



بررسی تاثیر پیش تیمار فراصوت و سرکه سیب خالص بر روی خصوصیات فراسودمندی و ضدباکتریایی برش های سیر خشک شده تحت هوای داغ

معصومه صنعتی مهرآباد^۱، محسن اسمعیلی^{۲*}، فروغ محترمی^۳، آرش قیطران پور^۴

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲- استاد تمام گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۴- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۲	خشک کردن یکی از راه های موثر در جهت افزایش ماندگاری و حفظ ترکیبات مفید مواد غذایی است که با به کارگیری روش ها و مواد مختلف می توان این خصوصیات را بهبود بخشید. استفاده از مواد فراسودمند به عنوان پیش تیمار می تواند یکی از راه های موثر در افزایش خصوصیات فراسودمندی و ضدباکتریایی باشد. این پژوهش با هدف به کارگیری همزمان پیش تیمار فراصوت و سرکه سیب خالص قبل از فرآیند خشک کردن برش های سیر صورت گرفت. برش های سیر تحت پیش تیمارهای سرکه سیب خالص و فراصوت به مدت ده دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت و با استفاده از خشک کن جابه جایی هوای داغ در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد تا رطوبت نهایی ۶٪ بر پایه مرطوب، خشک شد. خصوصیات شیمیایی شامل محتوی ترکیبات فنلی و فلاوونوئیدی کل، تعیین گروه های عاملی، خصوصیات آنتی اکسیدانی و ضدباکتریایی نمونه ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به کارگیری همزمان پیش تیمار فراصوت و سرکه سیب خالص تاثیر معناداری در میزان ترکیبات فراسودمند و خواص ضدباکتریایی برش های سیر خشک شده داشت. نمونه های پیش تیمار شده با سرکه سیب خالص در مقایسه با پیش تیمار فراصوت تاثیر بیشتری در افزایش خواص فراسودمندی داشت. با توجه به نتایج حاصله کاربرد پیش تیمارهای فراصوت و سرکه سیب خالص، سبب بهبود کیفیت، خصوصیات فراسودمندی و ضدباکتریایی نمونه های سیر خشک برش خورده شد.
کلمات کلیدی: برش های سیر خشک شده، فراصوت، سرکه، خصوصیات فراسودمند، ضدباکتریایی	
DOI: 10.22034/FSCT.21.146.57 *مسئول مکاتبات: m.esmaili@urmia.ac.ir	

۱- مقدمه

سیر با نام علمی "*Allium Sativum.L*" گیاهی است که به علت خصوصیات دارویی و غذایی در سرتاسر جهان کشت می شود و در صنعت پزشکی برای درمان بسیاری از بیماری ها و در صنعت غذایی به عنوان ادویه استفاده می گردد. مواد تشکیل دهنده آن شامل آنتوسیانین ها، گلیکوزیدها، روغن های ضروری، فلاونوئیدها، فروکتان، لکتین ها، آدنوزین ها، پکتین، ویتامین های B₁, B₂, B₆, C و بیوتین، اسیدهای آمینه ضروری، نیکوتینیک اسید، گلیکولیپیدها، اسیدهای چرب و فسفولیپیدها می باشد [۱-۳]. در دهه های اخیر، مطالعات زیادی در مورد خواص بیولوژیکی سیر انجام شده است که شامل خواص آنتی اکسیدانی، ضد التهاب، ضد باکتری، ضد قارچ، تنظیم کننده سیستم ایمنی، ضد سرطان، ضد دیابت، ضد چاقی می باشد [۴-۷].

سیر تازه دارای محتوای رطوبتی ۷۵-۶۵٪ بر پایه مرطوب است که با گذشت زمان سبب کاهش کیفیت آن می شود. بنابراین برای افزایش ماندگاری و حفظ ترکیبات سودمند، خشک کردن یکی از بهترین روش ها می باشد [۱، ۸]. خشک کردن مواد، محتوی آب آنها را تا ۹۰٪ کاهش می دهد که باعث کاهش فساد میکروارگانیسم ها، کاهش هزینه های حمل و نقل و جلوگیری از واکنش های مخرب حاصل از آب می شود [۹-۱۱].

سرکه سیب یک محصول طبیعی حاصل از تخمیر سیب حاوی پلی فنول ها، ویتامین ها، مواد معدنی و اسیدهای آلی می باشد. اسید استیک موجود در سرکه سیب توانایی بسیار خوبی در از بین بردن مواد سمی و موجودات باکتریایی دارد. این ماده باعث افزایش اثربخشی آنزیم های گوارشی و افزایش ظرفیت جذب می گردد و در کاهش لیپیدهای خون و بهبود ایمنی بدن نقش دارد [۱۲، ۱۳]. بسیاری از مطالعات اثرات درمانی سرکه را به دلیل دارا بودن اسید استیک نشان داده اند [۱۴]. کاربرد فراصوت، به عنوان یک فرآیند غیر حرارتی، می تواند از اثرات مضر گرما بر خواص تغذیه ای و حسی مواد غذایی جلوگیری کند و کارایی خشک کردن و

غیرفعال کردن آنزیم ها را بهبود ببخشد [۱۵، ۱۶]. فرآیند فراصوت، واکنش های شیمیایی را تسریع بخشیده و زمان واکنش را کوتاه می کند [۱۷]. با توجه به مطالعات انجام شده، استفاده از فراصوت به عنوان پیش تیمار می تواند فعالیت آبی را کاهش و رنگ محصول را بهبود بخشیده و باعث حفظ مواد مغذی شود [۱۸]. به نظر می رسد که کاربرد این دو پیش تیمار تاثیر بالایی در بهبود خصوصیات برش های سیر خشک شده داشته باشد.

در بررسی خصوصیات کیفی برش های سیر خشک تحت پیش تیمار سونیکاسیون، اسموسونیکاسیون و اسموسونیکاسیون تحت خلا، گزارش شده است که بهترین کیفیت به ترتیب مربوط به نمونه های پیش تیمار شده با اسموسونیکاسیون تحت خلا، اسموسونیکاسیون، سونیکاسیون و نمونه بدون پیش تیمار بوده است [۱]. در مطالعه ای دیگر که به بررسی خصوصیات کیفی برش های سیر خشک شده توسط مادون قرمز تحت تاثیر پیش تیمارهای الکل - فراصوت پرداخته است، مشخص شده که با این روش در ویژگی های کیفی محصول و خصوصیات میکروبی به جز محتوی آلیسین، بهبود حاصل می شود [۱۹، ۲۰]. در تحقیق دیگر، اثر پیش تیمار فراصوت بر برش های سیر خشک شده به روش ماکروویو و همرفتی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصله این پیش تیمار باعث افزایش سرعت خشک کردن، نرخ باز جذب آب، شاخص زردی و قرمزی رنگو کاهش دانسیته کل نمونه ها گردید [۲۱]. در بررسی دیگر، استفاده از تیمار فراصوت در کنار خشک کردن هوای داغ برش های سیر، باعث بهبود ویژگی های کیفی محصول و حفظ ترکیبات فراسودمند گردید [۲۲، ۲۳].

علی رغم مطالعات در مورد خشک کردن برش های سیر با استفاده از فراصوت و پیش تیمارهای غیر حرارتی، به کارگیری مواد اسیدی حاوی ترکیبات فراسودمند در این زمینه چندان مورد توجه قرار نگرفته است. لذا در تحقیق حاضر تاثیر پیش تیمار فراصوت و استفاده از سرکه سیب خالص بر

خصوصیات فراسودمند و ضدباکتریایی برش‌های سیر خشک شده تحت هوای داغ بررسی شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد لازم جهت انجام آزمایشات

مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش شامل اتانول (آروین شیمی)، سود کاستیک (مرک)، معرف فولین-سیوکالتیو (سیگما)، گالیک اسید (سیگما)، ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازین (DPPH) (سیگما)، کوئرستین (سیگما)، کلرید آلومینیوم (مرک)، نیتريت سدیم (مرک)، کربنات سدیم (مرک)، نوتربینت برات (مرک)، نوتربینت آگار (مرک)، سرکه سیب با اسید استیک ۵٪ (ارگانیک) بود. سیر خام بنفش مورد نیاز از بازار محلی ارومیه خریداری گردید و در یخچال در دمای 1 ± 4 درجه سانتی‌گراد به مدت دو هفته نگهداری شد.

۲-۲- آماده‌سازی نمونه

در ابتدا نمونه‌های سیر شسته و سپس پوست‌گیری گردید و به ضخامت 0.5 ± 2 میلی‌متری برش داده شد. رطوبت اولیه نمونه‌ها، در آون (SDON-301، ساخت کره) با دمای 2 ± 105 درجه سانتی‌گراد با استفاده از روش (AOAC (2000)، تا زمان رسیدن به وزن نهایی ثابت محاسبه شد. کهاین مقدار برای نمونه‌های سیر تازه 0.24 ± 0.96 درصد بر پایه مرطوب بود. برش‌های سیر تحت پیش‌تیمارهای فراصوت (RoHS, DSA100-SK₂-4.0L، ساخت کره) با فرکانس ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد [۱، ۲۴] و تیمار سرکه سیب خالص به مدت ده دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس سطح نمونه‌ها توسط کاغذ صافی خشک شدند. نمونه‌ها در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت یک متر بر ثانیه تحت جریان هوای داغ تا زمان رسیدن به رطوبت نهایی ۶٪ بر پایه مرطوب، خشک شدند.

با توجه به اینکه سیر دارای طعمی تند است و به صورت برش خورده و به تنهایی مصرف نمی‌شود و به عنوان طعم-دهنده به صورت پودری در ترکیب با سایر مواد غذایی

کاربرد دارد و از طرف دیگر طبق مطالعات صورت گرفته از قبل مشخص بود که کاربرد پیش‌تیمار فراصوت سبب روشن‌تر شدن رنگ نمونه‌ها و استفاده از سرکه تحت شرایط خاص سبب ایجاد رنگ سبز در نمونه‌ها می‌گردد لذا با در نظر گرفتن کلیه این موارد به ایجاد شرایط مختلف دمایی، زمان و ... در بکارگیری پیش‌تیمارها به جهت ایجاد نمونه-هایی با حداقل تغییرات در رنگ پرداخته شد. در نهایت شرایط بهینه به صورت ذکر شده بود.

۲-۳- تهیه عصاره الکلی

جهت آماده‌سازی عصاره، ۰/۵ گرم سیر پودر شده به ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ اضافه و مخلوط در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه، تحت تیمار فراصوت (RoHS, DSA100-SK₂-4.0L ساخت کره) با فرکانس ۴۰ کیلوهرتز قرار گرفت. سپس مخلوط حاصله با سرعت ۱۰۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شده و قسمت رویی جدا گردید [۲۲].

۲-۴- تعیین محتوی فنل کل

۵ میلی‌لیتر از معرف فولین سیوکالتیو (به نسبت ۱ به ۱۰ با آب) با یک میلی‌لیتر از عصاره سیر و ۴ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد، به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شده و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری و جذب آن توسط اسپکتوفوتومتر LKB Pharmacia، (Biochrom ساخت انگلستان) در طول موج ۷۶۰ nm اندازه-گیری شد. محتوای فنل بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک (GAE) در هر گرم از وزن خشک ماده گزارش گردید [۱]. برای رسم منحنی استاندارد اسید گالیک ۲۵ میلی‌گرم اسید گالیک با ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و غلظت‌های مختلف از اسید گالیک (۰-۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) تهیه شد. و مطابق روش اندازه‌گیری محتوی فنل عصاره، جذب نمونه‌های محلول اسید گالیک اندازه‌گیری شد.

۲-۵- اندازه‌گیری محتوی فلاونوئید کل

۲-۸- اندازه گیری محتوی هیدروکسی متیل فورفورال

یک گرم پودر سیر خشک شده با ۱ میلی لیتر از محلول های شفاف کننده، کارز I (۱۰/۶) گرم پتاسیم هگزا فوسفاید در ۱۰۰ میلی لیتر آب) و کارز II (۲۱/۹) گرم استات روی با ۳ میلی لیتر استیک اسید به حجم ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر جهت ترسیب چربی، پروتئین و کاروتنوئیدها اضافه و با آب مقطر به حجم ۱۵ میلی لیتر رسانده شد. پس از ۳۰ دقیقه نگهداری، نمونه ها با دور ۳۵۰۰ rpm به مدت ۱۵ دقیقه در دمای اتاق سانتریفوژ شده و فاز رویی از فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده شد. نمونه ها تا زمان مصرف در دمای ۲۰- درجه نگهداری شدند. از دستگاه HPLC (KNAUER D-14163, Germany)، مجهز به آشکارساز UV به صورت یک ستون C18 (۲۵۰ میلی متر طول، قطر داخلی ۴/۶ میلی متر و اندازه ذرات ۵ میکرومتر در دمای اتاق) جهت تزریق نمونه به حجم ۲۰۰ میکرولیتر در طول موج ۲۸۳ نانومتر و فاز متحرک (مخلوط استونیتریل و متانول به نسبت ۴٪ و ۶٪ در آب مقطر با گرید HPLC) با سرعت ۰/۸ میلی لیتر بر دقیقه استفاده شد. نمونه استاندارد HMF با غلظت ۱ ppm جهت تعیین محل و زمان خروج به دستگاه تزریق و منحنی استاندارد HMF با استفاده از غلظت های مختلف (۱۰۰-۵ mg/lit) رسم شد [۲۵].

۲-۹- تعیین خصوصیات ضدباکتریایی

از چهار نوع باکتری اشرشیاکلی، سالمونلا تیفی موریوم، استافیلوکوکوس اورئوس و لیستریا مونوسیتوزنز با روش انتشار دیسک کاغذی با بررسی هاله عدم رشد استفاده شد. فعال سازی باکتری ها توسط محیط کشت نوترینت برات انجام گرفت و سپس سوسپانسیونی معادل ۰/۵ مک فارلند cfu/ml (۱۰^۸×۱/۵) با روش رقیق سازی و تعیین کدورت در طول موج ۶۲۵ نانومتر تهیه شده و با رقیق سازی توسط سرم فیزیولوژی، سوسپانسیونی معادل ۱/۵×۱۰^۶ cfu/ml تهیه شده و بر روی محیط کشت نوترینت آگار کشت چمنی داده شد. جهت سترون سازی، عصاره ها از فیلتر ۰/۴۵ میکرونی عبور داده و دیسک های کاغذی استریل به داخل آن اضافه گردید

۰/۵ میلی لیتر از عصاره به ۲ میلی لیتر آب مقطر و ۰/۱۵ میلی - لیتر محلول NaNO₂ (۵٪) اضافه شد. ۶ دقیقه بعد، ۰/۱۵ میلی لیتر از محلول AlCl₃ (۱۰٪) به مخلوط اضافه گردید. پس از ۶ دقیقه، ۲ میلی لیتر از محلول سود (۴٪) به مخلوط اضافه و بلافاصله با آب مقطر به حجم ۵ میلی لیتر رسانده شد. جذب نمونه ها توسط اسپکتوفتومتر بعد از ۱۵ دقیقه نگهداری در طول موج ۵۱۰ نانومتر اندازه گیری شده و نتیجه برحسب میلی گرم کوئرستین در هر گرم از وزن خشک نمونه گزارش گردید [۱]. جهت رسم منحنی استاندارد کوئرستین ۵ میلی گرم کوئرستین با اتانول ۸۰٪ در بالن ۱۰ میلی لیتری به حجم رسانده و غلظت های مختلف از کوئرستین تهیه شد و مراحل توضیح داده شده جهت اندازه گیری جذب عصاره، برای غلظت های مختلف کوئرستین، تکرار گردید.

۲-۶- تعیین خصوصیات آنتی اکسیدانی

از روش DPPH برای سنجش ظرفیت آنتی اکسیدانی برش - های سیر خشک شده استفاده شد. ۳ mL از عصاره سیر با ۱ mL از محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH مخلوط و در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد [۱]. از فرمول (۲) جهت محاسبه میزان مهارکنندگی DPPH استفاده شد، که در آن A₀، میزان جذب نمونه شاهد (اتانول ۸۰٪ + DPPH) و A، میزان جذب نمونه (عصاره + DPPH) است.

$$100 \times \frac{A_0 - A}{A_0} = (\%) \text{ مهارکنندگی DPPH} \quad (2)$$

۲-۷- تعیین گروه های عاملی (FTIR)

مقداری سیر خشک شده را پودر کرده و با برمید پتاسیم مخلوط و به صورت ورقه ای به هم فشرده در محدوده طیفی ۴۰۰-۴۰۰۰ cm⁻¹ در برابر میزان عبور نور اسپکتوفتومتر مادون قرمز تبدیل فوریه (IASCO, FT/IR-4100, Japan) بررسی شد [۱].

و بر روی محیط کشت نوترینت آگار قرار داده شد، محیط کشت‌ها به مدت ۱۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد انکوبه‌گذاری شد [۲۶].

۳-آنالیز آماری

نتایج به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، طراحی گردید و با استفاده از نرم افزار SPSS Statistics 25 تجزیه و تحلیل شد. برای رسم نمودارها از Excel 2019 استفاده شد.

۴-یافته‌ها

۴-۱-محتوی فنول کل (TPC)

معادله حاصل از رسم منحنی اسید گالیک به صورت $y = 0.0269x - 0.0026$ با $R^2 = 0.998$ بود که جهت تعیین محتوی فنول کل از آن استفاده شد. نتایج آنالیز نمونه‌ها طبق جدول (۱) نشان داد که اختلاف معناداری بین کلیه نمونه‌ها از نظر محتوی فنول ($p < 0.05$) وجود داشت. بالاترین مقدار در نمونه‌های پیش‌تیمار شده با فراصوت و سرکه سیب خالص و کمترین مقدار در نمونه شاهد بود. مطابق با نتایج مقالات پژوهشی، نمونه‌های سرکه سیب دارای اسید گالیک، کاتچین، اپی کاتچین، اسید کلروژنیک و اسید-p کوماریک است که عمده‌ترین مواد فنلی موجود در سرکه سیب اسید گالیک و اسید کلروژنیک می‌باشد. در طی فرآوری مطابق با روش گفته شده از سرکه سیب وارد برش‌های سیر شده‌اند و در نتیجه سبب افزایش محتوی ترکیبات فنلی گردیده است. به علت حالت اسیدی سرکه سیب برخی از ترکیبات موجود در دیواره سلولی برش‌های سیر تجزیه شده است و امکان انتقال جرم ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی سرکه به داخل برش‌های سیر افزایش یافته است و از طرف دیگر برخی از ترکیبات در اثر واکنش با اسید تغییر حالت داده و به ترکیبات دارای گروه OH و فنلی تبدیل شده‌اند. بنا بر تحقیقات صورت گرفته مشاهده شده است که مقادیر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنلی با آزاد شدن ترکیبات فنلی متصل به قند موجود در میوه (برش سیر) افزایش می‌یابد [۲۷، ۲۸]. ما و همکاران (۲۰۲۱)

طی گزارشات خود در مورد به کارگیری اسید استیک ۰.۵٪ در تولید سیر سبز سنتی "Laba" بیان کرده‌اند که اسید استیک به عنوان متابولیتی ثانویه، نقش مثبتی در افزایش ترکیبات فنولی داشته و محرک بیوسنتز این ترکیبات است، و احتمالاً محلولهای اسیدی، آنتی‌اکسیدان‌ها را آزاد کرده و به دنبال آن محتوی پلی‌فنول‌ها افزایش یافته است [۲۹]. آلولگا و همکاران (۲۰۲۱) در مورد بکارگیری پیش‌تیمارها قبل از خشک کردن نمونه‌های برش خورده سیر با استفاده از فراصوت و نمک، بیان کردند که نمک به علت ایجاد شیب فشار اسمزی، سست کردن و از هم گسیختگی ساختار سلول‌ها و ایجاد حفره‌های ریز در بافت سیر باعث افزایش نفوذ رطوبت و سرعت خشک کردن و کاهش زمان خشک کردن شده و در نتیجه سبب حفظ ترکیبات زیست‌فعال و بهبود انتقال جرم شده است [۱].

۴-۲-محتوی فلاونوئید کل (TFC)

معادله حاصل از منحنی استاندارد کوئرستین به صورت $y = 0.0211x + 0.8045$ با $R^2 = 0.998$ می‌باشد. مطابق نتایج حاصل از آنالیز واریانس نمونه‌ها (جدول (۱)) اختلاف معناداری ($p < 0.05$) بین نمونه‌های سیر بدون پیش‌تیمار و نمونه پیش‌تیمار شده با فراصوت وجود نداشت اما بین این دو نمونه و سایر نمونه‌ها اختلاف معناداری وجود داشت ($p < 0.05$). بالاترین مقدار فلاونوئید کل مربوط به نمونه‌های پیش‌تیمار شده با فراصوت به همراه سرکه سیب خالص و کمترین مقدار مربوط به نمونه کنترل بود که نشان داد، سرکه سیب حاوی ترکیبات فلاونوئیدی سودمندی است (طبق آزمایشات انجام شده بر روی سرکه سیب مصرفی) که وارد بافت محصول شده و سبب افزایش محتوی کلی فلاونوئیدی گردیده است که به کارگیری تیمار فراصوت نیز تاحدودی سبب افزایش آن گردیده است. اوساعه و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیق خود بر روی پیش-تیمار محلول قندی و فراصوت بیان کرد که انتقال جرم بالاتر و دمای کمتر یکی از راههای موثر در حفظ ترکیبات فلاونوئیدی است [۳۰]. آلولگا و همکاران (۲۰۲۱) همچنین طی مطالعات خود بیان کردند که انتشار رطوبت، افزایش

که از التراسوند استفاده نمی‌شود بیشتر در ترکیب فعال باقی می‌ماند و از طرفی این تکنیک آنتی‌اکسیدان‌های متصل مانند فنولیک‌ها و محتویات اسید اسکوربیک را افزایش می‌دهد که این نیز به نوبه خود سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود. کاربرد التراسوند می‌تواند نرخ انتقال جرم ترکیبات را بر اساس کاویتاسیون ایجاد شده در ماده افزایش دهد. در واقع ساختار پلیمری دیواره سلولی تخریب می‌شود و در نتیجه آزادسازی ترکیبات فعال زیستی از مواد گیاهی افزایش می‌یابد. اوساعه و همکاران (۲۰۱۹) طی مطالعات انجام گرفته بر روی زنجبیل، در به کارگیری انواع پیش تیمارهای غیرحرارتی چون ساکارز، بیان کردند که کاربرد این پیش تیمارهای تشکیل رادیکالهای آزاد را افزایش داده و باعث پلیمریزاسیون ترکیبات فنولی شده‌اند که به دنبال آن خاصیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافته است [۲۴]. فنگ و همکاران (۲۰۲۰) نیز در مطالعات خود کاهش معنادار در ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را به مقدار کم ترکیبات زیست‌فعال نسبت داده است [۸]. تاو و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی را مربوط به تولید ترکیبات زیست‌فعال دانسته‌اند که پروفیل آنتی‌اکسیدانی سیر را تشکیل داده‌اند [۲۲].

سرعت خشک کردن، کاهش زمان خشک کردن و استفاده از برخی از پیش تیمارها سبب حفظ و بهبود ترکیبات زیست-فعال در محصول خشک شده بود که مطالعات فنگ و همکاران (۲۰۱۹) با نتایج فوق مطابقت دارد [۱، ۳۱].

۴-۳- خصوصیات آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی انواع نمونه‌ها به روش DPPH در جدول (۱)، نشان می‌دهد که نمونه‌های شاهد و نمونه‌های حاوی پیش تیمار فراصوت با سرکه به ترتیب کمترین و بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را داشتند. بررسی آنالیز داده‌ها نشان داد که در بین کلیه تیمارها اختلاف معناداری ($p \leq 0/05$) وجود دارد که به علت زمان کم فرآیند خشک کردن، ترکیبات موثر همچون گروه فنولی حفظ شده که دارای خاصیت آنتی-اکسیدانی هستند. به کارگیری پیش تیمار فراصوت نیز در افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی تأثیری مثبت داشته است. تحقیقات نشان داده است که هنگام استفاده از اولتراسوند، سرعت خشک شدن افزایش می‌یابد، که به دنبال آن مدت زمان فرآیند کاهش می‌یابد. بنابراین امکان اینکه ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در نمونه محصول خام نسبت به زمانی

Table 1. Antioxidant activities, TPC and TFC of garlic slices under different pretreatment conditions

samples	TPC (mg GAE/gdw)	TFC (mg QE/gdw)	Antioxidant activities (%)
C	2/24±0/05 ^a	5/60±0/23 ^a	24/69±3/62 ^a
US	2/95±0/02 ^b	5/87±0/09 ^a	34/88±0/27 ^b
PAV	4/62±0/04 ^c	7/27±0/28 ^b	54/56±3/65 ^c
US+PAV	5/02±0/01 ^d	7/96±0/28 ^c	63/53±0/37 ^d

Means with different letters within a column indicate significant differences ($p < 0.05$).

C: Control, US: Ultrasound, PAV: Pure Apple Vinegar and US+PAV: Ultrasound+ Pure Apple Vinegar

حضور ترکیبات پلی‌هیدروکسی مثل فلاونونوئیدها، ساپونین-ها است [۳۲]. نتایج حاصل از محتوی فنول، فلاونونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در این تحقیق، مطابق با بندهای ارائه شده که ترکیبات حاوی گروه OH هستند با نتایج فوق مطابقت داشت. پیک بعدی عدد موجی 2926cm^{-1} در رابطه با کشش پیوندهای C-H بوده که در آلکانها و ترکیبات

۴-۴- تعیین گروه‌های عاملی (FTIR)

مطابق شکل (۱)، پیک‌ها در تمامی نمونه‌ها اعداد موجی 1032cm^{-1} ، 1127 ، 1418 ، 1645 ، 2383 ، 2926 ، 3434 را نشان دادند. قویترین پیک مربوط به عدد موجی 3434cm^{-1} در رابطه با کشش پیوندهای O-H است که نشان دهنده

است. عدد موجی 1032cm^{-1} مربوط به گروه S=O در گروه سولفونیل می باشد [۱].

آروماتیک وجود دارد. عدد موجی 2383cm^{-1} به کشش پیوندهای S-H مربوط است [۳۳] عدد موجی 1645cm^{-1} مربوط به کشش پیوندهای C=C گروه آلیل بوده و عدد موجی 1418cm^{-1} مربوط به خمیدگی CH₂ در گروه لیپیدها و عدد موجی 1126cm^{-1} متعلق به گروه C-N در آمینواسیدها

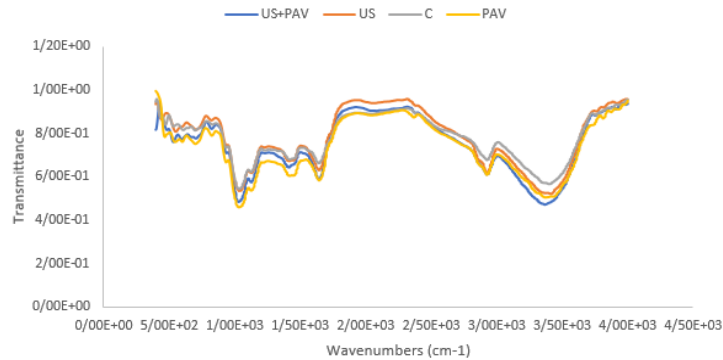


Fig. 1. Effect of different pretreatments on FTIR spectra

C: Control, US: Ultrasound, PAV: Pure Apple Vinegar; US+PAV: Ultrasound+Pure Apple Vinegar

خواص تغذیه‌ای ماده غذایی می‌گذارد. با توجه به نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها (B) و منحنی استاندارد HMF (A) در شکل (۲) هیچ گونه پیکی در دقیقه هشتم برای نمونه‌ها مشاهده نشد که این موضوع بیانگر عدم تشکیل این ماده طی فرآیند بود. در کلیه مقالات بررسی شده در مورد سیر نیز گزارشی از تشکیل این ماده مشاهده نشد.

۴-۵- محتوی هیدروکسی متیل فورفورال (HMF)

در اثر حرارت و واکنش بین آمینواسیدها و قندهای شش کربنه احیاکننده، طی واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی یا مایلارد و گاهی طی کاراملیزاسیون، ترکیب مضرى چون HMF تشکیل می‌شود که تغییراتی در رنگ، طعم و

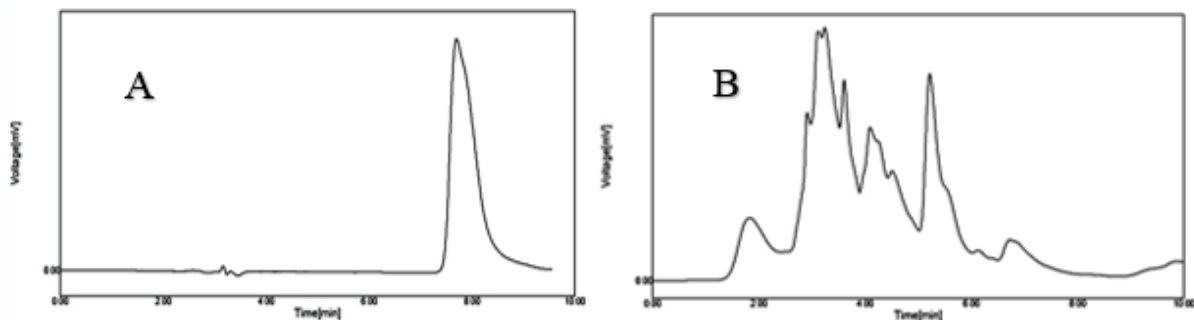


Fig. 2. (A): HMF standard curve and (B): Curve of different pretreatments for production HMF

میان نمونه‌ها از لحاظ خاصیت ضدباکتریایی اختلاف معناداری ($p \leq 0/05$) وجود داشت. لیستریا مونوسیتوزنز مقاوم‌ترین باکتری و استافیلوکوکوس اورئوس حساس‌ترین آنها به مواد موثره در خواص ضدباکتریایی نمونه‌های سیر خشک است. در میان نمونه‌های سیر خشک شده، نمونه

۴-۶- خصوصیات ضد باکتریایی

با توجه به نتایج حاصله، عصاره اتانولی نمونه‌ها در غلظت ۵۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر دارای خواص ضدباکتریایی است (جدول ۲). نتایج آنالیز واریانس داده‌ها مشخص کرد که در

برابر قارچ‌ها، باکتری‌های گرم منفی، باکتری‌های گرم مثبت، پروتوزواها و ویروس‌ها دارد [۳۴]. طی تحقیقی که بر روی بررسی خاصیت ضد میکروبی محصولات پودری سیر خشک شده صورت گرفت، دو عامل دما و زمانا عوامل موثر در برابر خاصیت ضدباکتریایی معرفی شدند که دمای بالا و زمان بیشتر فرآوری، سبب تخریب عوامل موثر در خاصیت ضدباکتریایی بود [۳۵].

شاهد، کمترین و نمونه پیش تیمار شده با فراصوت و سرکه سیب خالص بالاترین خاصیت ضدباکتریایی را داشت. ترکیبات سولفوردار و ساپونین‌ها در سیر دارای بیشترین خاصیت ضدباکتریایی هستند که شدت آن با توجه به نوع میکروارگانیسم، نوع سیر، محتوای ترکیبات موثر در سیر، نحوه فرآوری، نوع عصاره استحصالی متفاوت است. آلیسین یک ترکیب سولفوردار ضدباکتریایی بسیار قوی در سیر است که در غلظت‌های کم نقش بازدارندگی بالایی در

Table 2. Diameter of inhibition zones/mm of the investigated in dried garlic samples

samples	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Salmonella typhimurium</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
C	0/0±0/0 ^a	10/21±0/4 ^a	10/20±0/01 ^a	8/59±0/17 ^a
US	0/0±0/0 ^a	10/88±0/5 ^{ab}	11/97±0/37 ^b	11/75±0/02 ^d
PAV	11/18±0/0 ^b	11/53±0/3 ^{bc}	12/06±0/24 ^b	10/17±0/08 ^b
US+PAV	11/47±0/33 ^b	11/67±0/1 ^c	12/32±0/41 ^b	10/38±0/01 ^c

Means with different letters within a column indicate significant differences ($p < 0.05$).

C: Control, US: Ultrasound, PAV: Pure Apple Vinegar and US+PAV: Ultrasound+ Pure Apple Vinegar

خواص فراسودمندی بالا بوده و سبب افزایش محتوی این ترکیبات در برش‌های سیر تیمار شده گردید. همین طور یافته‌ها نشان داد، در صورت استفاده از پیش تیمار فراصوت نتایج حاصله تاثیر معناداری در محتوی ترکیبات فراسودمند و خواص ضدباکتریایی دارد. با توجه به اینکه هنوز تاثیر مواد غذایی پیش تیمار شده با فراصوت بر روی بدن انسان به طور کامل بررسی نشده است لذا هنوز استفاده از این روش صنعتی نشده و نیاز به مطالعات بیشتر دارد.

۵- بحث و نتیجه گیری

با یک نگاه کلی در مورد نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که استفاده از پیش تیمارهای مختلف یکی از راه‌های بسیار مفید در جهت دستیابی به خواص فراسودمندی بالا در مواد غذایی است. نتایج نشان داد که سرکه سیب خالص به علت افزایش محتوی ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و خصوصیات آنتی‌اکسیدانیداری

۶- منابع

- [1] Alolga, R.N., et al., *Sonication, osmosonication and vacuum-assisted osmosonication pretreatment of Ghanaian garlic slices: Effect on physicochemical properties and quality characteristics*. Food Chemistry, 2021. **343**: p. 128535.
- [2] Amagase, H., *Clarifying the real bioactive constituents of garlic*. The Journal of nutrition, 2006. **136**(3): p. 716S-725S.
- [3] Basse, E.J., J.-H. Cheng, and D.-W. Sun, *Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables*. Trends in Food Science & Technology, 2021. **112**: p. 137-148.
- [4] Shang, A., et al., *Bioactive Compounds and Biological Functions of Garlic (Allium sativum L.)*. Foods, 2019. **8**(7).
- [5] Toledano Medina, M.Á., et al., *Physicochemical Characterization and Biological Activities of Black and White Garlic: In Vivo and In Vitro Assays*. Foods, 2019. **8**(6).
- [6] Thuwapanichayanan, R., S. Prachayawarakorn, and S. Soponronnarit, *Heat and moisture transport behaviour and quality of chopped garlic undergoing different drying methods*. Journal of Food Engineering, 2014. **136**: p. 34-41.
- [7] Verma, T., et al., *Medicinal and therapeutic properties of garlic, garlic essential oil, and*

- garlic-based snack food: An updated review.* *Frontiers in Nutrition*, 2023. **10**: p. 1120377.
- [8] Feng, Y., et al., *Effect of freeze-thaw cycles pretreatment on the vacuum freeze-drying process and physicochemical properties of the dried garlic slices.* *Food Chemistry*, 2020. **324**: p. 126883.
- [9] Feng, Y., et al., *Role of drying techniques on physical, rehydration, flavor, bioactive compounds and antioxidant characteristics of garlic.* *Food Chemistry*, 2021. **343**: p. 128404.
- [10] Bhagya Raj, G.V.S. and K.K. Dash, *Microwave vacuum drying of dragon fruit slice: Artificial neural network modelling, genetic algorithm optimization, and kinetics study.* *Computers and Electronics in Agriculture*, 2020. **178**: p. 105814.
- [11] Bansod, S. and M. Rai, *Antifungal activity of essential oils from Indian medicinal plants against human pathogenic *Aspergillus fumigatus* and *A. niger*.* *World Journal of Medical Sciences*, 2008. **3**(2): p. 81-88.
- [12] Mohanad, K.U., M.I. Saleem, and M.J. Kadhim. *Effect of using natural apple vinegar, garlic powder (Alsin) and black bean seed on the immune system and some of characteristics of the blood broilers Ross 308.* in *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. IOP Publishing.
- [13] Hindi, N.K., *In vitro antibacterial activity of aquatic garlic extract, apple vinegar and apple vinegar-garlic extract combination.* *American journal of phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 2013. **1**(1): p. 42-51.
- [14] Altay, I., P. Reimer Stubbe, and M.A. Mohammadifar, *Effect of spray drying conditions on physicochemical and functional properties of apple vinegar powder.* *JSFA Reports*, 2023. **3**(6): p. 271-281.
- [15] Sun, M., et al., *Effect of Ultrasound Pretreatment on the Moisture Migration and Quality of *Cantharellus cibarius* Following Hot Air Drying.* *Foods*, 2023. **12**(14): p. 2705.
- [16] Candemir, A., et al., *Effect of ultrasound pretreatment and drying air temperature on the drying characteristics, physicochemical properties, and rehydration capacity of raisins.* *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2023: p. 1-13.
- [17] Chu, H., et al., *Ultrasound application in alkaline pretreatment process of *spodumene* to improve particle floatability.* *International Journal of Mining Science and Technology*, 2023.
- [18] Huang, D., et al., *Application of ultrasound technology in the drying of food products.* *Ultrasonics Sonochemistry*, 2020. **63**: p. 104950.
- [19] Feng, Y., et al., *Vacuum pretreatment coupled to ultrasound assisted osmotic dehydration as a novel method for garlic slices dehydration.* *Ultrasonics Sonochemistry*, 2019. **50**: p. 363-372.
- [20] Baghalian, K., et al., *Evaluation of allicin content and botanical traits in Iranian garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes.* *Scientia Horticulturae*, 2005. **103**(2): p. 155-166.
- [21] Bozkir, H., et al., *Ultrasound as pretreatment for drying garlic slices in microwave and convective dryer.* *Food science and biotechnology*, 2019. **28**(2): p. 347-354.
- [22] Tao, Y., et al., *Contacting ultrasound enhanced hot-air convective drying of garlic slices: Mass transfer modeling and quality evaluation.* *Journal of Food Engineering*, 2018. **235**: p. 79-88.
- [23] Fan, K., M. Zhang, and A.S. Mujumdar, *Application of airborne ultrasound in the convective drying of fruits and vegetables: A review.* *Ultrasonics Sonochemistry*, 2017. **39**: p. 47-57.
- [24] Osae, R., et al., *Effects of various nonthermal pretreatments on the physicochemical properties of dried ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) slices from two geographical locations.* *Journal of food science*, 2019. **84**(10): p. 2847-2858.
- [25] Soria, A.C., et al., *2-Furoylmethyl amino acids, hydroxymethylfurfural, carbohydrates and β -carotene as quality markers of dehydrated carrots.* *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2009. **89**(2): p. 267-273.
- [26] Fratianni, F., et al., *Phenolic constituents, antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activities of different endemic Italian varieties of garlic (*Allium sativum* L.).* *Journal of Functional Foods*, 2016. **21**: p. 240-248.
- [27] Du, G., et al., *Phenolic composition of apple products and by-products based on cold pressing technology.* *Journal of food science and technology*, 2019. **56**: p. 1389-1397.
- [28] BUDAK, H.N., *Alteration of antioxidant activity and total phenolic content during the eight-week fermentation of apple cider vinegar.* *Horticultural Studies*, 2021. **38**(1): p. 39-45.
- [29] Ma, Y., et al., *Nutritional quality and volatile flavor substances of "laba" garlic products produced by either soaking or fumigating with acetic acid.* *Journal of Food Processing and Preservation*, 2021. **45**(2): p. e15116.
- [30] Osae, R., et al., *Optimization of osmosonication 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*, 2019. **42**(6): p. e13218.
- [31] Feng, Y., et al., *Improvement of the catalytic infrared drying process and quality characteristics of the dried garlic slices by ultrasound-assisted alcohol pretreatment*. *LWT*, 2019. **116**: p. 108577.
- [32] Cui, Z.-W., S.-Y. Xu, and D.-W. Sun, *Dehydration of garlic slices by combined microwave-vacuum and air drying*. *Drying technology*, 2003. **21**(7): p. 1173-1184.
- [33] Songsungkan, J. and S. Chanthai, *Determination of synergic antioxidant activity of the methanol/ethanol extract of allacin in the presence of total phenolics obtained from the garlic capsule compared with fresh and baked garlic clove*. *International Food Research Journal*, 2014. **21**(6): p. 2377.
- [34] Lanzotti, V., F. Scala, and G. Bonanomi, *Compounds from Allium species with cytotoxic and antimicrobial activity*. *Phytochemistry Reviews*, 2014. **13**(4): p. 769-791.
- [35] Shafiur Rahman, M., et al., *Assessment of the Anti-Microbial Activity of Dried Garlic Powders Produced by Different Methods of Drying*. *International Journal of Food Properties*, 2006. **9**(3): p. 503-513.



Scientific Research

The effect of ultrasound and pure apple vinegar as pretreatments on the functional and antibacterial properties of drying garlic slices in hot air

Masoumeh SanatiMehrabad¹, Mohsen Esmaili*², Forogh Mohtarami³,
ArashGhaitaranpour⁴

1. ph.D. Student, Food Science and Biotechnology, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
2. Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
3. Associate Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran
4. Assistant Professor, Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University, Urmia, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2023/2/4
Accepted: 2023/10/14

Keywords:

Dried garlic slices,
Ultrasound,
Vinegar,
Functional properties,
Antibacterial

DOI: 10.22034/FSCT.21.146.57

*Corresponding Author E-Mail:

m.esmaili@urmia.ac.ir

Drying is one of the most effective ways to increase the shelf life and preserve the valuable compounds of Foodstuffs, which can be improved by using different methods and materials. Using bioactive compounds as a pre-treatment can be one of the effective ways to increase their bioactive and antibacterial properties. This research was conducted to simultaneously apply ultrasonic pretreatment and pure apple vinegar before drying garlic slices, and investigate their effect on the bioactive and antibacterial properties of garlic slices dried by hot air. Slices of garlic were subjected to pure apple vinegar and ultrasonic treatment for ten minutes at 35 °C and they were placed before the drying process and dried using a hot air displacement dryer at a temperature of 50 °C to a final moisture content of 6% on a wet basis. After evaluating chemical properties, including the content of total phenolic and flavonoid compounds, the determination of functional properties, antioxidant and antibacterial properties were evaluated. The results showed that the simultaneous use of ultrasound and pure apple vinegar had a significant impact on the amount of bioactive compounds and antibacterial properties of dried garlic slices. Pre-treated samples with pure apple vinegar had a more significant impact on increasing functional properties than the ultrasound pretreatment, and it eventually became clear that the use of ultrasonic pretreatments and pure apple vinegar improved the quality, bioactive, and antibacterial properties of sliced dry garlic samples.