتی اکسیدانی این آب میوه شد. بنابراین تیمار فراصوت می تواند به دلیل برتری در حفظ و نگهداری ترکیبات مغذی جایگزین خوبی برای روش پاستوریزاسیون معمول باشد.

واژه‌های کلیدی: *آب لیموترش، پاستوریزاسیون، پروفایل قندها، فراصوت، فعالیت آنتی اکسیدانی*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: z.alaei@standard.ac.ir

مقدمه

مرکبات حاوی میزان بالای ویتامین ث هستند. مهمترین نقش ویتامین ث کاهش خطر ابتلا به بیماری-های مرتبط با تنش‌های اکسیداتیو است. علاوه بر این مرکبات غنی از ترکیبات فنلی است که به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی این ترکیبات آب مرکبات نقش مفیدی در سلامت انسان دارد. در حقیقت تمامی مرکبات حاوی اسید سیتریک، ویتامین ث، کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیبات زیست فعال، فلزات کم مقدار، قند و فیبر خوراکی هستند. آنتی اکسیدان‌ها در کاهش خطرابتلا به بیماری‌های مزمن و انواع سرطان نقش مهمی دارند (Khouloud *et al*., 2018). اخیرا مصرف مرکبات فراوری شده در مقایسه با مصرف به شکل تازه این میوه‌ها رو به افزایش است. امروزه با افزایش دانش مصرف‌کنندگان در خصوص بحث سلامت و تغذیه، مصرف‌کنندگان تنها خواهان افزایش ماندگاری فراورده های غذایی نیستند بلکه حفظ کیفیت اولیه محصول فراوری شده از خواسته های مصرف‌کنندگان است (Zou & Jiang, 2016). فرآیندهای معمول حرارتی مانند پاستوریزاسیون ،خشک کردن، انجماد و سرد کردن اگر چه می‌تواند باعث افزایش ماندگاری محصول شود اما باعث کاهش ارزش تغذیه ای خواهند شد (Aadil *et al*., 2013).

بنابراین به منظور حفظ کیفیت اولیه فراورده محققان به دنبال فرآیندهای غیر حرارتی هستند که علاوه برحفظ ویژگی های اولیه موادغذایی، کیفیت فراورده را افزایش دهند. یکی از این فرآیندهای غیر حرارتی نو ظهور، فراصوت یا التراسونیک است (Hu *et al*., 2018). این روش به عنوان یک فناوری موثر جهت رسیدن به الزامات FDA در جهت کاهش ۵ Log ازبار میکروبی اولیه در آب میوه شناخته شده است. از طرفی کاربرد این فناوری موجب کاهش زمان و انرژی موردنیاز خواهدشد و به عنوان روش دوستدار محیط زیست می‌باشد (Aadil *et al*., 2013; Sattar *et al*., 2019).

مکانیزمی که امواج فراصوت از آن طریق باعث غیر فعال سازی میکرواورگانیسم‌ها می‌شود مربوط به دیده حفره‌زایی است. حباب‌های گاز تشکیل شده در محیط مایع توسط مکانیسم حفره‌زایی در سرتاسر محیط مایع منتشر می‌شود. این حباب‌ها بزرگ‌تر شده و به فرم ناپایداری درمی‌آیند و سپس شروع به تخریب می‌کنند. انهدام حباب‌ها منجر به تجمع انرژی در نقاط داغ با دمای بیش از ۲۰۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار حدود ۲۰۰ مگاپاسکال می‌شود. این عوامل قادرند به غشای سیتوپلاسمی آسیب وارد کنند. فشار بالای ایجاد شده در محیط در اثر در هم فروریزی حباب‌ها دلیل اصلی غیرفعال شدن میکروارگانیسم‌ها است (Mohideen *et al*., 2015) .

در سال ۲۰۱۸ اثر فرآیند فراصوت برروی ویژگی‌های شیمیایی، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و خواص آنتی‌اکسیدانی مخلوط آب انگور و هویج بررسی و نشان داده شده که فرآیند فراصوت تاثیر مثبتی بر روی ارزش تغذیه‌ای این فراورده دارد که این تاثیر مثبت به دلیل افزایش میزان ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها در اثر این فرآیند است همچنین فرآیند فراصوت باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در این آب میوه شده است (Nadeem *et al*., 2018). محققین تاثیر این فرآیندرا برروی خواص کیفی آب هلو بررسی کردند نتایج نشان داد که تیمار فراصوت در مقایسه با فرآیندهای معمول حرارتی باعث افزایش ترکیبات زیست فعال و اسیدهای آلی دراین آب میوه شد درحالی که فرآیند حرارتی باعث کاهش این ترکیبات شده است (Sattar *et al*., 2019). تاثیر این فرآیند برروی خواص کیفی آب گریپ فروت نشان داد تیمار فراصوت تاثیر قابل‌ملاحظه‌ای در بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ارزش ابری شدن، ترکیبات فنلی و ویتامین ث خواهد شد. تاثیر معنی‌داری برروی رنگ نداشت اما به طور کلی باعث بهبود خواص کیفی این فراورده شد (Aadil *et al*., 2013). محققین تاثیر این فرآیند را برروی فاکتوهای شیمیایی و ظاهری آب پرتقال بررسی کردند. نتایج بررسی نشان داد این فرآیند برروی اسیدیته، بریکس و pH اثری ندارد اما برروی رنگ، فاکتور قهوه‌ای شدن و ارزش ابری شدن موثر است (B. Tiwari *et al*., 2008). اثر این فرآیند برروی ویژگی‌های شیمیایی و ترکیبات زیست فعال آب توت فرنگی آبگیری شده به صورت دستی نشان داد این فرآیند روی خواص شیمیایی اثری ندارد اما باعث بهبود ترکیبات زیست فعال شده است (Bhat & Goh, 2017). همچنین تحقیقاتی در خصوص تاثیر فرآیند فراصوت برروی آب بلک بری (B. Tiwari *et al*., 2009)، آب سیب (Abid *et al*., 2014)، آب توت فرنگی

(B. Tiwari *et al*., 2008)، کاستوری لایم (پرتقال ترش) (Bhat *et al*., 2011) انجام شده است.

آب لیموترش (لایم) به عنوان چاشنی غذایی مصرف می‌شود یا در تهیه نوشیدنی لیموناد مورد مصرف قرار می‌گیرد. ایران یکی از مهم‌ترین کشورهای تولید کننده لیمو ترش در دنیاست. و یکی از ارقام مهم کشت شده در ایران key lime است که به نام‌های آب شیراز، لیمو شیشه، لیمو عمانی، لیمو شیرازی و لیمو جهرمی معروف است (Movahednejad *et al*., 2011). ازآنجا که تاکنون اطلاعاتی در خصوص اثر این فرآیند برروی رنگ، شاخص قهوه‌ای شدن، عدد ابری، ویتامین ث، محتوی فنلی، فلاونوئیدها، خواص آنتی اکسیدانی و پروفایل قندهای لیمو جهرمی در دسترس نیست در این تحقیق به بررسی این فاکتورها پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

- مواد

میوه لیموترش (لیمو جهرمی[1]) مورد نیاز از یک فروشگاه محلی در شهرستان جهرم تهیه شد. تمامی مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شد .

- تهیه آب لیموترش

فرآیند آب میوه‌گیری پس از شستشوو جدا کردن میوه‌های خراب و آسیب دیده، توسط یک د ستگاه آب میوه گیر با توان 2 اسب بخار، ساخت شرکت البرز ماشین ایران صورت پذیرفت. آب میوه سریعا صاف و تحت تیمارهای مورد نظر قرار گرفت. آب میوه صاف ده به عنوان نمونه شاهد (بدون تیمار حرارتی و فراصوت)در نظر گرفته شد .

- تیمار پاستوریزاسیون

برای بررسی تأثیر پاستوریزاسیون، نمونه‌ها به مقدار۲۰۰ میلی‌لیتر در ارلن شیشه‌ای ۲۵۰ میلی لیتری با درپوش آلومینیومی در دمای۸۳ درجه سانتی‌گراد (دمای بهینه پاستوریزاسیون مورد استفاده در کارخانه) به مدت ۱/۵ دقیقه در حمام آب گرم (شرکتMemmert آلمان) قرار داده شدند و به سرعت خنک شدند. سپس نمونه‌ها در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا انجام آزمون‌های مورد نظر نگهداری شد (Sattar *et al*., 2019).

- تیمار فراصوت

از حمام فراصوت (مدلTranssonic Digital S، شرکت Elma آلمان) با سرعت ۴۰ کیلوهرتز و قدرت ۲۷۵ وات استفاده شد. زمان‌های سونیک کردن ۳۰ ،۶۰ و ۹۰ دقیقه با دما ثابت ۲۵ درجه سانتی گراد اعمال شد. سپس نمونه‌ها در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد تا انجام آزمون‌های مورد نظر نگهداری شد (Nguyen & Nguyen, 2018).

- ارزیابی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

بریکس یا مواد جامد قابل حل در آب با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال (مدلAbbemmat300 ، شرکت Anton Paar آلمان) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه گیری شد. میزان مواد جامد محلول بر حسب درجه بریکس بیان شد. مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۸۵ تعیین شد.

مقدار pH آبمیوه باpH متر دیجیتال (مدلLab 827، شرکت Metrohm سوئیس) مطابق با روش ارائه شده در استاندارد ملی ۲۶۸۵ انجام شد. برای تعیین میزان اسیدیته کل آبلیموترش از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شدو بر اساس میزان سود مصرفی مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بر اساس اسید غالب (سیتریک) مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی ۲۶۸۵ محاسبه شد. برای اندازه گیری هدایت الکتریکی از دستگاه هدایت سنج الکتریکی (مدل CDM 500، شرکت WPA انگلیس) استفاده شد و برای اندازه‌گیری عدد ابری (Cloud Value) آب میوه با کمک یک سانتریفیوژ ۵ میلی‌لیتر آب میوه به مدت ۱۰ دقیقه با دورrpm ۳۰۰۰ سانتریفوژ شد. میزان جذب آن با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل lambada 25، شرکت Perkin Elmer آمریکا) در طول موج ۶۲۰ نانومتر در مقابل نمونه کنترل (آب مقطر) اندازه‌گیری شد(Aadil *et al*., 2013).

- اندازه گیری رنگ به روش اسپکتروسکوپی

آب میوه‌ها با سانتریفوژ (مدلLabofuge400، شرکت Heraeus آلمان) g ۱۲۵۰۰به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ

[1] Key Lime

شده سپس با فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر صاف شد .مقدار جذب نمونه‌های آب لیموترش به صورت مستقیم در طول موج‌های۴۲۰ ،۵۲۰ و ۶۲۰ نانومتر اندازگیری شد و بر اساس نتایج جذب طول موج های اشاره شده شاخص‌های رنگی محاسبه گردید به نحوی که مجموع جذب این سه طول موج نشان دهنده شدت رنگ است. برای محاسبه نسبت رنگ زرد ،قرمز و آبی به ترتیب از تقسیم میزان طول موج‌های ۴۲۰ ،۵۲۰ و ۶۲۰ به میزان شدت رنگ استفاده شد(Aadil *et al*., 2013; Kelebek *et al*., 2008).

- **شاخص قهوه ای شدن به روش اسپکتروسکوپی**

آب میوه ها با سانتریفوژ g ۱۲۵۰۰به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده سپس با فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر صاف شد. مقدار جذب نمونه های آب لیموترش به صورت مستقیم در طول موج ۴۲۰ نانومتر اندازه گیری شد. شاخص قهوه‌ای شدن برابر با میزان جذب آب میوه‌ها دراین طول موج است (Aadil *et al*., 2013; Kelebek *et al*., 2008).

- **اندازه گیری قند**

قندهای موجود در آب میوه لیموترش با دستگاه کروماتوگرافی مایع (مدل 9010، شرکت Varian آمریکا) اندازه‌گیری شد و مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی شماره ۲۰۸۰۳ تعیین گردید. در این روش از دستگاه کروماتوگرافی مجهز به آشکارساز RI (مدل RI4، شرکت Varian آمریکا) و ستون NH2 به طول ۲۴۵ سانتی متر و قطر ۴/۶ میلی مترداری سیلیکاژل اصلاح شده با قطر ۵ تا ۷ میکروماتراستفاده شد.

- **اندازه گیری هیدروکسی متیل فورفورال**

روش اندازه‌گیری براساس روش مندرج در استاندارد ملی شماره ۲۶۸۵ می‌باشد. و به روش اسپکتروسکوپی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

- **اندازه‌گیری ویتامین ث**

میزان ویتامین ث موجود در آب میوه لیموترش با دستگاه کروماتوگرافی مایع اندازه گیری شد و مطابق با روش مندرج در استاندارد ملی شماره ۱۱۲۴۳تعیین گردید. ویتامین ث موجود نمونه با استفاده از محلول متافسفریک اسید استخراج شد. محلول استخراجی با استفاده از محلول احیاء کننده ، از فرم دی هیدرو ال اسکوربیک اسید به فرم ال اسکوربیک ا سید تغییر شکل می‌دهد. سپس مقدار ال اسکوربیک اسید کل به وسیله کرماتوگرافی مایع آشکار ساز ماوراء بنفش (مدل9050، شرکت Varian آمریکا) در طول موج ۲۶۵نانومتر اندازه گیری شد.

- **اندازه‌گیری فنل کل**

پلی‌فنل‌های موجود در آب لیموترش به روش رنگ‌سنجی با معرف فولین سیوکالتیو به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد فسفوتنگستیک موجود در معرف که اسید به فرمول شیمیایی $H_3PW_{12}O_{40}$ احیاکننده است، گروه هیدروکسی فنل اکسید شده را سریعاً احیاء کرده و در پایان رنگ آبی ایجاد شد که حد اکثر جذب آن در طول موج۷۸۰ نانومتر می‌باشد. در این آزمون، گالیک اسید به عنوان ترکیبی برای اند ازه گیری پلی فنل‌ها در آب لیمو، در تهیه منحنی استاندارد مورد استفاده قرار گرفت. روش اندازه‌گیری براساس روش مندرج در استاندارد ملی شماره ۱۱۷ می‌باشد.

- **فعالیت آنتی اکسیدانی**

فعالیت آنتی اکسیدانی آب لیموترش بر اساس مهار رادیکال‌های DPPH (۲و ۲ دی – فنیل ۱ پیکریل هیدرازیل) با روش اسپکتروفتومتری انجام شد. برای این منظور یک محلول۲ میلی لیتر آب میوه با ۲ میلی‌لیتر از محلول۰/۲ میلی مول .DPPH در محلول اتانولی مخلوط شد و این مخلوط به مدت۳۰ دقیقه در تاریکی و در دمای اتاق نگه داشته شد. هم چنین برای نمونه کنترل روند مذکور انجام با این تفاوت که به جای آب میوه از اتانول استفاده شد. سپس کاهش جذب به د لیل فعالیت پروتون‌دهی در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. در نهایت فعالیت بازدارندگی رادیکال طبق رابطه (۱)محاسبه شد.

$$I(\%) = 100 \times (A_0 - A_S)/A_0$$

که در این رابطه (I) درصد ممانعت کنندگی، A_0 جذب نمونه کنترل و A_S جذب نمونه پس از ۵۰ دقیقه است.

- اندازه گیری فلاونوئیدها: هسپریدین

محتوی فلاونوئیدها نمونه‌های آب لیمو بر اساس روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۰۸۰۴و با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا مجهزبه ستون C_8 با فاز متحرک مخلوط آب،استو نیتریل و اسید استیک (نسبت‌های ۷۸ حجم آب، ۲۱ حجم استو نیتریل و ۱ حجم اسید استیک) و آشکار سازفرابنفش -مرئی تنظیم شده در طول موج ۲۸۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. در این آزمون، محلول‌های استاندارد ذخیره شاخص فلاونوئیدی برای کروماتوگرافی مایع با استفاده از استاندارد هسپریدین تهیه شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش به منظور بررسی تأثیر فرآیند حرارتی و تیمار فراصوت بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آب لیموترش جهرمی از یک طرح کاملاً تصاد فی استفاد ه شد. داده‌ها با استفاده ازآنالیز واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. هم چنین برای مقایسه میانگین‌ها آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد استفاده شد. آنالیز داده ها با استفاده از نرم افزار minitab2013 انجام شد.

یافته‌ها

- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی

نتایج بررسی ویژگی‌های شیمیاییpH ، اسیدیته و بریکس (جدول ۱) نشان داد که فرآیند حرارتی و تیمار فراصوت اثر معنی‌داری ($p>0.05$) برروی این فاکتورها در مقایسه با نمونه شاهد نداشت. نتایج بررسی فاکتور ابری شدن در جدول ۱ نشان داده شده است. فرآیند حرارتی و تیمار فراصوت باعث افزایش معنی‌دار عدد ابری نسبت به نمونه شاهد شده است. و کمترین میزان عدد ابری مربوط به نمونه شاهد بود نمونه‌های فراصوت شده نسبت به نمونه پاستوریزه شده دارای عدد ابری بالاتری بودند. تاثیر تیمار فراصوت بر روی فاکتور هدایت الکتریک در سطح ($p<0.05$) معنی‌دار بود به نحوی که در نمونه‌های فراصوت شده هدایت الکتریکی نسبت به نمونه شاهد و پاستوریزه افزایش داشت.

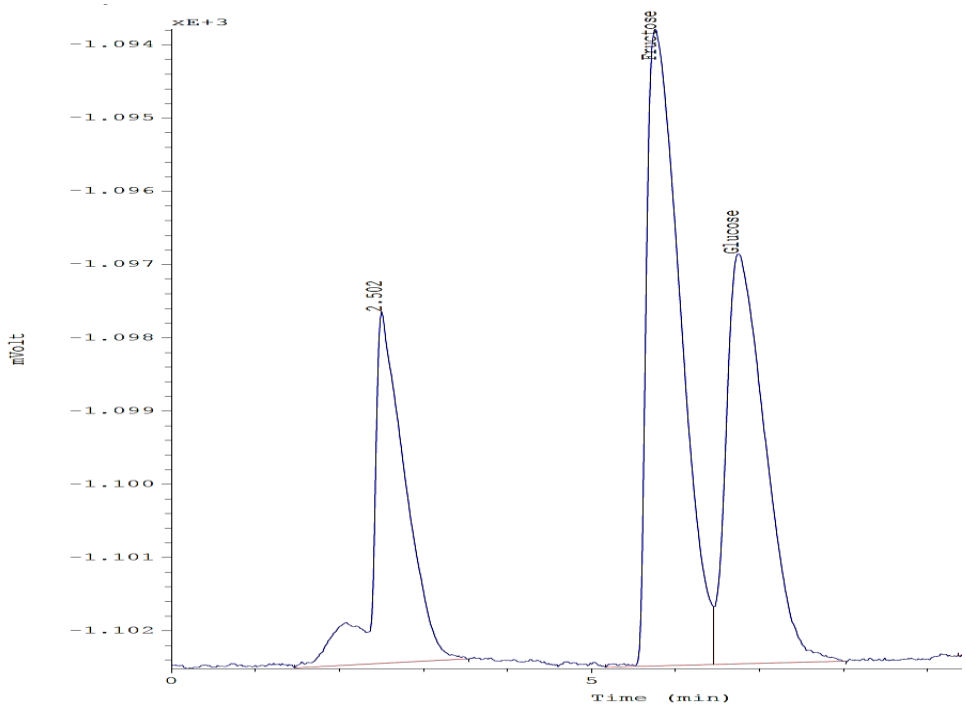
- شاخص قهوه‌ای شدن، هیدروکسی متیل فورفورال و مقدار قندها

جدول ۲ مربوط به مقدار هیدروکسی متیل فورفورال، شاخص قهوه‌ای شدن و مقدار قندها است. نتایج نشان می‌دهد مقدار شاخص قهوه‌ای شدن به طور قابل ملاحظه‌ای ($p<0.05$) در نمونه پاستوریزه شده نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته است اما اختلاف معنی‌داری بین مقدار شاخص قهوه‌ای شدن در نمونه شاهد با نمونه های تیمار شده با فراصوت مشاهده نشد. افزایش مقدار هیدروکسی متیل فورفورال و میزان قندها معنی‌دار ($p>0.05$) نیست. در این تحقیق تاثیر فرآیند حرارتی برمقدار قندهای اصلی(گلوگز، فروکتوز و ساکارز) در نمونه آب لیموترش بررسی شد. نتایج این بررسی در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان داد مقدار قند گلوگز و فروکتوز طی تیمار فراصوت نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی-داری نداشته است. و به طور کلی میزان قند ساکارز در نمونه‌ها صفر بود. که در شکل ۱ کروماتوگرام مربوط به پروفایل قندهای موجود در آب لیمو ترش آورده شده است. بر اساس شکل ۱ قندهای اصلی لیموترش جهرمی گلوگز و فرکتوز است.

جدول ۱- تاثیر تیمار فراصوت بر روی بریکس، pH، اسیدیته، عدد ابری شدن و هدایت الکتریکی آب لیموترش جهرمی

تیمار	pH	اسیدیته (درصداسید سیتریک)	مواد جامد محلول در آب (بریکس)	عدد ابری شدن	هدایت الکتریکی
شاهد (بدون تیمار)	۲/۵± ۰/۰۳^{a}	۵/۳± ۰/۰۳^{a}	۸/۵۷± ۰/۰۲^{a}	۱/۳۷± ۰/۰۰۷^{d}	۲/۹۷± ۰/۰۱^{c}
پاستوریزاسیون معمولی	۲/۴۶± ۰/۰۷^{a}	۵/۴± ۰/۰۱^{a}	۸/۶۶± ۰/۰۲^{a}	۲/۳۵± ۰/۰۳^{c}	۲/۹۸± ۰/۰۲^{c}
تیمار فراصوت ۳۰ دقیقه‌ای	۲/۴۸± ۰/۰۲^{a}	۵/۴± ۰/۰۵^{a}	۸/۶۸± ۰/۰۱^{a}	۲/۷۱± ۰/۰۰۶^{b}	۳/۳۹± ۰/۰۳^{b}
تیمار فراصوت۶۰ دقیقه ای	۲/۴۶± ۰/۰۱^{a}	۵/۴± ۰/۰۳^{a}	۸/۶۹± ۰/۰۰۷^{a}	۲/۸۴± ۰/۰۴^{ab}	۳/۴۶± ۰/۰۲^{a}
تیمار فراصوت۹۰دقیقه ای	۲/۴۷± ۰/۰۰۷^{a}	۵/۴± ۰/۰۲^{a}	۸/۶۹± ۰/۰۲^{a}	۲/۸۷± ۰/۰۵^{a}	۳/۴۷± ۰/۰۱^{a}

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۹۵ ٪ می باشد.



شکل ۱- کروماتوگرام مربوط به پروفایل قند (گلوگزو فروکتوز) نمونه آب لیموترش جهرمی

جدول ۲- تاثیر تیمار فراصوت بر روی هیدروکسی متیل فورفورال، شاخص قهوه‌ای شدن، فرکتوز، گلوگز، ساکارز و قند کل آب لیموترش جهرمی

تیمار	هیدروکسی متیل فورفورال (mg/l)	شاخص قهوه‌ای شدن	فروکتوز (gr/l)	گلوکز (gr/l)	ساکارز (gr/l)	قندکل (gr/l)
شاهد (بدون تیمار)	۳/۱± ۰/۱۲ ^{a}	۱/۲۲۵± ۰/۰۰۷ ^{b}	۵/۲± ۰/۲۸ ^{a}	۴/۹± ۰/۲۸ ^{a}	0	۱۰/۱± ۰/۵۶ ^{a}
پاستوریزاسیون معمولی	۳/۴± ۰/۱۴^{a}	۱/۳۶۵۰± ۰/۰۲^{a}	۵/۴± ۰/۱۴^{a}	۵/۱۵± ۰/۴۹ ^{a}	0	۱۰/۵۵± ۰/۶۱ ^{a}
تیمار فراصوت ۳۰ دقیقه‌ای	۳/۲± ۰/۲۸^{a}	۱/۳۱۰± ۰/۰۱^{ab}	۵/۵± ۰/۷^{a}	۵/۲۵± ۰/۵ ^{a}	0	۱۰/۷۵± ۰/۲۱ ^{a}
تیمار فراصوت۶۰ دقیقه‌ای	۳/۲۵± ۰/۳۵^{a}	۱/۳۱۰± ۰/۰۳^{ab}	۵/۵± ۰/۴۲^{a}	۵/۱± ۰/۱۴ ^{a}	0	۱۰/۶± ۰/۵۶ ^{a}
تیمار فراصوت۹۰ دقیقه‌ای	۳/۲± ۰/۱۴^{a}	۱/۳۱± ۰/۰۲۸^{ab}	۵/۴± ۰/۵۶^{a}	۵/۳± ۰/۲۸ ^{a}	0	۱۰/۶۵± ۰/۶۳ ^{a}

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان د هند ه اختلاف آماری معنی داری در سطح ۹۵ ٪ می باشد .

- **شاخص‌های رنگی**

در جدول ۳ نتایج مربوط به تاثیر فرآیندحرارتی و فراصوت بر روی شاخص‌های رنگی نشان داده شده است. بر اساس نتایج بیشترین درصدرنگی در آب لیمو مربوط به رنگ آبی و بعد از آن رنگ زرد است و کمترین درصد مربوط به رنگ قرمز بود. از طرفی فرآیند حرارتی و فراصوت باعث تغییر معنی‌داری ($p<0.05$) در میزان درصد رنگ آبی نسبت به نمونه شاهد شد. میزان درصد رنگ قرمز و زرد در تمای نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد افزایش معنی‌داری داشته ($p<0.05$) اما این افزایش در بین ای تیمار شده معنی‌دار نیست. از طرفی مقدار درصدرنگ آبی در تمامی نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد کاهش معنی‌داری داشت ($p<0.05$) اما این کاهش در بین نمونه‌های تیمار شده معنی دار نبود.

- **ویتامین ث، ترکیبات فنلی ، فلاونوئیدهاو فعالیت آنتی-اکسیدانی**

جدول ۴ مربوط به نتایج تاثیر فرآیند حرارتی و فراصوت برروی میزان ویتامین ث، میزان ترکیبات پلی‌فنلی، میزان فلاونوئیدو فعالیت آنتی‌اکسیدانی است. بر اساس نتایج به

دست آمده فرآیند حرارتی باعث کاهش معنی‌داری ($p<0.05$) در مقدار این ترکیبات در این آب میوه در مقایسه با نمونه شاهد شد. از طرفی بر اساس نتایج گزارش شده در جدول ۴ تیمار فراصوت باعث افزایش معنی‌داری ($p<0.05$) در مقدار این فاکتورها شده است. و بیشترین مقدار برای این فاکتورهای مربوط به نمونه‌های آب لیمو ترش فراصوت شده به مدت ۹۰دقیقه است.

بحث

- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی

از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی آب‌میوه مرکبات pH ، اسیدیته و بریکس است. بریکس فاکتوری است که تحت تاثیر واریته ، فاکتور رسیدگی و منطقه جغرافیایی میوه است. PH و اسیدیته میزان اسید موجود در آب میوه را نشان می‌دهند که آب‌میوه‌هایی با pH کمتر از ۴/۶ نیاز به فرآیندهای حرارتی شدید ندارند. آرومای آب میوه و ثبات ترکیبات زیست فعال بهpH و اسیدیته مرتبط هستند. نتایج بررسی این فاکتورها در جدول ۱ نشان داد که فرآیند حرارتی و تیمار فراصوت اثر معنی‌داری ($p>0.05$) بر روی این فاکتورها در مقایسه با نمونه شاهد نداشت. در تطابق با نتایج این پژوهش محققین گزارش کردند که فرآیند حرارتی و تیمارفراصوت تاثیر معنی داری برروی این فاکتورها برای میوه هایی مثل آب توت‌فرنگی، آب پرتقال، آب گوجه فرنگی، آب گریپ فروت، آب بلوبری و آب گواوا نداشت (Aadil *et al.*, 2013; Ordóñez-Santos *et al.*, 2017; Tiwari *et al.*, 2008). اگر چه برای آب بلوبری و هلو محققین افزایش معنی‌دار بریکس راطی فرآیند فراصوت گزارش کردند و علت آن را تاثیر فرآیند فراصوت در تخریب بافت میوه و دیواره سلولی بیان کردند که این تخریب باعث شده آب بیشتری به درون سلول‌های میوه نفوذ کند و باعث خروج بیشتر مواد محلول از غشاء سلولی شود (Zou & Hou, 2017b). این تفاوت در نتایج می‌تواند به دلیل اختلاف درنوع بافت میوه و میزان مواد محلول در این میوه‌ها باشد.

جدول ۳- تاثیر تیمار فراصوت بر روی شاخص‌های رنگی آب لیموترش جهرمی

تیمار	رنگ زرد (درصد)	رنگ آبی (درصد)	رنگ قرمز (درصد)
شاهد (بدون تیمار)	۲/۶± ۰/۴۲ ^{b}	۹۶/۳۵± ۰/۷۷ ^{a}	۰/۹۷± ۰/۳۵ ^{b}
پاستوریزاسیون معمولی	۴/۷۹± ۰/۷^{a}	۹۲/۸۵± ۰/۹^{b}	۲/۲۷± ۰/۳۴^{a}
تیمار فراصوت ۳۰ دقیقه‌ای	۵/۴۶± ۰/۲۱^{a}	۹۱/۷۵± ۰/۳۶^{b}	۲/۷۷± ۰/۱۳^{a}
تیمار فراصوت۶۰ دقیقه‌ای	۴/۹۲± ۰/۳۱^{a}	۹۲/۸۶± ۰/۳۸^{b}	۲/۲۱± ۰/۱۸^{a}
تیمار فراصوت۹۰ دقیقه‌ای	۵/۱۸± ۰/۹۹^{a}	۹۲/۰۲± ۰/۹۸^{b}	۲/۸± ۰/۲۴^{a}

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۹۵ ٪ می باشد.

جدول ٤- تاثیر تیمار فراصوت بر روی ترکیبات آنتی اکسیدان و فعالیت آنتی کسیدانی آب لیموترش جهرمی کسیدانی آب لیموترش جهرمی

تیمار	ویتامین ث (ppm)	فنل کل (mg/l)	فلاونوئیدها هیسپریدین (mg/g)	قدرت آنتی اکسیدانی Percentage (DPPH)
شاهد (بدون تیمار)	۲۴۵± ۵ ^{c}	۲۰۸/۵± ۴/۲ ^{c}	۱۸/۷± ۰/۲۸ ^{c}	۲۹/۵± ۰/۴۲ ^{c}
پاستوریزاسیون معمولی	۲۱۵± ۴^{d}	۱۷۴/۰± ۵/۶^{d}	۱۵/۱± ۰/۳۴^{d}	۲۵/۹± ۰/۵۰ ^{d}
تیمار فراصوت ۳۰دقیقه ای	۲۷۱/۵±۴^{b}	۲۴۱/۵± ۷/۷^{b}	۲۱/۲± ۰/۴۹^{b}	۳۵/۷± ۰/۴۹ ^{b}
تیمار فراصوت۶۰دقیقه ای	۳۰۸±۲^{a}	۲۵۶/۰± ۵/۶^{b}	۲۳/۱± ۰/۵۲^{a}	۳۷/۶± ۰/۴۲ ^{b}
تیمار فراصوت۹۰دقیقه ای	۳۲۵±۶^{a}	۲۸۷/۵± ۳/۵^{a}	۲۴/۴± ۰/۳۶^{a}	۴۱/۵± ۰/۵۲ ^{a}

حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌داری در سطح ۹۵ ٪ می‌باشد.

در آب مرکبات کدورت و ابری شدن ویژگیهای ظاهری مطلوبی است که روی رنگ و خصوصیات ارگانولپتیک فراورده موثر است. این فاکتور متاثر از ترکیباتی از قبیل سلولز، همی سولز، پروتئین، لیپید، پکتین و سایر ترکیبات جزیی که نقش مهمی در کدورت ویسکوزیته و ثبات آب مرکبات دارد (Aghajanzadeh *et al.*, 2016). نتایج بررسی فاکتور ابری شدن در جدول ۱نشان داده شده است. فرآیند حرارتی و فراصوت باعث افزایش عدد ابری شدن نسبت به نمونه شاهد شده است. حرارت با ازبین بردن آنزیم پکتیناز باعث افزایش عدد ابری شد. که این نتایج با بررسی تاثیر حرارت برروی آب لیمو ترش طی فرآیند مادون قرمز مطابقت داشت (Aghajanzadeh *et al.*, 2016). همچنین مشابه این نتایج در خصوص اثر فراصوت برای آب میوه گریپ فروت و پرتقال قرمز بدست آمده است. که دلیل افزایش آن در اثر فراصوت می‌تواند شکسته شدن ملکول‌های بزرگ به ملکول‌های کوچکتر در نتیجه فشار کاویتاسیون است که کوچک شدن ملکول ها باعث افزایش تعداد ذرات سوسپانسیون شده است (Aadil *et al.*, 2013).

هدایت الکتریکی مواد غذایی مایع مربوط به ترکیبات مغذی مثل مواد معدنی ،ویتامین‌ها، اسیدهای چرب و ویتامین‌ها است. که نتایج بررسی هدایت الکتریکی در آب لیمو ترش نشان می‌دهد این فاکتور در نمونه های تیمار شده با فراصوت افزایش داشته است. نتایج حاصله با بررسی‌های انجام شده توسط محققین برروی میزان تغییرات هدایت الکتریکی در آب گریپ فروت مطابقت دارد در این تحقیق هدایت اکتریکی در نمونه‌های آب گریپ فروت تیمار شده با فراصوت به صورت معنی داری افزایش داشته است (Aadil *et al.*, 2013). همچنین در تطابق با این نتایج محققین افزایش میزان هدایت الکتریکی برای آب بلوبری تیمار شده با فراصوت را گزارش کردند. این تحقیق نشان داد علت افزایش میزان هدایت الکتریکی در نمونه‌های آب میوه بلوبری تیمار شده با فراصوت ناشی آزادسازی بهتر مواد معدنی و ویتامین ها از ذرات کلوئیدی و سلول‌های میوه است که منجر به افزایش میزان این ترکیبات در محلول کلوئیدی شده است که نتیجه آن افزایش میزان هدایت الکتریکی در این آب میوه است (ZOU & HOU, 2017a).

- شاخص قهوه ای شدن، هیدروکسی متیل فورفورال و مقدار قندها

قهوه‌ای شدن نقش مهمی در تغییر رنگ فراورده های تازه ای که تحت فرآیند قرار گرفته دارد. در آب مرکبات تجزیه ویتامین ث باعث قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی خواهد شد (Aadil *et al.*, 2013). به طور کلی هیدروکسی متیل فورفورال و جذب در طول موج ۴۲۰ نانومترکه نشان دهنده میزان واکنش مایلارد (قهوه ای شدن) و غلظت ملانوئیدین در آب میوه است (Simsek *et al.*, 2007) که نتایج نشان می‌دهد با فرآیند حرارتی (پاستوریزاسیون معمولی) و فراصوت به طور قابل ملاحظه ای نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌یابد (del Socorro *et al.*, 2015). یکی از دلایل افزایش قابل ملاحظه در مقدار این دو فاکتور در اثر فرآیند فراصوت در آب مرکبات تجزیه ترکیبات رنگی در اثر فرآیند فراصوت است (Aadil *et al.*, 2013) و یا افزایش فرآیند قهوه‌ای شدن در یک سیستم آبی است که در آن بتالاکتوگلوبین و چندین کربوهیدرات باشد و این واکنش در دمای زیر ۴۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد (Stanic-Vucinic *et al.*, 2013).

یکی از فاکتورهای موثر در قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی قند ها هستند. در جدول ۲ میزان قندهای موجود در آب لیموترش آورده شده است. بر اساس نتایج مهمترین قندهای موجود در این آب میوه قندهای احیا هستند کمترین میزان مربوط به قند ساکارز است که میزان بالای قند احیا می‌تواند دلیل واکنش قهوه‌ای شدن باشد. قندهای اصلی موجود در آب لیموترش بر اساس شکل ۱قند گلوگز و فرکتوز است که نتایج به دست آمده در این تحقیق در خصوص نوع قندها در آب لیموترش جهرمی با تحقیق انجام شده توسط محققین در باره بررسی پارامترهای شیمیایی آب لیموترش مطابقت دارد (Lorente *et al.*, 2014). فرآیند پاستوریزاسیون و تیمار فراصوت تاثیر قابل ملاحظه ای بر میزان قند این آب میوه نداشته است. اما به طور کلی هم فرآیند پاستوریزاسیون وهم فراصوت باعث افزایش جزیی در مقداراین قندها شده است که دلیل این افزایش می‌تواند شکسته شدن دیواره های سلولی باقیمانده طی این فرآیندها باشد (Liao *et al.*, 2020). پروفایل قندهای آب لیموترش که شامل گلوگز، فروکتوز و ساکارز است در شکل ۱ نشان داده شده است که این پروفایل در

بررسی قندها توسط محققین برای آب لیموترش بدست آمده است (Lorente *et al*., 2014). مقداری از قندهای احیا در فرآیند مایلارد مصرف می‌شوند اما افزایش این قندها در اثر فرآیندهای اعمال شده باعث ایجاد تعادل در مقدار قندها و افزایش جزیی شد(Liao *et al*., 2020). در مطالعه‌ای تاثیر فرآیند فراصوت برروی مقدار قندها در آب میوه پیتا قرمز مشخص شد که این فرآیند باعث افزایش میزان قند کل و قند احیا در این آب میوه شده است.

- شاخص‌های رنگی

رنگ سبز آب لیموترش و فراورده های تهیه شده از این آب میوه برروی رفتار مشتری جهت خریدو افزایش بازار پسندی این فراورده موثر است. رنگ آب میوه معیار اصلی درخصوص برداشت مشتری از کیفیت محصول است. تغییر رنگ می‌تواند ناشی از فرآیندهای اعمال شده بر روی فراورده باشد یا در اثر رشد میکرواورگانیسم‌ها ایجاد شود(Bhat & Goh, 2017). افزایش درصد رنگ قرمز و زرد در نمونه های تیمارشده با حرارت و فراصوت نسبت به نمونه بدون تیمار می‌تواند به دلیل واکنش قهوه ای شدن در اثر این فرآیندها باشد (Aadil *et al*., 2013). تحقیقات مشابه ای در خصوص تغییرات رنگ سایر آب میوه ها از قبیل گریپ فروت ، توت فرنگی و آب پرتقال انجام شده است (Aadil *et al*., 2013; Ordóñez-Santos *et al*., 2017; Tiwari *et al*., 2008). نتایج بررسی برروی آب لیمو کاستوری در تطابق با این تحقیق نشان داد بیشترین مقدار برای نسبت رنگ زرد به رنگ آبی ($b = \frac{\text{رنگ زرد}}{\text{رنگ آبی}}$) در تیمار فراصوت شده آب لیمو کاستوری مشاهده شده است و کمترین مقداریرای این نسبت در نمونه شاهد این آب میوه گزارش شده است.(Aadil *et al*., 2013; Liao *et al*., 2020; Nguyen & Nguyen, 2018; Zou & Hou, 2017b) اما به طور کلی این تحقیق نشان داد تغییرات رنگ در تمامی نمونه‌ها به اندازه ای بود که از لحاظ ظاهری با چشم قابل رویت نیست. که نتایج کلی بدست آمده از لحاظ غیر قابل تشخیص بودن تغییرات رنگ ظاهری با چشم در تطابق با نتایج بدست آمده در بررسی شاخص‌های رنگی آب گریپ فروت، لیمو کاستوری و پرتقال بود (Aadil *et al*., 2013; Bhat *et al*., 2011).

- ویتامین ث، ترکیبات فنلی ، فلاونوئیدهاو فعالیت آنتی اکسیدانی

ویتامین ث به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی به عنوان یکی از ترکیبات موثر در جلوگیری از بیماری‌های مزمن مورد توجه است (Marín *et al*., 2002). تحقیقات نشان می‌دهد افزایش دما و اکسیژن باعث تجزیه این ترکیب خواهد شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که در نمونه پاستوریزه شده به طور قابل ملاحظه‌ای مقداراین ترکیب کاهش یافته است. اما مقدار آن با افزایش زمان فرآیند فراصوت افزایش داشته است. اگر چه تحقیقات پیشین برروی برخی آب میوه ها نشان دادکه تیمار فراصوت باعث کاهش میزان ویتامین ث در آب میوه ها شده است اما این تحقیق در تطابق با نتایج بررسی انجام شده برروی آب میوه گواوا (Cheng *et al*., 2007)، آب گریپ فروت (Aadil *et al*., 2013) و آب لیموکاستوری (Bhat *et al*., 2011) است در این تحقیقات محققین نشان دادند که تیمار فراصوت باعث افزایش معنی‌داری در مقدار ویتامین ث این میوه ها شده است. که با توجه به اینکه یکی از فاکتورهای تجزیه کننده ویتامین ث اکسیژن است حذف اکسیژن و آزاد سازی بهتر این ویتامین از ذرات کلوئیدی به دورن محلول کلوئیدی آب میوه در اثر فرآیند کاویتاسیون می‌تواند دلیل این افزایش باشد (Aadil *et al*., 2013). نتایج نشان می-دهد که تیمار فراصوت به دلیل حفظ و افزایش این ترکیب می‌تواند باعث افزایش خواص تغذیه‌ای آب میوه شود.

ترکیبات فنلی به دلیل نقش قابل ملاحظه‌ای که در کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های فیزیولوژی در انسان دارد برای سلامت انسان مهم و مفید هستند. این ترکیبات به دماهای بالا حساس هستند (Apak *et al*., 2016). فرآیند پاستوریزاسیون به طور قابل ملاحظه‌ای ($p<0.05$) باعث کاهش و تیمار فراصوت باعث افزایش این ترکیبات در آب لیموترش شده است .نتایج مشابهی از تاثیر حرارت بر روی ترکیبات فنلی آب بائوباب (Tembo *et al*., 2017) و سایر مرکبات (Brasili *et al*., 2017) توسط محققین بدست آمده است. همچنین افزایش ترکیبات فنل و فلاونوئیدها طی فرآیند فراصوت برای میوه‌های مانند بلوبری، انبه و آب هندوانه مشاهده شده است (Sattar *et al*., 2019). که دلیل آن شکستن دیواره‌های سلولی در اثر پدیده کاویتاسیون و افزایش آزاد سازی ترکیبات فنلی باند شده

است (Chen *et al.*, 2013) .پلی فنل‌ها یکی از مهم‌ترین ترکیبات در حفظ کیفیت آب میوه‌ها است بنابراین فرآیندی که بیشترین مقدار این ترکیبات را در آب میوه حفظ کند به عنوان روش فرآوری مناسب پیشنهاد می‌شود (Sattar *et al.*, 2019) که در این مطالعه استفاده از روش فراصوت جهت حفظ و افزایش این ترکیبات پیشنهاد می‌گردد.

در میوه‌ها و سبزیجات بخصوص آب مرکبات ترکیبات فنلی و ویتامین ث از ترکیبات اصلی موثر در میزان درصد مهار کنندگی رادیکال‌های آزاد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هستند. ترکیبات آنتی‌اکسیدان ظرفیت به‌دام انداختن رادیکال‌های آزادی که باعث آسیب به بدن می‌شود را دارد و باعث کاهش خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از فشار اکسیداتیو می‌شوند (ZOU & HOU, 2017a). نتایج بررسی تاثیر فرآیند حرارتی و تیمار فراصوت برروی ظرفیت به دام انداختن رادیکال های آزاد آب لیمو ترش نشان می-دهد که فرآیند حرارتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ی این فاکتورها شده از طرفی تیمار فراصوت منجر به افزایش مقدار این فاکتور شده است. از آنجا که محققین نشان دادندکه مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی رابطه مستقیم با میزان پلی فنل در آب میوه و سبزیجات دارد از طرفی تیمار فراصوت طی فرآیند کاویتاسیون منجر به شکسته شدن دیواره سلولی و آزاد سازی بهتر ترکیبات پلی فنلی می‌شود و باعث افزایش میزان پلی فنل در این آب میوه شده است. بنابراین این افزایش در میزان پلی فنل‌ها در آب میوه‌های تیمار شده با فراصوت در تطابق با افزایش معنی‌دار میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آب لیموترش بود (Bhat *et al.*, 2011). نتایج تحقیقات برروی آب گریپ فروت (Aadil *et al.*, 2013)، بلوبری (Mohideen *et al.*, 2015) و هلو نشان داد که افزایش زمان تیمار فراصوت باعث افزایش معنی‌داری در میزان فعالیت آنتی اکسیدانی این آب میوه‌ها شده است این تحقیقات نشان دادند که افزایش فعایت آنتی‌اکسیدانی یکی از مهمترین مزایای تیمار فراصوت است. (Sattar *et al.*, 2019). نتایج بدست آمده در خصوص تاثیر تیمار فراصوت برآب لیمو ترش در تطابق با این تحقیقات است همچنین محققین تاثیر فرآیند پاستوریزاسیون و تیمار فراصوت را برروی فعالیت آنتی-اکسیدانی آب هلو مقایسه کردند (Sattar *et al.*, 2019). و علت کاهش معنی دار فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آب هلو طی فرآیند پاستوریزاسیون را حساس بودن ترکیبات پلی‌فنلی و ویتامین ث به حرارت عنوان کردند. این نتایج نیز با نتایج بدست آمده در این تحقیق مطابق است.

نتیجه گیری

در این پژوهش تاثیر روش معمول پاستوریزاسیون و تیمار فراصوت برروی فاکتورهای کیفی آبلیموترش جهرمی در مقایسه با نمونه آب لیمو تازه مورد بررسی قرار گرفت به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد تیمار حرارتی وتیمار فراصوت تاثیری برروی اسیدیته، بریکس و pH ندارند. اما در خصوص عدد ابری شدن و هدایت الکتریکی فراصوت باعث افزایش مقدار این دو فاکتور شد. همچنین نتایج نشان داد فرآیند حرارتی باعث کاهش ترکیبات آنتی اکسیدانی و خاصیت آنتی اکسیدان آب لیموترش در مقایسه با آب لیمو ترش تازه شد. اما تیمار فراصوت باعث افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار این ترکیبات شد. این تحقیق نشان داد فراصوت می تواند به دلیل برتری در حفظ و نگهداری ترکیبات مغذی جایگزین خوبی برای روش پاستوریزاسیون معمول باشد. با توجه به این برتری پیشنهاد می‌گردد تاثیر این فرآیند در کاهش بارمیکروبی این فراورده نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

Aadil, R. M., Zeng, X. A., Han, Z. & Sun, D. W. (2013). Effects of ultrasound treatments on quality of grapefruit juice. Food Chemistry, 141(3), 3201-3206.

Abid, M., Jabbar, S., Hu, B., Hashim, M. M., Wu, T., Lei, S. & Zeng, X. (2014). Thermosonication as a potential quality enhancement technique of apple juice. Ultrasonics Sonochemistry, 21(3), 984-990.

Aghajanzadeh, S., Kashaninejad, M. & Ziaiifar, A. M. (2016). Effect of infrared heating on degradation kinetics of key lime juice physicochemical properties. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 38, 139-148.

Anon. (2007). Fruit juices – Test methods. Institute of standard and industrial research of Iran. No 2685 [In Persian].

Anon. (2008). Foodstuffs – Determination of vitamin C by HPLC. Institute of standard and industrial research of Iran. No 11243 [In Persian].

Anon. (2014). Lime/Lemon Juice- Specifications and test methods. Institute of standard and industrial research of Iran. No 117 [In Persian].

Anon. (2016). Juice and its products - Determination of Hesperidin by high performance liquid chromatography -Test method. Institute of standard and industrial research of Iran. No 20804 [In Persian].

Anon. (2016). J Fruit juices and vegetable juices - Determination of glucose, fructose and sucrose by high performance liquid chromatography -Test method. No 20803 [In Persian].

Apak, R. A., Özyürek, M., Güçlü, K. & Çapanoğlu, E. (2016). Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 64(5), 997-1027.

Bhat, R. & Goh, K. M. (2017). Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. Food Chemistry, 215, 470-476.

Bhat, R., Kamaruddin, N. S. B. C., Min-Tze, L. & Karim, A. A. (2011). Sonication improves kasturi lime (Citrus microcarpa) juice quality. Ultrasonics Sonochemistry, 18(6), 1295-1300.

Brasili, E., Chaves, D. F. S., Xavier, A. A. O., Mercadante, A. Z., Hassimotto, N. M. & Lajolo, F. M. (2017). Effect of pasteurization on flavonoids and carotenoids in Citrus sinensis (L.) Osbeck cv.'Cara Cara'and 'Bahia'juices. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65(7), 1371-1377.

Chen, Y., Yu, L. J. & Rupasinghe, H. V. (2013). Effect of thermal and non-thermal pasteurisation on the microbial inactivation and phenolic degradation in fruit juice: A mini-review. Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(5), 981-986.

Cheng, L. H., Soh, C. Y., Liew, S. C., & Teh, F. F. (2007). Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. Food Chemistry, 104(4), 1396-1401.

del Socorro Cruz-Cansino, N., Ramírez-Moreno, E., León-Rivera, J. E., Delgado-Olivares, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J. A. & Jaramillo-Bustos, D. P. (2015). Shelf life, physicochemical, microbiological and antioxidant properties of purple cactus pear (Opuntia ficus indica) juice after thermoultrasound treatment. Ultrasonics Sonochemistry, 27, 277-286.

Hu, J., Ge, S., Huang, C., Cheung, P. C., Lin, L., Zhang, Y. & Huang, X. (2018). Tenderization effect of whelk meat using ultrasonic treatment. Food science & nutrition, 6(7), 1848-1857.

Kelebek, H., Canbas, A. & Selli, S. (2008). Determination of phenolic composition and antioxidant capacity of blood orange juices obtained from cvs. Moro and Sanguinello (Citrus sinensis (L.) Osbeck) grown in Turkey. Food Chemistry, 107(4), 1710-1716.

Khouloud, A., Abedelmalek, S., Chtourou, H. & Souissi, N. (2018). The effect of Opuntia ficus-indica juice supplementation on oxidative stress, cardiovascular parameters, and biochemical markers following yo-yo Intermittent recovery test. Food Science & Nutrition, 6(2), 259-268.

Liao, H., Zhu, W., Zhong, K. & Liu, Y. (2020). Evaluation of colour stability of clear red pitaya juice treated by thermosonication. LWT-Food Science and Technology, 121, 108997.

Lorente, J., Vegara, S., Martí, N., Ibarz, A., Coll, L., Hernández, J. & Saura, D. (2014). Chemical guide parameters for Spanish lemon (Citrus limon (L.) Burm.) juices. Food Chemistry, 162, 186-191.

Marín, F. R., Martinez, M., Uribesalgo, T., Castillo, S. & Frutos, M. J. (2002). Changes in nutraceutical composition of lemon juices according to different industrial extraction systems. Food Chemistry, 78(3), 319-324. d

Mohideen, F. W., Solval, K. M., Li, J., Zhang, J., Chouljenko, A., Chotiko, A. & Sathivel, S. (2015). Effect of continuous ultra-sonication on microbial counts and physico-chemical properties of blueberry (Vaccinium corymbosum) juice. LWT-Food Science and Technology, 60(1), 563-570.

Movahednejad, M. H. & Khoshtaghaza, M. H. (2011). Evaluation of some physical properties of jahromi lime. Food Science and Technology, 8(33), 61-68[In Persian].

Nadeem, M., Ubaid, N., Qureshi, T. M., Munir, M. & Mehmood, A. (2018). Effect of ultrasound and chemical treatment on total phenol, flavonoids and antioxidant properties on carrot-grape juice blend during storage. Ultrasonics Sonochemistry, 45, 1-6.

Nguyen, C. L. & Nguyen, H. V. (2018). Ultrasonic Effects on the Quality of Mulberry Juice. Beverages, 4(3), 56.

Ordóñez-Santos, L. E., Martínez-Girón, J. & Arias-Jaramillo, M. E. (2017). Effect of ultrasound treatment on visual color, vitamin C, total phenols, and carotenoids content in Cape gooseberry juice. Food Chemistry, 233, 96-100.

Sattar, S., Imran, M., Mushtaq, Z., Ahmad, M. H., Holmes, M., Maycock, J. & Muhammad, N. (2019). Functional quality of optimized peach-based beverage developed by application of ultrasonic processing. Food science & nutrition, 7(11), 3692-3699.

Simsek, A., Poyrazoglu, E. S., Karacan, S. & Velioglu, Y. S. (2007). Response surface methodological study on HMF and fluorescent accumulation in red and white grape juices and concentrates. Food Chemistry, 101(3), 987-994.

Stanic-Vucinic, D., Prodic, I., Apostolovic, D., Nikolic, M. & Cirkovic Velickovic, T. (2013). Structure and antioxidant activity of β-lactoglobulin-glycoconjugates obtained by high-intensity-ultrasound-induced Maillard reaction in aqueous model systems under neutral conditions. Food Chemistry, 138(1), 590-599.

Tembo, D. T., Holmes, M. J. & Marshall, L. J. (2017). Effect of thermal treatment and storage on bioactive compounds, organic acids and antioxidant activity of baobab fruit (Adansonia digitata) pulp from Malawi. Journal of Food Composition and Analysis, 58, 40-51.

Tiwari, B., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. & Cullen, P. (2008). Effects of sonication on the kinetics of orange juice quality parameters. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(7), 2423-2428. Tiwari, B., O'Donnell, C. & Cullen, P. (2009). Effect of sonication on retention of anthocyanins in blackberry juice. Journal of Food Engineering, 93(2), 166-171.

Tiwari, B., O'Donnell, C., Patras, A. & Cullen, P. (2008). Anthocyanin and ascorbic acid degradation in sonicated strawberry juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(21), 10071-10077.

Tiwari, B. K., Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P. & Cullen, P. J. (2008). Colour degradation and quality parameters of sonicated orange juice using response surface methodology. LWT - Food Science and Technology, 41(10), 1876-1883.

Zou, Y. & Hou, X. (2017a). Sonication enhances quality and antioxidant activity of blueberry juice. Food Science and Technology, 37, 599-603.

Zou, Y. & Hou, X. (2017b). Sonication enhances quality and antioxidant activity of blueberry juice. Food Science and Technology, 37(4), 599-603.

Zou, Y. & Jiang, A. (2016). Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. Food Science and Technology, 36(1), 111-115.

Food Technology & Nutrition / Winter 2021 / Vol. 18 / No.1

Effects of Ultrasound Treatments on Color, Antioxidant Compounds, Sugar Profile of Jahrom Lime Juice

Z. Alaei Roozbahani

Department of Food Science and Technology, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran

Received: 6 October 2020 Accepted: 10 November 2020

Abstract

Introduction: Concerning the increase of consumers' knowledge about health and nutrition, consumers, along with increasing the shelf life of food products, want to maintain the original quality of the processed product. Sonication might be recognized as a potential technique to improve improvement in the quality of fruit juices.

Materials and Methods: The influence of thermal treatment and sonication on Physicochemical properties (°Brix, pH, electrical conductivity, cloud value and acidity), colour values, antioxidant compounds and activity (total phenolics, ascorbic acid, flavonoids, free radical scavenging activity), sugar profile, browning index and 5-hydroxymethylfurfural content were investigated.

Results: The results indicated that conventional pasteurization and sonication treatment did not show any significant changes in pH, acidity value, Brix, sugar and 5-HMF contents of juice, and however, a rise in cloud value and electrical conductivity and browning index were observed under all processing conditions. The thermal treatment caused the decrement in the bioactive compounds and antioxidants activity whereas sonication treatment for 90 min increased the maximum activity of bioactive compounds and antioxidants as compared to other treatment conditions and control. Some differences in all the colour values were also observed.

Conclusion: thermal treatment causes decline in quality parameters of lime juice, whereas the significant increment in bioactive compounds and antioxidant activity was observed in juice samples after being exposed to sonication treatment. Therefore, ultrasound treatment might be considered as a good alternative to the thermal treatment in beverage industry.

Keywords: *Antioxidant Activity, Lime Juice, Pasteurization, Sugar Profile, Ultrasonic.*

* Corresponding Author: z.alaei@standrd.ac.ir

علوم غذایی و تغذیه / زمستان ۱۳۹۹ / سال هجدهم / شماره ۱