



بررسی تاثیر پیش تیمار اولتراسونیک و آبگیری اسمزی بر خصوصیات آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی میوه سیب زرد

احمد رضا اسکندری^۱، درنوش جعفرپور^{۲*}

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران

۲-استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد فسا، دانشگاه آزاد اسلامی، فسا، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۱

کلمات کلیدی:

سیب زرد،

پیش-تیمار اولتراسونیک،

آبگیری اسمزی،

باکتری های بیماری زا،

فنول کل محلول

آبگیری اسمزی، فرآیند خارج سازی آب بر اساس قرار گرفتن مواد غذایی در محلول هیپرتونیک است. مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر آبگیری اسمزی به کمک اولتراسوند بر کاهش پاتوژن های غذایی (*Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Typhi* و *Shigella sonnei*) روی برش های سیب انجام شد. علاوه بر این، اثر آبگیری اسمزی به کمک اولتراسوند بر میزان رطوبت، مقدار کل فنول های محلول و فعالیت مهار رادیکال DPPH در سیب های تیمار شده اندازه گیری شد. برش های سیب زرد با هر پاتوژن جداگانه تلقیح شدند و به مدت ۲۰ دقیقه تحت امواج اولتراسونیک در دو سطح دامنه (۴۰ و ۷۰ درصد) قرار گرفتند. سپس فرآیند آبگیری اسمزی با غوطه ور کردن نمونه ها در محلول ساکارز ۷۰ درصد برای دوره تماس ۴، ۸ و ۱۲ ساعت انجام شد. نتایج نشان داد که پیش-تیمار اولتراسوند به تنهایی تعداد پاتوژن های مورد مطالعه را کاهش داد و سطوح کاهش چهار باکتری بیماری زا با افزایش دامنه اولتراسوند افزایش یافت. علاوه بر این، نتایج نشان داد که میزان کاهش تعداد پاتوژن ها به مدت زمان فرآیند آبگیری اسمزی و دامنه تیمار اولتراسوند بستگی دارد. بیشترین کاهش در تعداد پاتوژن ها در دامنه ۷۰ درصد و پس از نگهداری ۱۲ ساعته در محلول اسمزی مشاهده شد که در آن میانگین تعداد *E. coli*, *E. faecalis*, *S. Typhi* و *S. sonnei* به ترتیب به ۰/۱، ۴/۰، ۳/۷ و ۰/۱ log CFU/g کاهش یافت. علاوه بر این، تیمار آبگیری اسمزی به طور معنی داری ($P < 0.05$) میزان رطوبت، فنول کل و فعالیت ضد رادیکال DPPH نمونه ها را کاهش داد و این کاهش در نمونه های اولتراسوند شده نسبت به نمونه شاهد بیشتر بود. همچنین، افزایش دامنه اولتراسوند منجر به کاهش بیشتر پارامترهای مذکور شد. بنابراین، این فرآیند ترکیبی غیرحرارتی می تواند جهت افزایش ایمنی و کیفیت کلی میوه سیب مورد استفاده قرار گیرد.

DOI:10.22034/FSCT.22.162.235.

* مسئول مکاتبات:

d.jafarpour84@yahoo.com;
Do.Jafarpour@iau.ac.ir

۱- مقدمه

عدم وجود صنایع تبدیلی برای فرآوری محصولات باغی باعث می‌شود که کشاورزان محصولات خود را به صورت خام و با نازلترین قیمت به فروش برسانند. در بین روش‌های مختلف فرآوری، فرآیند خشک کردن به دلیل افزایش دما، کاهش وزن و حجم و سهولت حمل و نقل و انبارداری محصولات باغی مورد توجه بیشتری قرار گرفته است [۱]. در فرآیند خشک کردن به منظور افزایش ماندگاری محصولات غذایی، میزان رطوبت کاهش یافته و به عبارت دقیق‌تر فعالیت آبی کاهش می‌یابد، که این مسئله کاهش فعالیت عوامل فساد را نظیر آنزیم‌ها و میکروب‌ها را در پی دارد [۲]. با توجه به پتانسیل‌های بالای موجود در کشور ما جهت تولید انواع میوه و سبزی، به منظور افزایش قابلیت نگهداری و کاهش میزان ضایعات، خشک کردن میوه‌ها و سبزی‌ها از دیر باز در کشور ما مرسوم بوده است [۳]. بدون شک، خشک کردن سنتی از معایب عدیده‌ای برخوردار است که از جمله آنها می‌توان به سرعت پایین و زمان طولانی فرآیند، سفت شدن، قهوه‌ای شدن، چروکیدگی، رنگ نامطلوب و کاهش ارزش غذایی اشاره نمود [۴]. از این رو روش‌های سنتی و بسیاری روش‌های دیگر که طی قرون اخیر ابداع شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند همواره در حال تغییر، اصلاح و تکامل هستند. امروزه روش‌های نوینی نظیر استفاده از پرتوها، فشار بالا، اولتراسوند، میدان‌های الکتریکی پالسی، مقاومت الکتریکی و غیره با کاهش استفاده از مواد شیمیایی و نیز حفظ ترکیبات طبیعی و با ارزش در مواد غذایی نظیر ویتامین‌ها در مقایسه با روش‌های حرارتی، ابداع شده است [۵]. بنابراین با توجه به گرایش مصرف‌کنندگان به غذاهای سالم و مغذی، استفاده از روش‌های غیرحرارتی که بتوانند به طور موثر

عوامل بیماری‌زا را از بین ببرد مورد توجه قرار گرفته است.

آبگیری اسمزی جداسازی جزئی آب از بافت‌های گیاهی با تماس مستقیم با یک محلول غلیظ مناسب صورت می‌گیرد. انواع مختلف حلال مانند فروکتوز، شربت ذرت، گلوکز، کلرید سدیم و ساکارز به عنوان عامل اسمزی استفاده می‌شود [۶]. در این فرآیند، با غوطه ور کردن میوه‌ها یا سبزیجات در محلول هایپرتونیک، دیواره سلولی آن‌ها به عنوان یک غشای نیمه تراوا عمل می‌کند. به دلیل وجود گرادیان غلظت بین محلول هایپرتونیک و مایعات درون سلولی، نیروی محرک برای انتشار آب از بافت‌ها به محلول اسمزی تشکیل می‌شود. در نتیجه، آب و اجزای کوچک تشکیل دهنده سلول‌ها به داخل محلول اسمزی منتقل شده و همزمان املاح به سلول‌های گیاهی منتقل می‌شوند [۷]. اگرچه چندین مطالعه نشان داده‌اند که فشار اسمزی بالا بر جمعیت پاتوژن‌ها تأثیر می‌گذارد و بقای آن‌ها را کاهش می‌دهد [۸ و ۹]، این کاهش ممکن است با توجه به ایمنی مواد غذایی کافی نباشد. بنابراین، به منظور افزایش کارایی غیرفعال‌سازی میکروبی، باید از روش‌های غیرحرارتی دیگر به عنوان یک فناوری مانع^۱ استفاده کرد تا اطمینان حاصل شود که تعداد میکروارگانیسم‌ها به اندازه کافی کاهش می‌یابد.

در سال‌های اخیر، استفاده از امواج اولتراسونیک در صنایع غذایی به عنوان روشی برای پردازش غیر مخرب مورد توجه زیادی قرار گرفته است. امواج اولتراسونیک به امواج با فرکانس بیش از ۲۰-۱۸ کیلوهرتز اطلاق می‌شوند که توسط انسان قابل شناسایی نیستند [۱۰]. مشخص شده است که این امواج با ایجاد کاویتاسیون و بافت اسفنجی در ماده غذایی، سبب افزایش نرخ انتقال حرارت و جرم، طی فرآیند خشک کردن می‌شوند.

مهم‌ترین تفاوت امواج اولتراسونیک مورد استفاده در فرآوری یا آنالیز ترکیبات غذایی، توان آن‌ها است. امواج اولتراسونیک با فرکانس پایین و توان بالا می‌توانند بطور مستقیم برای خشک کردن و یا به عنوان یک پیش‌تیمار قبل از خشک شدن استفاده شوند. این فناوری توسط سازمان غذا و دارو^۲ توصیه شده است که می‌تواند به عنوان جایگزینی برای درمان حرارتی غذاها استفاده شود [۱۱]. از آنجایی که اولتراسوند به تنهایی نمی‌تواند میکروارگانیسم‌ها را به طور کامل غیرفعال کند، این روش همراه با سایر فناوری‌ها یا به عنوان روش کمکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعات نشان داده است که پیش تیمار اولتراسونیک اسمزی قبل از خشک کردن محصولات، سبب کاهش مدت زمان فرآیند خشک کردن شده و در نهایت موجب تولید محصولی با کیفیتی بهتر از لحاظ بافت و رنگ شده است [۱۲].

سیب زرد با نام علمی (*Malus Domestica*) از خانواده گل سرخیان (*Rosaceae*) و متعلق به رقم Golden Delicious می‌باشد. این میوه یکی از مهمترین محصولات باغی است که همه ساله سهم زیادی از تجارت جهانی محصولات کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهد [۱۳]. بر اساس نتایج حاصل از طرح آمارگیری باغداری در سال ۱۴۰۱ مشخص شده است که، ۶۴ درصد از کل تولید محصولات باغی در سال ۱۴۰۱ مربوط به محصولات پرتقال و نارنگی، سیب، انگور و خرما بوده است. از بین محصولات مذکور بیشترین مقدار مربوط به تولید پرتقال و نارنگی می‌باشد که در سال ۱۴۰۱، در حدود ۳ میلیون تن و بعد از آن سیب با تولید حدود ۲ میلیون تن برآورد شده است [۱۴]. میوه سیب با داشتن ماهیت فرازگرا و افزایش تنفس در زمان رسیدن با تولید اتیلن و نرم شدن همراه است که منجر به تسریع پیری و کاهش بعضی خصوصیات کیفی و بازارپسندی آن می‌شود. این محصول به دلیل درصد بالای رطوبت،

فعالیت متابولیکی بالایی دارد که در حمل و نقل و نگهداری آن موثر است [۱۵]. بنابراین حذف رطوبت به طور گسترده‌ای برای افزایش ماندگاری و کیفیت محصولات کشاورزی پس از برداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اگرچه بسیاری از مطالعات اثرات اولتراسوند و اسمز را به تنهایی بر غیرفعال‌سازی میکروبی و کیفیت غذا نشان داده‌اند [۱۶ و ۱۷]، داده‌های بسیار محدودی در مورد تأثیر کم‌آبی اسمزی به کمک اولتراسوند بر پاتوژن‌ها و خواص آنتی‌اکسیدانی محصولات غذایی گزارش شده است. از این رو، هدف از این مطالعه، تعیین تأثیر تیمار اولتراسوند و آبگیری اسمزی بر کاهش تعداد چهار باکتری بیماری‌زای غذایی (*شریشیا کلی*، *انتروکوکوس فکالیس*، *سالمونلا تیفی* و *شیگلا سونئی*) بر روی میوه سیب زرد می‌باشد. همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی و محتوای رطوبت نمونه‌های سیب تیمار شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها و محلول اسمز

سیب زرد تازه و رسیده از بازار محلی فسا (فارس، ایران) خریداری شد و نمونه‌ها با آب شسته و با دست پوستگیری شدند. نمونه‌های پوستگیری شده به برش‌هایی به ضخامت 1 ± 10 میلی‌متر برش داده شدند. سپس محلول اسمز حاوی شکر سفید (ساکارز) آماده گردید. ۷۰ گرم شکر در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب حل شده تا محلولی با ۷۰ درصد شکر (w/v) و درجه بریکس $7/4$ تولید شود. سپس محلول بدست آمده در دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه تحت فرآیند حرارتی قرار گرفت.

۲-۲- تلقیح نمونه‌ها

در تحقیق حاضر از باکتری‌های پاتوژن شامل (PTCC 1533) *Escherichia coli*، (PTCC 1393) *Salmonella Typhi* و (PTCC 1777) *Shigella sonnei* که از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی مرکز پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران خریداری شد استفاده گردید. روش کار بدین شرح بود که هر میکروارگانیسم در ۲۵ میلی‌لیتر محیط کشت مولر هینتون برات (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۱۸ ساعت کشت داده شد و بعد از آن در ۹/۳-۹/۱ log CFU/mL به دست آمده مجدداً در بافر پپتون واتر شستشو داده شدند تا مقدار هر سویه به میزان مذکور به طور جداگانه به صورت پاششی بر روی نمونه سیب آماده شده تلقیح صورت گرفت. پس از آن، نمونه‌ها در هوای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت خشک شدند تا امکان اتصال میکروارگانیسم‌ها فراهم شود.

۲-۳- تیمار نمونه‌ها

تیمار نمونه‌های تلقیح شده بدین صورت انجام پذیرفت که ابتدا ۲۵ گرم از برش‌های سیب زرد به ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول اسمز در یک ازلن استریل ۵۰۰ میلی‌لیتری افزوده شده و سپس تیمار اولتراسوند (دستگاه اولتراسونیک *Schaper Unique USC 25KHz*، آلمان؛ ۱۰۰ وات، ۲۵ کیلوهرتز) در دامنه‌های ۰، ۴۰ و ۷۰ درصد به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. دمای محیط فرآیند با استفاده از حمام آب (ZENITH LAB، چین) روی ۴۰ درجه سلسیوس تنظیم شد. بعد از انجام فرآیند اولتراسوند، فرآیند آبگیری اسمزی به مدت ۴، ۸ و ۱۲ ساعت انجام شده و بر روی نمونه‌های تیمار شده آزمایشات مورد نظر صورت پذیرفت.

۲-۴- شمارش باکتری‌ها

هر نمونه سیب تیمار شده توسط فرآیند اسمودهدراتاسیون به یک کیسه استومیکر استریل حاوی ۰/۱ درصد پپتون واتر منتقل شده و همگن‌سازی به مدت ۲ دقیقه توسط دستگاه استومیکر (*BagMixer 400 W*, Interscience Co، فرانسه) انجام پذیرفت.

روش کار بر مبنای رقیق کردن نمونه در سرم فیزیولوژی استریل صورت گرفت. برای این کار در تعدادی لوله آزمایش هر کدام ۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل اضافه شد. یک میلی‌لیتر از نمونه همگن شده به ۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل (لوله شماره ۱) اضافه شد. سپس لوله به‌خوبی ورتکس شده تا یکنواخت گردد. بعد از آن یک میلی‌لیتر از محلول فوق به لوله شماره ۲ منتقل و تا لوله ۸ رقت‌سازی انجام شد. سپس از رقت‌های مورد نظر، به میزان ۱ میلی‌لیتر (۱۰۰۰ میکرولیتر) از آن در کف پلیت استریل ریخته و از محیط کشت مناسب هر باکتری که قبلاً استریل شده و حرارت آن به حدود ۴۵ درجه سلسیوس رسیده به میزان ۱۵-۲۰ میلی‌لیتر به پلیت اضافه شد. سپس با حرکات دورانی بصورت عدد ۸ انگلیسی محتویات پلیت‌ها کاملاً مخلوط شدند.

لازم به ذکر است که برای شمارش باکتری *E. faecalis* از محیط کشت برین هارت اینفیوژن آگار و برای سویه‌های دیگر از محیط کشت نوترینت آگار استفاده شد. پس از آن، انکوباسیون در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت صورت گرفت. بعد از اتمام گرمخانه‌گذاری، پلیت‌های با تعداد ۲۵ تا ۲۵۰ کلنی برای شمارش انتخاب شدند [۱۸].

۲-۵- تعیین محتوای رطوبت

محتوای رطوبت با استفاده از تبخیر در آون اندازه‌گیری شد. ابتدا پلیتی به مدت ۱ ساعت در آون ۱۰۵ درجه سلسیوس قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. سپس پلیت در دسیکاتور، سرد و با ترازو وزن گردید. به میزان حدوداً ۲ گرم از نمونه سیب تیمار شده در آون تحت خلاء (*SH-Scientific*؛ *SH-VDO-08NG*؛ کره جنوبی) با

رادیکال DPPH نمونه‌ها به صورت میلی گرم اسید اسکوربیک بر گرم بیان گردید [۲۱].

۲-۸- آنالیز آماری

آزمایشات در سه تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج ابتدا در معرض تجزیه واریانس یکطرفه قرار گرفت و سپس برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی اختلاف معنی داری بین تیمارها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح معنی داری ۹۵٪ استفاده گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. نمودارهای مربوطه در محیط EXCEL توسط نرم افزار OFFICE رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شمارش باکتری‌های بیماری‌زای تلقیح شده در نمونه‌های سیب تیمار شده

۳-۱-۱- تاثیر پیش-تیمار اولتراسوند بر تعداد باکتری‌های بیماری‌زا

تاثیر اولتراسوند علیه باکتری‌های بیماری‌زا (*E. coli*، *E. faecalis*، *S. Typhi* و *S. sonnei*) که به طور مصنوعی روی سیب زرد تلقیح شده‌اند در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، جمعیت اولیه باکتری‌های ذکر شده ($\log CFU/g$ ۹/۳-۹/۱) در سیب زرد زمانی که تحت پیش-تیمار اولتراسوند قرار گرفتند، به طور قابل توجهی کاهش یافت ($P < 0.05$). علاوه بر این، مطابق شکل ۱، سطوح کاهش چهار باکتری بیماری‌زا با افزایش دامنه اولتراسوند از ۴۰٪ به ۷۰٪ نسبت به نمونه شاهد (بدون تیمار اولتراسوند) افزایش یافت. تیمار اولتراسوند با دامنه ۴۰ درصد تعداد باکتری‌های *E. coli*، *E. faecalis*، *S. Typhi* و *S. sonnei* را به ترتیب به ۷/۹، ۸/۳، ۸/۲ و ۸/۰ $\log CFU/g$ کاهش داد در حالی که دامنه ۷۰ درصد جمعیت آنها را به ترتیب به ۷/۵، ۷/۷، ۷/۸ و ۷/۵ $\log CFU/g$ کاهش داد. تاثیر اولتراسوند بر غیرفعال شدن باکتری‌های بیماری‌زا مربوط به یک پدیده فیزیکی است که به آن کاویتاسیون می‌گویند [۲۲].

دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ ساعت قرار داده شد تا به وزن ثابت برسد. بعد از سرد کردن در داخل دسیکاتور، نمونه‌ها وزن شدند و درصد محتوای رطوبت آن‌ها محاسبه شد [۱۹].

۲-۶- اندازه‌گیری میزان فنول کل محلول

محتوای فنول کل نمونه‌های سیب تیمار شده بر اساس روش *Folin-Ciocalteu* انجام شد. ابتدا نمونه‌های سیب با استفاده از هموژنایزر *Ultra-Turrax (JKA-T10)* *Staufen* (آلمان) خرد و همگن شدند تا خمیر بدست آید. ۱۰ گرم خمیر با ۲۵ میلی لیتر متانول مخلوط شد تا ترکیبات فنولی استخراج شوند. ۵۰ میکرولیتر از عصاره نمونه‌ها با ۸۰۰ میکرولیتر آب و ۲۵ میکرولیتر معرف *Folin-Ciocalteu* (۰/۲۵ نرمال) مخلوط شده و انکوباسیون به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انجام شد. پس از آن، ۱۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم (۱ نرمال) با محلول مخلوط شده و انکوباسیون به مدت ۲ ساعت صورت گرفت. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر *UV-VIS* در طول موج ۷۵۰ نانومتر جذب نمونه‌ها خوانده شد [۲۰].

۲-۷- اندازه‌گیری فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH

روش کار بدین شرح بود که ابتدا ۵ گرم از هر نمونه با ۲۰ میلی لیتر متانول مخلوط شده و پس از به هم زدن نمونه به مدت ۳۰ ثانیه، فرآیند سانتیفریوژ در $5000 \times g$ به مدت ۱۵ دقیقه انجام پذیرفت. سپس ۱۵۰ میکرولیتر مایع رویی با ۲۸۵۰ میکرولیتر محلول DPPH در متانول (0.047 گرم در لیتر) مخلوط شده و به مدت ۲۰ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. سپس جذب محلول تهیه شده در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. متانول به جای نمونه تحت همان روش قرار گرفت و به عنوان شاهد (بلانک) اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد برای غلظت ترکیب استاندارد (پیوست) و سرعت مهار رادیکال DPPH با استفاده از اسید اسکوربیک ترسیم شد ($y=0.0555x-0.0669$, $R^2=0.9983$). فعالیت مهار

Stasiak (۲۰۱۱)، نشان دادند که درمان اولتراسوند منجر به کاهش موثر تعداد میکروبی در سطح پوست مرغ شد [۲۲].

در طی این تحقیق انتقال میکروارگانیسم‌ها از سطح غذا به محلول آبی شناسایی شد. همانطور که مشاهده شد، با افزایش دامنه اولتراسوند، تعداد پاتوژن‌ها به طور چشمگیری کاهش یافت. دامنه نشان‌دهنده شدت و قدرت اولتراسوند است. با افزایش شدت اولتراسوند (اولتراسوند با قدرت بالا)، ناحیه محیط مایع در طول درمان اولتراسوند تحت تاثیر کاویتاسیون افزایش می‌یابد. در نتیجه کاویتاسیون افزایش می‌یابد و منجر به افزایش فشار موضعی و تشکیل رادیکال‌های آزاد می‌شود که تاثیر بیشتری بر غیرفعال کردن میکروارگانیسم‌ها دارد [۲۵ و ۲۶].

فرآیندی است که طی آن یک حباب بخار در ناحیه‌ای از مایع کم فشار تشکیل می‌شود. اولتراسوند با ایجاد امواج فشاری شدید در یک محیط مایع کار می‌کند. این امواج در محیط مایع جریان ایجاد می‌کنند و باعث تشکیل سریع حباب‌های میکروبی می‌شوند. رشد و یکسان شدن این حباب‌ها و رسیدن به حداکثر اندازه، در نهایت منجر به ترکیدن می‌شود. نیروی برشی ناشی از انفجار حباب‌ها و هم‌چنین جریان‌های متلاطم ناشی از ارتعاش صوتی منجر به جدا شدن و تخریب سلول‌های باکتری از محصول غذایی می‌شود [۲۳]. به طور مشابه، Sagong و همکاران (۲۰۱۱)، نشان دادند که تیمار کاهو توسط اولتراسوند به طور قابل توجهی تعداد سلول‌های *سالمونلا تیفی* موربوم، *لیستریا مونوسیتوژنز* و *اشریشیا کلی* O157:H7 را کاهش داد که به دلیل جداسازی فیزیکی عوامل بیماری‌زا از سطح کاهو بود [۲۴]. علاوه بر این، Kordowska-Wiater و

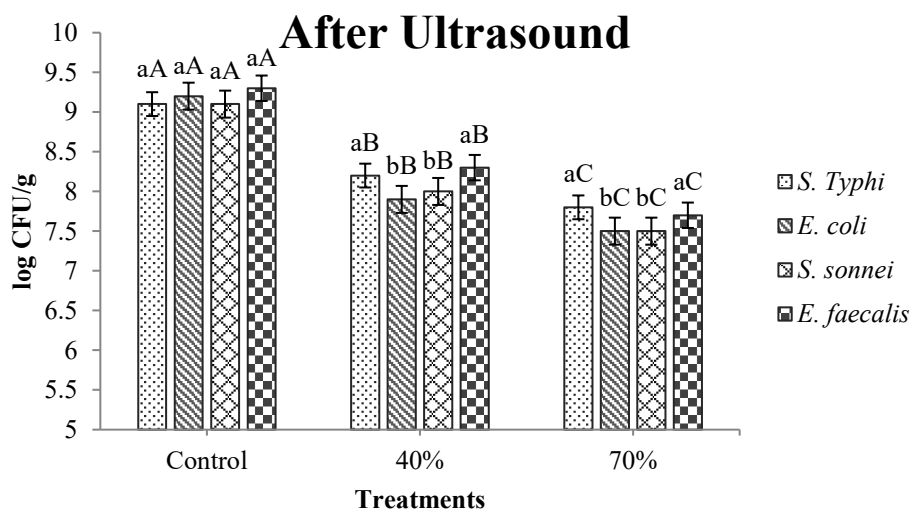


Fig. 1. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration treatment against pathogenic bacteria (*Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Typhi* and *Shigella sonnei*) artificially inoculated on yellow apple. Error bars indicate the standard deviation of microbial population in treated samples. The same lowercase letters are not significantly different between various bacteria strains within the same study treatment at $P > 0.05$. Different capital letters indicate a significant difference between different treatments in the same studied strain at $P < 0.05$.

گرفتند (اشکال ۲، ۳ و ۴). بر اساس داده‌ها، مشخص شد که جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا در طول مدت فرآیند اسمزی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد ($P < 0.05$). بیشترین تاثیر تیمارها بر کاهش باکتری‌ها برای *E. coli* و *S. sonnei* و بعد از آن *S. Typhi* و *E. faecalis* مشاهده

۳-۱-۲- تاثیر آبگیری اسمزی بر تعداد باکتری‌های بیماری‌زا

پس از پیش-تیمار اولتراسوند، سیب‌های تیمار شده به مدت ۴، ۸ و ۱۲ ساعت تحت آبگیری اسمزی قرار

دادند که کم آبی اسمزی به طور قابل توجهی تعداد لیستریا مونوسیژنوز، اشریشیا کلی و گونه های سالمونلا را که روی گوشت مرغ تلقیح شده بودند کاهش می دهد [۱۶].

با توجه به داده ها، کاهش پاتوژن بالاتری برای نمونه های فراصوتی در مقایسه با نمونه های غیرفراصوتی مشاهده شد. هنگامی که اولتراسوند اعمال می شود، سلول ها به هر استرسی حساس تر می شوند و با قرار گرفتن در یک محیط اسمزی، یکپارچگی سلول به شدت تحت تأثیر قرار می گیرد و منجر به مرگ سلول می شود. نتایج ما با گزارش های Wong و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد [۲۸]. همچنین مشاهده شد که در بین پاتوژن های مورد مطالعه، *E. faecalis* نسبت به تیمارها مقاوم تر بود. مشخص شده است که باکتری های گرم مثبت به دلیل چسبندگی و ضخیم بودن لایه پتیدوگلیکان دیواره سلولی خود، نسبت به اولتراسوند و خشک شدن مقاوم تر هستند [۸].

شد. علاوه بر این، نتایج نشان داد که کاهش میکروبی در نمونه های فراصوتی به طور قابل توجهی بیشتر از نمونه شاهد در شرایط آبیگری اسمزی بود. بیشترین کاهش در جمعیت پاتوژن های مورد مطالعه در دامنه ۷۰ درصد اولتراسوند مشاهده شد، به طوری که پس از ۱۲ ساعت آبیگری اسمزی، میانگین تعداد *E. coli*، *E. faecalis*، *S. Typhi* و *S. sonnei* به ترتیب به ۰/۱، ۴/۰، ۳/۷ و ۰/۱ log CFU/g کاهش یافت. در طول آبیگری اسمزی، زمانی که سلول های باکتریایی در معرض یک محلول غلیظ با فشار اسمزی بالاتر از فشار درون سلولی قرار می گیرند، آب سلولی از طریق غشای پلازما به محلول اسمزی منتشر می شود. این امر منجر به پدیده ای به نام پلاسمولیز می شود که از رشد میکروبی جلوگیری می کند [۲۷]. مطالعات نشان داده است که درمان اسمزی به طور موثر غشای سلولی را بی ثبات می کند و در نتیجه باعث مرگ سلولی می شود. در واقع، دو مکانیسم برای تأثیر کشندگی آبیگری اسمزی گزارش شده است، یکی انتقال فاز و تغییر ساختاری فسفولیپیدهای غشایی و دیگری تغییر حجم سلولی است [۸]. Filipović و همکاران (۲۰۱۹)، نشان

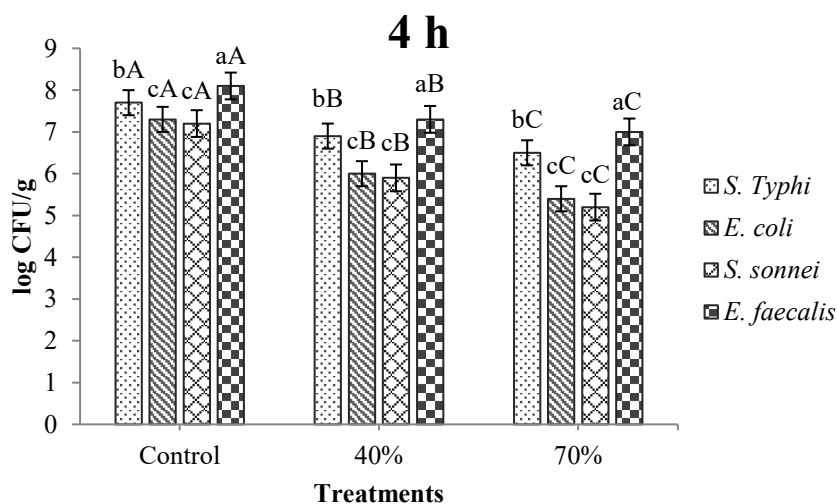


Fig. 2. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration treatment against pathogenic bacteria (*Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Typhi* and *Shigella sonnei*) artificially inoculated on yellow apple. Error bars indicate the standard deviation of microbial population in samples subjected to the osmotic dehydration process for 4 h. The same lowercase letters are not significantly different between various bacteria strains within the same study treatment at $p > 0.05$. Different capital letters indicate a significant difference between different treatments in the same studied strain at $P < 0.05$.

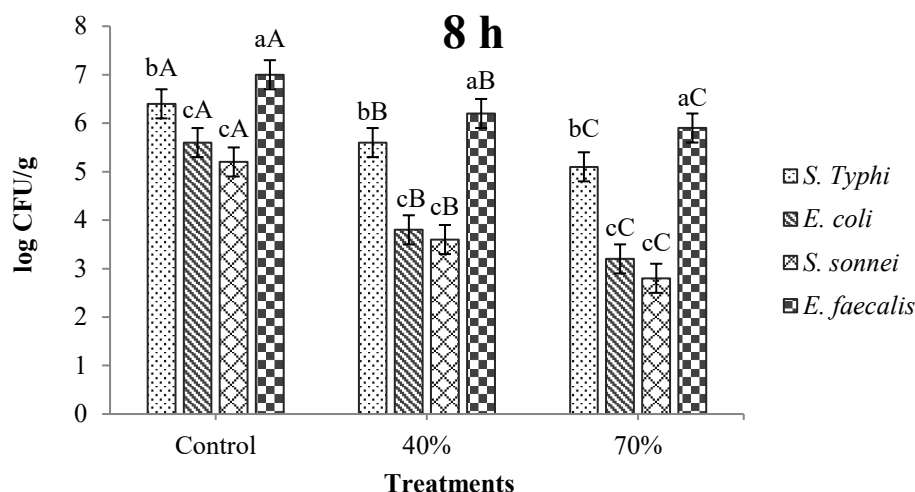


Fig. 3. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration treatment against pathogenic bacteria (*Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Typhi* and *Shigella sonnei*) artificially inoculated on yellow apple. Error bars indicate the standard deviation of microbial population in samples subjected to the osmotic dehydration process for 8 h. The same lowercase letters are not significantly different between various bacteria strains within the same study treatment at $p > 0.05$. Different capital letters indicate a significant difference between different treatments in the same studied strain at $P < 0.05$.

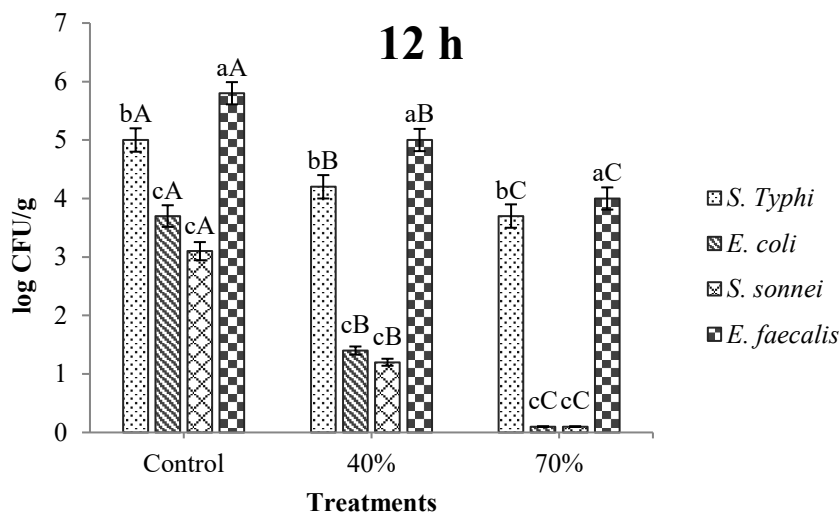


Fig. 4. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration treatment against pathogenic bacteria (*Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Salmonella Typhi* and *Shigella sonnei*) artificially inoculated on yellow apple. Error bars indicate the standard deviation of microbial population in samples subjected to the osmotic dehydration process for 12 h. The same lowercase letters are not significantly different between various bacteria strains within the same study treatment at $p > 0.05$. Different capital letters indicate a significant difference between different treatments in the same studied strain at $P < 0.05$.

می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، پیش-تیمار

اولتراسوند به تنهایی به طور معنی‌داری محتوای رطوبت

نمونه‌ها را تغییر نداده است ($P > 0.05$). یافته‌های ما با

گزارش‌های سایر محققان مطابقت دارد. مشاهده شده

است که محتوای رطوبت میوه فیسالیس [۲۹] و کیوی

۲-۳- تاثیر فرآیند اولتراسوند-اسمز بر میزان رطوبت

نمونه‌های سیب

شکل ۵، داده‌های محتوای رطوبت را برای نمونه‌های

سیب تیمار شده تحت فرآیند اولتراسوند-اسمز نشان

متعدد دیگری می‌توانند بر کاهش محتوای رطوبت تأثیر بگذارند، از جمله: زمان تیمار اولتراسوند، غلظت محلول اسمزی، نوع املاح و ساختار میوه [۳۵].

علاوه بر این، مطابق داده‌ها مشخص شد که افزایش دامنه اولتراسوند به طور قابل توجهی محتوای رطوبت نمونه‌ها را کاهش می‌دهد ($P < 0.05$). پس از دوره آبیگری اسمزی، میزان رطوبت اولیه نمونه‌های سیب (۷۸ درصد) به ترتیب به ۵۴، ۴۹ و ۴۳ درصد در تیمار شاهد، ۴۰ درصد و ۷۰ درصد در تیمارهای تحت اولتراسوند رسید. به طور مشابه، Bermúdez Aguirre و همکاران (۲۰۱۱)، نشان دادند که افزایش دامنه و قدرت اولتراسوند باعث ایجاد فشار بالایی در محیط اطراف می‌شود که باعث افزایش کاویتاسیون و تاثیر اسفنجی امواج اولتراسونیک شده که به دنبال آن از دست رفتن آب از میوه را افزایش می‌دهد [۳۶].

[۳۰] تحت تأثیر تیمار اولتراسوند قبل از آبیگری اسمزی قرار نگرفته است.

مطابق شکل ۵، افزایش طول مدت آبیگری اسمزی منجر به کاهش قابل توجه در محتوای رطوبت نمونه‌های سیب شد. این امر می‌تواند به دلیل گرا دیان غلظت بین سیب و محلول هایپرتونیک اطراف آن باشد [۳۱]. نتایج مشابهی توسط Rahaman و همکاران (۲۰۱۹) به دست آمد [۳۲]. همچنین مشخص شد که محتوای رطوبت نمونه‌های سیب در معرض پیش-تیمار اولتراسوند کمتر از نمونه شاهد در طول دوره آبیگری اسمزی بود. چندین مطالعه همین پدیده را در مورد کدو تنبل [۳۳] و [۳۲] نشان داده‌اند. این فرآیند می‌تواند مربوط به کاویتاسیون ناشی از امواج اولتراسوند باشد که همراه با فشار اسمزی کانال‌های میکروسکوپی ایجاد می‌کند و سلول‌های بافتی را مختل می‌کند و در نتیجه باعث افزایش انتقال آب از بافت میوه به محلول اسمزی می‌شود [۳۴]. بیان شده است که عوامل

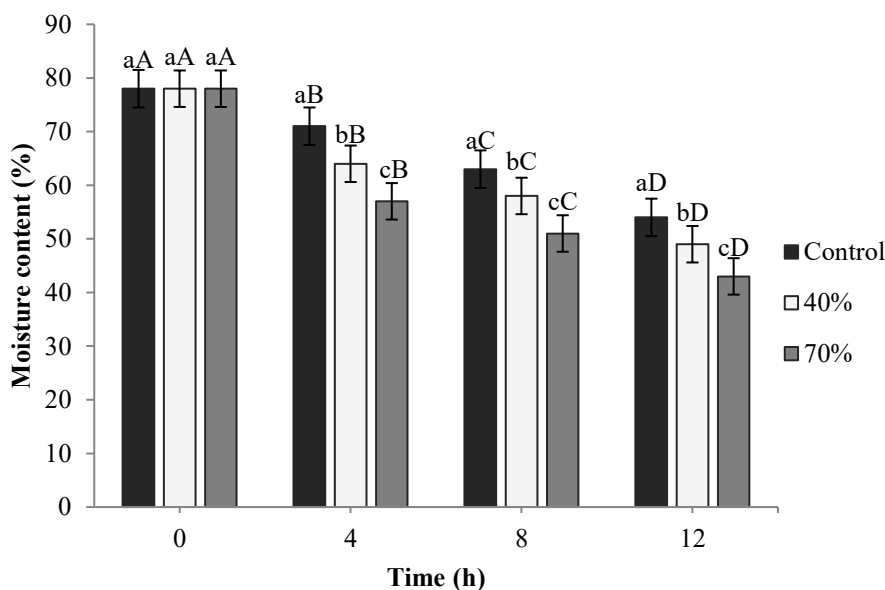


Fig 5. Changes in moisture content (%) of yellow apple samples. Error bars indicate the standard deviation of moisture content in sonicated (at 40 and 70 % amplitude) and unsonicated (control) yellow apple samples during 12 h of osmotic dehydration. The same lowercase letters are not significantly different between various treatments within the same study hour at $P > 0.05$. Different uppercase letters indicate significant differences between different times in the same study treatment at $P < 0.05$.

میزان فنول کل محلول نمونه‌های سیب تیمار شده تحت فرآیند اولتراسوند-اسمز در شکل ۶ نشان داده شده است. مطابق شکل، تفاوت معنی‌داری در محتوای فنول کل

۳-۳- تاثیر فرآیند اولتراسوند-اسمز بر میزان فنول کل

محلول

شاهد مشاهده شد. مقدار اولیه فنول کل در نمونه های اولتراسوند شده قبل از آبگیری اسمزی 306 mg/100 g بود که در نهایت پس از ۱۲ ساعت نگهداری در محلول اسمز به ترتیب به 163 ، 188 و 136 mg/100 g در نمونه شاهد، 40 درصد و 70 درصد اولتراسوند رسید. از دست دادن قابل توجه فنول کل که در طول دوره آبگیری اسمزی مشاهده شد ممکن است مربوط به انتقال جرم و مهاجرت فیزیکی ترکیبات فنولی به محلول ساکارز باشد. علاوه بر این، اتلاف بیشتر فنول کل برای نمونه های فراصوتی و همچنین برای دامنه بالاتر اولتراسوند ممکن است به پدیده کاویتاسیون و پارگی بیشتر ساختار سلولی نسبت داده شود که همراه با گرادیان غلظت در فرآیند اسمزی باعث نشت بیشتر املاح از بافت سیب و از بین رفتن ترکیبات فنولی در طی آبگیری اسمزی می شود [۳۹]. این نتایج با یافته های قبلی Osae و همکاران (۲۰۱۹)، مطابقت داشت که از پیش تیمار اولتراسوند برای خشک کردن نمونه های زنجبیل استفاده کردند [۱۷].

نمونه های پیش تیمار شده اولتراسوند وجود ندارد ($P > 0.05$). نتایج ما با Alighourchi و همکاران (۲۰۱۳)، همخوانی دارد، که گزارش کردند تفاوت ناچیزی در میزان فنول کل محلول آب لنار تیمار شده با اولتراسوند در سطوح دامنه متفاوت (۵۰، ۷۵ و 100%) وجود دارد [۳۷]. در حالی که، Bhat و همکاران (۲۰۱۱)، افزایش محتوای فنول کل در برخی از سطوح دامنه را به دلیل اثر سونوشیمیایی کاویتاسیون صوتی و افزودن رادیکال های هیدروکسیل به ترکیبات فنولی بیان کرده اند [۳۸]. از سوی دیگر، زمانی که نمونه های فراصوتی تحت آبگیری اسمزی قرار گرفتند، محتوای فنول کل به طور قابل توجهی در طول زمان کاهش یافت ($P < 0.05$).

علاوه بر این، با افزایش دامنه اولتراسوند، مقدار فنول کل به طور معنی داری ($P < 0.05$) در طول آبگیری اسمزی کاهش یافت، به طوری که بیشترین کاهش فنول کل در تیمار دامنه 70 درصد و سپس 40 درصد نسبت به نمونه

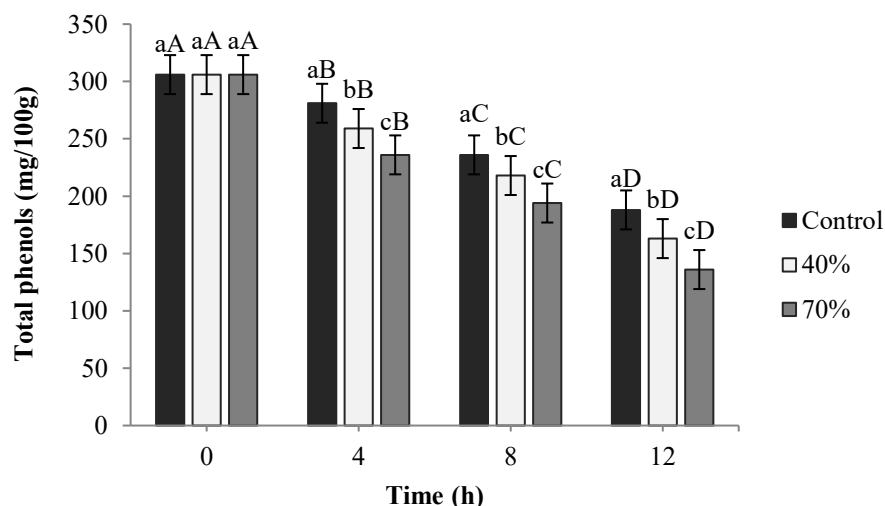


Fig 6. Changes in total phenols (mg/100g) of yellow apple samples. Error bars indicate the standard deviation of total phenols in sonicated (at 40 and 70 % amplitude) and unsonicated (control) yellow apple samples during 12 h of osmotic dehydration. The same lowercase letters are not significantly different between various treatments within the same study hour at $P > 0.05$. Different uppercase letters indicate significant differences between different times in the same study treatment at $P < 0.05$.

۴-۳- تاثیر فرآیند اولتراسوند-اسمز بر ظرفیت

آنتی اکسیدانی

ظرفیت آنتی اکسیدانی نمونه های سیب تیمار شده تحت فرآیند اولتراسوند-اسمز از طریق حذف رادیکال پایدار DPPH تعیین شد (شکل ۷). روند مشابهی همانند میزان

بیان کردند که از دست دادن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه آلو ممکن است به دلیل تخریب سلولی و انتشار بیشتر ترکیبات در طول آبگیری اسمزی باشد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند [۳۲]. همچنین Hamedی و همکاران (۲۰۱۸)، نشان دادند که در حین فرآیند اولتراسوند با قدرت بالا برای یک مدل غذایی غنی شده با ترکیبات فنولی پوست انار، اتلاف آب بیشتر و نشسته‌تر ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی اتفاق افتاده است [۴۰].

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که میزان فنول و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های تیمار شده با آبگیری اسمزی به مدت زمان اسمز و قدرت اولتراسوند بستگی دارد. علاوه بر این، مطالعات عوامل دیگری مانند غلظت محلول اسمزی، نوع املاح اسمزی و دمای فرآیند را نشان دادند [۴۰ و ۴۱].

فنول کل برای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد. این بدان معنی است که پیش-تیمار نمونه‌ها با فرآیند اولتراسوند به طور قابل توجهی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تأثیرگذار نبود ($P > 0.05$)، در حالی که آبگیری اسمزی به طور معنی‌داری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها را کاهش داد ($P < 0.05$).

علاوه بر این، نمونه‌های فراصوت شده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کمتری نسبت به نمونه شاهد در طول آبگیری اسمزی نشان دادند و این کاهش با افزایش دامنه اولتراسوند افزایش یافت. Wong و همکاران (۲۰۱۰)، گزارش کردند که پیش-تیمار اولتراسونیک تأثیر معنی‌داری ($P > 0.05$) بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب توت تیمار شده ندارد [۹]. کاهش میزان فنول کل محلول در طول آبگیری اسمزی به نوعی نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنول‌های محلول با یکدیگر مرتبط هستند. به طور مشابه، Rahaman و همکاران (۲۰۱۹)،

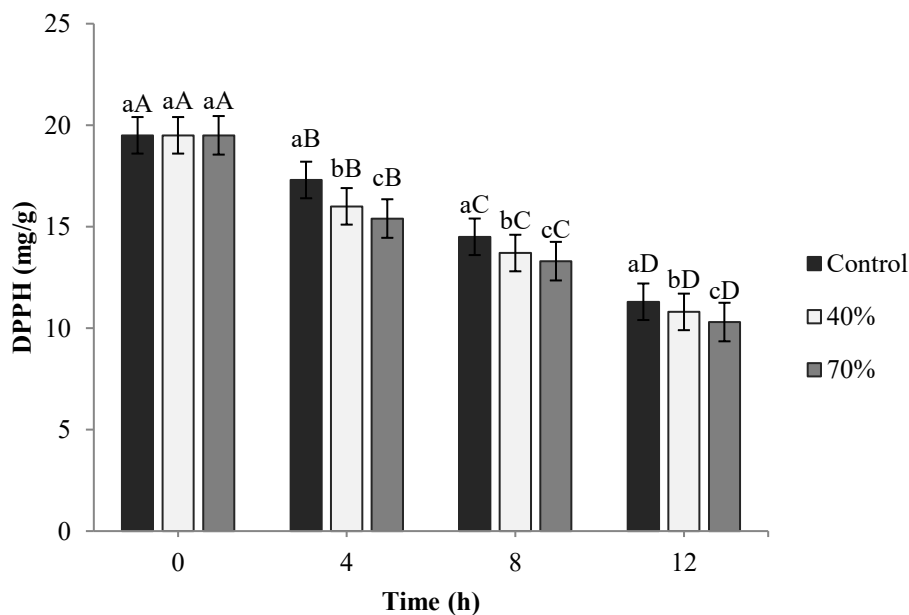


Fig 7. Changes in DPPH radical-scavenging effects (mg/g) of yellow apple samples. Error bars indicate the standard deviation of DPPH in sonicated (at 40 and 70 % amplitude) and unsonicated (control) yellow apple samples during 12 h of osmotic dehydration. The same lowercase letters are not significantly different between various treatments within the same study hour at $P > 0.05$. Different uppercase letters indicate significant differences between different times in the same study treatment at $P < 0.05$.

بر اساس نتایج بدست آمده در طی تحقیق حاضر، مشخص شد که استفاده از پیش-تیمار اولتراسوند به تنهایی می‌تواند

۴- نتیجه‌گیری

به دليل تشكيل كانال‌هاي ميكروسكوپي و انتقال بيشتر آب/املاح مشاهده شد. به علاوه، مشخص شد كه دامنه بالاتر اولتراسوند باعث كاهش بيشتر پارامترهاي مورد بررسي شده است. از اين رو، داده‌هاي به‌دست‌آمده تأييد كرد كه روش اولتراسوند-اسمز مي‌تواند به عنوان يك فناوري غيرحرارتي براي كاهش باكتري‌هاي بيماري‌زا در سيب مورد استفاده قرار گيرد، كه در آن دامنه بالاتر اولتراسوند در دوره‌هاي طولاني‌تر آبگيري اسمزي مؤثرتر بود.

۵- منابع

- [1] Karami, Z., Yousefi, G. H., & Emam-Djomeh, Z. (2013). Modeling and optimization of ultrasound-assisted osmotic dehydration with finished freeze drying on black cherries—the effect on antioxidant activities. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 3, 11-22.
- [2] Rezaei, R., & Moghimi, M. (2024). Optimization of combined drying (osmotic-hot air) of aloe vera slice using response surface methodology. *Journal of food science and technology (Iran)*, 20(144), 1-24. [in Persian]
- [3] Campos, C. D. M., Sato, A. C. K., Tonon, R. V., Hubinger, M. D., & Cunha, R. L. D. (2012). Effect of process variables on the osmotic dehydration of star-fruit slices. *Food Science and Technology*, 32, 357-365.
- [4] Fathi, A. B., & Hesari, J. (2016). Drying of apricot slices using osmotic dehydration process (sucrose-salt solutions). *Food Research Journal*, 26(3), 491-506.
- [5] Sharafatkah, A. S., Fathi, A. B., & Alirezalu, K. (2017). Investigation on Dried Strawberries Using Osmotic Dehydration. *Journal of food science and technology (Iran)*, 66(14), 271-281. [in Persian]
- [6] Khan, M. R. (2012). Osmotic dehydration technique for fruits preservation—A review. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(2), 71-85.
- [7] Yadav, A. K., & Singh, S. V. (2014). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology*, 51, 1654-1673.
- [8] Mille, Y., Beney, L., & Gervais, P. (2005). Compared tolerance to osmotic stress in various microorganisms: towards a survival prediction test. *Biotechnology and Bioengineering*, 92, 479–84.
- [9] Wong, E., Vaillant, F., & Pérez, A. (2010). Osmosonication of blackberry juice: impact on selected pathogens, spoilage microorganisms, and main quality parameters. *Journal of Food Science*, 75, M468–M474.
- [10] Kaveh, S., Gholamhosseinpour, A., Hashemi, S. M. B., Jafarpour, D., Castagnini, J. M., Phimolsiripol, Y., & Barba, F. J. (2023). Recent advances in ultrasound application in fermented and non-fermented dairy products: Antibacterial and bioactive properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(7), 3591-3607.
- [11] United States Food and Drug Administration (U.S. FDA), Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies (2000). www.fda.gov/downloads/food/foodborneillnesscontaminants/ucm545175.pdf.
- [12] da Silva, G. D., Barros, Z. M. P., de Medeiros, R. A. B., de Carvalho, C. B. O., Brandão, S. C. R., & Azoubel, P. M. (2016). Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. *Lwt*, 74, 114-119.
- [13] Cárdenas-Pérez, S., Chanona-Pérez, J., Méndez-Méndez, J. V., Calderón-Domínguez, G., López-Santiago, R., Perea-Flores, M. J., & Arzate-Vázquez, I. (2017). Evaluation of the ripening stages of apple (*Golden Delicious*) by means of computer vision system. *Biosystems Engineering*, 159, 46–58.
- [14] National portal of statistics, 2023, <https://www.amar.org.ir>.
- [15] Delgado, J. M. P. Q., & da Silva, M. V. (2014). Food dehydration: Fundamentals, modelling and applications. *Transport Phenomena and Drying of Solids and Particulate Materials*, 69-94.
- [16] Filipović, I., Markov, S., Filipović, V., Filipović, J., Vujačić, V., & Pezo, L. (2019). The effects of

- the osmotic dehydration parameters on reduction of selected microorganisms on chicken meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), e14144.
- [17] Osae, R., Zhou, C., Tchabo, W., Xu, B., Bonah, E., Alenyorege, E. A., & Ma, H. (2019). Optimization of osmosonation pretreatment of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) using response surface methodology: Effect on antioxidant activity, enzyme inactivation, phenolic compounds, and physical properties. *Journal of Food Process Engineering*, 42(10), 1–17.
- [18] Fujikawa, H., & Tsubaki, H. (2019). Characteristics of microbial colony counts on agar plates for food and microbial culture samples. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*, 60(4), 88–95.
- [19] AOAC, *Ofcial Methods of Analysis*, 15th edn. (Association of Ofcial Analytical Chemists, Washington, DC, 1999).
- [20] Hillis, W. E., & Swain, T. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. II.—The analysis of tissues of the Victoria plum tree. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(2), 135–144.
- [21] Lee, J. H., Jeong, C. S., & Kim, G. H. (2009). Antioxidant and suppressive effects of ethanolic extract fractions from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) flower on the biosynthesis of inflammatory mediators from LPS-stimulated RAW 264.7 cells. *Food science and biotechnology*, 18(1), 143–149.
- [22] Kordowska-Wiater, M., & Stasiak, D. M. (2011). Effect of ultrasound on survival of gram negative bacteria on chicken skin surface. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 55, 207–210.
- [23] Dehghani, M. H. (2005). Effectiveness of ultrasound on the destruction of *E. coli*. *American journal of environmental sciences*, 1(3), 187–189.
- [24] Sagong, H., Lee, S., Chang, P., Heu, S., Ryu, S., Choi, Y., & Kang, D. (2011). Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. *International Journal of Food Microbiology*, 145, 287–292.
- [25] Patist, A., & Bates, D. (2008). Ultrasonic innovations in the food industry: from the laboratory to commercial production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 147–154.
- [26] Hashemi, S. M. B., Jafarpour, D., Soto, E. R., & Barba, F. J. (2022). Ultrasound-assisted lactic acid fermentation of Bakraei (*Citrus reticulata* cv. Bakraei) juice: Physicochemical and bioactive properties. *Fermentation*, 9(1), 37.
- [27] Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2013). *Microbiology: An introduction* (11th ed.). Glenview, IL: Pearson Education Inc.
- [28] Wong, E., Vaillant, F., Chaves-Olarte, E. (2012). Synergistic effect of sonication and high osmotic pressure enhances membrane damage and viability loss of *Salmonella* in orange juice. *Food Research International*, 45, 1072–1079.
- [29] Luchese, C. L., Gurak, P. D., & Ferreira Marczak, L. D. (2015). Short Communication: Osmotic Dehydration of *Physalis* – Influence of Ultrasound Pretreatment. *Food Engineering Reviews*, 7, 193–197.
- [30] Nowacka, M., Tylewicz, U., Romani, S., Dalla Rosa, M., & Witrowa-Rajchert, D. (2017). Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on the main quality parameters of kiwifruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 71–78.
- [31] Shamaei, S., Emam-djomeh, Z., & Moini, S. (2012). Ultrasound-assisted osmotic dehydration of cranberries: effect of finish drying methods and ultrasonic frequency on textural properties. *Journal of Texture Studies*, 43(2), 133–141.
- [32] Rahaman, A., Zeng, X.-A., Kumari, A., Rafiq, M., Siddeeg, A., Manzoor, M.F., Bloch, Z., & Ahmad, Z. (2019). Influence of ultrasound-assisted osmotic dehydration on texture, bioactive compounds and metabolites analysis of plum. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58, 104643.
- [33] Lee, J., & Lim, L. (2011). Osmo-dehydration pretreatment for drying of pumpkin slice. *International Food Research Journal*, 18(4), 1223.
- [34] Garcia-Noguera, J., Oliveira, F. I., Gallão, M. I., Weller, C. L., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. (2010). Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. *Drying Technology*, 28(2), 294–303.
- [35] Çağlayan, D., & Barutçu Mazı, I. (2018). Effects of ultrasound -assisted osmotic dehydration as a pretreatment and finish drying methods on the quality of pumpkin slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, e13679.
- [36] Bermúdez Aguirre, D., Mobbs, T., & Barbosa-Cánovas, G.V. (2011). Ultrasound applications in food processing. In: Feng, H., Barbosa-Cánovas, G.V., Weiss, J. (Eds.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Springer, New York, pp. 65–105.
- [37] Alighourchi, H. R., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Abbasi, S. (2013). Effect of sonication on anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant capacity of pomegranate juices. *International Food Research Journal*, 20(4), 1703–1709.
- [38] 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.
- [39] Jafarpour, D., Hashemi, S. M. B., & Ghaedi, A. (2021). Study the antibacterial properties of different parts of saffron extract and their application in cream. *Journal of food science and technology (Iran)*, 18(115), 339-349. [in Persian]
- [40] Hamed, F., Mohebbi, M., Shahidi, F., & Azarpazhooh, E. (2018). Ultrasound-assisted osmotic treatment of model food impregnated with pomegranate peel phenolic compounds: Mass transfer, texture, and phenolic evaluations. *Food and Bioprocess Technology*, 11, 1061–1074.
- [41] Jafarpour, D. (2022). The effect of heat treatment and thermosonication on the microbial and quality properties of green olive. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(3), 2172-2180.



Scientific Research

The effect of ultrasonic pretreatment and osmotic dehydration on antioxidant and antimicrobial properties of yellow apple

ESkandari, A.R.¹, Jafarpour, D.^{2*}

1- M. Sc. Graduated of the Department of Food Science and Technology, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran

2-Assistant professor of the Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Fasa Branch, Islamic Azad University, Fasa, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2024/10/10 Accepted:2024/12/11 Keywords: Yellow apple, Ultrasonic pre-treatment, Osmotic dehydration, Pathogenic bacteria, Total soluble phenolics DOI: 10.22034/FSCT.22.162.235. *Corresponding Author E- d.jafarpour84@yahoo.com; Do.Jafarpour@iau.ac.ir	Osmotic dehydration is the process of extracting water based on placing food in a hypertonic solution. The current study was performed to investigate the effectiveness of ultrasound-assisted osmotic dehydration (UAOD) on reducing foodborne pathogens (<i>Escherichia coli</i>, <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Salmonella Typhi</i> and <i>Shigella sonnei</i>) on apple slices. Moreover, the effects of UAOD treatment on moisture content, amount of total soluble phenolics and DPPH radical scavenging activity in treated apples were measured. Yellow apple slices were inoculated with each pathogen separately and underwent ultrasonic waves at two levels of amplitudes (40 and 70 %) for 20 min. Afterwards, the osmotic dehydration process was performed by immersing the samples in 70% sucrose solution for a contact period of 4, 8 and 12 h. Results indicated that US pre-treatment alone markedly diminished the microbial count and the reduction levels of four pathogenic bacteria enhanced with the increase of US amplitude. Furthermore, the results showed that the degree of reduction of pathogens depended on the duration of the osmotic dehydration process and the amplitude of sonication treatment. The greatest reduction in pathogens was observed at 70% amplitude after 12 h storage in an osmotic solution, in which the mean number of <i>E. coli</i>, <i>E. faecalis</i>, <i>S. Typhi</i> and <i>S. sonnei</i> was reduced to 0.1, 4.0, 3.7 and 0.1 log CFU/g, respectively. Additionally, osmotic dehydration treatment significantly reduced the amount of moisture content, total phenolics and DPPH antiradical activity of samples, and this reduction was greater in sonicated samples as compared to the control sample. It should be added that increasing the ultrasound amplitude led to a further decrease in the mentioned parameters. Therefore, this non-thermal combination processing can be used to increase the overall safety and quality of apple fruit.