اثر پیش تیمار فراصوت بر ساختار و بافت میوه‌های موز، کیوی و توت فرنگی

غزل مهراد[۱]، حسن ذکی دیزجی*[۲]، محمد حجتی[۳] و شعبان قوامی جولندان[۴]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، (ghaniyeroueita@gmail.com).
۲. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز، (hzakid@scu.ac.ir).
۳. استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، (hojjati@asnrukh.ac.ir).
۴. استادیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه شهید چمران اهواز، (s.ghavami@scu.ac.ir).

چکیده

استحکام و سفتی میوه‌ها یکی از ویژگی‌های فیزیکی مهم کیفیتی است. این ویژگی معیار مناسبی از وضعیت ساختاری میوه می‌باشد. میوه‌های کیوی، توت‌فرنگی و موز ازجمله میوه‌هایی هستند که عرضه و مصرف آن‌ها به صورت ورقه‌های خشک در سال‌های اخیر افزایش یافته است. کاهش شدید سفتی، قهوه‌ای شدن و آلودگی میکروبی عامل اصلی محدودکننده عمر قطعات تازه میوه‌ها می‌باشد. هدف از این پژوهش، بررسی اثر پیش‌تیمار فراصوت در مدت زمان ۲۰ و ۳۰ دقیقه بر میزان سفتی و ویژگی حسی(بافت و پذیرش کلی) ورقه‌های خشک شده سه نوع میوه کیوی، توت‌فرنگی و موز بود. نتایج نشان داد که با افزایش زمان فراصوت میزان سفتی افزایش یافت. همچنین ویژگی‌های حسی ورقه‌های خشک شده سفتی و پذیرش کلی بهتری بودند. و در بین ورقه‌های خشک شده میوه‌ها، سفتی ورقه خشک شده موز میزان سفتی بیشتری(۷/۹۸ نیوتن) نسبت به کیوی و توت‌فرنگی داشت. بنابراین اعمال پیش‌تیمار فراصوت می‌تواند در افزایش عمر نگهداری و افزایش سفتی ورقه‌های خشک شده میوه‌های کیوی، توت‌فرنگی و موز به عنوان روش غیرمخرب مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی:
بافت، امواج فراصوت، کیوی، توت فرنگی، موز
***نویسنده مسئول**

بررسی اثر پیش تیمار فراصوت بر ساختار و بافت میوه‌های موز، کیوی و توت فرنگی

مقدمه

در ایران به دلیل تنوع آب‌وهوایی هر ساله انواع مختلف و متنوعی از میوه‌ها و سبزی‌ها تولید می‌شود [۲۸]. مبدا اصلی کیوی(*Actinidia deliciosa*) جنگل‌های مناطق معتدل اطراف رودخانه یانگ تسه در جنوب چین است. ارقام مختلف آن به صورت پراکنده از سیبری تا اندونزی وجود دارد [۲٤] همچنین، موز با نام علمی (*Musa acuminata*) بومی مناطق حاره‌ای جنوب شرق آسیا، شبه جزایر مالزی و استرالیا است. امروزه این میوه در تمام مناطق گرمسیری که از رطوبت مطلوبی برخوردار باشند کاشت می‌شود [۲۹]. موز بدون پوست شامل ۷۵٪ آب، ۲۳٪ کربوهیدرات، ۱٪ پروتئین و اندکی چربی است. ۱۰۰ گرم، موز حدود ۸۹ کالری انرژی دارد و منبعی غنی از ویتامین B٦ است به‌طوریکه حدود ۳۱ درصد از نیاز روزانه را تامین می‌کند و حاوی مقادیر مناسبی ویتامین C ، منگنز و فیبر غذایی است [۳۱]. توت‌فرنگی گیاهی نهان‌دانه با نام علمی *Fragaria vesca* و از تیره گلسرخیان *Rosaceae* است. توت‌فرنگی وحشی اروپایی عمدتاً از ریشه *Fragaria vescal* بوده و ارقام زیر کشت نیز از منشأ *F. Chilosensis* و *F. Virginia* به دست آمده‌اند. توت‌فرنگی (*F. ananassa*) در سطح جهانی کشت می‌شود [۱٤]. براساس آمار فائو، سطح زیر کشت توت‌فرنگی در ایران، ۳۹۷٦ هکتار با تولید ٥٥۹٤٦ تن در سال ۲۰۱٦ بوده است [۹]. این میوه سرشار از ویتامین C و پتاسیم بوده و کمی هم دارای ویتامین A، فولات و کلسیم می‌باشد. این میوه به‌عنوان یک جایگزین شیرین، باعث افزایش سلامت قلب، کاهش خطر ابتلا به انواع سرطان و در کل ارتقاء سلامتی بدن می‌شود. توت‌فرنگی سرشار از ویتامین و فاقد چربی اشباع است و کالری کمی دارد، پاک‌کننده روده و مثانه نیز محسوب می‌شود [۷]. میوه‌ها بیشتر به صورت تازه خوری مصرف می‌شوند و با توجه به نرمی بافت و عمر ماندگاری کم، خشک کردن می‌تواند از روش‌های مهم در حفظ خصوصیات این میوه‌ها باشد. و پس از برداشت آسیب پذیر هستند و به دلیل محتوای رطوبتی بالا در معرض فساد قرار دارند [۲٦]. طبق آمار ارائه شده میزان ضایعات فرآورده‌های کشاورزی در حدود ۳٥- ۳۰ درصد برآورد شده است که بخشی از آن به دلیل کمبود صنایع تبدیلی می‌باشد. خشک کردن مواد غذایی و به‌ویژه میوه‌ها به روش‌های مختلفی مانند خشک کردن در آفتاب، خشک کردن با هوای داغ و خشک کردن با اشعه مایکروویو امکان پذیر است. استفاده از عملیات پیش تیمار می‌تواند منجر به کاهش آب میان‌بافتی و سهولت انتقال جرم هنگام خشک کردن با هوا گردد [۱۱]. یکی از مهم ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی فرآیند خشک کردن یا آب‌زدایی است. خشک کردن ضمن اینکه روی محصول آثار حفاظتی دارد (کاهش فساد میکروبی و واکنش‌های مخرب)، وزن و حجم آن را به میزان چشمگیری کاهش داده و در نتیجه از هزینه‌های حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی محصول می‌کاهد. خشک کردن مواد غذایی و مشخصاً میوه‌ها و سبزیجات از زمان‌های بسیار دور به عنوان راهی جهت افزایش عمر ماندگاری آن‌ها معمول بوده و امروزه نیز به عنوان یکی از فرآیندهای مهم در صنایع غذایی مطرح می‌باشد [۱٦]. بنابراین انتخاب روش مناسب برای خشک کردن و یا استفاده از پیش تیمارهای مناسب قبل از فرآیند خشک کردن می‌تواند تا حدود بسیار زیادی سبب بهبودی ویژگی‌های کیفی محصول نهایی خشک شده شود [۱۹]. امواج فراصوت با مکانیسم‌های مختلف ممکن است منجر به افزایش میزان خروج رطوبت از ماده غذایی طی فرایند خشک کردن شود از جمله آن‌ها می‌توان به افزایش دما در لایه مرزی، تغییر فشار در اثر کاویتاسیون، توسعه میکروکانال‌ها در اثر ایجاد و نتیجه تنش برش حاصل از کاویتاسیون، اغتشاش در لایه مرزی و ایجاد تغییرات ساختمانی در محیط اشاره کرد [۳۲]. بنابراین، امواج فراصوت، باعث یک سری انقباض‌ها و انبساط‌های متناوب سریع

شده (اثر اسفنجی) و رطوبت داخل لوله‌های موئین را با ایجاد اختلاف فشار مکش لوله موئین حفظ میکند [٦]. علاوه بر این، فراصوت باعث ایجاد کاویتاسیون(حفره) در داخل ماده غذایی می‌شود که ممکن است برای جداسازی آب متصل، مفید باشد [٥]. از دیگر اثرات فراصوت، تنش سطحی و تغییر شکل مواد جامدمتخلل است که سبب ایجاد کانال-های میکروسکوپی، کاهش لایه مرزی انتشار و افزایش انتقال جرم کنوکسیونی در مواد غذایی هستند [٨]. تحقیقات نشان داده است که فراصوت با افزایش ضریب انتشار مؤثر رطوبت و افزایش سرعت انتشار مولکول‌های آب در حین خشک شدن، باعث کاهش چروکیدگی و بهبود خصوصیات رنگی و حسی محصول خشک شده می‌شود .جذب مجدد آب، یکی از مهم‌ترین خصوصیات تعیین کننده در مواد غذایی خشک شده است. استفاده از پیش تیمار فراصوت، جذب مجدد آب محصول خشک شده را با ایجاد تنش‌های داخلی و ایجاد منفذهای ریز در داخل ماده غذایی، بهبود می دهد [٢٠]. اولادجو و همکاران (٢٠١٧) اثرات پیش‌تیمار فراصوت بر سنتیک انتقال جرم، ساختار میکروسکوپی، ویتامین-ها و کاروتنوئید ها را در سیب زمینی شیرین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده تاثیر مثبت فراصوت بر روی انتقال جرم و فاکتورهای رطوبت تعادلی بودند. هم‌چنین ساختار نمونه در حین خشک‌شدن زمانی که تحت تیمار فراصوت قرار می‌گیرد نسبت به حالت فاقد تیمار بهتر حفظ می‌شود [٢٣]. امروزه با افزایش سطح آگاهی مردم، تقاضا برای تولید و مصرف مواد غذایی با ارزش غذایی و ماندگاری بالاتر روز به روز در حال افزایش است. بنابراین استفاده از فراصوت به‌عنوان پیش‌تیمار فرایند خشک کردن هوای داغ می‌تواند گامی در تحقق این امر باشد. در پژوهش‌های اخیر، مطالعاتی روی خشک کردن ورقه‌های کیوی [١٢]، توت‌فرنگی [٢]و موز [١] انجام شده است. پژوهش حاضر به مقایسه اثر پیش‌تیمار فراصوت در فرآیند خشک کردن این سه میوه(کیوی، توت‌فرنگی و موز) بر ویژگی‌های بافتی آن‌ها در هوای داغ پرداخته است. در واقع، هدف از این پژوهش بررسی تاثیر استفاده از فراصوت به‌عنوان پیش‌تیمار غیرمخرب بر ویژگی بافتی(سفتی) و عملگرای میوه‌های کیوی، توت‌فرنگی و موز در طی فرآیند خشک کردن با هوای داغ می‌باشد.

مواد و روش

موز، کیوی و توت فرنگی از بازار محلی استان خوزستان-اهواز خریداری شد. پس از جداسازی پوست، برش‌ها در اندازه‌های یکسان با ضخامت سانتی‌متر۱ به وسیله کاردک تهیه شدند و رطوبت سطحی آن‌ها با کاغذ جاذب رطوبت گرفته و وزن اولیه آنها تعیین گردید.

پیش تیمار فراصوت

نمونه‌ها به نسبت ۱ به ۱۰ (وزن میوه به حجم آب مقطر)، به بشر حاوی آب مقطر اضافه شده و بشر درون حمام فراصوت (TransSonic TP 690-A, Elma, Germany) با فرکانس ۳۷ کیلو هرتز و دمای ٦٥ درجه سانتی گراد در دو زمان ۲۰ و ۳۰ دقیقه قرار گرفتند.

خشک کردن نهایی

پس از اعمال پیش‌تیمار فراصوت، نمون ها از آب مقطر خارج شدند و سپس آب سطحی آن‌ها توسط کاغذ جاذب گرفته شد. خشک کردن نهایی نمونه‌ها با استفاده از خشک کن کابینتی (مدل X1، شرکت به دونه، بابلسر، مازندران، ایران) در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به رطوبت ۲۰ درصد انجام پذیرفت.

سفتی

سفتی نمونه‌ها با انجام آزمون نفوذ با استفاده از دستگاه بافت سنج TA-XT Plus texture analyzer (Stable Micro Systems Surrey, UK) **مورد بررسی قرار گرفت. آزمون سفتی با یک پروب فولاد ضد زنگ با قطر ٦ میلی‌متر با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۱۰ میلی‌متر انجام شد. میزان سفتی برش‌ها در هر تیمار به صورت میانگین ۳ تکرار بود. نتایج به عنوان سفتی و حداکثر نیروی مورد نیاز جهت نفوذ پروب در برش‌های موز، کیوی و توت فرنگی بر حسب نیوتن(N) گزارش گردید [۱۲].**

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی برش‌های کیوی، توت‌فرنگی و موز توسط ۱۰ نفر از افراد آموزش دیده در رده سنی ۲۲ تا ۲۸ سال (٦۰٪ خانم و٤۰٪ آقا) انجام پذیرفت. ارزیابی در اتاق‌های با روشنایی و دمای کنترل شده انجام گرفت. نمونه‌ها با امتیاز دهی پنج نقطه‌ای به روش هدونیک که کمترین امتیاز با دادن نمره ۱(بسیار بد) و بیشترین امتیاز با دادن نمره ۵ (بسیار عالی)بود از نظر بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی صورت گرفت و برای مقایسه میانگین داده‌ها برای ارزیابی تفاوت معنی-داری از آزمون دانکن تک متغییره در سطح احتمال ۵ درصد($p<۰/۰۵$) استفاده گردید. نرم افزار SPSS 20(SPSS Science Chicago, IL, USA) **و** Excel (2013) **به ترتیب، جهت تجزیه و تحلیل نتایج و رسم نمودارها استفاده شد.**

نتایج و بحث

آزمون نفوذ و سفتی بافت یکی از روش‌های اندازه‌گیری مقاومت بافت یک محصول است. تاثیر مدت زمان فراصوت بر میزان سفتی ورقه‌های خشک شده کیوی، توت فرنگی و موز در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، اختلاف معنی‌داری در سطح ($p<۰/۰۵$) بین نمونه‌های تیمار دیده با فراصوت در ورقه‌های خشک شده کیوی، توت‌فرنگی و موز مشاهده گردید. با افزایش مدت‌زمان فراصوت، میزان سفتی ورقه‌های خشک شده کیوی،توت‌فرنگی و موز افزایش یافت(جدول ۱). براساس پژوهش‌های انجام شده، زمان و نوع فرآیند پیش‌تیمار انجام شده بر روی مقاومت محصول نهایی تاثیر گذار است [۲۷]. و سفتی می‌تواند، ساختمان فیزیکی بافت، اندازه سلول، شکل، استحکام دیواره سلولی و کشش سطحی داخل سلولی را نشان دهد [۱۵]. با توجه به نتایج به‌دست آمده، فراصوت به‌عنوان پیش‌تیمار در فرآینده خشک کردن، سبب بهبود بافت نمونه‌ها شد. به‌عبارتی دیگر، با افزایش میزان حذف آب و کاهش آب میان بافتی، رطوبت نمونه‌ها کاهش یافت. به همین دلیل بافت میوه‌های کیوی، توت‌فرنگی و موز سفت‌تر شده است. این سخت شدن بافت سبب بهبود و رفع چروکیدگی ساختار کلی میوه‌ها می‌شود. نتایج به‌دست آمده با نتایج کومار(۲۰۲۰) مطابقت دارد. [۱۷]. براساس نتایج ارائه شده در جدول ۱، سفت شدن بافت نمونه‌ها در هنگام استفاده از فرآیند فراصوت، احتمالا به دلیل افزایش ماده جامد و کاهش مقدار رطوبت نمونه‌ها است که در این میان، سفتی ورقه‌های خشک شده موز در مدت‌زمان ۳۰ دقیقه، به دلیل ایجاد میکروکانال و پدیده انتقال جرم طی فرآیند فراصوت به‌عنوان پیش‌تیمار در خشک کردن و کاهش میزان درصد رطوبت در دمای پایین است که همین امر سبب افزایش سفتی ورقه‌های خشک شده گردید. لی و همکاران (۲۰۲۰)، گزارش کردند، خشک کردن به کمک فراصوت

به‌عنوان یک روش جدید برای بهبود کارایی و تولید پودرهای آب میوه زالزالک خشک با کیفیت قابل قبول است. اثرات شدت فراصوت در چهار سطح(۱۵/۲۵، ۲۰/۳۸، ۲۲/۹۳ و ٤/٤٦ کیلووات بر متر مربع) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که فراصوت به طور قابل توجهی زمان خشک شدن را کاهش می‌دهد. و با افزایش شدت فراصوت، سرعت خشک شدن افزایش و کیفیت نهایی محصول بهبود می‌یابد [۱۸]. در پژوهشی دیگر، ژانگ و همکاران(۲۰۲۰)، تأثیر فشار فوق العاده بالا (UHP)، فراصوت (US) و ترکیب آن‌ها (UHP-US) را به‌عنوان پیش‌تیمار بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ورقه‌های توت‌فرنگی خشک شده بررسی کردند. در طول خشک شدن، مدت زمان خشک‌شدن و کل انرژی مصرفی نمونه با پیش تیمار فراصوت، کاهش یافت. همچنین، میزان سختی بافت ورقه‌های خشک شده توت‌فرنگی افزایش یافت. بنابراین، فراصوت، روش امیدوارکننده‌ای برای فرآیند خشک کردن توت فرنگی است [۳۰]. به طور کلی سفتی بافت در نتیجه‌ی ایجاد شبکه بین ترکیبات ساختاری بافت میوه‌ها و گروه‌های قطبی در موجود در آن است که در زمان خشک‌کردن، پیوند هیدروژنی بین ترکیبات میوه‌ها و ترکیبات قطبی غشا صورت می‌گیرد. در واقع ترکیبات قطبی، جایگزین آب در غشا مایع می‌شوند و هیدراتاسیون رخ می‌دهد [۲۲]. به‌طور کلی، ورقه‌های خشک شده کیوی و موز بیشترین میزان سفتی را با افزایش مدت زمان فراصوت داشتند. احتمالا به سبب میکروکانال ساختار بافت آن‌ها است. به‌طور طبیعی، ساختار بافتی میوه‌های موز و توت‌فرنگی، از نظر میکروسکوپی، دارای دیواره‌ی سلولی نازک، فضاهای بین سلولی زیاد و گرانول‌های نشاسته کم می‌باشند. در واقع، به نظر می‌رسد آنزیم‌های موجود در بافت آن‌ها مانند پکتیناز، نقش غالب‌تری در نرم شدن نسبت به سلولاز داشته باشد. آمیلاز، زیلاناز و لامیناریناز نیز ممکن است در شل شدن ساختارهای سلولی آن‌ها نقش داشته باشند. بنابراین با وجود چنین ساختار بافتی و اعمال پیش تیمار فراصوت، دیواره سلولی مستحکم‌تر می‌گردد. به‌عبارتی دیگر، سفتی، با افزایش دمای سطح و مهاجرت مواد جامد محلول به سطح نمونه و تبخیر آن صورت می‌گیرد. این در نتیجه‌ی تغییرات فیزیکی و شیمیایی در سطح رخ می‌دهد و پس از آن بافت تخریب می‌گردد و با ایجاد ساختار باز، رطوبت به بیرون منتقل می‌شود. دلیل دیگر احتمالا، ایجاد شیب تند در مرحله‌ی دوم (تخریب بافت) است به این صورت که دیواره سلولی تخریب و مقاومت در برابر رطوبت درون نمونه کاهش می‌یابد و آب بیشتری از دست می‌رود. همچنین با توجه به میزان سفتی ورقه‌های خشک شده کیوی(جدول ۱)، به‌طور طبیعی، در میوه کیوی طی رسیدن، تغییرات شیمیایی و فیزیکی همراه با تغییرات ساختاری دیواره سلولی و لایه‌های میانی رخ می‌دهد. در واقع بافت میوه کیوی از سه لایه تشکیل شده است که شامل پریکارب خارجی، پریکارب داخلی و هسته می‌باشد. این لایه‌ها از نظر ترکیب شیمیایی و میزان نرم شدن متفاوت هستند [۲۵]. بنابراین، با اعمال پیش‌تیمار فراصوت، ورقه‌های خشک شده کیوی نسبت به موز و توت‌فرنگی میزان سفتی بیشتری را نشان دادند. مسئله دیگری که در ارتباط با بافت میوه کیوی است، تنوع در میزان سفتی است.که به طور عمده متاثر از تاریخ برداشت و غلظت عناصر معدنی در زمان برداشت است [۲۱]. کلسیم یک ماده معدنی مهم در کیوی است که با کیفیت بافتی میوه ارتباط مستقیم دارد، به طوری که غلظت کم کلسیم در آن سبب نرم شدن بافت می‌گردد. از این‌رو، فراصوت، ضمن حفظ خواص بافتی میوه‌ها، با ایجاد کانال‌های میکروسکوپی، باعث خروج آسان رطوبت در دمای پایین و افزایش عمر نگهداری محصول نهایی می‌گردد [۳]. کاوو و همکاران(۲۰۱۰) گزارش کردند که استفاده از پیش تیمار فراصوت (٤۰ کیلو هرتز) سبب حفظ استحکام بافت در میوه‌ی توت فرنگی شد و به مدت ۸ روز نگهداری اما با تغییرات ساختاری همراه بود [٤]. هم چنین، فرناندز و همکاران(۲۰۰۸) در پژوهشی مشابه، دریافتند که بافت توسط میکرو ساختار محصول ایجاد می‌شود و حداکثر تغییرات در نیروی ممکن در طی پیش تیمار فراصوت صورت می‌گیرد. که ناشی از امواج فراصوت است [۱۰].

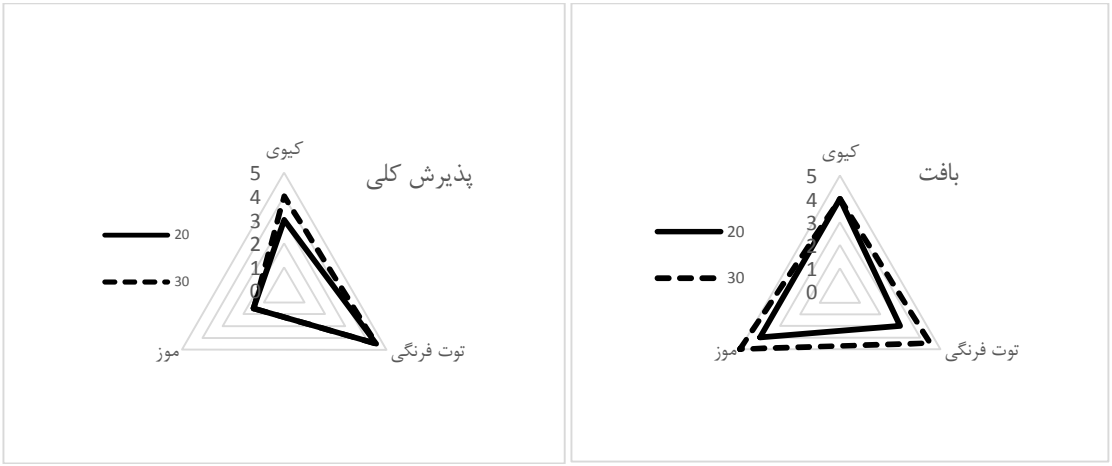
جدول۱- تاثیر مدت زمان فراصوت بر میزان سفتی ورقه های خشک شده موز، کیوی و توت فرنگی

	بافت(N)		
زمان فراصوت(دقیقه)	موز	کیوی	توت فرنگی
۲۰	۶/۰±۲۲۲/۳۷^{Ba}	۶/۰±۹۵۲/۵۶^{Ca}	۵/۰±۴۷۸/۲۴^{Aa}
۳۰	۷/۰±۹۸۵/۹۰^{Cb}	۷/۰±۰۲۰/۴۹^{Bb}	۶/۰±۹۰۴/۱۹^{Ab}

***به ترتیب حروف کوچک و بزرگ متفاوت در یک ستون و ردیف نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین تیمارها می‌باشد ($P\leq0/05$).**

ارزیابی حسی

شکل۱ تاثیر مدت زمان فراصوت (۲۰ و ۳۰ دقیقه) بر ویژگی‌های حسی برش‌های کیوی، توت‌فرنگی و موز خشک شده را نشان داده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، استفاده از پیش‌تیمار فراصوت، تأثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر میزان مقبولیت(پذیرش کلی) داشت در حالی که تفاوت معنی‌داری بر شاخص کیفی بافت نمونه‌ها نداشت. به کار-گیری پیش‌تیمار فراصوت و کاهش رطوبت نمونه‌ها طی فرآیند خشک کردن به طور همزمان سبب افزایش میزان از دست دادن آب و کاهش مدت زمان خشک کردن می‌شود که این امر موجب استفاده دمای پایین در خشک شدن و در نتیجه آن محصول با کیفیت بالا تولید می‌گردد. همچنین در طی افزایش مدت زمان فراصوت با ایجاد میکروکانال‌ها و تشکیل همزمان پدیده کاویتاسیون، بر میزان بافت نمونه موردنظر اثر می‌گذارد به طوری که بیشترین امتیاز ارزیابان مربوط به نمونه موز در مدت زمان ۳۰ دقیقه بود. حال اینکه از نظر شاخص کیفی بافت تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود نداشت. دلیل این امر را می‌توان چنین پنداشت که ارزیابان نتوانستند تفاوت بافت بین ورقه‌های خشک شده کیوی، توت‌فرنگی و موز را تشخیص دهند.



شکل۱- تاثیر مدت زمان فراصوت (۲۰ و ۳۰ دقیقه) بر ویژگی‌های حسی برش‌های کیوی، توفرنگی و موز خشک شده

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان فراصوت، میزان دفع آب افزایش و میزان حجم ورقه‌های خشک شده میوه‌ها و درصد رطوبت آن‌ها کاهش یافت. از نظر ارزیابی ویژگی حسی، ارزیاب کننده‌ها بیشترین امتیاز را به ورقه خشک شده کیوی دادند. این امر ممکن است به دلیل استفاده از فراصوت به عنوان پیش‌تیمار خشک کردن و بهبود بافت آن بود. بنابراین استفاده از فراصوت سبب کاهش زمان خشک شدن و تولید محصولی با کیفیت خواهد شد. ضمن اینکه مدت نگهداری این میان وعده‌ها افزایش یافت. از این رو محصول، طعم و کیفیت بالاتری با حفظ مواد مغذی به‌دلیل اثر غیرمخرب فراصوت خواهد داشت.

منابع

۱. رویتع، غ.، و حجتی، م.، و نوشاد، م. (۱۳۹۸). تأثیر پیش تیمار فراصوت و محلول اسمزی کم کالری بر کیفیت ورقه های موز خشک شده. مهندسی بیوسیستم ایران (علوم کشاورزی ایران), ۵۰(۱), ۱۰۰-۹۱.

۲. سمیع، ع.، و قوامی جوندان، ، و ذکی دیزجی، ح.، و حجتی، م. (۱۳۹۸). اثر پیش تیمارهای اسمزی و فراصوت بر کیفیت فرایند خشک کردن ورقه های توت فرنگی به رو خشک کنی هوا داغ. مهندسی بیوسیستم ایران (علوم کشاورزی ایران), ۵۰(۳), ۷۱۵-۷۰۵.

3. Barzegar, T., Fateh, M., & Razavi, F. (2018). Enhancement of postharvest sensory quality and antioxidant capacity of sweet pepper fruits by foliar applying calcium lactate and ascorbic acid. *Scientia Horticulturae*, *241*, 293-303.
4. Cao, H., Zhang, M., Mujumdar, A. S., Du, W. H., & Sun, J. C. (2006). Optimization of osmotic dehydration of kiwifruit. *Drying Technology*, *24*(1), 89-94.
5. Celale, K., & Meral, K. A. Ultrasonic Applications in Bakery and Snack Food Processing Industries. In *Non-Thermal Processing Technologies for the Grain Industry* (pp. 121-152). CRC Press.
6. Cui, R., & Zhu, F. (2020). Effect of ultrasound on structural and physicochemical properties of sweetpotato and wheat flours. *Ultrasonics sonochemistry*, *66*, 105118.
7. Dai, H., Leung, C. E., Corradini, M. G., Xiao, H., & Kinchla, A. J. (2020). Increasing the nutritional value of strawberry puree by adding xylo-oligosaccharides. *Heliyon*, *6*(4), e03769.
8. Dias, A. L. B., de Aguiar, A. C., & Rostagno, M. A. (2021). Extraction of natural products using supercritical fluids and pressurized liquids assisted by ultrasound: Current status and trends. *Ultrasonics Sonochemistry*, 105584.
9. FAO. (2016). FAOSTAT Agricultural Statistics Database. http://www.fao.org.
10. Fernandes, f., linhares, f. e. & rodrigues, Jr, s. (2008). ultrasound as pre-treatment for drying pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry* 15.1049–1054.
11. Gaona, S. D., Pepping, T. J., Keenan, C., & DeVito, S. C. (2020). The Environmental Impact of Pollution Prevention, Sustainable Energy Generation, and Other Sustainable Development Strategies Implemented by the Food Manufacturing Sector. *Green Energy to Sustainability: Strategies for Global Industries*, 539-567.
12. Roueita, G., Hojjati, M., & Noshad, M. (2020). Study of physicochemical properties of dried kiwifruits using the natural hypertonic solution in ultrasound-assisted osmotic dehydration as pretreatment. *International Journal of Fruit Science*, 20(sup2), S491-S507.
13. Hamedi, 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*(5), 1061-1074.
14. Hancock, J. F. (2020). *Strawberries* (Vol. 34). CABI.

15. Jahanbakhshi, A., Yeganeh, R., & Momeny, M. (2020). Influence of ultrasound pre-treatment and temperature on the quality and thermodynamic properties in the drying process of nectarine slices in a hot air dryer. *Journal of Food Processing and Preservation*, *44*(10), e14818.
16. Jayaraman, K. S., & Gupta, D. D. (2020). Drying of fruits and vegetables. In *Handbook of industrial drying* (pp. 643-690). CRC Press.
17. Kumar, N. (2020). Effect of ultrasonic assisted extraction on the properties of freeze-dried pomegranate arils. *Current Nutrition & Food Science*, *16*(1), 83-89.
18. Li, Y., Wang, X., Wu, Z., Wan, N., & Yang, M. (2020). Dehydration of hawthorn fruit juices using ultrasound-assisted vacuum drying. *Ultrasonics sonochemistry*, *68*, 105219.
19. Mostafidi, M., Sanjabi, M. R., Shirkhan, F., & Zahedi, M. T. (2020). A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*.
20. Mou, X., & Chen, Z. (2021). Study on the ultrasound-assisted drying process of deformable porous materials. *Journal of Food Engineering*, *306*, 110612.
21. Nowacka, M., Dadan, M., & Tylewicz, U. (2021). Current applications of ultrasound in fruit and vegetables osmotic dehydration processes. *Applied Sciences*, *11*(3), 1269.
22. 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 and Emerging Technologies*, 41, 71-78.
23. Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., & Wu, B. (2017). Effects of ultrasound on mass transfer kinetics, structure, carotenoid and vitamin C content of osmodehydrated sweet potato (Ipomea batatas). *Food and Bioprocess Technology*, *10*(6), 1162-1172.
24. Pojchananaphasiri, W., & Lertworasirikul, S. (2017). Quality prediction of nipa palm fruit during osmotic dehydration and drying process. *International Food Research Journal*, *24*(1), 247.
25. Rojas, M. L., Kubo, M. T., Caetano-Silva, M. E., & Augusto, P. E. (2021). Ultrasound processing of fruits and vegetables, structural modification and impact on nutrient and bioactive compounds: a review. *International Journal of Food Science & Technology*.
26. Turner, E. R., Luo, Y., & Buchanan, R. L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of food science*, *85*(4), 870-882.
27. Xu, X., Zhang, L., Yagoub, A. E. A., Yu, X., Ma, H., & Zhou, C. (2021). Effects of ultrasound, freeze-thaw pretreatments and drying methods on structure and functional properties of pectin during the processing of okra. *Food Hydrocolloids*, 106965.
28. Yusof, A. M., Mohammad, M., Abdullahi, M. A., Mohamed, Z., Zakaria, R., & Wahab, R. A. (2017). Occurrence of intestinal parasitic contamination in select consumed local raw vegetables and fruits in Kuantan, Pahang. *Tropical life sciences research*, *28*(1), 23.
29. Zahid, H. F., Ranadheera, C. S., Fang, Z., & Ajlouni, S. (2021). Utilization of Mango, Apple and Banana Fruit Peels as Prebiotics and Functional Ingredients. *Agriculture*, *11*(7), 584.
30. Zhang, L., Liao, L., Qiao, Y., Wang, C., Shi, D., An, K., & Hu, J. (2020). Effects of ultrahigh pressure and ultrasound pretreatments on properties of strawberry chips prepared by vacuum-freeze drying. *Food chemistry*, *303*, 125386.
31. Zhang, P., Zhou, L., Bi, J., Liu, X., Lyu, J., Chen, Q., & Wu, X. (2017). Drying Kinetics and Quality Attributes of Peach Cylinders as Affected by Osmotic Pretreatments and Infrared Radiation Drying. *International Journal of Food Engineering*, 13(5).
32. Zhang, Y., & Abatzoglou, N. (2020). Fundamentals, applications and potentials of ultrasound-assisted drying. *Chemical Engineering Research and Design*, *154*, 21-46.

The effect of ultrasound pretreatment on the structure and texture of banana, kiwi and strawberry fruits

Ghazal Mehrad [1], Hassan Zaki Dizaji [* 2], Mohammad Hojjati [3] and Shaban Ghavami Jolandan [4]

1. M.Sc. Graduated, Department of Food Science, Faculty of Animal and Food Science, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Khuzestan, Iran, (ghaniyeroueita@gmail.com).
2. Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, (hzakid@scu.ac.ir).
3. Professor, Department of Food Science, Faculty of Animal and Food Science, Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University, Mollasani, Khuzestan, Iran, (hojjati@asnrukh.ac.ir).
4. Assistant professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, (s.ghavami@scu.ac.ir).

Abstract

The strength and firmness of fruits is one of the important physical characteristics of quality. This feature is a good measure of the structural condition of the fruit. Kiwi, strawberry and banana fruits are among the fruits whose supply and consumption in the form of dried leaves have increased in recent years. Severe reduction in firmness, browning and microbial contamination is the main factor limiting the life of fresh fruit pieces. The aim of this study was to investigate the effect of ultrasonic pretreatment for 20 and 30 minutes on the firmness and sensory properties (texture and general acceptance) of dried leaves of three types of kiwi fruit, strawberry and banana. The results showed that the stiffness increased with increasing ultrasound time. Also, the sensory properties of the dried sheets were better rigidity and overall acceptance. Among dried fruit slices, dried banana slices had a higher degree of firmness (7.98 (Newton)) than kiwi and strawberry. Therefore, ultrasonic pretreatment can be used as a non-destructive method to increase the shelf life and increase the firmness of dried leaves of kiwi, strawberry, and banana fruits.

Keywords: Texture, Ultrasound, Kiwi, Strawberry, Banana

*Corresponding author
E-mail: hzakid@scu.ac.ir.