مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دوم، شماره۱، بهار ۱۳۸۶ ، صفحات ۱ تا ۱۰

بررسی تأثیر توأم امواج فراصوت و قلیا در کاهش زمان خشک کردن انگور و تولید کشمش

عبدالمجید مسکوکی [۱] ، سید علی مرتضوی [۲]، آرش مسکوکی [۳]

۱- نویسنده مسئول: استادیار گروه کشاورزی و صنایع غذایی، پارک علم و فناوری خراسان- پژوهشکده علوم وصنایع غذایی
پست الکترونیکی: maskooki@yahoo.com
۲- استاد گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجوی دکترای گروه مهندسی پزشکی دانشگاه نانیانگ سنگاپور

تاریخ دریافت: ۸۴/۵/۱۱ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: امواج فراصوت به عنوان یک فناوری پیشرفته، کاربردهای زیادی در علوم و صنایع مختلف، از جمله صنایع غذایی پیدا کرده است. به طوری که از آن هم برای تشخیص و اندازه‌گیری و هم به عنوان کمک فرایند با سایر فرایند های مواد غذایی استفاده می‌شود. هدف از این تحقیق، بررسی اثر امواج فراصوت بر فرایند خشک کردن انگور به منظور تهیه کشمش و امکان جایگزینی این فناوری به جای روشهای سنتی بود.

مواد و روشها: در این تحقیق، رقم انگور تامپسون بی‌دانه با و بدون پیش تیمار قلیا (۵/. درصد وزنی/ حجمی در دمای 80^0C به مدت ۳۰ ثانیه) درحمام فراصوت با فرکانس ۲۸ کیلوهرتز و توان ۱۵۰ وات به مدت ۴۰،۳۰،۲۰،۱۰،۰ و۶۰ دقیقه تحت تأثیر قرار گرفته و بلافاصله در شرایط معمول به روش آفتابی به مدت ۷ روز خشک شد. هر روز، مقدار رطوبت، وزن و فعالیت آبی نمونه‌های انگور اندازه‌گیری شد.

یافته ها: اِعمال فراصوت به تنهایی در زمانهای کوتاه مؤثر نبوده و فقط اعمال فراصوت به مدت ۴۰ و ۶۰ دقیقه و یا بیشتر تأثیر معنی‌دار داشت. هر چند که تیمارهای ترکیبی فراصوت و قلیا به طور کاملاً معنی‌داری سبب کاهش زمان خشک کردن انگور و تولید کشمش شدند.

نتیجه‌گیری: از نتایج به دست آمده می‌توان امیدوار بود که استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک روش اقتصادی بتواند در افزایش بهره‌وری وکاهش زمان خشک کردن انگور در تهیه کشمش موثر باشد. برای اینکه فراصوت به تنهایی بتواند جایگزین استفاده از قلیا در تولید کشمش شود، به مطالعات بیشتری نیاز است.

واژگان کلیدی: امواج فراصوت ، خشک کردن آفتابی ، انگور ، کشمش ، قلیا

• مقدمه

محدوده استفاده از فراصوت در صنایع غذائی به دو دامنه تقسیم می‌شود: ۱- فرکانس بالا و انرژی پایین که در محدوده MHz و ۲- فرکانس پایین و انرژی بالا در محدوده kHz . مکانیسم اثر امواج فراصوت با فرکانس پایین به طور کلی به دلیل ایجاد پدیده حفرگی[1] یا تشکیل حباب‌های بسیار ریزی است که تحت اثر انقباض و انبساط به صورت لحظه‌ای و نقطه‌ای حرارت و فشار فوق‌العاده زیاد درمحیط مایع ایجاد می‌شوند (در زمانی معادل یک هزارم ثانیه به 5500^oC رسیده و نیز فشار تا 5×10^4 کیلو پاسکال افزایش می‌یابد). این وضعیت باعث اثرات فیزیکی شیمیایی بر ملکول‌های مجاور می‌شود

1- Cavitation

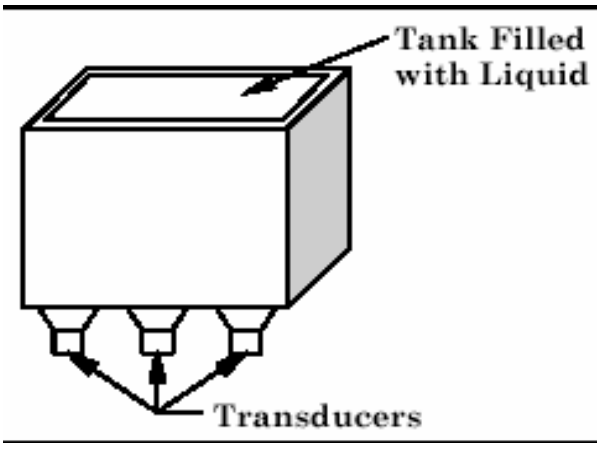
(۳-۱). اثرات مکانیکی و شیمیایی پدیده حفرگی، مهم است و کاربردهای آن در محدوده وسیعی است (۷-۴).

همچنین نشان داده شده است که امواج فراصوت سبب تخریب و افزایش قابلیت نفوذ سلول‌های گیاهی وجانوری شده و ضمن افزایش نفوذ حرارت و خروج رطوبت، باعث کاهش زمان خشک کردن مواد غذایی می‌شود. امواج فراصوت با مکانیسم‌های مختلف ممکن است منجر به افزایش میزان خروج رطوبت از ماده غذایی طی فرایند خشک کردن یا سایر عملیات واحد، مستلزم انتقال جرم شوند که از جمله آنها می‌توان به افزایش دما در لایه مرزی، تغییر فشار در اثر کاویتاسیون، توسعه میکروکانال‌ها در اثر ایجاد ترک در نتیجه تنش برشی حاصل از کاویتاسیون، اغتشاش در لایه مرزی و ایجاد تغییرات ساختمانی در محیط اشاره کرد (۱۰-۸).

تنش متغیر صوتی از طریق حفظ کانال‌های موجود یا ایجاد کانال‌های جدید سبب تسهیل خشک کردن می‌شود. همچنین امواج فراصوت، گرادیان فشار را در سطح گاز- مایع تحت تاثیر قرار می‌دهد و سبب تشدید تبخیر می‌شود. اغتشاش در لایه مرزی که ناشی از متلاشی شدن حباب‌ها طی پدیده کاویتاسیون است، ضمن کاهش ضخامت و افزایش دما، اختلاط بهتر را میسّر می‌کند(۱۲، ۱۱). در این تحقیق، اثر امواج فراصوت به تنهایی به منظور حذف قلیا یا توام با اثر قلیا برای کاهش زمان فراوری انگور و تولید کشمش که یکی از عمده‌ترین محصولات صادراتی در کشور است، بررسی شد.

• مواد و روشها

برای بررسی اثر امواج فراصوت بر فرایند خشک کردن انگور و تهیه کشمش، از انگور بی‌دانه واریته تامپسون (*Thompson seedless*) استفاده شد. همچنین، به منظور استفاده از قلیا برای ایجاد روزنه در پوسته انگور و سهولت خروج رطوبت از هیدروکسید سدیم ۰/۵ درصد از نوع مرک[1] استفاده شد. برای اعمال فراصوت از دستگاه تولید امواج فراصوت مدل پارسونیک ساخت شرکت پارسونیک ایران دارای ۳ مولد فراصوت به قدرت ۱۵۰ وات (۳×۵۰w) و فرکانس ۲۸ kHz مجهز به یک منبع حرارتی الکتریکی با قدرت ۳۳۰ وات مطابق شکل۱ استفاده شد. ظرفیت داخلی دستگاه با ابعاد ۱۵×۱۵×۳۰ سانتی‌متر معادل ۶ لیتر بود. همچنین برای اندازه‌گیری فعالیت آبی از دستگاه TESTO ساخت شرکت ابزار دکاگون[2] آمریکا استفاده شد.





شکل ۱- دستگاه پاک کننده فراصوت

1 - Merk
2 -Decagon Devices, Inc.

واریته انگور کشمشی بی‌دانه تهیه شده از بازار مشهد به دو قسمت جداگانه و هر کدام در سه تکرار، تقسیم شدند. دسته اول، پس از جدا کردن دانه‌های له و فاسد و شستشو با آب مقطر به مدت ۳۰ ثانیه در قلیای ۰/۵ درصد وزنی /حجمی در حرارت ۸۰°C قرار داده شده و سپس به ۶ قسمت مساوی تقسیم شدند. یک نمونه به عنوان کنترل (بدون اعمال فراصوت و قلیا) نگهداری شد و پنج نمونه دیگر به ترتیب به مدت ۱۰ ، ۲۰ ۳۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه تحت اثر امواج فراصوت قرار گرفتند و بلافاصله برای خشک کردن درون سبد روی یک بستر در مقابل آفتاب با زاویه ۳۰ درجه قرار داده شدند.

دسته دوم، بدون قرار دادن در قلیا فقط تحت اثر اعمال فراصوت قرار گرفت و مانند روش قبل به ۶ قسمت درسه تکرار تقسیم شدند. یک نمونه به عنوان کنترل (بدون اعمال فراصوت) در نظر گرفته شد. پنج نمونه دیگر به طور جداگانه و به ترتیب ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، و ۶۰ دقیقه تحت اثر امواج فراصوت قرار داده شدند و بلافاصله به محل خشک کردن منتقل و روی بستر در مجاورت نمونه‌های تیمار شده با قلیا و امواج فراصوت پهن شدند. همه نمونه‌های کنترل و تیمار شده در هوای معمولی و در زیر نور آفتاب با شرایط زیر خشک شدند.

درجه حرارت آفتاب °C ۳ ± ۳۰

درجه حرارت سایه °C ۲۳±۲۷

رطوبت نسبی هوا ۵±۴۳ درصد

طول زمان آفتاب در روز ۱۳ ساعت

طول زمان سایه ۱۱ ساعت

همه نمونه‌ها به مدت ۱۴۴ ساعت یا ۷ روز، نگهداری و در زمانهای ۰، ۲۴،۴۸،۷۲،۹۶،۱۲۰و۱۴۴ ساعت نمونه برداری و درسه تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند: از طرح آزمایشی فاکتوریل به روش تصادفی(R.C.B.D[1]) استفاده شد و میانگین‌های به دست آمده با آزمون چند دامنه‌ای دانکن[2] مورد مقایسه قرار گرفته و حداقل اختلاف معنی‌دار آماری[3] تعیین شد.

موارد بررسی عبارت بودند از: درصد رطوبت، وزن انگور بر حسب گرم و فعالیت آبی، رطوبت از اختلاف وزن نمونه در قبل و بعد از خشک کردن در آون ۱۰۵°C تعیین شد. برای تعیین کاهش وزن در طول زمان خشک کردن، ۱۰ دانه انگور به صورت ثابت در هر روز توزین شدند و دوباره به محل خشک کردن باز گردانده شدند. همچنین برای اندازه‌گیری فعالیت آبی، مقدار مشخصی نمونه انگور را درون محفظه دستگاه قرار داده و پس از رسیدن به مقدار ثابت، عدد حاصل که نشانگر میزان فعالیت آبی است، قرائت می‌شد.

• یافته ها

اثر امواج فراصوت: همان‌طور که در جدول۱ مشاهده می‌شود تفاوت کاملاً معنی‌داری بین نمونه‌های تیمارشده با فراصوت و کنترل وجود دارد و مقادیر رطوبت، وزن و فعالیت آبی کلیه تیمارها کمتر از نمونه کنترل است. بین نمونه‌های تیمار شده در زمانهای مختلف اعمال فراصوت در تمام سطوح نیز اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۱- میانگین‌های حاصل از اعمال فراصوت نمونه‌های انگور

تیمارها	رطوبت (درصد)	کاهش وزن (گرم)	فعالیت آبی
کنترل	۵۷/۷۵*a*	۷۷/۰۸*a*	۰/۸۷ *a*
۱۰ دقیقه امواج فراصوت	۵۶/۳۸ *bc*	۶۷/۸۵ *b*	۰/۸۶*b*
۲۰ دقیقه امواج فراصوت	۵۳/۸۲ *c*	۶۸/۸۸*b c*	۰/۸۴ *c*
۳۰ دقیقه امواج فراصوت	۵۵/۰۱ *c*	۶۲/۰۰*c*	۰/۸۰ *de*
۴۰ دقیقه امواج فراصوت	۵۴/۱۴ *d*	۵۹*d*	۰/۷۹ *ef*
۶۰ دقیقه امواج فراصوت	۴۳/۸ ۵*e*	۵۴/۸۸ *e*	۰/۸۱*d*

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح $p \leq$ ۰/۰۵ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

اثر قلیا: رطوبت، کاهش وزن و فعالیت آبی کلیه نمونه‌های تیمار شده با قلیا به طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های کنترل هستند. همان گونه که در جدول۲ نشان داده شده، قلیا به خوبی توانسته سبب کاهش رطوبت، وزن و فعالیت آبی نمونه‌ها نسبت به شاهد شود.

1- Randomized Complete Block Design
2 - Duncan Multiple Range Test
3 - Least Significant Differences

جدول۲- اثر تیمار یا قلیا بر روی نمونه‌های انگور در صفات مورد بررسی

تیمارها	صفات مورد بررسی		
	رطوبت(درصد)	کاهش وزن(گرم)	فعالیت آبی
نمونه کنترل (بدون تیمار با قلیا)	۵۹/۱۸ *a*	۷۵/۹۳۵ *a*	۰/۸۳۱ *a*
نمونه تیمار شده با قلیا	۴۴/۳۷۱ *b*	۵۳/۹۵۹ *b*	۰/۸۲۸ *b*

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح $p \leq ۰/۰۵$ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

اثرات متقابل امواج فراصوت و قلیا: نتایج حاصل از اثرات متقابل فراصوت و قلیا بر کاهش رطوبت، وزن و فعالیت آبی در جدول ۳ نشان داده شده است.کلیه نمونه‌های تیمارشده با قلیا همواره رطوبت، وزن و فعالیت آبی کمتری داشتند. اعمال فراصوت هم سبب اختلاف معنی‌دار در تمام سطوح نسبت به نمونه‌های کنترل و بدون اعمال فراصوت شده است. این تفاوت‌ها در نمونه‌های تیمار شده با قلیا و فراصوت به خصوص با افزایش زمان اعمال فراصوت بیشتر شد.

اثر زمان: با افزایش زمان نگهداری، میزان رطوبت، وزن انگور و فعالیت آبی نمونه‌ها تحت اثر انرژی خورشید کاهش می‌یافت (جدول۴). بین مقادیر رطوبت، وزن و فعالیت آبی نمونه‌ها در هر روز تفاوت معنی‌داری ملاحظه شد.

جدول ۳- اثر توأمان قلیا و امواج فراصوت در طی دوره خشک کردن انگور بر صفات مورد بررسی

تیمارها		صفات مورد بررسی		
	تیمار	رطوبت(درصد)	کاهش وزن(گرم)	فعالیت آبی
کنترل	بدون قلیا	۶۴/۹۱ *a*	۸۴/۲۲ *a*	۰/۸۷ *a*
	با قلیا	۳۹/۶۷ *j*	۶۹/۹۴*e*	۰/۸۰ *d*
۱۰ دقیقه امواج فراصوت	بدون قلیا	۶۱/۲۵ *b*	۸۲/۴۰ *b*	۰/۸۷ *a*
	با قلیا	۴۷/۸۱ *g*	۵۳/۲۹ *i*	۰/۸۰ *d*
۲۰ دقیقه امواج فراصوت	بدون قلیا	۵۵/۸۲ *d*	۷۲/۱۱ *d*	۰/۸۶ *b*
	با قلیا	۴۶/۴۰ *i*	۵۳/۶۶ *hi*	۰/۸ *d*
۳۰ دقیقه امواج فراصوت	بدون قلیا	۵۷/۴۱ *c*	۸۱/۹۰ *c*	۰/۸۶ *b*
	با قلیا	۵۲/۶۰ *f*	۵۴/۱۰ *h*	۰/۷۹ *c*
۴۰ دقیقه امواج فراصوت	بدون قلیا	۵۵/۳۰ *d*	۶۹/۳۶ *f*	۰/۸۵ *b*
	با قلیا	۴۶/۹۷ *h*	۴۸/۶۳ *j*	۰/۸۰ *d*
۶۰ دقیقه امواج فراصوت	بدون قلیا	۵۴/۴۳ *e*	۶۵/۶۲ *g*	۰/۸۲ *c*
	با قلیا	۳۲/۷۳ *k*	۴۴/۱۴ *k*	۰/۸۲*c*

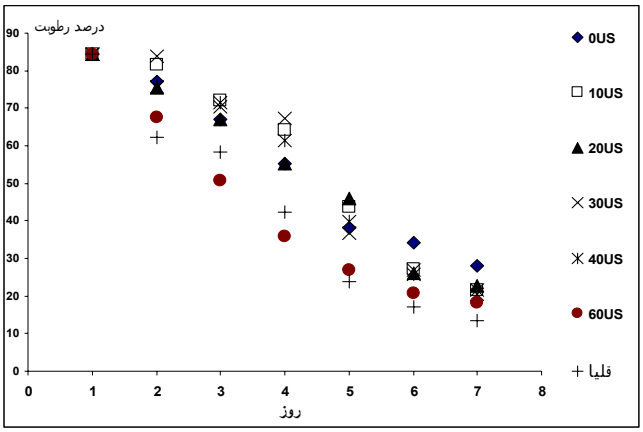
میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح $p \leq ۰/۰۵$ درصد فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌ها در صفات مورد بررسی طی زمان خشک کردن نمونه‌ها

سطوح تیمارها	صفات مورد بررسی		
	رطوبت(درصد)	کاهش وزن (گرم)	فعالیت آبی
زمان صفر(روزاول)	۸۴/۵ *a*	۱۷۳/۴۲ *a*	۰/۹۸ *a*
۲۴ ساعت(روز دوم)	۷۵/۸۵ *b*	۱۱۶/۳۵ *b*	۰/۸۹ *b*
۴۸ ساعت (روزسوم)	۶۶/۴۴ *c*	۸۰/۸۸ *c*	۰/۸۷ *c*
۷۲ ساعت (روزچهارم)	۵۳/۳۲ *d*	۶۲/۷۹ *d*	۰/۸۶ *d*
۹۶ ساعت (روزپنجم)	۳۶/۲۳ *e*	۵۱/۵ *e*	۰/۸۱ *e*
۱۲۰ ساعت (روزششم)	۲۴/۸۵ *f*	۴۶/۶ *f*	۰/۷۵ *f*
۱۴۴ ساعت (روزهفتم)	۲۱/۲۷ *g*	۳۷/۵ *g*	۰/۶۵ *g*

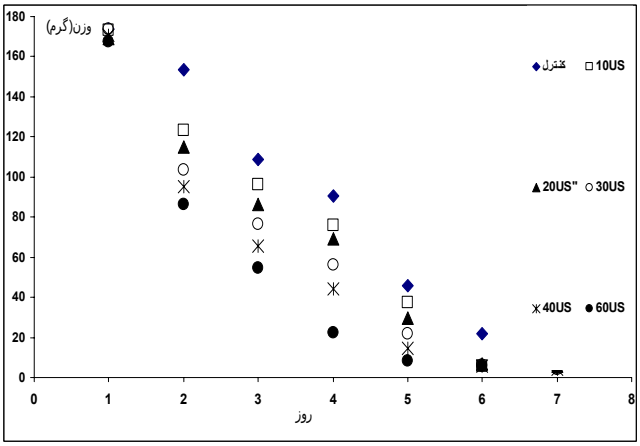
میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح $p \leq ۰/۰۵$ درصد، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند.

اثرات متقابل زمان اعمال فراصوت و دوره خشک کردن انگور: شکل۲ نشان می‌دهد که میزان رطوبت نمونه‌های تیمار شده با امواج فراصوت نسبت به کنترل، دارای اختلاف معنی‌دار هستند. همچنین نمونه‌های تیمارشده با قلیا، نسبت به نمونه‌های کنترل و تیمار شده با فراصوت به تنهایی، رطوبت کمتری دارند و به تدریج با افزایش زمان اعمال فراصوت، خروج رطوبت سریعتر می شود. این میزان طی فرایند خشک کردن تا روز هفتم نسبت به نمونه کنترل بدون قلیا، کاهش قابل ملاحظه‌ای یافته و به لحاظ آماری دارای اختلاف معنی‌دار است.



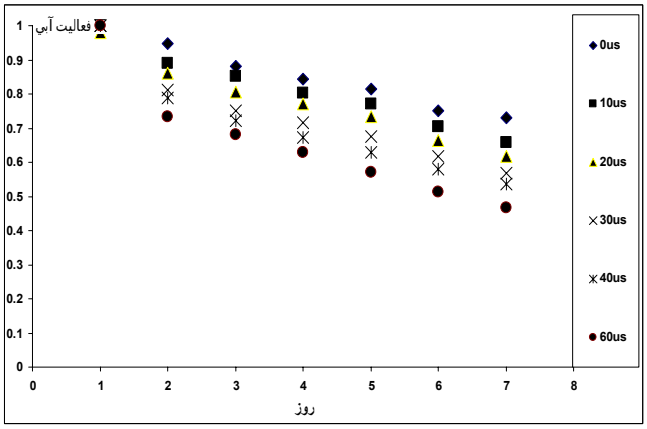
شکل ۲- تاثیر زمان اعمال امواج فراصوت بر کاهش رطوبت طی مدت خشک کردن

میانگین‌های به دست آمده درشکل۳ نیز بیانگر این است که وزن نمونه‌های کنترل در روز اول یکسان است، ولی به تدریج و با پیشرفت زمان، دارای اختلاف می‌شوند. این اختلاف در جهت کاهش وزن نمونه‌ها نسبت به روز قبل است.



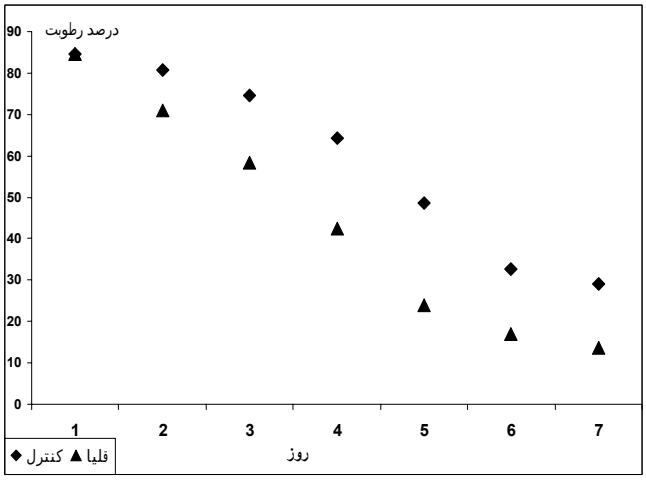
شکل۳- تاثیر اعمال امواج فراصوت بر کاهش وزن انگورطی دوره خشک کردن

و سرانجام همان‌طور که در شکل۴ نشان داده شده، افزایش زمان اعمال فراصوت سبب تفاوت معنی‌دار در فعالیت آبی نسبت به نمونه‌های کنترل شده و با افزایش زمان کاهش می‌یابد.



شکل۴- تاثیر زمان اعمال امواج فراصوت بر کاهش فعالیت آبی انگور طی زمان خشک کردن

اثر متقابل قلیا و زمان خشک کردن: در بررسی اثر توامان قلیا و دوره خشک کردن بین نمونه‌های کنترل و تیمار شده با قلیا در تمام سطوح، تفاوت معنی‌دار وجود دارد. به طوری که در شکل۵ ملاحظه می‌شود، نمونه‌های کنترل در تمام روزهای مورد بررسی، همواره رطوبت بیشتری نسبت به نمونه‌های تیمار شده با قلیا داشتند. به عبارت دیگر، فرایند خشک شدن در آنها دیرتر صورت گرفته است.

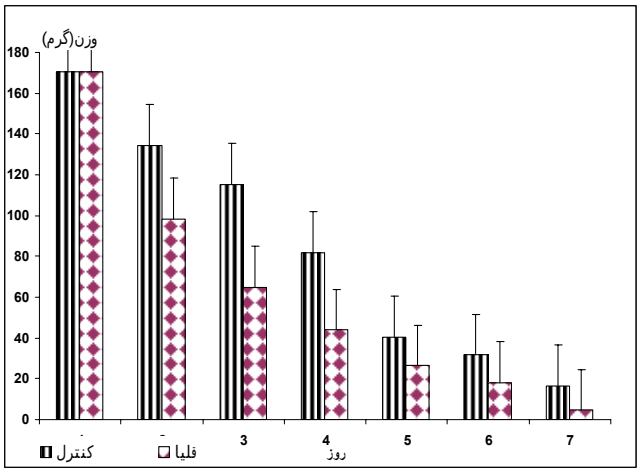


شکل ۵- تاثیر قلیا بر کاهش رطوبت انگور طی دوره خشک کردن

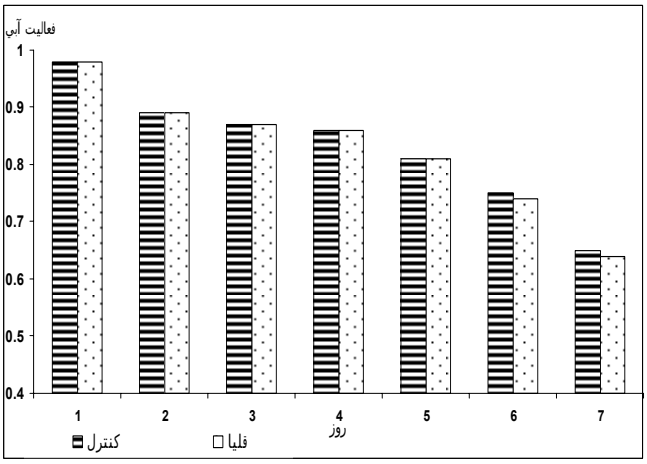
همچنین در شکل ۶ مشاهده می‌شود که در تمام روزهای خشک کردن، نمونه‌های تیمار شده با قلیا کاهش وزنِ بیشتری نسبت نمونه‌های کنترل داشتند و با پیشرفت زمان نگهداری یعنی زمان خشک شدن انگور، وزن نمونه‌های کنترل نسبت به یکدیگر و نمونه‌های تیمار شده با قلیا نسبت به یکدیگر کاهش یافت.

فعالیت آبی نمونه‌های تیمار شده با قلیا نسبت به کنترل تا روز پنجم، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما در روزهای ششم و هفتم، میزان فعالیت آبی نمونه‌های تیمار شده با قلیا کمتر از نمونه‌های کنترل (بدون قلیا) بود (شکل۷).

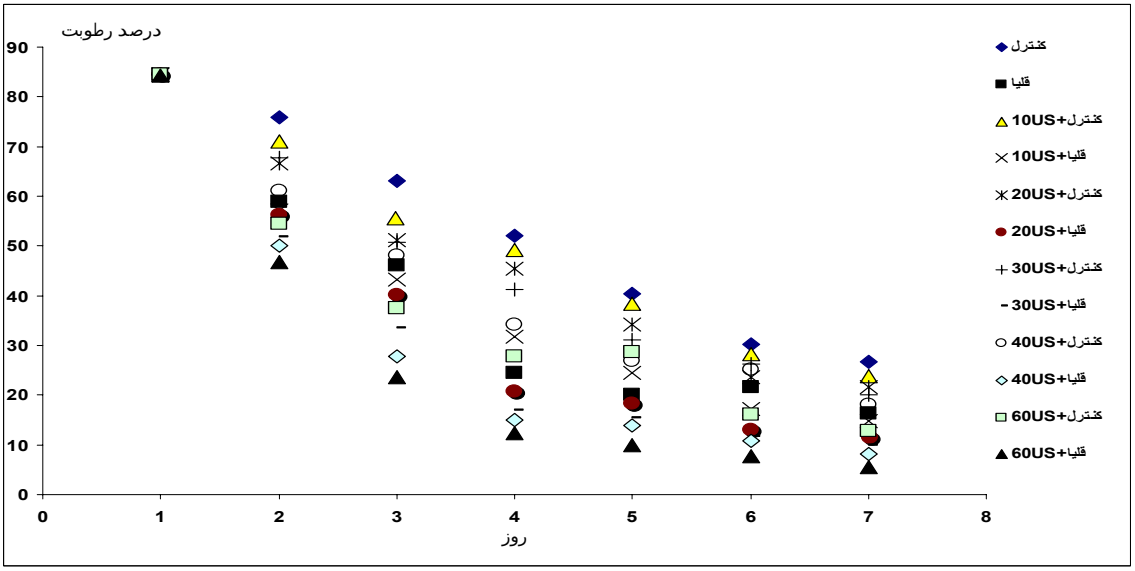
اثرات متقابل امواج فراصوت، قلیا و زمان: با توجه به کثرت میانگین‌های آماری حاصل از بررسی سه متغیر زمان اعمال فراصوت، تیمار با قلیا و زمان خشک کردن (۸۴ میانگین) مقایسه آنها با یکدیگر بسیار مشکل و پیچیده است و می‌توان به اثرات معنی‌دار بعضی از آنها اشاره کرد. از شکل۸ می‌توان دریافت که کلیه نمونه‌های تیمار شده با امواج فراصوت و قلیا با پیشرفت زمان نگهداری، نسبت به نمونه‌های کنترل دارای تفاوت معنی‌دار هستند. همچنین بین نمونه‌های تیمارشده با قلیا به تنهایی، اعمال فراصوت و توام (فراصوت و قلیا) هم تفاوتهای قابل ملاحظه‌ای وجود دارد.



شکل ۶- کاهش وزن نمونه‌های کنترل و تیمار با قلیا طی دوره خشک کردن



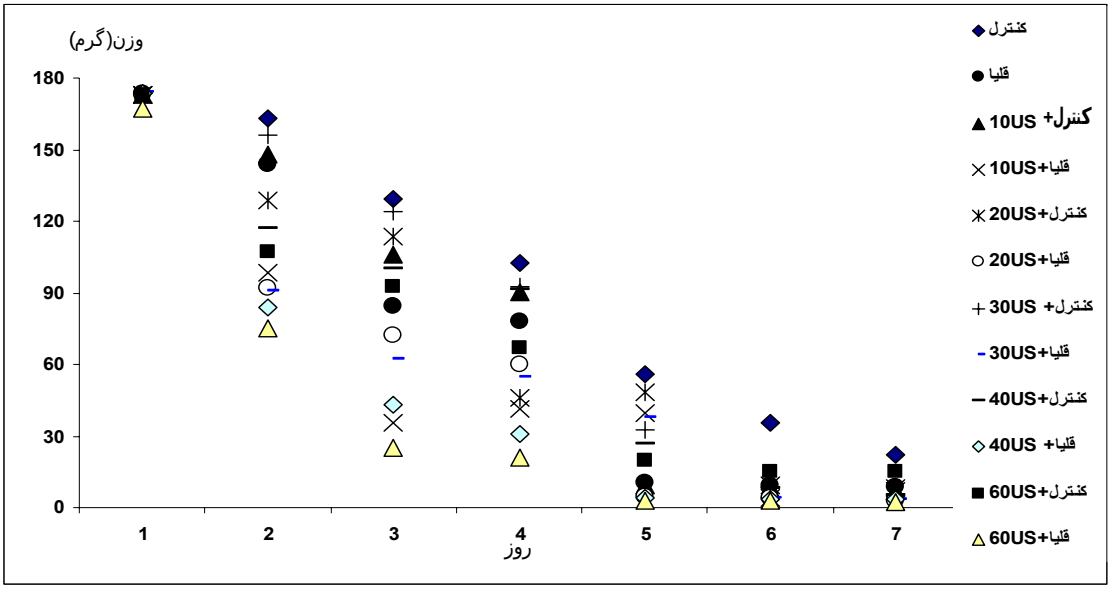
شکل ۷- اثر قلیا بر کاهش فعالیت آبی انگور طی دوره خشک کردن



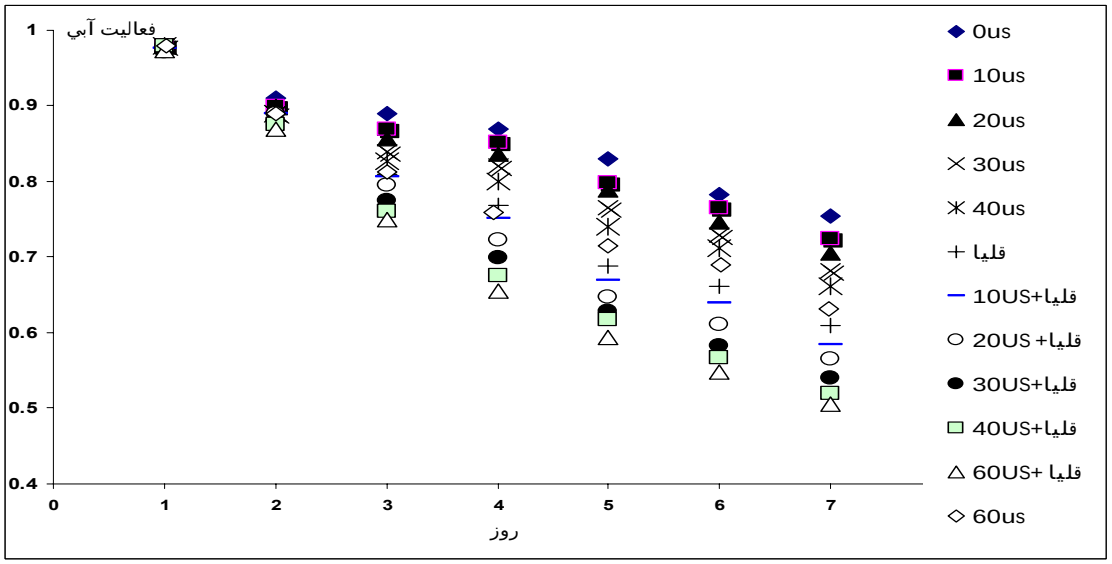
شکل ۸- اثر توان امواج فراصوت و قلیا بر کاهش رطوبت انگور طی دوره خشک کردن

وزن نمونه‌های تیمار شده با یکدیگر و نسبت به کنترل، دارای تفاوت معنی‌دار است. این اختلافات در شکل۹ نشان داده شده است. کاهش وزن در طول دوره خشک کردن برای همه نمونه‌ها وجود داشت، اما این کاهش در نمونه‌هایی که با قلیا و فراصوت تیمار شدند، به خصوص با افزایش زمان اعمال فراصوت بیشتر بود.

مقایسه اثر توامان فراصوت و قلیا برمیزان فعالیت آبی درشکل ۱۰ نشان داده شده است. کاهش فعالیت آبی در کلیه نمونه‌ها در روزهای اول و دوم، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر بود، اما از روز سوم به بعد کاملاً محسوس و بین روزهای نگهداری و تیمارها اختلافات معنی‌دار آماری مشاهده شد.



شکل ۹- اثر توأمان قلیا و امواج فراصوت بر کاهش وزن انگور طی دوره خشک کردن



شکل۱۰- اثر توأمان قلیا و امواج فراصوت بر کاهش فعالیت آبی طی دوره خشک کردن

• بحث

اثر امواج فراصوت: همان‌طور که در جدول۱ مشاهده می‌شود بالاترین میزان رطوبت پس از دوره خشک کردن انگور، مربوط به نمونه‌های کنترل یا شاهد است و کمترین مقدار را نمونه‌های تیمار شده با۶۰ دقیقه اعمال امواج فراصوت نشان دادند که اختلاف بین آنها کاملاً معنی‌دار است . همچنین مشاهده می‌شود که میزان رطوبت تمام تیمارها (تمام زمانهای اعمال فراصوت) با نمونه کنترل، دارای اختلاف معنی‌دار است. اما بین رطوبت نمونه‌های تیمار شده با فراصوت در ۱۰، ۲۰ و۳۰ دقیقه تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. اختلاف قابل توجه در میزان رطوبت به دست آمده از نمونه‌های تیمار شده با فراصوت به مدت ۴۰ و ۶۰ دقیقه است. نتایج مشابهی با اندکی تفاوت درمورد کاهش وزن و فعالیت آبی به دست آمده است. اعمال فراصوت به مدت ۴۰،۳۰ و۶۰ دقیقه سبب کاهش وزن و فعالیت آبی انگور به طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای کنترل، ۱۰ و۲۰ دقیقه اعمال فراصوت شده است. با افزایش زمان اعمال فراصوت، رطوبت به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. تسریع در خروج رطوبت از بافت‌های گیاهی، تحت اثر امواج فراصوت توسط دیگر محققان نیز تایید شده است (۸، ۷) این اثر در زمان‌های ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ دقیقه فاقد اختلاف معنی‌دار، اما در زمان‌های ۴۰ دقیقه و ۶۰ دقیقه اعمال فراصوت نسبت به یکدیگر و بقیه زمان‌های اعمال فراصوت، دارای اختلاف معنی‌دار هستند.

خروج رطوبت طی دوره خشک کردن در تیمارهای ۶۰ دقیقه امواج فراصوت بیشتر بوده است بین زمان‌های ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ دقیقه اعمال فراصوت، اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد و به عبارت دیگر می‌توان گفت که زمان‌های ۴۰ و ۶۰ دقیقه اثر معنی‌داری در تسریع خروج رطوبت داشته‌اند.

کاهش وزن انگور که ناشی از خشک شدن انگور و تبدیل به کشمش طی زمان خشک کردن است، در نمونه‌های تیمار شده با امواج فراصوت به طور معنی‌داری با نمونه کنترل (شاهد) دارای اختلاف است و به نظر می‌رسد که با افزایش زمان اعمال فراصوت کاهش وزن در طی خشک کردن بیشتر می‌شود.

جدول۱ کاهش فعالیت آبی نمونه‌ها را با افزایش زمان امواج فراصوت نشان می‌دهد. فعالیت آبی که نشانگر آب آزاد و آب قابل دسترس در انگور است با افزایش زمان اعمال فراصوت در نمونه‌های تیمار شده، کاهش سریع‌تری داشته است.کاهش فعالیت آبی تحت تاثیر فراصوت توسط علی‌اف و همکاران نیز بررسی شده است (۹). میزان فعالیت آبی بین زمان‌های ۳۰ ، ۴۰ و ۶۰ دقیقه اعمال فراصوت، فاقد اختلاف معنی‌دار است.

اثر قلیا: تیمار قلیا، کاهش رطوبت، وزن و فعالیت آبی انگور را تسریع می‌کند. کاهش رطوبت انگور و در نتیجه، کاهش وزن و فعالیت آبی در اثر تیمار قلیا، به دلیل ایجاد منافذ و شکاف‌های بسیار ریز و تغییرات در لایه مومی پوسته خارجی انگور است(۱۳) این تغییرات، سبب تسهیل خروج رطوبت و تسریع فرایند خشک کردن می‌شود و از این روش در بسیاری از کشورها و از جمله ایران استفاده می‌شود. اما مضرات ناشی از باقیماندن مواد شیمیایی حاصل از آن و به خطر افتادن سلامت مصرف کنندگان را نباید از نظر دور داشت. به علاوه، استفاده از این روش به صورت غیر قابل کنترلی سبب کاهش کیفیت محصول می‌شود.

اثرات متقابل امواج فراصوت و قلیا: کاهش رطوبت در کلیه نمونه‌های تیمار شده با قلیا، نسبت به نمونه‌های کنترل و بدون تیمار با قلیا در تمام زمان‌های اعمال فراصوت، بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار است. امواج فراصوت به همراه قلیا توانسته است به طور محسوسی نسبت به نمونه‌های تیمار شده با امواج فراصوت به تنهایی، سبب خروج رطوبت بیشتری شود. اعمال فراصوت به خصوص در زمان‌های ۴۰و۶۰ دقیقه تاثیر زیادی درکاهش رطوبت داشته است. همچنین، کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده با امواج فراصوت و قلیا بیشتر بوده است. هر چند که کاهش فعالیت آبی انگور طی دوره خشک کردن با افزایش زمان امواج فراصوت توام با قلیا نسبت به نمونه‌هایی که فقط با امواج فراصوت تیمار شدند، بیشتر بوده است، اما به نظر می‌رسد که افزایش زمان اعمال فراصوت بجز در مقادیر ۶۰ دقیقه در سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در کاهش فعالیت آبی ندارد.

اثر زمان: با افزایش زمان نگهداری نمونه‌ها تحت اثر انرژی خورشید، میزان رطوبت، وزن انگور و فعالیت آبی کاهش

می‌یابد و با افزایش زمان، این کاهش نسبت به نمونه روز قبل بیشتر و منجر به خشک شدن انگور و تبدیل آن به کشمش می‌شود.

اثرات متقابل زمان اعمال فراصوت و دوره خشک کردن انگور: با افزایش زمان اعمال فراصوت، خروج رطوبت سریع‌تر می‌شود و کاهش وزن نمونه‌ها طی فرایند خشک کردن تا روز هفتم، نسبت به نمونه کنترل، قابل ملاحظه بوده است. میزان کاهش رطوبت با افزایش زمان اعمال امواج فراصوت، بیشتر و به‌خصوص تیمار ۶۰ دقیقه فراصوت به طور معنی‌داری با بقیه تیمارهای فراصوت تفاوت دارد. همچنین، نمونه‌های تیمار شده با قلیای تنها به خصوص در روزهای پنجم تا هفتم رطوبت کمتری نسبت به نمونه‌های تیمار شده با فراصوت دارند. مشاهده میانگین‌های به دست آمده درشکل۳ نیز نشان می‌دهد که وزن نمونه‌های کنترل در روز اول، یکسان، ولی به تدریج و با پیشرفت زمان دارای اختلاف می‌شوند. این وضعیت به خصوص در نمونه‌هایی که زمان بیشتری تحت اثر امواج فراصوت قرار گرفته‌اند، شدت بیشتری داشته است. به طوری که نمونه‌های تیمار شده با فراصوت در ۴۰ و ۶۰ دقیقه نسبت به نمونه کنترل، و حتی نمونه‌های تیمار شده با فراصوت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه وزن کمتری داشتند.

با توجه به شکل۲ می توان چنین بیان نمودکه با افزایش زمان اعمال فراصوت، خروج رطوبت سریع‌تر شده و در نتیجه، وزن نمونه‌ها سریع‌تر کم می‌شود. تا روز پنجم، هر چه مدت نگهداری در آفتاب بیشتر شده کاهش وزن تا رسیدن به وزن ثابت بیشتر است. از روز پنجم، وزن نمونه‌ها ثابت شده و کاهش وزن محسوسی مشاهده نمی‌شود.

فعالیت آبی نمونه‌ها با افزایش زمان اعمال فراصوت طی دوره نگهداری تا روز هفتم کاهش نشان می‌دهد، اما این کاهش در تیمار ۶۰ دقیقه امواج فراصوت نسبت به بقیه زمان‌ها قابل ملاحظه‌تر است. فعالیت آبی کلیه نمونه‌های تیمار شده در زمان‌های مختلف با امواج فراصوت با یکدیگر در روزهای پنجم تا هفتم نگهداری در آفتاب، اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد.

اثرات متقابل قلیا و زمان خشک کردن: در بررسی اثرات توامان قلیا و دوره خشک کردن نمونه‌های کنترل در همه روزهای مورد بررسی، همواره رطوبت بیشتری در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با قلیا دارند و به عبارت دیگر فرایند خشک کردن در آنها دیرتر صورت گرفته است (شکل۵).

اندازه‌گیری میزان رطوبت در هر روز نشان داد که هر روز نسبت به روز قبل، کاهش داشته و تفاوت معنی‌دار آماری را نشان می‌دهند. به‌خصوص کاهش رطوبت روزهای پنجم و ششم نسبت به روزهای سوم و چهارم بسیار زیاد است. میزان کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده با قلیا نسبت به نمونه‌های کنترل، بیشتر بود و با پیشرفت زمان نگهداری یعنی زمان خشک شدن انگور، وزن نمونه‌های کنترل نسبت به یکدیگر و همچنین نمونه‌های تیمار شده با قلیا نسبت به یکدیگر کاهش داشتند. هر چند با توجه به شکل۷ فعالیت آبی نمونه‌های تیمار شده با قلیا نسبت به کنترل تا روز پنجم با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، ولی میزان فعالیت آبی نمونه‌های تیمار شده با قلیا در روزهای ششم و هفتم، کمتر از نمونه‌های کنترل (بدون قلیا) بود.

اثرات متقابل امواج فراصوت، قلیا و زمان: در بررسی اثر سه متغیر زمان اعمال فراصوت، تیمار با قلیا و زمان خشک کردن، با توجه به شکل۸ می‌توان دریافت که همه نمونه‌های تیمار شده با امواج فراصوت و قلیا با پیشرفت زمان نسبت به نمونه‌های کنترل، آب بیشتری از دست دادند و رطوبت کمتری داشتند. هر چند که تیمار با فراصوت، حداقل در کمتر از ۴۰ دقیقه نتوانسته است کاری کند تا نمونه‌های تیمار شده با قلیای تنها، آب بیشتری از دست دهند، اما نمونه‌های تیمار شده با ۴۰ و۶۰ دقیقه اثراتی مشابه استفاده از قلیا به تنهایی داشته‌اند. اثرات توامان فراصوت و قلیا به خصوص در نمونه‌های تیمار شده با اعمال فراصوت بیشتر، به طور قابل ملاحظه‌ای خروج رطوبت را تسریع کرده‌اند. همچنین مقایسه نمونه‌های کنترل و تیمار شده (شکل۹) نشان می‌دهد که وزن همه نمونه‌های کنترل در روز هفتم، بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با قلیا بوده است و وزن نمونه‌های تیمار شده با فراصوت و قلیا هم کمتر از نمونه‌هایی بوده که فقط تحت اثر امواج فراصوت قرار گرفته‌اند. این اثر به خصوص در نمونه‌هایی که زمان بیشتری تحت تاثیر امواج فراصوت

بوده‌اند، بیشتر است. از روز ششم، وزن نمونه‌ها ثابت شده و کاهش وزن محسوسی مشاهده نمی‌شود.

مقایسه اثر توامان فراصوت و قلیا بر میزان فعالیت آبی (شکل ۱۰) نشان می‌دهد که کاهش فعالیت آبی در کلیه نمونه‌ها در روزهای اول و دوم، بسیار کُند و فاقد اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر است، اما از روز سوم به بعد، محسوس و بین روزهای نگهداری و تیمارها اختلافات معنی‌دار آماری مشاهده می‌شود. این کاهش به ویژه در نمونه‌های تیمار شده با فراصوت و قلیا به صورت توام، بسیار شدیدتر است.

میزان فعالیت آبی در کلیه نمونه‌های کنترل بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با قلیا است و نمونه‌هایی که تحت تاثیر امواج فراصوت قرار گرفته‌اند، نسبت به نمونه‌های کنترل، بجز در نمونه‌هایی که ۶۰ دقیقه تحت تاثیر امواج فراصوت واقع شده‌اند، فاقد اختلاف معنی‌دار آماری هستند. با افزایش زمان اعمال فراصوت، فعالیت آبی پس از دوره خشک کردن، کاهش بیشتری می‌یابد و در نمونه‌هایی که ۶۰ دقیقه تحت تاثیر امواج فراصوت قرار داشتند. به خصوص نمونه تیمار شده با قلیا، نسبت به نمونه بدون تیمار با قلیا کاهش فعالیت آبی بیشتری مشاهده می‌شود.

در مجموع، استفاده از امواج فراصوت به عنوان یک فناوری نوین می‌تواند به طور امیدوار کننده‌ای در حذف قلیا و کاهش زمان خشک کردن انگور در تولید فراورده‌هایی نظیر کشمش مؤثر واقع شود. هر چند که این فناوری در حال حاضر مراحل ابتدایی خود را طی می‌کند و برای ورود به صنعت و کاربردی کردن آن، راه درازی در پیش است. به کارگیری فراصوت جهت افزایش قابلیت نفوذ و اثرات مشابه قلیا نیاز به زمان زیادی دارد و استفاده از دستگاههای فراصوت میله‌ای و نه از نوع پاک کننده، دارای قدرت بیشتری بوده و بدون شک می‌تواند سبب حصول نتایج بهتری شود (۲). اثر امواج فراصوت برای افزایش قابلیت نفوذ ناشی از پدیده کاویتاسیون و تسهیل انتقال حرارت و خروج رطوبت نیازمند اعمال فراصوت در زمانهای طولانی بوده و بنابراین، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است تا با استفاده از شدت‌های مختلف در فرکانس‌های متفاوت و به کارگیری سیستم مناسب اعمال فراصوت، این اثر را به حداکثر رسانده شود. به این ترتیب ضمن کاهش زمان اعمال فراصوت، حذف استفاده از قلیا که یک ماده شیمیایی است و استفاده از آن برای سلامتی مضر است، عمل خواهد شد.

• References

1. Mason T.J, Daniwnyk, L.J, Lorimer, J.P. The uses of ultrasound in food technology. Ultrasonic Sonochemist. 1996; 3:5253-5260
2. Mason, T.J, Lorimer, J.P. Applied Sonochemistry. The use of power ultrasound in chemistry and processing .First ed. New York: Oxford University Press Inc., 2002.
3. Mason T. J, Trends in food science and technology *Ultrasonic Sonochem* . 2002;13: 48 – 99
4. Coupland J, Saggin NR.Ultrasonic sensors for the food industry. Advances in food and nut. Res. 2003; 45:102-166.
5. Sala Fj, Borgos J. Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes. In: Gold GW(ed). In *New Methods of Food Perseveration*. An Aspen Publication; 1996:176-202
6. Chisti Y. Sonobioreactores: Using ultrasound for enhanced microbial productivity. *Trends in biotech.* 2002; 21 (3): 89-93
7. Breitbach M.D, Bathen T, Schmidt. Desorption of a fixed bed adsorber by ultrasound *Ultrasonic* 2002;40:679 – 682
8. Gallego J.A.L,Elvira S,Rodriguez G. A power ultrasonic technology for deliquoring. *Ultrasonic* 2003; 4: 255-259
9. Aliyu M, Hepher M.J. Effects of ultrasound energy on degradation of cellulose material. *Ultrasonic Sonochem.* 2000;7:265 – 268
10. ShafiurRahman M.Light and sound in food preservation. Horticulture and food research**.** *J. Institute of New Zealand*, 2000; 3: 669-685
11. ChistiY. Sonobioreactores: Using ultrasound for enhanced microbial productivity. *Trends in biotech.* 2002; 21 (3): 89-93.
12. Hormadkova A.Ebringrova M. Ultrasonic extraction of plant materials. Investigation of hemi cellulose release from buckwheat hulls. Ultrasonic Sonochemist. 2003; 10:127 – 13
13. Clary C.D. Use of liquid media for dehydration of seedless grapes (Research Bulletin). Viticulture and enology research center,1996.