Food Hygiene, Vol. 11, No. 44, Winter 2021

"Research article" **DOI: 10.30495/JFH.2022.1948677.1336**

Comparison of the effect of ultrasonic and thermal pasteurization on total phenol content and microbial load of sour cherry juice

Noorisefat, F.[1], Nateghi, L.[2*], Zarei, H.[3]

1. M.Sc. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
3. Assistant Professor, Department of Basic Sciences, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding author: leylanatheghi@iauvaramin.ac.ir

(Received: 2022/1/1 Accepted: 2022/5/1)

Abstract

Non-thermal methods can be used to reduce the adverse effects of conventional thermal pasteurization on food. The purpose of this study was to investigate the ultrasound method regarding the effect of the three variables of ultrasound power (10, 105, and 200 watts), ultrasound temperature (0, 30, and 60 °C), and ultrasound duration (2, 6 and 10 min) on microbial load as well as total phenol content of sour cherry juice. According to the results, the most effective treatment in preserving the quality characteristics and the highest phenol content of all sour cherry juice samples was the pasteurized treatment by ultrasonic method with 10-watt power, 0 °C, and 6 min. It was assumed that by increasing the ultrasound power from 10 to 200 watts, the ultrasound temperature from 0 to 60 °C, and the ultrasound duration from 2 to 10 min, the total microbial count and the populations of coliforms, and mold and yeast decreased significantly ($p < 0.05$) in the pasteurized cherry juice. Ultrasound pasteurization of cherry juice at the power of 109 watts, 60 °C and 9.5 min had the best results in terms of preserving phenolic compounds and reducing microbial load. The results revealed no significant difference between the microbial load of pasteurized cherry juice with the two methods. In terms of bioactive compounds and quality properties, the optimal ultrasonic treatment was more favorable than the pasteurized sample at 90 °C for 30 seconds.

Conflict of interest: None declared.

Key words: Cherry Juice, Ultrasound, Total phenol, Microbial properties

«مقاله پژوهشی» DOI: 10.30495/JFH.2022.1948677.1336

مقایسه اثر پاستوریزاسیون فراصوت و حرارتی بر میزان فنل کل و بار میکروبی آب آلبالو

فاطمه نوری صفت[۱]، لیلا ناطقی[۲*]، حامد زارعی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران
۳. استادیار گروه علوم پایه، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
*نویسنده مسئول مکاتبات: leylanatheghi@iauvaramin.ac.ir
(دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۲/۱۱)

چکیده

برای کاهش اثرات منفی پاستوریزاسیون حرارتی متداول بر مواد غذایی می‌توان از روش‌های غیرحرارتی استفاده نمود. لذا هدف از این پژوهش بررسی روش غیرحرارتی فراصوت و تأثیر سه متغیر قدرت فراصوت (۱۰، ۱۰۵ و ۲۰۰ وات)، دمای فراصوت (صفر، ۳۰ و ۶۰ درجه سلسیوس) و زمان فراصوت (۲، ۶ و ۱۰ دقیقه) بر میزان بار میکروبی و فنل کل آب آلبالو بود. طبق نتایج، موثرترین تیمار در حفظ خصوصیات کیفی و بالاترین میزان فنل کل نمونه‌های آب آلبالو، تیمار پاستوریزه شده به‌روش فراصوت با قدرت ۱۰ وات، دمای ۰ درجه سلسیوس و زمان ۶ دقیقه به‌دست آمد. با افزایش قدرت فراصوت از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ۶۰ درجه سلسیوس و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه شمارش کلی و میزان کلی‌فرم و کپک و مخمر در آب آلبالوهای پاستوریزه شده به‌صورت معناداری ($p < ۰/۰۵$) کاهش یافت. پاستوریزاسیون آب آلبالو به‌روش فراصوت با قدرت ۱۰۹ وات، دمای ۶۰ درجه سلسیوس و زمان ۹/۵ دقیقه بهترین نتایج را، از نظر حفظ ترکیبات فنلی و کاهش بار میکروبی، داشت. نتایج نشان داد اختلاف معناداری بین میزان بار میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده با دو روش مذکور مشاهده نگردید. از نظر ترکیبات زیست‌فعال و خواص کیفی، تیمار بهینه فراصوت مطلوب‌تر از نمونه پاستوریزه شده در دمای ۹۰ سلسیوس به‌مدت ۳۰ ثانیه بود.

واژه‌های کلیدی: آب آلبالو، فراصوت، فنل کل، بار میکروبی

مقدمه

آلبالو یکی از میوه‌های مناطق معتدله است و به خانواده *Rosaceae* تعلق دارد. این میوه منبع بسیار خوبی از آنتی‌اکسیدان، آنتوسیانین، ترکیبات فنولی و مالتونین است. این ترکیبات دارای خواص ضداکسایشی بوده که می‌توانند رادیکال‌های آزاد ناپایدار مرتبط با ایجاد تعدادی از بیماری‌ها همچون سرطان، بیماری قلبی و عروقی و مرتبط با سن نظیر آلزایمر را خنثی کنند (Patras *et al*., 2010). از این رو میوه‌های رنگی به‌علت حضور ترکیبات فعال زیستی نقش اساسی و حیاتی را در رژیم غذایی انسان بازی می‌کند (Rawson *et al*., 2011). از جمله ترکیبات زیست‌فعال مانند کاروتنوئیدها، فلاونوئیدها، ترکیبات فنولی، ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و ویتامین‌ها است. پلی فنل‌ها، به‌وسیله توانایی‌شان در الکترون‌دهی و شلاته کردن فلزات، دامنه وسیعی از خواص بیولوژیک را در حفظ سلامتی ایفا می‌کنند (Ramful *et al*., 2011).

در حال حاضر، پاستوریزاسیون حرارتی روش رایج برای فرآوری آب آلبالو است. پاستوریزاسیون باعث ثبات و پایداری میکروبیولوژیکی و افزایش طول عمر محصول می‌شود (Fratianni *et al*., 2010). با این وجود، پاستوریزاسیون حرارتی در دماهای بالاتر از ۱۹ درجه سیلسیوس باعث تغییرات نامطلوبی در خواص مختلف آبمیوه‌ها از جمله خواص فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و ارگانولپتیک همچون مواد مغذی نظیر فلاوونوئیدها و کاروتنوئیدها، رنگ، طعم و مقبولیت بو در آب میوه می‌شوند (Pena *et al*., 2016).

افزایش تقاضا و تشدید قوانین غذایی، تکنیک‌های مرسوم فرآوری مواد غذایی کارایی خود را از دست داده‌اند که باعث پیدایش تکنولوژی‌های جدید و قوی‌تر شده است. برای کاهش اثرات منفی روش حرارتی پاستوریزاسیون می‌توان از روش‌های دیگری استفاده نمود که توانایی از بین بردن میکروارگانیسم‌ها را دارا باشند. در این راستا می‌توان به‌روش‌های غیرحرارتی از جمله روش‌های پاستوریزه کردن توسط فشار هیدرواستاتیک بالا، میدان الکتریکی و امواج فراصوت اشاره نمود (Alvarez-Lo´pez *et al*., 2003).

فراصوت یکی از تکنولوژی‌های جدید قابل قبول است که اثر تخریب کمی بر مواد فعال زیستی دارد. فراصوت یک تکنیک غیرمخرب، ساده و سریع برای حفظ خصوصیات کیفی میوه‌ها است. تکنولوژی فراصوت تولید آبمیوه‌هایی با کیفیت بالاتر از نظر حفظ ترکیبات فعال زیستی و ویژگی‌های حسی در مقایسه با آب‌میوه‌های تیمار شده با گرما را موجب می‌گردد (Aguilar *et al*., 2017). در روش اعمال امواج فراصوت، غیرفعال‌سازی میکروارگانیسم‌ها می‌تواند با اثر مکانیسم حفره‌زایی توسط فراصوت توجیه گردد. حباب‌های گاز تشکیل شده در محیط مایع در سرتاسر مایع منتشر می‌شوند. این حباب‌ها بزرگتر شده و به‌فرم ناپایداری در می‌آیند و سپس شروع به تخریب دیواره میکروب‌ها می‌کنند. فشار و دمای بالای ایجاد شده در محیط مایع در اثر فرآیند حفره‌زایی در دوره کوتاهی پایان می‌یابد. با این حال، این عوامل قادرند به غشای سیتوپلاسمی آسیب وارد کنند. فشار بالای ایجاد شده در اثر درهم فروریزی حباب‌ها، دلیل اصلی غیرفعال شدن میکروب‌ها است (Mohideen *et al*., 2015).

محققین کاهش ۹ درصدی محتوای آنتوسیانینی شاه‌توت را در دامنه ۱۹۹ درصد و ۱۹ دقیقه فراصوت

مشاهده کردند که ثبات و پایداری بالای آنتوسیانین‌های شاه‌توت را نسبت به تیمار سونیکاسیون نشان داد (Tiwari *et al.*, 2009). در پژوهش دیگری اثر امواج فراصوت روی آب پرتقال و سیب نشان داد امواج فراصوت به‌تنهایی قادر به کاهش ۵ واحد لگاریتمی جمعیت میکروبی در شدت‌های بالای فراصوت و مدت ۱۵ دقیقه بوده است (Patil *et al.*, 2009).

اثر فراصوت و پاستوریزاسیون در محتوای آنتوسیانینی توت‌فرنگی بررسی شد. محتوای آنتوسیانینی بعد از پاستوریزاسیون نسبت به آبمیوه تیمار نشده کاهش ۵/۸-۵/۳ درصدی نشان داد و بعد از تیمار فراصوت در حرارت‌های ۴۰-۲۰ درجه سیلسیوس تخریب آنتوسیانین نسبت به آبمیوه تیمار نشده، به‌طور کلی کمتر بود و حداکثر ٤/٤ درصد گزارش گردید و تنها در تیمار با دمای ۵۵ درجه سیلسیوس فراصوت و زمان طولانی، کل محتوای آنتوسیانینی نسبت به آبمیوه تیمار نشده کاهش ۷/۱ تا ۵/۸ درصدی را داشت که حتی بیشتر از پاستوریزاسیون بود (Dubrovic *et al.*, 2011).

با توجه به تولید بالای آلبالو در ایران و تولید قابل‌ملاحظه آب آلبالو در صنعت آبمیوه، هدف از این پژوهش ارزیابی میزان فنل کل و بار میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت و مقایسه آن با تیمار حرارتی بود.

مواد و روش‌ها

- مواد

مواد مصرفی شامل فولین سیو کالتیو، کربنات سدیم، محیط کشت پلیت کانت آگار، محیط کشت آبگوشت لوریل سولفات تریپتوز، محیط کشت برلیانت گرین لاکتوز بایل براث، محیط کشت عصاره مخمر-دکستروز-کلرامنفیکل آگار از شرکت مرک (Merck, Germany)، تهیه شدند.

-تهیه آب آلبالو

آلبالوی تازه از بازار محلی تهیه شد و پس از جدا کردن میوه‌های آسیب دیده و فاسد شسته شدند. آب‌گیری توسط آبمیوه‌گیر آزمایشگاهی (National, Japan) انجام شد. آبمیوه حاصل توسط سانتریفوژ (Germany ،Hettich D-7200) با سرعت ۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۰ دقیقه جهت جداسازی فاز جامد از مایع تحت سانتریفوژ قرار گرفت. آبمیوه شفاف از کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد و ناخالصی‌ها به‌طور کامل جدا شدند. سپس آبمیوه حاصل تحت تیمارهای مورد نظر قرار گرفت. آبمیوه تولید شده به‌عنوان تیمار شاهد (بدون حرارت و فرا صوت) در نظر گرفته شد.

-تیمار پاستوریزاسیون

نمونه‌ها به مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر در ارلن شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری با درپوش آلومینیومی در اتوکلاو ۹۰ درجه سلسیوس (دمای بهینه پاستوریزاسیون مورد استفاده در کارخانه) به‌مدت ۳۰ ثانیه پاستوریزه شدند (Rupasinghe and Yu, 2012).

- فراصوت آب آلبالو

سیستم فراصوت ۱۲۵ وات (Q- Sonica,America) با یک پروب ۱۲ میلی‌متری برای فراصوت استفاده شد. نمونه‌ها مطابق با جدول (۱) در یک فرکانس ثابت ۲۰ کیلوهرتزی فرآوری شدند. انرژی ورودی توسط تنظیم دامنه پروب فراصوت کنترل شد. نمونه‌های آب آلبالو در

فراصـوت حرارتی تا دمای ٦٠ درجه سلسیوس حرارت داده شـــدند و دمای ســـیرکولاســـیون در ٢±٦٠ درجه سـلسیوس تنظیم شد. نمونه‌های بدون تیمار حرارتی در آب با دمای ٠/٥±٢٥ درجه سـلسیوس در حال سیرکوله گذاشته شدند. پروپ فراصوت در کلیه نمونه‌ها در عمق ٢٥ میلی‌متری در نمونه‌ها فرو برده شـــد. تمام تیمارهای فراصوت در ٣ تکرار انجام شد.

جدول (١)- تیمارهای مورد مطالعه با متغیرهای مستقل دما (**X1**)، زمان (**X2**)، توان فراصوت (**X3**) به‌روش سطح پاسخ (باکس بنکن)

تیمار	دما (°C)	زمان (Min)	توان فراصوت (Wat)
شاهد	٩٠	٣٠s	٠
١	٠	٢	١٠٥
٢	٦٠	٢	١٠٥
٣	٠	١٠	١٠٥
٤	٦٠	١٠	١٠٥
٥	٠	٦	١٠
٦	٦٠	٦	١٠
٧	٠	٦	٢٠٠
٨	٦٠	٦	٢٠٠
٩	٣٠	٢	١٠
١٠	٣٠	١٠	١٠
١١	٣٠	٢	٢٠٠
١٢	٣٠	١٠	٢٠٠
١٣	٣٠	٦	١٠٥
١٤	٣٠	٦	١٠٥
١٥	٣٠	٦	١٠٥

- محتوی فنل کل

محتوی فنل کل مطابق با روش فولین سیوکالتو (Gonçalves, *et al*., 2010) با اندکی تغییر اندازه‌گیری شد. بدین منظور ٠/٥ میلی‌لیتر از هـر نمونه بـا ٢/٥ میلی‌لیتر واکنشگر ٠/٢ نرمال فولین سیو کالتیو در لوله آزمایش مخلـوط شد و به‌مدت ٥ دقیقه هـم زده شد. سـپس ٢ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم با غلظـت ٧/٥ درصد وزنی/حجمی به محتوای لوله آزمایش اضافه گردید. لوله‌های آزمایش به خوبی هم‌زده شدند و درون حمام آب ٤٥ درجه سلسیوس به‌مدت ١٥ دقیقه قرار داده شدند. پس از گذشت ١٥ دقیقه جذب نمونه‌ها توسط دســـتگاه اســـپکتروفتومتر مـــاوراء بنفش (UV2100, US) در طول موج ٧٦٥ نـــانومتر انـــدازه‌گیـــری گردید. برای رسم منحنی استاندارد گالیک اسید (GAE)، محلول پایه‌ای از اسید گالیک استاندارد با غلظت ١٠٠ میکروگرم بر میلی‌لیتر تهیه گردید سپس از این محلول پایه غلظت‌های مختلف ٤-٠/٤ میلی‌گرم در میلی‌لیتر آماده گردید و پس از انجام مراحل مختلف مطابق با روش ذکر

شده در بالا میزان جذب نمونه‌ها توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد و منحنی کالیبراسیون گالیک اسید رسم شد. با قرار دادن میزان جذب هر یک از نمونه‌ها در معادله خطی به‌دست آمده از منحنی استاندارد گالیک اسید میزان فنل کل موجود در نمونه‌ها بر حسب معادل میلی‌گرم گالیک اسید در لیتر نمونه گزارش شد.

- آزمون‌های میکروبی

آزمون شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران، با استفاده از پلیت کانت آگار (Plate count agar) و پورپلیت به‌مدت ۷۲ ساعت و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس انجام شد (ISIRI, 5272/2007). شمارش کلی‌فرم‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران در ابتدا با محیط آبگوشت لوریل سولفات تریپتوز (Lauryl sulfate tryptose broth) به‌مدت ٢٤ یا ٤٨ ساعت گرمخانه‌گذاری شد و سپس با استفاده از محیط کشت تائیدی برلیانت گرین لاکتوز بایل براث (Brilliant green lactose bile broth) به‌مدت ٢٤ تا ٤٨ ساعت و در دمای ۳۷ درجه سلسیوس انجام شد (ISIRI, 11166/2008). شمارش کپک و مخمر مطابق استاندارد ملی ایران و محیط کشت عصاره مخمر-دکستروز-کلرامنفیکل آگار به‌مدت ۳ تا ۵ روز در ۲۵ درجه سلسیوس انجام شد (ISIRI, 10899-1/2008).

- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با کمک نرم افزار مینی‌تب ١٦ (Minitab) با ۹۵ درصد اطمینان استفاده شد. با توجه به سه متغییر مستقل زمان، دما و توان فراصوت ۱۵ تیمار به همراه یک تیمار شاهد (پاستوریزاسیون به‌روش حرارتی) طراحی گردید.

یافته‌ها

-نتایج آنالیز واریانس و مدل پیش‌بینی شده میزان فنل کل، شمارش کلی میکروارگانیسم، کلی‌فرم و کپک و مخمر آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت

نتایج آنالیز واریانس و مدل پیش‌بینی شده بر میزان فنل کل، شمارش کلی میکروارگانیسم، کلی‌فرم و کپک و مخمر به‌روش فراصوت در شرایط مختلف دما، زمان و توان فراصوت انجام شد که نتایج آن‌ها به ترتیب در جداول (۲) و (۳) گزارش شده است. مطابق با نتایج جدول (۲) مطابق با نتایج اثرات خطی، مربعی و اثرات متقابل قدرت فراصوت، دما و زمان فراصوت بر میزان ترکیبات فنل کل آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود و تنها اثر متقابل دمای فراصوت × زمان فراصوت بر میزان ترکیبات فنلی آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت معنی‌دار نبود ($P>$۰/۰۵). همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌گردد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده فنل کل (R-Sq =۹۸/۹۵) و ضریب تبیین اصلاح شده آن R-Sq(adj)= ۹۷/۰۷ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود.

جدول (۲)- نتایج آنالیز واریانس میزان فنل کل (mg GAE/l)، شـمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر (log CFU/ml) آب آلبالو پاسـتوریزه شـده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف (قدرت، دما و زمان)

منبع تغییرات	فنل کل		شمارش کلی میکروارگانیسم		کلی‌فرم		کپک و مخمر	
	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value
ثابت رگرسیون	۵۲/۴۵	۰/۰۰۰*	۳۰۴/۷۴۰۰	۰/۰۰۰*	۱۲۵۹/۴۳۰	۰/۰۰۰	۲۲۰/۰۵۰	۰/۰۰۰*
اثرات خطی	۱۳۵/۵۱	۰/۰۰۰*	۸۰۰/۱۷۰۰	۰/۰۰۰*	۳۱۱۵/۸۶۰	۰/۰۰۰	۵۷۵/۹۳۰	۰/۰۰۰*
قدرت (a)	۲۶۵/۱	۰/۰۰۰*	۱۸۹۶/۰۷۰۰	۰/۰۰۰*	۸۰۶۴/۸۶۰	۰/۰۰۰	۱۴۴۵/۰۰۰	۰/۰۰۰*
دما (b)	۱۳۳/۸۵	۰/۰۰۰*	۴۷۴/۰۲۰۰	۰/۰۰۰*	۱۲۰۵/۳۶۰	۰/۰۰۰	۲۶۸/۸۹۰	۰/۰۰۰*
زمان (c)	۱۶/۵۹	۰/۰۱۰*	۳۰/۴۲۰۰	۰/۰۰۳۰*	۷۷/۳۶۰	۰/۰۰۰	۱۳/۸۹۰	۰/۰۱۴*
اثرات درجه دوم	۱۳/۹۱	۰/۰۰۷*	۹۵/۱۳۰۰	۰/۰۰۰*	۵۶۴/۴۴۰	۰/۰۰۰	۷۶/۵۵۰	۰/۰۰۰*
قدرت × قدرت (a^2)	۶/۴۴	۰/۰۴۲*	۲۷۶/۶۲۰۰	۰/۰۰۰*	۱۶۵۴/۳۳۰	۰/۰۰۰	۲۲۳/۱۴۰	۰/۰۰۰*
دما× دما (b^2)	۱۷/۹۸	۰/۰۰۸*	۷/۹۹۰۰	۰/۰۳۷۰*	۲۳/۲۵۰	۰/۰۰۵	۳/۱۴۰	۰/۱۳۷ ns
زمان × زمان (C^2)	۲۳/۰۳	۰/۰۰۵*	۱/۲۵۰۰	۰/۳۱۴۵ns	۷/۴۳۰	۰/۰۴۲	۱/۶۰۰	۰/۲۶۱ ns
اثر متقابل	۷/۹۳	۰/۰۲۴*	۱۸/۹۳۰۰	۰/۰۰۴۰*	۹۸/۰۰۰	۰/۰۰۰	۷/۶۹۰	۰/۰۲۶*
قدرت × دما (a×b)	۱۰/۷۳	۰/۰۲۲*	۵۴/۶۱۰۰	۰/۰۰۱۰*	۲۶۷/۸۶۰	۰/۰۰۰	۲۲/۵۰۰	۰/۰۰۵*
قدرت × زمان (a×c)	۹/۴۴	۰/۰۲۸*	۰/۶۷۰۰	۰/۴۴۹۰ns	۱۰/۷۱۰	۰/۰۲۲	۰/۲۸۰	۰/۶۲۱ ns
دما × زمان (b×c)	۳/۶۲	۰/۱۱۵	۱/۵۲۰۰	۰/۲۷۳۰ns	۱۵/۴۳۰	۰/۰۱۱	۰/۲۸۰	۰/۶۲۱ ns
عدم برازش مدل	۳۸۰/۲۹	۰/۰۷۳	۶/۷۵۰۰	۰/۱۳۲۰	۲/۲۵۰	۰/۳۲۲	۰/۱۱۳	۱/۱۵۰

جدول (۳)- معادله خط پیش‌بینی‌شـده میزان فنل کل، شمارش کلی میکروارگانیسم، کلی‌فرم و کپک و مخمر آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف

منبع	معادله خط	R^2	R^2-adj
فنل کل (mgGAE/l)	(a^2)-۰/۴۱۰۳(c)-۰/۴۴۷۶(b)-۱/۲۷۱۳(a)-۲۱۵۲/۷۵۸۵-۳۵/۱Y= (bc)۰/۲۹۵۷(ac)-۰/۴۷۷۴(ab)-۰/۵۰۹۱(c^2)-۰/۷۷۶۲(b^2)-۰/۶۸۶۰	٪ ۹۸/۹۵	٪ ۹۷/۰۷
شمارش کلی میکروارگانیسم (log CFU/ml)	(a^2)-۱۰/۵۴۱۷(c)-۲/۳۷۵۰(b)-۹/۳۷۵۰(a)-۶۶۶۷/۷۵۰۰-۱۰/۱۸Y= (bc)۰/۷۵۰۰(ac)-۰/۵۰۰۰(ab)-۴/۵۰۰۰(c^2)-۰/۷۰۸۳(b^2)-۱/۷۹۱۷	٪ ۹۹/۸۲	٪ ۹۹/۴۹
کلی‌فرم (log CFU/ml)	(b^2)-۱/۹۱۷(a^2)-۱۶/۱۶۷(c)-۲/۳۷۵(b)-۹/۳۷۵(a)-۶۶۷/۲۵۰-۹/۲۴Y= (bc)۱/۵۰۰(ac)-۱/۲۵۰(ab)-۶/۲۵۰(c^2)-۱۰/۰۸۳	٪ ۹۹/۹۶	٪ ۹۹/۸۸
کپک و مخمر (log CFU/ml)	(b^2)-۰/۸۷۵۰(a^2)-۷/۳۷۵(c)-۱/۲۵۰(b)-۵/۵۰۰(a)-۰۰۰/۷۵۰-۷/۱۲Y= (bc)۰/۲۵۰(ac)-۰/۲۵۰(ab)-۲/۲۵۰(c^2)-۰/۶۲۵	٪ ۹۹/۶۹	٪ ۹۹/۱۴

مطابق با نتایج آنالیز واریانس جدول (۲)، اثرات خطی قدرت فراصوت، دما و زمان فراصوت و اثرات مربعی قدرت و دمای فراصوت و همچنین اثرات متقابل قدرت فراصوت × دمای فراصوت بر میزان شمارش کلی آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) بود. اثرات مربعی زمان فراصوت و

اثرات متقابل قدرت فراصوت × زمان فراصوت و دمای فراصوت × زمان فراصوت بر میزان شمارش کلی آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت معنی‌دار نبود. مطابق با جدول (۳)، نتایج مدل پیش‌بینی شده روی میزان شمارش کلی میکروارگانیسم در آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت نشان داد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده (R-Sq = ۹۹/۸۲) و ضریب تبیین اصلاح شده آن R-Sq(adj) = ۹۹/٤۹ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود.

مطابق با نتایج آنالیز واریانس جدول (۲)، اثرات خطی، مربعی و متقابل قدرت، دما و زمان فراصوت بر میزان کلی‌فرم آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار (p < ۰/۰۵) بود. مطابق با جدول (۳)، نتایج مدل پیش‌بینی شده بر روی میزان کلی‌فرم در آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت نشان داد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده (R-Sq=۹۹/۹٦) و ضریب تبیین اصلاح شده آن R-Sq(adj)= ۹۹/۸۸ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود.

مطابق با نتایج آنالیز واریانس جدول (۲)، اثرات خطی قدرت، دما و زمان فراصوت و اثر مربعی قدرت فراصوت و اثر متقابل قدرت فراصوت × دمای فراصوت بر میزان کپک و مخمر آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف معنی‌دار (p < ۰/۰۵) بود. اثرات مربعی دما و زمان فراصوت و اثرات متقابل قدرت فراصوت × زمان فراصوت و دمای فراصوت × زمان فراصوت بر میزان کپک و مخمر آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت معنی‌دار نبود. مطابق با جدول (۳)، نتایج مدل پیش‌بینی شده بر روی میزان کپک و مخمر در آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت نشان داد ضریب تبیین مدل پیش‌بینی شده (R-Sq = ۹۹/٦۹) و ضریب تبیین اصلاح شده آن R-Sq(adj) = ۹۹/۱٤ به دست آمد که نشان‌دهنده برازش خوب مدل به داده‌های آزمایشی بود. همچنین با توجه به میزان فاکتور F اثر خطی قدرت فراصوت بیشترین تأثیر را در میزان فنل کل، شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت داشت.

- میزان فنل کل، شمارش کلی میکروارگانیسم، کلی‌فرم و کپک و مخمر آزمون شده و پیش‌بینی شده آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت

میزان فنل کل، شمارش کلی میکروارگانیسم، کلی‌فرم و کپک و مخمر آزمون شده و پیش‌بینی شده آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف (قدرت، دما و زمان) در جدول (٤) گزارش شده است. نتایج نشان داد که شرایط مختلف پاستوریزاسیون آب آلبالو به‌روش فراصوت (قدرت، دما و زمان) تأثیر قابل توجهی بر میزان فنل کل آب آلبالو داشت. به‌طوری که میزان فنل کل آب‌های آلبالو پاستوریزه شده از ۳۰/۷۹۳ میلی‌گرم گالیک اسید/ لیتر تا ۳٦/٤۲۷ میلی‌گرم گالیک اسید/ لیتر متغییر بود. مطابق با نتایج با افزایش قدرت فراصوت از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ٦۰ درجه سلسیوس و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه میزان فنل کل در آب آلبالو پاستوریزه شده به‌صورت معنی‌داری (p <۰/۰۵) کاهش یافت. به‌طوری‌که بالاترین میزان فنل کل ۳٦/٤۲۷ میلی‌گرم گالیک اسید/لیتر نمونه‌های آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در قدرت ۱۰ وات، دمای صفر درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه و پایین‌ترین میزان فنل کل ۳۰/۷۹۳ میلی‌گرم گالیک

اسید/ لیتر در قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ٦۰ درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه به‌دست آمد.

جدول (٤) میزان فنل کل، شمارش کلی میکروارگانیسم، کلی‌فرم و کپک و مخمر آزمون شده و پیش‌بینی شده آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط مختلف (قدرت، دما و زمان)

تیمار	فنل کل (mg GAE/l)		شمارش کلی (Log CFU/ml)		کلی‌فرم (Log CFU/ml)		کپک و مخمر (Log CFU/ml)	
	فنل کل آزمون	فنل کل پیش‌بینی	شمارش کلی	شمارش کلی	کلی‌فرم آزمون	کلی‌فرم پیش‌بینی	کپک و مخمر	کپک و مخمر پیش‌بینی شده
۱	۳۵/۲۰۰	۳۵/۲۱۵	۱	۱/۰۲۸	۱	۰/۹۸۵	۰/۸٤٥	۰/۸٤٥
۲	۳۵/۳۲۹	۳۵/۱۱٥	۱/٤٦۲	۱/٤٤٥	۱/٥٦۸	۱/٥٦۰	۱/۳۲۲	۱/۳۰٦
۳	۳۵/۸۷۸	۳۵/۷٥۷	۱/٦۲۳	۱/٦۲٤	۱/۷۱٦	۱//۷۲۱	۱/٤٤۷	۱/٤٤۷
٤	۳۳/۹۲۷	۳٤/۱٤۱	۰/۹۰۳	۰/۹٦۰	۰/۷۷۸	۰/۸۲۱	۰/٦۹۸	۰/۷٥۹
٥	۳٦/٤۲۷	۳٦/٦٤۰	۱/۷٤۰	۱/۷٤٥	۱/۸۳۲	۱/۸۳۰	۱/٥٤٤	۱/٥۳۳
٦	۳۱/٤٦٤	۳۱/۷۳۸	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱
۷	۳۲/۸۹۰	۳۳/۲۲٥	۰/٤۷۷	۰/٦۰۲	۰/۳۰۱	۰/۳۰۱	۰/۳۰۱	۰/٤۳۹
۸	۳۵/۲۳۹	۳۵/۲۱٥	۱/۰٤۱	۱/۰۲۸	۰/۹٥٤	۰/۹۸٥	۰/۸٤٥	۰/۸٤٥
۹	۳۱/۲۲٤	۳۱/۳٤٥	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱
۱۰	۳۵/۲۰۷	۳۵/۲۱٥	۱/۰٤۱	۱/۰۲۸	۱	۰/۹۸٥	< ۱	۰/۸٤٥
۱۱	۳۵/۲۰۷	۳٤/۸۷۳	۱/۲۷۸	۱/۲٥٥	۱/۲۰٤	۱/۲۰٤	۱/۰۷۹	۱/۰٥۱
۱۲	۳۰/۷۹۳	۳۰/٥۸۰	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱
۱۳	۳۵/٦۹٥	۳۵/۸۱۷	۱/٥٥٦	۱/٥٦۰	۱/٦٥۳	۱/٦٥٦	۱/۳۹۷	۱/۳۹۷
۱٤	۳۵/۲٦۸	۳۵/۱۷٦	۱/۳۹۷	۱/۳۸٤	۱/۳۸۰	۱/۳۷٥	۱/۱۷٦	۱/۱٥۳
۱٥	۳۳/۳۱۷	۳۳/۱۹٥	۰/٦۰۲	۰/٥٥۹	۰/۳۰۱	۰/۲۱۰	۰/۳۰۱	۰/۳۰۱

شرایط مختلف پاستوریزاسیون آب آلبالو به‌روش فراصوت (قدرت- دما و زمان) اثر معنی‌داری بر تغییرات میزان شمارش کلی آب آلبالو دارد. به‌طوری که میزان شمارش کلی آب‌های آلبالو پاستوریزه شده بین کمتر از ۱ (Log CFU/ml) تا ۱/۷٤۰ (Log CFU/ml) متغیر بود. مطابق با نتایج با افزایش قدرت فراصوت از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ٦۰ درجه سلسیوس و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه میزان شمارش کلی در آب آلبالو پاستوریزه شده به‌طور معنی‌داری ($p < ۰/۰٥$) کاهش یافت. بالاترین میزان شمارش کلی Log CFU/ml ۱/۷٤۰ نمونه‌های آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در قدرت ۱۰ وات، دمای صفر درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه و پایین‌ترین میزان شمارش کلی کمتر از ۱ (Log CFU/ml) در سه تیمار (قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ۳۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه)، (تیمار قدرت فراصوت ۱۰٥ وات، دمای ٦۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه) و (تیمار قدرت فراصوت ۲۰۰ وات،

دمای ٦٠ درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه) مشاهده گردید.

شرایط مختلف پاستوریزاسیون آب آلبالو به‌روش فراصوت (قدرت- دما و زمان) تأثیر قابل‌توجهی بر میزان کلی‌فرم آب آلبالو دارد. به‌طوری که میزان کلی‌فرم آب آلبالو پاستوریزه شده بین کمتر از Log CFU/ml ۱ تا Log CFU/ml ۱/۸۳۲ متغیر بود. نتایج نشان داد با افزایش قدرت فراصوت از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ٦٠ درجه سلسیوس و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه میزان کلی‌فرم در آب آلبالو پاستوریزه شده به‌صورت معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۵) کاهش یافت. بالاترین میزان کلی‌فرم Log CFU/ml ۱/۸۳۲ نمونه‌های آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در قدرت ۱۰ وات، دمای صفر درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه و پایین‌ترین میزان کلی‌فرم کمتر از Log CFU/ml ۱ در سه تیمار (قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ۳۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه)، (قدرت فراصوت ۱۰۵ وات، دمای ٦٠ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه) و (قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ٦٠ درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه) مشاهده گردید.

شرایط مختلف پاستوریزاسیون آب آلبالو به‌روش فراصوت (قدرت- دما و زمان) تأثیر قابل‌توجهی بر میزان کپک و مخمر آب آلبالو دارد. به‌طوری که میزان کپک و مخمر آب آلبالو پاستوریزه شده بین کمتر از Log CFU/ml ۱ تا Log CFU/ml ۱/٥٤٤ متغیر بود. نتایج نشان داد با افزایش قدرت فراصوت از ۱۰ به ۲۰۰ وات، دمای فراصوت از صفر به ٦٠ درجه سلسیوس و زمان فراصوت از ۲ به ۱۰ دقیقه میزان کپک و مخمر در آب آلبالو پاستوریزه شده به‌صورت معنی‌داری ($p <$ ۰/۰۵) کاهش یافت. بالاترین میزان کپک و مخمر Log CFU/ml ۱/٤٤٥ نمونه‌های آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در قدرت ۱۰ وات، دمای صفر درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه و پایین‌ترین میزان کپک و مخمر کمتر از Log CFU/ml ۱ در سه تیمار (قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ۳۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه)، (قدرت فراصوت ۱۰۵ وات، دمای ٦٠ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه) و (قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ٦٠ درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه) مشاهده گردید.

- شرایط بهینه‌سازی همزمان میزان فنل کل، شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت

بهینه‌سازی شرایط پاستوریزه کردن آب آلبالو به‌روش فراصوت با هدف دستیابی به بالاترین میزان فنل کل و حداقل میزان شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر به‌صورت همزمان با ۸٤/٤٥۳ درصد مطلوبیت در قدرت فراصوت ۱٤٦ وات، دما ۲۹ درجه سلسیوس و زمان ۵/۵۰ دقیقه پیش‌بینی شد. مطابق با نتایج در شرایط مذکور میزان فنل کل ۳٤/٤۹۸۳ میلی‌گرم گالیک اسید/ لیتر، میزان شمارش کلی Log CFU/ml ۰/۷٥٤۹، کلی‌فرم Log CFU/ml ۰/۵۰٤۷ و کپک و مخمر Log CFU/ml ۰/۵۲۰۸ به‌دست آمد.

- مقایسه میزان فنل کل و خواص میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده در شرایط بهینه به‌روش فراصوت و روش معمول پاستوریزاسیون

نتایج مقایسه میانگین میزان فنل کل و خواص میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده در شرایط بهینه قدرت فراصوت (۱۰۹)، دمای فراصوت (٦٠ درجه سلسیوس) و زمان فراصوت (۹/۵ دقیقه) به‌روش فراصوت و روش

پاستوریزاسیون در دمای ۹۰ درجه سلسیوس در جدول (۵) گزارش شده است. به طور کلی با توجه به اینکه اختلاف معنی‌داری بین میزان بار میکروبی آب آلبالو پاستوریزه شده به دو روش ذکر شده مشاهده نگردید و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی نمونه پاستوریزه شده به‌روش فراصوت در شرایط بهینه بالاتر بود بنابراین نمونه مذکور از نظر ترکیبات زیست‌فعال و خواص کیفی مطلوب‌تر از نمونه پاستوریزه شده در دمای ۹۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۳۰ ثانیه بود.

جدول (۵)- مقایسه نمونه پاستوریزه شده در شرایط بهینه و پاستوریزه شده حرارتی (دمای ۹۰ درجه سلسیوس و ۳۰ ثانیه)

آزمون	پاستوریزه فراصوت	پاستوریزه حرارتی
فنل کل (mgGAE/l)	۳۲/٦٤۲۱±۰/۱۳^{A}	۳۱/۲٤۳±۰/۱۵^{B}
کپک (log CFU/ml)	<۱^{A}	< ۱^{A}
شمارش کلی (log CFU/ml)	<۱^{A}	<۱^{A}
کلی‌فرم (log CFU/ml)	< ۱^{A}	<۱^{A}

A, B: حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار (p<۰/۰۵) می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

ترکیبات فنولی متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که توان آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند و از طرق مختلف در حذف و جلوگیری از ایجاد رادیکال‌های آزاد موثرند (Ahmadi *et al.*, 2020). ترکیبات فنولی در واکوئل‌ها به فرم‌های مختلف مانند فرم آزاد و متصل به اجزای دیواره سلولی مانند پکتین، همی‌سلولز و لیگنین وجود دارد. استفاده از فراصوت تخریب دیواره سلولی را موجب شده و در نتیجه ترکیبات فنولی آزاد می‌شوند (Cheng *et al.*, 2007). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش نشان داد دامنه‌های بالای فراصوت و دمای بالا اثر منفی بر محتوای فنل کل آب آلبالو داشت. بدین ترتیب تیمارهایی که بالاترین قدرت فراصوت و دما و زمان (قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ٦۰ درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه) را داشتند نسبت به نمونه شاهد (که پاستوریزاسیون در آن صورت گرفته بود) میزان ترکیبات فنولی کمتری داشتند.

با افزایش شدت امواج فراصوت، مقدار ترکیبات فنولی کاهش می‌یابد. سازوکار اساسی کاهش محتوای فنل کل به‌علت آزاد شدن ترکیبات فنلی پیوند شده، تجزیه جزئی لیگنین و آزاد شدن مشتقات فنولیک اسید و شروع تجزیه حرارتی ترکیبات فنلی می‌باشد که تجزیه لیگنین در اثر حرارت و آزاد شدن ترکیبات فنلی مرحله آغازی تجزیه ترکیبات فنلی می‌باشد. به‌علاوه شدت و زمان بر هم اثر هم‌افزایی دارند و با افزایش شدت امواج، اثر زمان جهت کاهش دادن مقدار ترکیبات فنول کل، افزایش می‌یابد بنابراین زمان زیاد فرآیند، باعث شده میزان حفظ ترکیبات فنولی با افزایش شدت سیر نزولی داشته باشد (Ahmadi *et al.*, 2020).

افزایش دما با مقدار ترکیبات زیست‌فعال رابطه معکوس دارد؛ به‌عبارت دیگر افزایش دما باعث کاهش

محتوی فنل کل می‌شود. با این حال محتوی فنل کل در پاستوریزاسیون به‌روش فراصوت نسبت به‌روش حرارتی به‌دلیل رفتار غیرحرارتی روش فراصوت بیشتر است (Wong *et al.*, 2010).

محققین تأثیر فراصوت و دما را بر برخی خواص کیفی آب هویج با استفاده از روش سطح پاسخ را بررسی و اظهار داشتند با افزایش توان امواج فراصوت و زمان تیماردهی، مقدار ترکیبات فنلی نمونه کاهش می‌یابد (Tavakoli Dakhrabadi *et al.*, 2014). در مطالعه‌ای بیان شد که شدت‌های بالای فراصوت، در دمای پایین اثر مثبتی بر محتوای فنولی آب آلبالو داشته و دماهای بالا اثر منفی بر این ویژگی داشتند. بیشترین محتوای فنولی در تیمار دمایی ۲۰ درجه سیلسیوس، دامنه ۹۱ میکرومتر به‌مدت ٤ دقیقه و کمترین مقدار در تیمار دمایی ۹۹ درجه سیلسیوس، دامنه ۹۱ میکرومتر در ۱۲ دقیقه به دست آمد (Hooshyar *et al.*, 2021).

ارزیابی نتایج تغییرات میکروبی (شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر) آب آلبالو پاستوریزه شده به‌روش فراصوت نشان داد افزایش قدرت فراصوت، دما و زمان باعث کاهش تعداد شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر شد. از این رو بهترین عملکرد در قدرت فراصوت ۲۰۰ وات، دمای ٦۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه مشاهده گردید به‌طوری که میزان شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر در آب آلبالوهای پاستوریزه شده به‌صورت معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) کاهش یافت.

تیمار حرارتی قادر به افزایش غیرفعال‌سازی میکروب‌ها در آبمیوه است. اثربخش بودن انهدام میکروبی تحت تأثیر دامنه امواج صوتی، زمان فرآوری، دمای تیمار، حجم آبمیوه فرآوری شده و ترکیبات آبمیوه قرار می‌گیرد. میکروارگانیسم‌ها به‌طور مشابه به تیمار فراصوت واکنش نشان نمی‌دهند. مطابق با استاندارد ملی، حد مجاز قابل قبول کپک و شمارش کلی و کلی‌فرم باید کمتر از cfu/ml ۱ باشد که این میزان در نمونه آب آلبالو بهینه در محدوده قابل قبول استاندارد ملی بود و اختلاف معنی داری با نمونه شاهد که تحت تیمار حرارتی قرار گرفته بود مشاهده نگردید (ISIRI, 3414). پژوهش‌های متعددی کاربرد امواج فراصوت را روشی مؤثر در کاهش بار میکروبی و افزایش قابلیت نگهداری آبمیوه‌هایی نظیرآب زغال اخته (Mohideen *et al.*, 2015)، آب پرتقال (Amjadi *et al.*, 2018)، آب هویج (Adiamo *et al.*, 2018)، آب توت فرنگی (Bhat and Goh, 2017) گزارش کرده‌اند، به طوری که کاویتاسیون ایجاد شده توسط این امواج با تخریب دیواره سلولی باکتری‌ها، حساسیت این میکروارگانیسم‌ها را به حرارت، دما، فعالیت آبی، فشار اسمزی افزایش می‌دهد.

در مطالعه‌ای به بررسی خواص کیفی آب گلابی پاستوریزه شده به‌روش فراصوت (دمای ۲۵، ٤۵ و ٦۵ درجه سلسیوس، زمان ۱۰ دقیقه و توان ۷۵۰ وات) و روش صنعتی (دمای ٦۵ و ۹۵ درجه سلسیوس در زمان‌های ۱۰ و ۲ دقیقه) پرداخته شد و مشاهده گردید غیرفعال سازی میکروارگانیسم‌ها به طور کامل در روش صنعتی با دمای ۹۵ درجه سلسیوس انجام شد. پاستوریزاسیون به‌روش فراصوت در دمای ٦۵ درجه سلسیوس و زمان ۱۰ دقیقه بهترین نتایج را نشان داد به‌طوری که در این حالت فعالیت میکروبی کاهش یافت (Saeeduddin *et al.*, 2015).

شرایط بهینه پاستوریزاسیون آب آلبالو به‌روش فراصوت با هدف دستیابی به حداکثر فنل کل و حداقل میزان میزان شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر می‌باشد. نتایج فرآیند بهینه‌سازی، نشان داد حداکثر میزان و حداقل میزان شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر با ۰/۸٤ درصد مطلوبیت در قدرت فراصوت ۱٤٦ وات، دمای ۲۹ درجه سلسیوس و زمان ۵/۵۰ دقیقه به‌دست آمد. پژوهشی با هدف بیشینه‌سازی مقدار محتوی فنل کل و درصد بازدارندگی رادیکال DPPH و کمینه کردن حجم بخش شفاف آب هویج انجام و شرایط بهینه امواج فراصوت ۳۱۵ وات، دمای ٦۰ درجه سلسیوس و زمان ۵ دقیقه تعیین شد (Tavakoli Dakhrabadi *et al*., 2014).

با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان به این جمع‌بندی رسید که شرایط مختلف پاستوریزاسیون آب آلبالو به‌روش فراصوت (قدرت- دما و زمان) تأثیر قابل‌توجهی بر میزان فنل کل و تغییرات میکروبی (باکتری‌های هوازی، کلی‌فرم و کپک و مخمر) آب آلبالو داشت. با بررسی‌های صورت گرفته بر فنل کل آب آلبالو پاستوریزه شده با امواج فراصوت مشاهده شد با افزایش قدرت فراصوت، دما و زمان مقدار فنل کل کاهش یافت. این در حالی است که با استفاده از قدرت فراصوت ۱۰ وات، دمای ۰ درجه سلسیوس و زمان ٦ دقیقه می‌توان به محصولی با میزان فنل بالا (۳٦/٤۲۷ میلی‌گرم گالیک اسید/ لیتر) دست یافت. هم‌چنین با افزایش توان و زمان تیماردهی، اثرگذاری امواج فراصوت بر شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر افزایش یافت و تعداد این باکتری‌ها به‌دلیل افزایش میزان عمل کاویتاسیون و افزایش زمان جریان‌های صوتی و هم‌زنی بیشتر در مدت زمان تعیین شده، فرصت بیشتری را برای تأثیرگذاری امواج فراصوت بر شمارش کلی، کلی‌فرم و کپک و مخمر فراهم نمود و شمار میکروبی با شیب بیشتری کاهش یافتند. در آخر می‌توان گفت که کاربرد امواج فراصوت در فرآوری آب آلبالو علاوه بر کاهش آلودگی میکروبی این محصول غذایی، به طور مؤثری باعث پایداری بعضی از ترکیبات زیست‌فعال از جمله فنل کل این محصول نیز می‌گردد که نشان‌دهنده پتانسیل بالای این فنّاوری برای جایگزینی فرآیندهای معمول حرارتی هست.

تعارض منافع

نویسندگان هیچگونه تعارض منافعی برای اعلام ندارند.

منابع

- Adiamo, O.Q., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F., Babiker, E.E., and Ahmed, I.A.M. (2018). Thermosonication process for optimal functional properties in carrot juice containing orange peel and pulp extracts. Food Chemistry, 245: 79-88.
- Aguilar, K., Garvn, A., Ibarz, A. and Augusto, P.E. (2017). Ascorbic acid stability in fruit juices during thermosonication. Ultrasonics Sonochemistry, 37: 375–381.
- Ahmadi, E., Daliri, R., Saeidi Asl, M.R., and Rahimi, N. (2020). Optimization of the extraction process of phenolic compounds from the pistacia Atlantica leaves (Sub Sp Mutica Pistacia Atlantica) using Ultrasound. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 12(1): 158-167. [In Persian]

- Alvarez-Lo´pez, J.A., Jime´nez-Munguia, M.T., Palou, E. and Lo´pez-Malo, A. (2003). Ultrasound and antimicrobial agents effects on grapefruit juice. Session 92 C (Non thermal Processing: General). pp: 18-23.
- Amjadi, S., Alizadeh, A. and Roufegarinejad, L. (2018). Cavitation effects of sonication on microbial load and physicochemical properties of orange juice. Journal of Food Science and Technology, 83(15): 214-226. [In Persian]
- Bhat, R. and Goh, K. M. (2017). Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. Food Chemistry, 215: 470-476.
- Cheng, L., Soh, C., Liew, S. and Teh, F. (2007). Effects of sonication and carbonation on guava juice quality. Food Chemistry, 104(4): 1396-1401.
- Dubrović, I., Herceg, Z., Jambrak, A.R., Badanjak, M. and Dragović-Uzelac, V. (2011). Effect of high intensity ultrasound and pasteurization on anthocyanin content in strawberry juice. Food Technology and Biotechnology, 49(2): 196-204.
- Fratianni, A., Cinquanta, L. and Panfili, G. (2010). Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. LWT - Food Science and Technology, 43(6): 867-871.
- Gonçalves, E.M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T.R.S., and Silva, C.L.M. (2010). Carrot (Daucus carota L.) peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. Journal of Food Engineering, 97: 574-581.
- Hooshyar, L., HesarI, J., Azadmard Damirchi, S. and Şhengul, M. (2021). Effect of Ultrasonication on Microbial Counts and Physic-Chemical Properties of Sour cherry Juice. Journal of Innovation in Food Science and Technology, 12(4): 127- 138. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI), (2007). Microbiology of food and animal feed - a comprehensive method for the general enumeration of microorganisms. ISIRI NO. 5272. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI), (2008). Microbiology of food and animal feed - Comprehensive method for counting and counting coliforms. ISIRI NO. 11166. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI), (2008). Microbiology of food and animal feed - A comprehensive method for counting molds and yeasts. ISIRI NO. 10899-1. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIRI), (2019). Microbiology of food and animal feed - a comprehensive method for the general enumeration of microorganisms. ISIRI NO.3414. [In Persian]
- Mohideen, F.W., Mis Solval, K., Li, J., Zhang, J., Chouljenko, A., Chotiko, A. *et al*. (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.
- Patil, S., Bourke, P., Kelly, B., Frías, J.M. and Cullen, P. J. (2009). The effects of acid adaptation on *Escherichia coli* inactivation using power ultrasound. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 10: 486-490.
- Peña, M.M., Welti-Chanes, J. and Martín-Belloso, O. (2016). Application of novel processing methods for greater retention of functional compounds in fruit-based beverages. Beverages, 2(2): 1-12.
- Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O.I., Bourdon, E. and Bahorun, T. (2011). Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. Food Research International, 44: 2088-2099.
- Rawson, A., Patras, A., Tiwari, B.K. and Noci, F. (2011). Effect of thermal and non-thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances. Food Research International, 44(7): 1875-1887.
- Rupasinghe, H.P. V. and Yu, L.J. (2012). Emerging preservation methods for fruit juice and beverages. Journal of Food Additives, 65-82.

- Saeeduddin, M., Abid, M., Jabbar, S., Wu, T., Hashim, M.M., Awad, F.N. et al. (2015). Quality assessment of pear juice under ultrasound and commercial pasteurization processing conditions. LWT - Food Science and Technology, 64(1): 452–458.
- Tavakoli-Dakhrabadi, M., Hamidi-Esfahani, Z., and Abbasi, S. (2014). Effects of ultrasound waves on carrot juice quality using of RSM. Quarterly Journal of New Food Science and Technology, 2(5): 17-25. [in Persian]
- Tiwari, B.K., O´Donnell, C.P. and Cullen, P.J. (2009). Effect of sonication on retention of anthocyanins in blackberry juice. Journal of Food Engineering, 93(2): 166-171.
- Wong, E., Vaillant, F. and Pérez, A. (2010). Osmosonication of blackberry juice: impact on selected pathogens, spoilage microorganisms, and main quality parameters. Journal of Food Science, 75(7): 468-474.