اثر فراصوت بر آبزدایی اسمزی دانه های انار

نصیری مطهره[۱]، وریدی مهدی[۲]، وریدی محمدجواد[۳]، سبزی فرشته[۴]

۱ و ۴. دانشجویان کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

۲ و ۳. اعضای هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

m.varidi@um.ac.ir

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثر پیش تیمار فراصوت به همراه آبزدایی اسمزی به عنوان روشی برای افزایش خروج آب و کاهش زمان خشک کردن انار در آزمایشگاه تحقیقاتی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. دانه های انار در محلول ساکارز با غلظت ۵۰ درصد غوطه ور شدند و فرآیند فراصوت در فرکانس های ۰، ۲۵ و ۴۵ کیلوهرتز و طی زمان های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۸۰ دقیقه بر نمونه ها اعمال گردید و میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محلول نمونه ها محاسبه شد. نتایج نشان داد که با افزایش زمان و فرکانس فراصوت، میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد به طرز معنی داری ($p<۰/۰۵$) افزایش یافت و بیشترین میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد هنگام استفاده از فراصوت با فرکانس ۴۵ کیلوهرتز به مدت ۸۰ دقیقه دیده شد. هم چنین تصاویر میکروسکوپی نمونه ها به منظور بررسی تشکیل کانال های میکروسکوپی و سایر تغییرات در بافت مورد ارزیابی قرار گرفت. در مقایسه نمونه هایی که تحت تیمار فراصوت آبزدایی اسمزی شده بودند با نمونه های شاهد مشخص شد که اعمال تیمار فراصوت موجب تخریب دیواره سلولی محصول شده و به دلیل کاهش مقاومت در برابر انتشار آب از میان سلول ها، سرعت انتقال جرم طی اسمز و فراصوت افزایش یافت.

کلمات کلیدی: آبزدایی اسمزی، دانه های انار، فراصوت

مقدمه

انار با نام علمی پونیکا گرانتام[۱] متعلق به خانواده پونیکاسه[۲] می باشد. این میوه در بسیاری از کشورهای نیمه گرمسیری از جمله مدیترانه، ایران، هند، پاکستان، افغانستان، عربستان سعودی و نیز مناطق نیمه گرمسیری آمریکای جنوبی رشد می کند و از معدود میوه هایی است که منشأ اصلی آن ایران است (Adsul & Patil., 1995). بخش خوراکی میوه انار (حدود ۵۰٪ وزن کل میوه) شامل ۴۰٪ آریل و ۱۰٪ هسته است. آریل ها شامل آب، قند (به ویژه فروکتوز و گلوکز)، پکتین، اسیدهای آلی (آسکوربیک اسید، سیتریک اسید و مالیک اسید) و ترکیبات زیست فعال (فنل ها و آنتوسیانین ها) می باشد (Viuda-Martos et al., 2010). ترکیبات زیست فعال دارای خواص دارویی (تانن ها، فلاوونوئیدها، آلکالوئیدها، اسیدهای آلی، تری ترپن ها، استروئیدها و ...) را می توان از بخش های مختلف میوه انار به دست آورد که دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضد سرطانی و ضد دیابتی‌اند؛ هم چنین این ترکیبات محافظت کننده دستگاه گوارش بوده و از بروز بیماری‌های قلبی- عروقی جلوگیری می‌کنند (Wang et al., 2010).

فرایند خشک کردن به طور گسترده برای نگهداری مواد غذایی کاربرد دارد که اساس آن کاهش مقدار فعالیت آبی از طریق حذف رطوبت به منظور رسیدن به پایداری فیزیکوشیمیایی و میکروبیولوژیکی می باشد (گرجیان و همکاران، ۲۰۱۱). روش متداول خشک کردن، خشک کردن با هوای داغ است که در دمای ۴۰ تا ۷۰ درجه سانتی

[1] Punicagranatum L.
[2] Punicaceae

گراد به مدت ۸ تا ۲۴ ساعت بسته به نوع میوه، رطوبت اولیه آن، رطوبت نهایی مورد نظر و دمای مورد استفاده در فرآیند طول می کشد. از معایب خشک کردن با هوای داغ، نداشتن صرفه اقتصادی (Haq et al., 2012)، کم بودن کارایی انرژی و طولانی بودن زمان خشک کردن طی دوره سرعت نزولی (Adu & Otten., 1996) است. هم چنین محصولات نهایی حاصل از این روش دارای تخلخل پایین، تغییرات زیاد رنگ و ظرفیت جذب آب پایین می باشند (Ponting., 1973). بنابراین استفاده از پیش تیماری مناسب که منجر به کاهش زمان خشک کردن شود حائز اهمیت است (Haq et al., 2012).

آبزدایی اسمزی[3] یکی از پیش تیمارهایی است که صدمات ناشی از حرارت را بر ویژگی های ظاهری و ارگانولپتیکی در میوه ها کاهش می دهد (Lenart & Andrzaj., 1996) و با خارج کردن مقدار زیادی آب از داخل محصول باعث کاهش زمان خشک کردن می شود. در این فرآیند با قرار دادن مواد غذایی مانند میوه یا سبزی به صورت قطعه قطعه شده یا کامل در یک محلول اسمزی (قند، نمک یا مخلوط هایی از نمک و قند)، دیواره طبیعی سلول های ماده غذایی به صورت یک غشای نیمه تراوا عمل می کند و اختلاف غلظت بین محلول اسمزی (که دارای فشار اسمزی بالاتری است) و مایعات داخل سلولی نیروی محرک لازم برای خروج آب از ماده غذایی به داخل محلول اسمزی را ایجاد می کند (Singh, 2007).

از دیگر پیش تیمارهایی که برای کاهش زمان خشک کردن و کاهش هزینه های تولید محصول به کار می رود فراصوت است (Fernandes et al., 2008) که با غوطه ور کردن میوه در آب مقطر یا محلول آبی هیپرتونیک[4] و اعمال امواج فراصوت صورت می گیرد. این امواج باعث ایجاد حباب های ریز هوا در داخل محیط مایع و سپس ترکیدن آن ها می شوند (کاویتاسیون[5]). ترکیدن غیر متقارن این حباب ها در نزدیکی سطح ماده غذایی باعث انتقال جریان های سریع و فورانی از امواج صوتی به سطح آن شده و با ایجاد انقباض و انبساط های پی در پی (اثر اسفنجی[6]) در آن باعث تشکیل کانال های میکروسکوپی و سهولت خروج آب از داخل محصول طی خشک شدن می گردد (Fernandes et al., 2009).

هدف از این پژوهش بررسی تأثیر شدت فرکانس و زمان بر آبزدایی اسمزی دانه های انار با استفاده از فراصوت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

انار مورد استفاده از واریته میخوش شیراز خریداری گردید. پس از جداسازی پوست، انارها دانه دانه شده و دانه‌های کاملاً سالم و فاقد صدمات مکانیکی جدا شدند. رطوبت سطحی دانه های انار با کاغذ جاذب رطوبت گرفته شد و وزن آن ها مشخص گردید. سپس نمونه ها تحت پیش تیمار قرار گرفتند.

پیش تیمار اسمزی همراه با فراصوت

پس از تهیه محلول اسمزی ساکارز با غلظت ۵۰ درصد (w/w)، وزن مشخصی از دانه های انار درون محلول اسمزی با نسبت ۴:۱ (انار : محلول ساکارز) قرار گرفتند و فرایند فراصوت در فرکانس های ۰، ۲۵ و ۴۵ کیلو هرتز (با توان ۱۰۰ درصد)، طی مدت زمان های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ۸۰ دقیقه بر نمونه ها اعمال شد. دستگاه فراصوت مورد استفاده در این پژوهش از نوع حمام آب (Elma, D-78224 Singen/Htw, Germany) بود. بعد از گذشت مدت

[3] Osmotic Dehydration
[4] Hypertonic
[5] Cavitation
[6] Sponge Effect

زمان لازم، دانه های انار از درون محلول اسمزی خارج و پس از حذف رطوبت سطحی، مجدداً توزین شدند. سپس با استفاده از روابط ۱ و ۲ درصد میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محلول محاسبه گردید:

$$1)WL(\%) = \frac{(Wi \times Xi) - (Wf \times Xf)}{Wi} \times 100 \qquad 2)SG(\%) = \frac{(Wf \times Xsf) - (Wi \times Xsi)}{Wi} \times 100$$

در معادلات فوق، Wi و Wf به ترتیب جرم میوه (گرم) قبل و بعد از اعمال پیش تیمار، Xi و Xf به ترتیب مقدار رطوبت میوه بر اساس وزن مرطوب (گرم آب/گرم جرم کل میوه) قبل و بعد از اعمال پیش تیمار، Xsi و Xsf مقدار ماده جامد میوه (گرم ماده خشک/گرم جرم کل میوه) قبل و بعد از اعمال پیش تیمار است.

تصویربرداری میکروسکوپی- الکترونی (SEM[7])

تهیه تصاویر میکروسکوپی از سطح مقطع عرضی نمونه های فراصوت شده به منظور یافتن اثر پیش تیمارها بر ساختار سلولی انار صورت گرفت. بدین منظور دانه های انار پس از شستشو با آب مقطر و خشک کردن آب سطحی آن ها، به مدت حدود ۱۰ ثانیه در نیتروژن مایع فرو برده شدند. سپس نمونه ها برای حذف رطوبت به خشک کن انجمادی منتقل شدند. بعد از نگهداری در دسیکاتور، روی چسب دوطرفه[8] مخصوص دستگاه SEM چسبانده و توسط طلا پوشش داده شدند. سپس سطح نمونه ها توسط دستگاه SEM (LEO1450VP, Germeny) با رزولوشن ۲/۵ و ولتاژ ۲۰ کیلووات در بزرگنمایی های مختلف بررسی گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل و با ۲ تکرار انجام شد. برای مقایسه میانگین ها از روش دانکن (سطح معنی داری ۰/۰۵) استفاده شد و داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Excell 2010 استفاده گردید.

بحث و نتیجه گیری

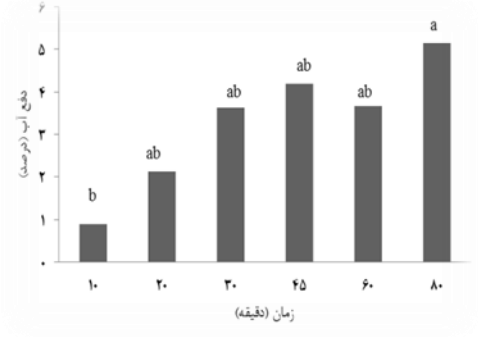
۱- میزان از دست دادن آب

نمودار میانگین درصد از دست دادن آب دانه های انار تحت پیش تیمار فراصوت در زمان و فرکانس های مختلف در شکل ۱ و ۲ مشاهده می شود. همان طور که از شکل ۱ مشخص است افزایش زمان آبزدایی تأثیر معنی داری در افزایش درصد خروج آب از دانه های انار داشت ($p<0/05$)؛ به طوری که بالاترین (۵/۱۵۶ درصد) و پایین ترین (۰/۸۹۰ درصد) میزان خروج آب به ترتیب در زمان های ۸۰ و ۱۰ دقیقه مشاهده شد و در سایر زمان های مورد بررسی اختلاف آماری معناداری از نظر میزان خروج آب مشاهده نگردید. می توان گفت امواج فراصوت باعث ایجاد حباب های ریز هوا در داخل محیط اسمزی و سپس ترکیدن آن ها (پدیده کاویتاسیون) می شوند. این پدیده با انقباض و انبساط های پی در پی باعث ایجاد فشار موضعی در جهت گرادیان اسمزی، کاهش لایه مرزی انتشار در اطراف ماده غذایی و در نهایت تشکیل کانال های میکروسکوپی می گردد که نتیجه آن افزایش انتقال جرم در ماده غذایی و سهولت دفع آب از داخل محصول نسبت به فرایند اسمز بدون فراصوت است (Rastogi et al., 2010؛ Fernandes et al., 2008). ضمن این که پیش تیمار اسمزی نمونه های انار نیز در افزایش خروج آب از آن ها طی فراصوت مؤثر است؛ چرا که در فرآیند آبزدایی اسمزی، طی قرار گرفتن مواد غذایی در یک محلول اسمزی،

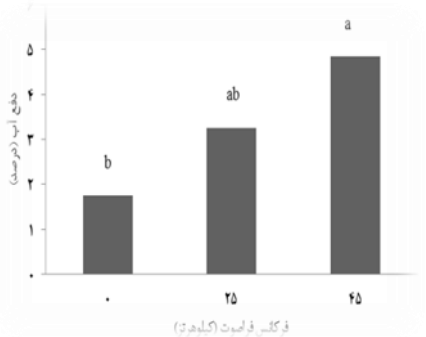
[7] Scanning Electron Microscope
[8] Stub

دیواره طبیعی سلول های ماده غذایی به عنوان یک غشای نیمه تراوا عمل می کند و به علت وجود گرادیان غلظت بین محلول اسمزی (که دارای فشار اسمزی بالاتر و فعالیت آبی کمتری است) و مایعات داخل سلولی نیروی محرکه لازم برای خروج آب از ماده غذایی به داخل محلول اسمزی ایجاد می شود (Jayaraman et al., 1990؛ Singh, 2007).

با توجه به شکل ۲ مشاهده می شود که افزایش فرکانس فراصوت نیز تأثیر معنی داری بر افزایش درصد دفع آب از دانه های انار داشت ($p<0/05$)؛ به طوری که میزان خروج آب از ۱/۷۴۴ درصد در فرکانس صفر، به ۴/۸۴۷ درصد در فرکانس ۴۵ کیلوهرتز رسید. Rodríguez et al., (2009) با بررسی تأثیر زمان غوطه وری در محلول اسمزی و فراصوت روی ویژگی های ساختار سلولی خربزه درختی، علت این امر را تخریب بیشتر دیواره سلولی در اثر اعمال فراصوت و در نتیجه تسهیل خروج آب از محصول فراصوت شده گزارش کردند.



شکل ۱. تأثیر زمان آبزدایی بر درصد خروج آب دانه‌های انار



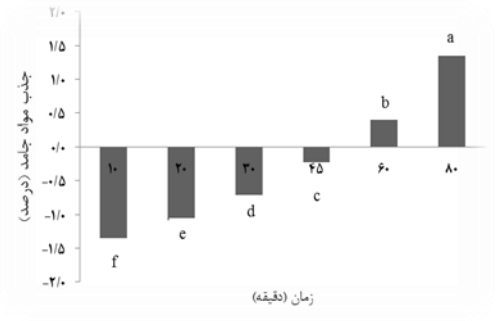
شکل۲. تأثیر فرکانس فراصوت بر درصد خروج آب دانه‌های انار

امام جمعه و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی تأثیر پیش تیمار اسمزی بر ویژگی های بافتی و ریزساختاری گوجه فرنگی خشک شده با هوا عنوان کردند که در ۱۲۰ دقیقه ابتدایی تیمار اسمزی، سرعت آبزدایی زیاد بود اما پس از زمان ۱۸۰ دقیقه، میزان آبزدایی به یک حالت تقریباً ثابت رسیده و زمان طولانی تر تأثیر چندانی در میزان آبزدایی نداشت. در این پژوهش ، در ۲۰ دقیقه ابتدایی و انتهایی فرایند افزایش بسیار قابل توجهی در میزان دفع آب دیده شد که مشابه نتایج Garcia-Noguera et al., (2010) برای نمونه های توت فرنگی بود که در محلول اسمزی ۵۰٪ و در معرض فرکانس ۴۰ کیلوهرتز قرار گرفته بودند، در این نمونه ها با افزایش زمان از ۱۰ به ۲۰، ۳۰ و ۴۵ دقیقه میزان خروج آب به ترتیب ۰/۴±۲/۵، ۰/۵±۲/۳، ۰/۸±۲/۷ و ۰/۲±۴/۶ درصد افزایش یافت.

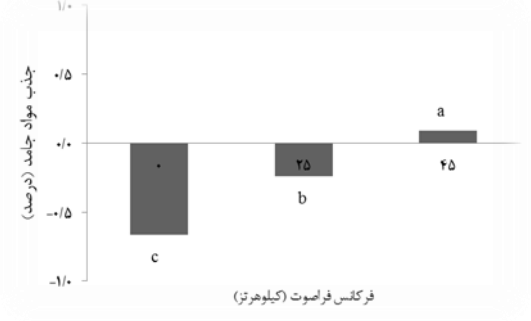
۲- جذب مواد جامد

نتایج بررسی اثر زمان بر درصد جذب مواد جامد در شکل ۳ نشان داده شده است. گذشت زمان از ۱۰ تا ۸۰ دقیقه میزان جذب مواد جامد را در دانه های انار به طرز معنی داری از ۱/۳۴۹- درصد (در زمان ۱۰ دقیقه) تا ۱/۳۵۲ درصد (در زمان ۸۰ دقیقه) افزایش داد. طبق شکل ۴، درصد جذب مواد جامد دانه های انار با افزایش فرکانس فراصوت نیز افزایش یافت. به طوری که کمترین درصد جذب مواد جامد (۰/۶۶۵-) در نمونه شاهد (با فرکانس صفر) و بالاترین درصد جذب این مواد (۰/۰۸۷) در نمونه فراصوت شده با فرکانس ۴۵ کیلو هرتز مشاهده شد. لازم به ذکر است که اعمال فراصوت تأثیر معنیداری بر افزایش جذب مواد جامد دانه های انار داشت ($p<0/05$). نتایج مشابهی نیز در تحقیقات سایر محققان گزارش شد. کرمی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اعمال آبزدایی اسمزی و فراصوت بر کامکوات نتیجه گرفتند که افزایش زمان و دما و نیز افزایش فرکانس فراصوت بر جذب مواد جامد از لحاظ آماری اثر معنی داری داشت و با افزایش هر دو میزان جذب مواد جامد نیز افزایش یافت. دلیل این امر را می

توان به افزایش تخریب سلولی نسبت داد که منجر به افزایش حلالیت پکتین دیواره می گردد و افزایش قابل ملاحظه ای را در جذب مواد جامد به همراه دارد (Simal et al., 1998). هم چنین Garcia-Noguera et al., (2010) نیز با استفاده از پیش تیمار فراصوت در آبزدایی اسمزی توت فرنگی در محلول اسمزی ساکارز نشان دادند که استفاده از فراصوت با فرکانس ۴۰ کیلو هرتز در زمان ۴۵ دقیقه توانست میزان جذب مواد جامد را از ۲۹ درصد به ۳۳/۳ درصد افزایش دهد. Hawkes & Flink (۱۹۷۸) گزارش نموده اند که جذب پیش رونده مواد جامد طی آبزدایی اسمزی ممکن است منجر به ایجاد لایه سطحی از مواد جامد بر سطح خارجی محصول خشک شده شود که در ادامه آبزدایی به عنوان یک سد در برابر دفع آب و جذب مواد عمل می کند.



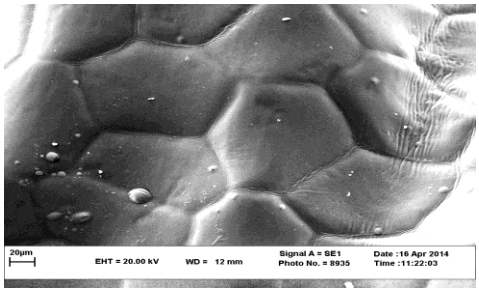
شکل ۳. اثر زمان آبزدایی بر جذب مواد جامد دانه های انار



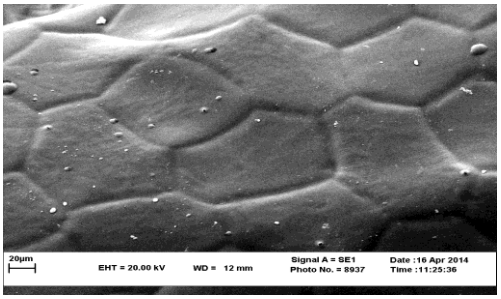
شکل ۴. اثر فرکانس فراصوت بر جذب مواد جامد دانه های انار

SEM -۳

برای درک بهتر اثرات آبزدایی اسمزی و فراصوت بر خصوصیات بافتی محصولات آبزدایی شده و تغییرات میکروساختاری ایجاد شده در آن ها از تکنیک SEM استفاده می شود (Garcia-Noguera et al., 2010) تصاویر میکروسکوپی دانه های انار شاهد (خام)، دانه های انار قرار داده شده در محلول اسمزی به مدت ۳۰ دقیقه (بدون اعمال فراصوت) و دانه های انار فراصوت شده به مدت ۳۰ دقیقه با فرکانس های ۲۵ و ۴۵ کیلوهرتز با بزرگنمایی ۱۰۰۰ مگاپیکسل به ترتیب در اشکال ۵ تا ۸ آورده شده است.



شکل ۵. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار خام (بزرگنمایی ۱۰۰۰×)

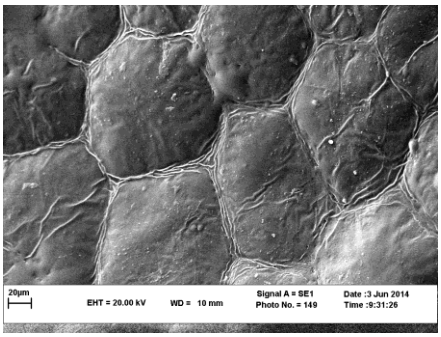


شکل ۶. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار اسمز شده به مدت ۳۰ دقیقه (بزرگنمایی ۱۰۰۰×)

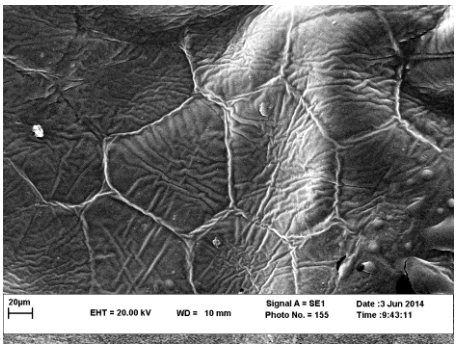
همان طور که تصاویر بالا نشان می دهند بافت سلولی دانه های انار خام در تصاویر میکروسکوپی کاملاً هموار، یکنواخت و بدون فضاهای بین سلولی مشاهده شد. طی آبزدایی اسمزی به دلیل انتشار آب از درون بافت محصول آبزدایی شده به محلول اسمزی و نیز انتقال ساکارز به فضاهای بین سلولی و درون سلولی، تغییرات میکروساختاری در بافت محصول آبزدایی شده ایجاد گردید و این تغییرات سبب چروکیدگی و تخریب دیواره سلولی شد (شکل های ۷ و ۸). پژوهش های سایر محققین موید این یافته بود (Fernandes et al., ؛ Nowacka et al., 2013

2008).,Fernandes et al., (2008) و Panades et al., (2008) نیز در پژوهش های خود تغییراتی در بافت و دیواره سلولی محصولات قرار گرفته در محلول اسمزی، مخصوصاً افزایش فضاهای بین سلولی در اثر انحلال پکتین دیواره های سلولی مشاهده نمودند.

ایجاد کانال های میکروسکوپی و تخریب دیواره سلولی محصول فراصوت شده به دلیل کاهش مقاومت در برابر انتشار آب از میان سلول ها در افزایش سرعت انتقال جرم طی اسمز و فراصوت مؤثر است. فرآیند فراصوت همراه با پیش تیمار اسمز سبب ایجاد تغییرات بافتی در سلول ها می شود. به طوری که سلول ها نامنظم و چروکیده در میشوند. علت این امر می تواند به خاطر قابلیت انحلال پلی ساکاریدهای تشکیل دهنده دیواره سلولی (سلولز، همی سلولز و پکتین)، دفع آب و تجمع ساکارز بر سطح بافت طی فرآیند اسمز باشد (Raoult-Wack., 1994 ، et al., Garcia-Noguera 2010). دفع آب در ایجاد پلاسمولیز سلول ها مؤثر است. Nunes et al., (2008) گزارش نمودند که انتشار ساکارز به درون بافت میوه طی آبگیری اسمزی و در پی آن بر هم کنش با دیواره سلولی و پلی ساکاریدهای لایه میانی سلولی طی فراصوت سبب تشکیل ساختاری با تراکم زیاد در بافت میوه ها می گردد. ایجاد تغییرات در بافت سلولی در اثر فرآیند آبزدایی اسمزی در پژوهش های سایر محققین نیز گزارش شده است (Delgado & Rubiolo., 2005, Nunes et al., 2008).



شکل ۷. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار فراصوت شده در در فرکانس ۲۵ کیلوهرتز (بزرگنمایی ۱۰۰۰×)



شکل ۸. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار فراصوت شده در فرکانس ۴۵ کیلوهرتز (بزرگنمایی ۱۰۰۰×)

منابع

امام جمعه، ز.، طهماسبی، م.، پیروزی فرد، م.خ.، عسگری، غ.، (۲۰۰۸)، بررسی تأثیر پیش فرآیند اسمزی بر ویژگی‌های بافتی و ریزساختاری گوجه‌فرنگی خشک شده با هوا، مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۳۹، شماره۱.

کرمی، ز.، امام جمعه، ز.، صادقی ماهونک، ع.، شهریاری، ف.، (۲۰۱۱)، بهبود ویژگی‌های کیفی کامکوات نیمه مرطوب با فرایندهای آبزدایی اسمزی و اولتراسونیک، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۲، شماره ۴.

Adsul, R.N. & Patil, N.B. (1995). Pomegranate. In D.K. Salmunkhe, S.S. Kadam (Eds.), Handbook of Fruit Science and Technology (pp. 455). Marcel Dekker, New York

Adu, B., & Otten, L. (1996). Microwave heating and mass transfer characteristics of white beans. Journal of Agricultural Engineering Research, 64, 71e78.

DELGADO, A.E. and RUBIOLO, A.C. (2005). Microstructural changes in strawberry alter freezing and thawing processes. Food Sci. Technol. *38*, 135–142.

Fernandes F., Linhares F., and Rodrigues S., (2008).Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple.Ultrasonics Sonochemistry15: 1049–1054.

Fernandes, F.A.N., Gallao, M.I., and Rodrigues, S. (2009). Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. Journal of Food Engineering. 90, 186–190.

Fernandes, F.A.N.; Rodrigues, S., (2008), Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. Drying Technology, 26, 1509–1516.

Garcia-Noguera, J., et al. (2010). Ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberries: Effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. Drying Technology 28(2): 294-303.

Haq, M. A., et al. (2012). Effect of Osmotic Pre-Treatment on Drying Characteristics of Pomegranate (Punica granatum L.). Journal of Food Engineering 8(2): 18.

Hawkes, J. & Flink, J.M. (1978). Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation,* 2(4), 265-284.

Jayaraman, K. S. (1990). Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower, international. Journal of Food Science and Technology. 25: 47-60.

Lenart, M. and Andrzaj, A. (1996). Osmo- Convective drying of fruits and vegetables: Technology and Application. Drying Technology, 14: 391- 413.

NUNES, C., SANTOS, C., PINTO, G., LOPES-DA-SILVA, J.A., SARAIVA, J.A. and COIMBRA, M.A. (2008). Effect of candying on microstructure and texture of plums (Prunus domestica L.). LWT-. Food Sci. Technol. *41*, 1776–1783.

Panades G, Castro D, Chiralt A, Fito P, Nunez M, Jimenez R. (2008). Mass transfer mechanism occurring during osmotic dehydration of guava. J Food Eng 87:386–90.

Ponting, J. D., G. G. Watters, R. R. Forrey, R. Jacklson, & W. L. stanley. (1966). Osmotic dehydration of fruits. Food Technology: 125-128.

Raoult-Wack, A.L. (1994). Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 5(8), 255-260.

Rastogi, N. K. (2010). Opportunities and challenges in nonthermal processing of foods. In M. L. Passos & C. P. Ribeiro (Eds.), Innovation in food engineering. New techniques and products (pp. 3–58). Boca Raton: CRC Press.

Rodríguez, J., et al. (2014). Influence of high-intensity ultrasound on drying kinetics in fixed beds of high porosity. Journal of Food Engineering 127: 93-102.

Simal, S.; Benedito, J.; S_anchez, E.S.; Rosell_o, C., (1998), Use of ultrasound to increase mass transport rate during osmotic dehydration. Journal of Food Engineering, 36, 323–336.

Singh. B., Kumar, A., and Gupta, A.K. (2007). Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot.

Viuda-Martos, M., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J.A., (2010). Pomegranate and its many functional components as related to human health: a review. Compr. Rev. Food Sci. Saf. 9, 635–654.

Wang, R.-F., Ding, Y., Liu, R.-N., Xiang, L., Du, L.-J., (2010). Pomegranate: Constituents, bioactivities and pharmacokinetics. In: Chandra, R. (Ed.), Pomegranate. Fruit Veg. Cereal Sci. Biotechnol., vol. 4, Special Issue 2, pp. 77–87.