تمیز نمودن میوه توت فرنگی تحت تاثیر امواج فراصوت

محسن نعیمی[۱]، باقر عمادی[۲]، شهرام بیرقی طوسی[۳] محمد حسین عباسپور فرد[٤]
۱–دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲– استادیار گروه مکانیک ماشین های کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳– عضو هیات علمی پژوهشکده علوم و صنایع غذایی اقبال جهاد دانشگاهی مشهد
٤– دانشیار گروه ماشینهای کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
emadi-b@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

فرآوری میوه‌ها در صنعت کمپوت و کنسرو و یا تازه خوری شامل مراحل مختلفی است که مرحله تمیز کردن در تمام آنها مشترک و ضروری می‌باشد. عملیات تمیز کردن به دو دسته روشهای مرطوب (شامل خیساندن و شستشو) و خشک (جداسازی با هوا، میدان مغناطیسی و غیره) تقسیم می‌گردد. اهمیت این موضوع در مورد توت فرنگی که میوه‌ای بوته‌ای با خلل و فرج زیاد که در تماس مستقیم با خاک و دارای بافتی نرم است، باعث می شود شستشوی این محصول به خوبی انجام نشود. با توجه به قیمت بالای این محصول، استفاده از یک سیستم تمیز کننده کارا با حداقل صدمات مکانیکی توصیه می شود. در این تحقیق تاثیر امواج فراصوت برای تمیز نمودن میوه توت فرنگی بررسی و نتایج نشان داد که ۵ دقیقه موج دهی با امواج فراصوت ۲۵ کیلو هرتز بیشترین تاثیر را در شستشوی توت فرنگی نسبت به نمونه شاهد در پی خواهد داشت.

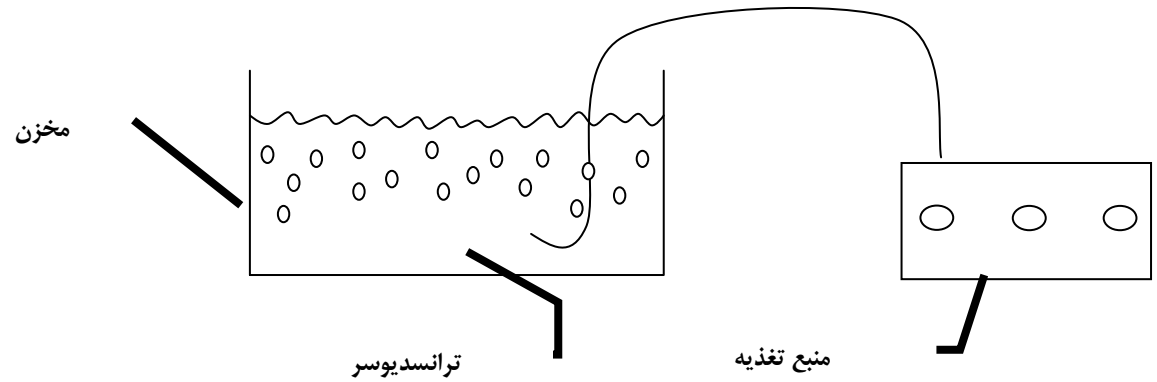
واژه‌های کلیدی: توت فرنگی، شستشو، امواج فراصوت

مقدمه

میوه توت فرنگی در کشور ایران سابقه ای چهل ساله دارد که سطح زیر کشت این محصول در حدود ۲۵۰۰ هکتار و تولید سالیانه آن بیش از سی هزار تن میوه توت فرنگی می باشد. درآمد توت فرنگی در سطح یک هکتار میتواند قریب ۲۰ میلیون ریال می باشد که این درآمد نسبت به سایر محصولات، قابل ملاحظه است (سرسیفی، ۱۳۸٤). توت فرنگی از معدود میوه هایی است که جدای از مصرف تازه خوری، در صنعت فرآوری نیز مورد استفاده قرار می گیرد. تمیز کردن یکی از مراحل مشترک و ضروری در فرآوری میوه ها و در صنعت کمپوت و کنسرو می باشد. عملیات تمیز کردن به طور کلی به دو دسته روشهای مرطوب (شامل خیساندن و شستشو) و روشهای

خشک(جداسازی با هوا، میدان مغناطیسی و غیره) تقسیم می‌گردد (حصاری، ۱۳۸۲). فن آوری فراصوت پدیده‌ای است که در آن امواج مکانیکی – آکوستیکی با فرکانسی بالاتر از آستانه شنوایی انسان (۲۰HZ تا ۲۰KHZ) یعنی بین بیست کیلو هرتز تا چند ده مگاهرتز تولید می‌شود. این امواج کاربردهای وسیعی در زمینه‌های صنعتی، پزشکی، باستان‌شناسی، شستشو، رادارهای آموزشی و بسیاری از حوزه های علوم و مهندسی دارد(لوکودکاسترو، ۲۰۰۷). کاربردهای مختلف امواج فراصوت در رابطه با مواد غذایی از حدود ۵۰ سال پیش شروع شده و در حال حاضر توسعه فراوانی در کنترل عملیات فرآیند مواد غذایی پیدا کرده است(زیبیگنیو و همکاران، ۲۰۰۷). یکی از کاربردهای مهم امواج فراصوت، استفاده از ضربه ناشی از کاویتاسیون ایجاد شده با آن در فرآیند شستشو است. اصول کلی این روش مبتنی بر غوطه‌وری قطعات مورد نظر در یک مایع واسطه است که این مایع، به کمک کاویتاسیون(شکل‌گیری و انهدام مرتب حباب‌های بخار درون مایع به علت خلاء ناشی از عقب نشینی سطح و موج فشار ناشی از برگشت سطح به وجود آمده از امواج فراصوت)، عمل شستشو و پاک کردن قطعه را انجام می‌دهد(لوکودکاسترو، ۲۰۰۷).
یک سامانه پاک کننده فراصوت شامل ۳ قسمت اصلی بنام های منبع تغذیه، ترانسدیوسر پیزوالکتریک و محفظه می باشد (شکل ۱). مزایای استفاده از تمیز کننده فراصوت عبارتند از تمیزی نسبتا کامل، سرعت شستشوی تقریبا بالا، همزمانی شستشوی قطعات زیاد با هم، قابلیت شستشوی قطعات و مواد با مقاومت سطحی گوناگون (لوکودکاسترو، ۲۰۰۷). در سال ۱۹۹۵ ، محققی بنام Qi تمیز کننده های اولتراسونیک را به دو دسته شامل فرکانس پایین و فرکانس بالا تقسیم نمود که از نوع اول برای ذرات کثیف تقریبا کوچک و سطوح خشن و از نوع دوم برای سطوح نرم و ذرات خیلی کوچک در ابعاد یک میکرومتر یا کمتر استفاده می شود(کیو آی، ۱۹۹۵).

شکل ۱– اجزای اصلی تمیز کننده فراصوت



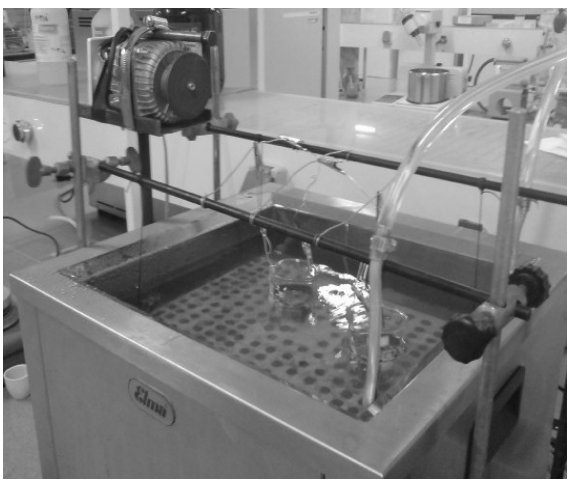
بیشتر مطالعات در زمینه شستشو با امواج فراصوت در زمینه های صنعتی(لامینین و همکاران، ۲۰۰٤) و پزشکی می باشد(پراکاکی و همکاران، ۲۰۰۷). مطالعه بسیار کمی در مورد تاثیر امواج مافوق صوت برای تمیز کردن گیاهان و محصولات کشاورزی انجام گرفته است(زاهو و همکاران، ۲۰۰۹) و (کاوو و همکاران، ۲۰۱۰). در این مقاله به تاثیر کاربرد امواج فراصوت در زمینه شستشوی توت فرنگی به عنوان یکی از مراحل ضروری در فرآوری میوه ها پرداخته شده است. دو فرکانس ۲۵ و ٤۵ کیلو هرتز و سه زمان مختلف موج دهی ۵ ، ۷ و ۱۰ دقیقه در دمای محیط مورد مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایشات از توت فرنگی رقم بهاره اتابکی شهرستان گرگان استفاده گردید. توت فرنگی های سالم و یکنواخت از نظر اندازه و رنگ انتخاب و جدا شدند. آزمایشات در دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ٦۰-۵۵ درصد انجام گرفت. برای اینکه اثر امواج فراصوت مشاهده گردد از یک تمیز کننده فراصوت که قادر به تولید امواج فراصوت با دو فرکانس ۲۵ و ٤۵ کیلو هرتز و توان کل مصرفی ۱۳۰۰ وات و توان موثر ۳۰۰ وات و به حجم ۱۹.۸ لیتر می باشد استفاده گردید(شکل ۲). برای تیمار شاهد از یک تکان دهنده که متناسب با مخزن بوده، استفاده شد، بدین صورت که از یک موتور فن یخچال با دور موتور ۱۵۵۰ دور در دقیقه که در جلوی آن یک صفحه دوار نصب شده بود برای تولید ارتعاش استفاده شد. حرکت دورانی با استفاده از نخ های بسیار محکم به یک صفحه معلق در آب مخزن که توسط همین نخ ها به پایه هایی در دو طرف تمیز کننده متصل شده بودند، انتقال یافته که منجر به تولید ارتعاش گردید (شکل ۳). برای تست اینکه آیا خروج مواد جامد محلول از توت فرنگی در حین آزمایش وجود خواهد داشت یا خیر، در دو فرکانس ۲۵ و ٤۵ کیلوهرتز و طی زمان حداکثر ۱۰ دقیقه و در سه تکرار از هر کدام با ترکیب امواج فراصوت و ارتعاش دهنده دستی مورد پیش آزمایش قرار گرفت که خوشبختانه هیچ خروجی که باعث خطا گردد ملاحظه نشد.

شکل ۲- تمیز کننده فراصوت

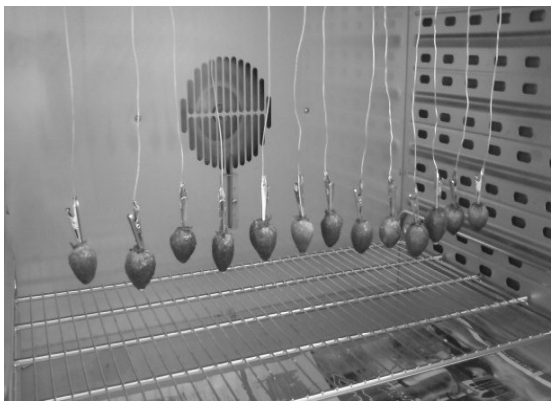
شکل ۳- مکانیزم ارتعاش دهنده



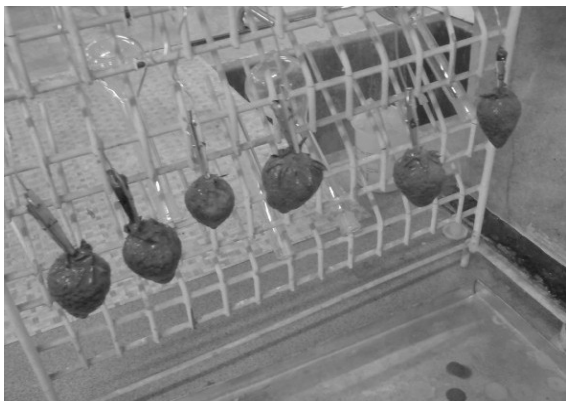
برای اینکه بتوان میزان تمیز شدگی را محاسبه نمود از روش توزین خاکستر استفاده شد بدین صورت که از بین نمونه های تهیه شده، تعداد ٦ نمونه برای محاسبه میزان خاکستر توت فرنگی های تمیز استفاده شد. ابتدا تمام توت فرنگی ها شسته شده و سپس آنها را به مدت نیم ساعت در برابر فن قرار داده تا آب سطحی آنها خشک شود شکل(٤). سپس توت فرنگی ها بوسیله ترازوی دیجیتال با دقت ٠.٠٠٠١± گرم وزن شد. سپس کروزه های خالی نیز با همین ترازو وزن شده و توت فرنگی های تمیز در داخل آن به خوبی ریز شده و بر روی هیتر قرار داده شد تا مواد جامد آن بسوزد. لذا توت فرنگی ها در داخل کوره با درجه حرارت ٥٥٠ درجه سانتیگراد و به مدت ٢٤ ساعت قرار داده شدند تا توت فرنگی ها خاکستر گردد. سپس کروزه ها از کوره خارج گردیده و در داخل دسیکاتور قرار داده شدند تا سرد شوند. کروزه ها مجددا با همان ترازو وزن شدند تا میزان خاکستر توت فرنگی های تمیز بدست آید که میانگین درصد خاکستر باقی مانده از ٦ نمونه با تقسیم وزن خاکستر بر وزن نمونه و ضرب حاصل آنها در عدد ١٠٠ محاسبه گردید که برابر ٠/٤٨٪ بود.

برای اینکه اثر امواج فراصوت به صورت علمی و تجربی قابل تشخیص باشد، پوشش دار کردن نمونه های آزمایش بوسیله گِل در نسبت های مختلف آب به خاک جهت نزدیک بودن به واقعیت موجود در مزرعه پیش تست شد که نسبت های مورد آزمون عبارت بودند از ١ به ١، ٣ به ٢، ٢ به ١و ٣ به ١ که سرانجام نسبت ٣ به ٢ بهترین نتیجه را داده و انتخاب شد. حال نمونه هایی را که در ابتدا به خوبی تمیز شده بودند آغشته به گِل نموده (شکل ٥) و با نسبت آب به نمونه ٤ به ١ و در دو فرکانس ٢٥ و ٤٥ کیلو هرتز در ٣ زمان ٥، ٧ و ١٠ دقیقه طی ٣ تکرار بوسیله ترکیب امواج فراصوت و ارتعاش دهنده به عنوان تیمارهای مورد آزمایش و همچنین ارتعاش دهنده تنها طی زمان ١٠ دقیقه در ٣ تکرار به عنوان شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند.

شکل ٤- میوه های توت فرنگی شسته شده



شکل ٥- توت فرنگی های گِلی شده



نتایج و بحث

درصد خاکستر نمونه های مورد آزمایش پس از وزن کردن کروزه ها در ابتدا و انتهای سوزانده شدن توت فرنگی ها و تقسیم نمودن بر هر نمونه محاسبه گردید. چنانچه مشاهده می شود میزان خاکستر باقیمانده با افزایش زمان موج دهی رابطه مستقیم دارد اما با این وجود مشاهده می شود که ترکیب امواج فراصوت با تکان دهنده اثر بسیار معنی داری نسبت به استفاده از ارتعاش دهنده به صورت تنها داشته است. کمترین میزان خاکستر باقی مانده در فرکانس ۲۵ کیلو هرتز و طی زمان ۵ دقیقه بوده است.

جدول۱- نتایج حاصل ازترکیب امواج فراصوت و ارتعاش دهنده در مقایسه با ارتعاش دهنده تنها به عنوان شاهد

فرکانس (زمان)	درصد خاکستر	فرکانس (زمان)	درصد خاکستر
۲۵ کیلو هرتز (۵ دقیقه)	۰/۷	٤٥ کیلو هرتز (۵ دقیقه)	۰/۸
۲۵ کیلو هرتز (۷ دقیقه)	۰/۷٦	٤٥ کیلو هرتز (۷دقیقه)	۰/۸۸
۲۵ کیلو هرتز (۱۰ دقیقه)	۰/۸٤	٤٥ کیلو هرتز (۱۰دقیقه)	۰/۹۵
فقط ارتعاش دهنده (۱۰ دقیقه)	۱/۵		

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین دو فرکانس ۲۵ و ٤٥ کیلوهرتز در سه زمان ۵، ۷ و ۱۰ دقیقه در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری وجود دارد و به عبارتی به احتمال ۰/۹۵٪ تیمار به کار برده شده بر روی تمیزی توت فرنگی تاثیر خواهد داشت (جداول ۲ تا ٤). همانطور که مشاهده می شود اختلاف معنی داری بین نمونه شاهد و تیمارهای مورد آزمایش در دو سطح ۵٪ و ۱٪ وجود دارد.

جدول۲- نتایج تجزیهٔ واریانس با استفاده از طرح کاملا تصادفی

منبع تغییر	مجموع مربعات (SS)	درجه آزادی (df)	واریانس (Ms)	F محاسبه شده	F (5%)	F (1%)
تیمار	۱۸/۱۰۱۸	٦	۳/۰۱۷	٤/٤٥	۲/۸٥	٤/٤٦
خطا	۰/۰۹٥	١٤	۰/٦٧٨			
کل	۱۸/۱۹٦۸	۲۰				

جدول۳- مقایسه میانگین ۷ تیمار مورد آزمایش با آزمون دانکن در سطح احتمال ٥٪

میانگین	تیمار
۱/٥e	شاهد، فقط تکان دهنده (۱۰ دقیقه)
۰/۹٥d	فرکانس ٤٥ کیلو هرتز (۱۰دقیقه)
۰/۸۸cd	فرکانس ٤٥ کیلو هرتز (۷ دقیقه)
۰/۸٤bcd	فرکانس ۲٥ کیلو هرتز (۱۰ دقیقه)
۰/۸bcd	فرکانس ٤٥ کیلو هرتز (٥ دقیقه)
۰/۸abc	فرکانس ۲٥ کیلو هرتز (۷ دقیقه)
۰/۷ab	فرکانس ۲٥ کیلو هرتز (٥ دقیقه)

جدول٤- مقایسه میانگین ۷ تیمار مورد آزمایش با آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪

میانگین	تیمار
۱/٥c	شاهد، فقط تکان دهنده (۱۰ دقیقه)
۰/۹٥b	فرکانس ٤٥ کیلو هرتز (۱۰دقیقه)
۰/۸۸ab	فرکانس ٤٥ کیلو هرتز (۷ دقیقه)
۰/۸٤ab	فرکانس ۲٥ کیلو هرتز (۱۰ دقیقه)
۰/۸ab	فرکانس ٤٥ کیلو هرتز (٥ دقیقه)
۰/۸ab	فرکانس ۲٥ کیلو هرتز (۷ دقیقه)
۰/۷a	فرکانس ۲٥ کیلو هرتز (٥ دقیقه)

نتیجه گیری

بنابراین استفاده از امواج فراصوت در کارخانه های صنعتی همراه با تکان دهنده های موجود در حوضچه های شستشو برای دفع گل و لای از محصولات بسیار موثر خواهد بود و باعث تمیزی و تسریع انجام کار خواهد گردید. برای اظهار نظر دقیق تر در مورد تاثیر این امواج نیاز به آزمایش های کامل تری می باشد که در آنها اثر های مختلف آب به نمونه و دماهای مختلف مورد مطالعه قرار گیرد.

منابع و مآخذ

۱. سرسیفی، م. ۱۳۸٤گزارش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان- موئسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

۲- حصاری، ج. ۱۳۸۲صنایع کنسرو سازی (اصول ها و کاربرد ها).

3- Luque de Castro, F.P. C. 2007. Ultrasound-assisted preparation of liquid samples Talanta, ,vol 72(3): 321–334.

4-Zbigniew, J.& Stadnik,J.& Stasiak, D. 2007 Applications of ultrasound in food technology, Agriulturrl university of lubin acta sci.pol. Technol. Aliment, vol 6(3), 89-99

5- Qi, G.J.B. 1995. Mechanisms of removal of micron-sized particles by high-frequency ultrasonic waves. Ieee Trans. Ultrason.erroelectr. Freq. Control, vol 42, 619–629.

6- Lamminen, M. & Linda, H. & W.W, Weavers. 2004. Mechanisms and factors influencing the ultrasonic cleaning of particle-fouled ceramic membranes. Journal of Membrane Science, vol 237,213–223.

7- Perakaki, K. & Qualtrough, A.J.E. 2007. Comparison of an ultrasonic cleaner and a washer disinfector in the cleaning of endodontic files. Journal of Hospital Infection, vol 67, 355-359.

8- Zhao, Y. & Hou, B. &Tang, Z. & Li, X. &Yang, Y. 2009. Application of ultrasonics to enhance the efficiency of cleaning Thelephora ganbajun. Ultrasonics Sonochemistry, vol 16 (2), 209–211.

10- Cao, S. &Hu, Z. & Pang, B. &Wang, H. &Xie, H. & Wu, F. 2010. Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. Food Control, vol 21(4),.

Abstract

Fruit processing industry either canned or fresh consuming includes various stages which cleaning is the common and necessary stage in all of them. Cleaning operations includes two categories of soaking (or washing) and dried (with air separation, magnetic field, etc.). The importance of this subject in the strawberry fruit which is shrub produce with soft tissue and has large pores in direct contact with soil causes the washing this produce does not perform well. Due to the high price of this produce, using an efficient cleaning system with minimal mechanical damage is recommended. In this study the effect of ultrasound waves for cleaning the strawberry fruit was investigated. Results showed that 5-minute wave treatment with frequency of 25 kHz has most significant effect on washing of strawberries compared with the control samples.

Keywords: Strawberry, cleaning, ultrasound waves