

An investigation on the effect of ultrasound assisted osmotic dehydration on color, texture and microstructure of pomegranate arils

Abstract

This study was carried out to investigate the effects of osmotic dehydration assisted with ultrasound, as a way to optimize drying of pomegranate arils and reduce its drying time. Therefore, pomegranate arils were immersed in a 50% sucrose solution and subjected to ultrasonic waves of 0, 25 and 45 kHz for 10, 20, 30, 45, 60 and 80 min. Waterless, solid gain, color parameters, anthocyanin changes and texture of pomegranate arils were determined. The results showed that ultrasound-assisted osmotic dehydration induced a significant water loss and solid gain; In other words, the longer the immersion time, the higher the water loss and solid gain. Due to the loss of pigments (in particular anthocyanin's) from the arils into the osmotic solution as a result of osmotic driving force, lightness and yellowness of arils were increased and their redness were decreased in comparison with control sample. Furthermore, there was a significant increase in the hardness of pomegranate arils over time. Micrographs of the dehydrated fruit tissue showed that ultrasound-assisted osmotic dehydration induced gradual changes in the shape of cells, cell wall breakdown and formation of microscopic channels. Due to the lower resistance to water diffusion across the cells, there was a rise in the rate of mass transfer during ultrasound-assisted osmotic dehydration.

Keywords: osmotic dehydration, pomegranate arils, ultrasound

بررسی اثر فرآیند آب زدایی اسمزی به کمک فراصوت بر رنگ، بافت و ریزساختار دانه های انار

نصیری مطهره¹، وریدی مهدی²، وریدی محمدجواد³، سبزی فرشته⁴

1 و 4. دانشجویان کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد.

2 و 3. 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 آب زدایی اسمزی به عنوان روشی برای بهینه سازی خشک کردن دانه های انار و کاهش زمان خشک کردن آنها انجام شد. دانه های انار در محلول ساکارز با غلظت 50 درصد غوطه ور شدند و فرآیند فراصوت در فرکانس های 0، 25 و 45 کیلوهرتز و طی زمان های 10، 20، 30، 45، 60 و 80 دقیقه بر نمونه ها اعمال گردید. میزان از دست دادن آب، جذب مواد جامد، تغییرات رنگ و آنتوسیانین نمونه ها و نیز ساختار بافتی دانه های انار تعیین شد. نتایج نشان دادند که آبگیری تلفیقی اسمز- فراصوت سبب دفع آب و جذب مواد جامد به مقدار زیاد شد، به طوری که با افزایش زمان غوطه وری، دفع آب و جذب مواد جامد افزایش یافت. به دلیل خروج رنگدانه ها (مخصوصاً آنتوسیانین) از درون بافت انار به داخل محلول اسمزی در اثر اعمال نیرو محرکه اسمزی، روشنی و زردی نمونه های انار افزایش و میزان قرمزی آنها در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت. سفتی بافت دانه های انار طی زمان به طرز معناداری افزایش نشان داد. میکروگراف های بافت نمونه های فرآیند شده نشان داد که آبگیری تلفیقی اسمز- فراصوت سبب تغییر تدریجی شکل سلول ها، شکستن دیواره سلولی و تشکیل کانال های میکروسکوپی شد. به دلیل کاهش مقاومت در برابر انتشار آب از میان سلول ها، سرعت انتقال جرم طی اسمز و فراصوت افزایش یافت.

کلمات کلیدی: آب زدایی اسمزی، دانه های انار، فراصوت

مقدمه

انار با نام علمی پونیکا گراناتوم¹ متعلق به خانواده پونیکاسه² 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 50٪ وزن کل میوه) شامل 40٪ آریل و 10٪ 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، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، اسیدهای آلی، تری ترین ها، استروئیدها و ...) را می توان از بخش های مختلف میوه انار به دست آورد که دارای خواص آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضدسرطانی و ضد دیابتی اند؛ هم چنین این ترکیبات محافظت کننده دستگاه گوارش بوده و از بروز بیماری های قلبی- عروقی جلوگیری می کنند (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 فیزیکیوشیمیایی و میکروبیولوژیکی می باشد (گرگیان و همکاران، 2011). روش متداول خشک کردن، خشک کردن با هوای داغ است که در دمای 40 تا 70 درجه سانتی گراد به مدت 8 تا 24 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 اسمزی³ یکی از پیش تیمارهایی است که صدمات ناشی از حرارت را بر ویژگی های ظاهری و ارگانولپتیکی در میوه ها کاهش می دهد (Lenart & Andrzej., 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 هیپرتونیک⁴ 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 (کاویتاسیون⁵). 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 اسفنجی⁶) در آن باعث تشکیل کانال های میکروسکوپی و سهولت خروج آب از داخل محصول طی خشک شدن می گردد (Fernandes et al., 2009).

¹ *Punica granatum L.*

² Punicaceae

³ Osmotic Dehydration

⁴ Hypertonic

⁵ Cavitation

⁶ Sponge Effect

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

پیشینه پژوهش

فرناندز و همکاران (2009) تأثیر اسمز و فراصوت را بر ساختار بافت سلولی آناناس طی آبزدایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که به کارگیری فراصوت و اسمز به دلیل تغییر در روزه های ساختار سلولی سبب افزایش میزان دفع قند و انتشار آب می گردد. هم چنین این تغییرات سبب افزایش دفع آب و جذب مواد جامد می شود. افزایش زمان و افزایش بریکس محلول اسمزی، مقدار آب از دست رفته حین خشک کردن را افزایش داد.

رودریگز و همکاران (2009) تأثیر زمان غوطه وری در اسمز و فراصوت را بر ویژگی های ساختار سلولی خربزه درختی طی آبزدایی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که تخریب بافت سلولی توسط فراصوت سبب افزایش جذب مواد جامد و دفع آب و ضریب نفوذ آب می گردد.

مختاریان و همکاران (1391) با به کار بردن روش ترکیبی فراصوت- اسمز به منظور افزایش فرآیند انتقال جرم در بافت ترب، گزارش نمودند که نوع غلظت محلول اسمزی و پیش تیمار فراصوت در فرآیند آبزدایی قطعات ترب روی کاهش آب و جذب مواد جامد نقش معنی داری را ایفا نمود. بررسی نتایج حاصله از آنالیز داده های این محققان نشان داد که بیشترین میزان کاهش آب و جذب مواد جامد در محلول اسمزی زمانی مشاهده گردید که از غلظت 15 درصد مانیتول همراه با پیش تیمار فراصوت استفاده گردد.

فابیانو و همکاران (2009) به بررسی اثر اسمز و فراصوت بر ساختار سلولی آناناس طی آبزدایی پرداختند و گزارش نمودند که میزان دفع آب با افزایش زمان فرآیند افزایش می یابد.

رودریگز و همکاران (2009) تأثیر زمان غوطه وری در محلول اسمزی و فراصوت را بر ساختار سلولی پایا طی آبزدایی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که افزایش زمان فراصوت تأثیر معناداری بر کاهش آب نمونه داشت. به طوری که در زمان 10 دقیقه پیش تیمار فراصوت، میزان کاهش آب 12/11 درصد و در 30 دقیقه 16/37 درصد کاهش آب مشاهده گردید.

فرناندز و همکاران (2005) تأثیر آبزدایی اسمزی و پیش تیمار فراصوت را بر ساختار سلولی خربزه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که فرآیند آبزدایی اسمزی سبب تغییر تدریجی شکل دیواره سلولی می شود و ارتباط بین دیواره سلولی و بافت ها را می شکند. همچنین نتایج نشان داد که فراصوت موجب تغییر حالت کانال های میکروسکوپی در ساختار میوه و شکستن بافت می گردد.

چیر و همکاران (2012) در بررسی سینتیک آبزدایی اسمزی دانه های انار با استفاده از غوطه وری در محلول شیر خرمای اضافه شده به محلول ساکارز گزارش کردند که آبزدایی اسمزی در افزایش سفتی (toughness) و سختی (hardness) موثر است. در پژوهش این محققان تفاوت آماری معناداری میان سفتی و سختی بافت نمونه های فراصوت شده با نمونه شاهد مشاهده شد. دلیل این امر را می توان به تبادلات آب و مواد جامد حین فرآیند اسمزی مربوط دانست. هم چنین محققان زیادی نشان داده اند که سفتی و سختی بافت محصولات فراصوت شده همگام با کاهش رطوبت افزایش می یابد؛ چرا که آب نقش نرم کننده بافت را ایفا می کند (ساجیو و همکاران، 2004). ضمن این که تجمع ساکارز در غشای بیرونی سلول ها در ایجاد چروکیدگی بافت سلول ها موثر است.

مواد و روش ها

انار مورد استفاده از واریته میخوش شیراز خریداری گردید. پس از جداسازی پوست، انارها دانه دانه شده و دانه های 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 50 درصد (w/w)، وزن مشخصی از دانه های انار درون محلول اسمزی با نسبت 4:1 (انار : محلول ساکارز) قرار گرفتند و فرایند فراصوت در فرکانس های 0، 25 و 45 کیلو هرتز (با توان 100 درصد)، طی مدت زمان های 10، 20، 30، 45، 60 و 80 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 زمان لازم، دانه های انار از درون محلول اسمزی خارج و پس از حذف رطوبت سطحی، مجدداً توزین شدند. سپس با استفاده از روابط 1 و 2 درصد میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محلول محاسبه گردید:

$$1) WL(\%) = \frac{(W_i \times X_i) - (W_f \times X_f)}{W_i} \times 100 \quad 2) SG(\%) = \frac{(W_f \times X_{sf}) - (W_i \times X_{si})}{W_i} \times 100$$

در معادلات فوق، W_i و W_f به ترتیب جرم میوه (گرم) قبل و بعد از اعمال پیش تیمار، X_i و X_f به ترتیب مقدار رطوبت میوه بر اساس وزن مرطوب (گرم آب/گرم کل میوه) قبل و بعد از اعمال پیش تیمار، X_{sf} و X_{si} مقدار ماده جامد میوه (گرم ماده خشک/گرم کل میوه) قبل و بعد از اعمال پیش تیمار است.

تعیین رنگ

برای تعیین پارامترهای رنگ (L^* ، a^* و b^*) نمونه های انار قبل و بعد از اعمال فراصوت و نیز دانه های انار خشک از رنگ سنج دیجیتال (Konica Minolta Sensing Reflectance, CR-410, Japan) و بر اساس مختصات L^* (روشنایی)، a^* (شدت زردی) و b^* (شدت قرمزی) در سیستم CIELab بیان شد. در این روش، شاخص L^* معرف روشنایی، شاخص a^* معرف ته رنگ سبز (-) تا قرمز (+) و شاخص b^* نمایانگر ته رنگ آبی (-) تا زرد (+) بر یک محور می باشد. لازم به ذکر است که کالیبراسیون اولیه دستگاه از طریق کاشی استاندارد سفید ($L^*=98/14$ ، $a^*=-0/23$ و $b^*=1/89$) صورت گرفت و به منظور ثبت داده های هر پارامتر رنگ، سه بار عکس برداری از نقاط مختلف نمونه ها و به صورت تصادفی انجام شد.

اندازه گیری آنتوسیانین

مقدار آنتوسیانین نمونه ها با استفاده از روش اسپکتروسکوپی افتراقی pH و بر اساس رابطه زیر به دست آمد (Kirca et al., 2007):

$$\text{Anthocyanin (cyanidin-3-glucoside equivalents, mg/100g)} = (\text{Abs}/e.L) \times M_w \times D \times (V/G) \times 100$$

که در آن $\text{Abs} = (\text{Abs } 510\text{nm} - \text{Abs } 700\text{nm})_{\text{pH}1} - (\text{Abs } 510\text{nm} - \text{Abs } 700\text{nm})_{\text{pH}4.5}$ ، M_w وزن مولکولی (449/2g/mol)، D (فاکتور رقت)، L (طول مسیر)، e ($26900\text{L} \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$)، V (حجم نهایی، ml)، G (وزن نمونه، mg) است.

در نهایت مقدار تغییر آنتوسیانین هر نمونه نسبت به نمونه شاهد از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{مقدار تغییر آنتوسیانین} = \frac{\text{مقدار آنتوسیانین نمونه} - \text{مقدار آنتوسیانین شاهد}}{\text{مقدار آنتوسیانین شاهد}} \times 100$$

آنالیز بافت نمونه ها

آنالیز بافت نمونه های انار آب زدایی شده (با یا بدون اعمال فراصوت) به روش چیر و همکاران (2010) و با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (Lloyd Texture Analyzer, TA Plus, Hants, UK) انجام شد. پروب متصل شده به دستگاه از نوع استوانه ای مسطح با سطح 35 میلی متر بود که با سرعت 0.5^y میلی متر بر ثانیه و نیروی 0.1^A نیوتن به نمونه ها وارد شد و تا عمق 3 میلی متر به آن ها نفوذ کرد. در نهایت میزان hardness نمونه ها بر حسب N تعیین گردید.

تصویربرداری میکروسکوپی - الکترونی (SEM)⁹

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 10 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 ۱۰ مخصوص دستگاه SEM چسبانده و توسط طلا پوشش داده شدند. سپس سطح نمونه ها توسط دستگاه SEM (LEO1450VP, Germany) با رزولوشن 2/5 و ولتاژ 20 کیلووات در بزرگنمایی های مختلف بررسی گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل و با 2 تکرار انجام شد. برای مقایسه میانگین ها از روش دانکن (سطح معنی داری 0/05) استفاده شد و داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار Excel 2010 استفاده گردید.

⁷ Test Speed

⁸ Trigger

⁹ Scanning Electron Microscope

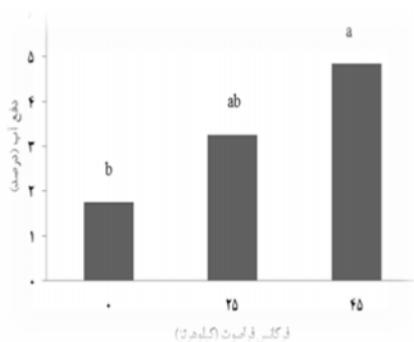
¹⁰ Stub

بحث و نتیجه گیری

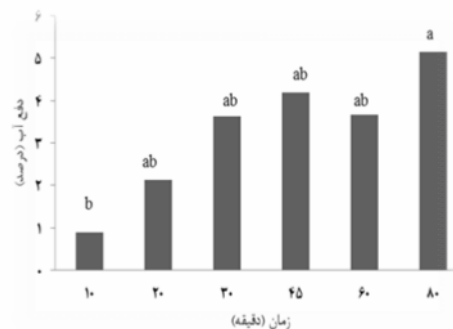
1- میزان از دست دادن آب

همان طور که از شکل 1 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 (5/156 درصد) و پایین ترین (0/890 درصد) میزان خروج آب به ترتیب در زمان های 80 و 10 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 در فرایند آبزدایی اسمزی، طی قرار گرفتن مواد غذایی در یک محلول اسمزی، 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 (Singh, 2007؛ Jayaraman et al., 1990).

با توجه به شکل 2 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 1/744 درصد در فرکانس صفر، به 4/847 درصد در فرکانس 45 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 2. تأثیر فرکانس فراصوت بر درصد خروج آب دانه های انار

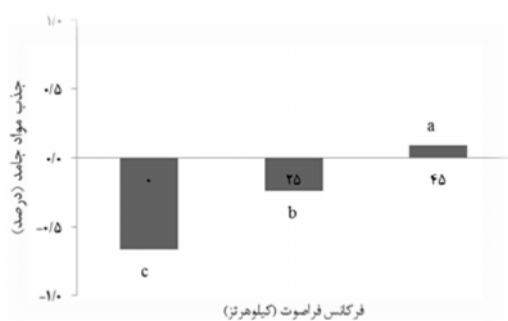


شکل 1. تأثیر زمان آبزدایی بر درصد خروج آب دانه های انار

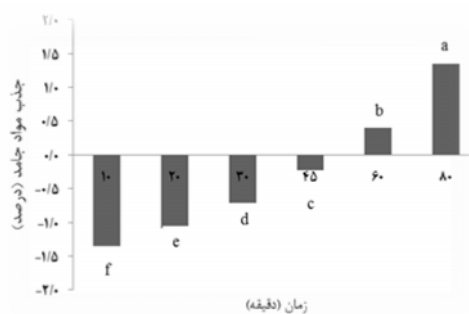
2- جذب مواد جامد

نتایج بررسی اثر زمان بر درصد جذب مواد جامد در شکل 3 نشان داده شده است. گذشت زمان از 10 تا 80 دقیقه میزان جذب مواد جامد را در دانه های انار به طرز معنی داری از 1/349- درصد (در زمان 10 دقیقه) تا 1/352 درصد (در زمان 80 دقیقه) افزایش داد. طبق شکل 4، درصد جذب مواد جامد دانه های انار با افزایش فرکانس فراصوت نیز افزایش یافت. به طوری که کمترین درصد جذب مواد جامد (0/665-) در نمونه شاهد (با فرکانس صفر) و بالاترین درصد جذب این مواد (0/087) در نمونه فراصوت شده با فرکانس 45 کیلوهرتز مشاهده شد. لازم به ذکر است که اعمال فراصوت تأثیر معنی داری بر افزایش جذب مواد جامد دانه های انار داشت ($p < 0/05$). کرمی و همکاران (1391) 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 افزایش یافت. دلیل این امر را می توان به افزایش تخریب سلولی نسبت داد که منجر به بیشتر شدن حلالیت پکتین دیواره می گردد و افزایش قابل ملاحظه ای را در جذب مواد جامد به همراه دارد (Simal et al., 1998).



شکل 4. اثر فرکانس فراصوت بر جذب مواد جامد دانه های انار

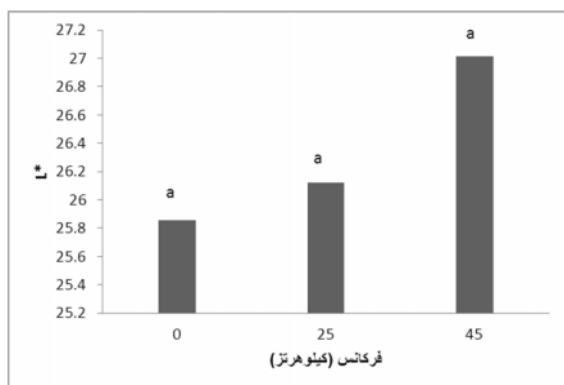


شکل 3. اثر زمان آبدزایی بر جذب مواد جامد دانه های انار

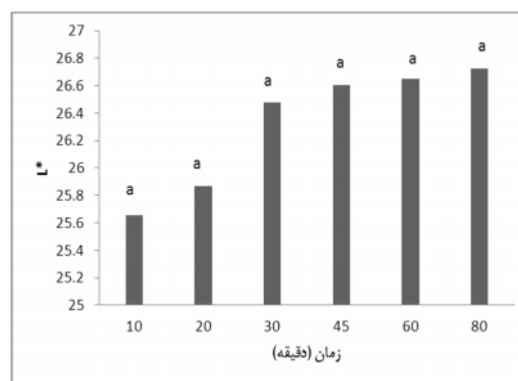
3- رنگ

پارامترهای رنگ سنج بر حسب روشنایی (L^*)، قرمزی-سبزی (a^*) و زردی-آبی (b^*) بیان می شود. مطابق شکل 5، زمان به لحاظ آماری تاثیر معناداری بر L^* نمونه های انار نداشت ($p>0/05$)؛ هرچند با گذشت زمان آبدزایی از 10 تا 80 دقیقه میزان این پارامتر از 25/653 به 26/727 افزایش یافت. به بیان دیگر روشنی نمونه های انار طی زمان روند صعودی داشت. چیر و همکاران (2012) در بررسی سینتیک خشک کردن دانه های انار پیش تیمار شده با فرآیند اسمز، خروج رنگدانه ها (مخصوصا آنتوسیانین) از درون بافت انار به داخل محلول اسمزی را یک عامل موثر در روشن تر شدن رنگ دانه های انار عنوان کردند.

عدم تاثیر گذاری معنادار امواج فراصوت در تغییرات رنگی نمونه های انار را می توان ناشی از عدم تاثیر گذاری این امواج بر واکنش های شیمیایی دانست. لذا این امواج بیشتر به صورت فیزیکی، منجر به تخریب دیواره های سلولی دانه های انار شده اند.



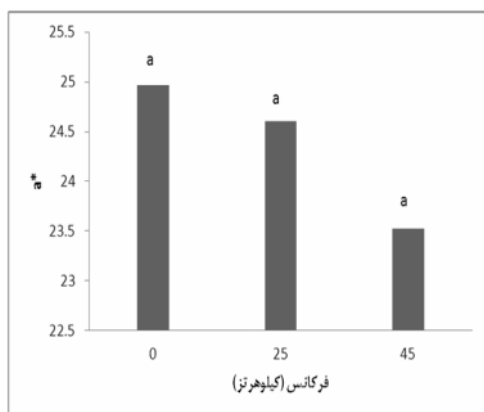
شکل 6. تأثیر فرکانس فراصوت بر پارامتر L^* دانه های انار



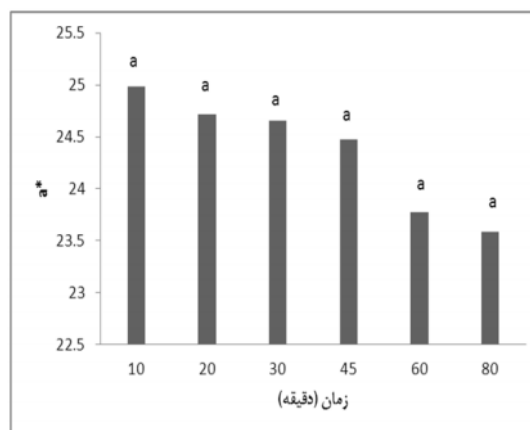
شکل 5. تأثیر زمان بر پارامتر L^* دانه های انار

هم چنین طبق شکل 6، L^* نمونه های انار با افزایش شدت فرکانس فراصوت نیز از 25/854 (بدون فراصوت) به 27/014 (فرکانس 45 کیلوهرتز) افزایش یافت و شدت فرکانس فراصوت نیز تاثیر آماری معناداری بر پارامتر L^* نداشت ($p>0/05$). تاثیر زمان بر مولفه a^* نمونه های انار در شکل 7 نشان داده شده است. مشابه پارامتر روشنایی (L^*)، میزان پارامتر a^* در

دانه های انار طی زمان های مختلف تفاوت آماری معناداری نشان نداد ($p > 0/05$) اما تغییرات نزولی از 24/987 (زمان 10 دقیقه) به 23/585 (80 دقیقه) در نمونه ها مشاهده شد. همانطور که شکل 8 نشان می دهد، تاثیر فرکانس امواج فراصوت بر پارامتر a^* در دانه های انار روندی کاهشی داشت که از نظر آماری معنادار نبود ($p > 0/05$). به طوری که میزان a^* از 24/969 (در فرکانس 0 کیلوهرتز) به 23/522 (در فرکانس 45 کیلوهرتز) کاهش یافت (شکل 8).



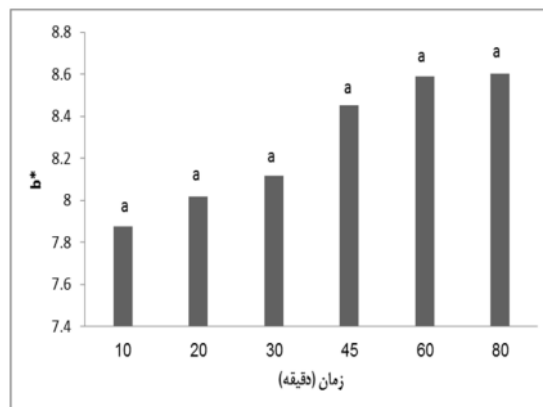
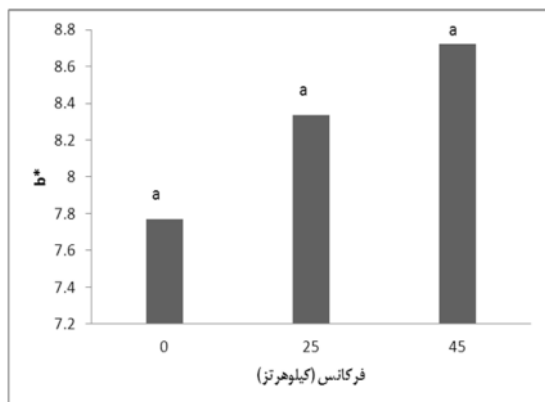
شکل 8. تأثیر فرکانس فراصوت بر پارامتر a^* دانه های انار



شکل 7. تأثیر زمان بر پارامتر a^* دانه های انار

شکل 10 تاثیر شدت فرکانس فراصوت را بر تغییرات پارامتر b^* دانه های انار نشان می دهد. افزایش این مولفه (از 7/771 به 8/723) همگام با افزایش فرکانس امواج فراصوت، منجر به افزایش میزان زردی نمونه های انار شد ولیکن این تغییرات معنادار نبود ($p > 0/05$) (شکل 10). عسگری و همکاران (2009) با بررسی خشک کردن محصولات کشاورزی به روش هوای داغ- فراصوت دلیل این امر را به خارج شدن اکسیژن در اثر ورود مواد جامد قندی به بافت نمونه طی اسمز و کاهش واکنش اکسیداسیون آنزیمی توسط امواج فراصوت نسبت دادند. گذشت زمان از 10 تا 80 دقیقه با روندی منظم، پارامتر b^* دانه های انار را از 7/878 به 8/605 افزایش داد در حالی که این تغییرات معنادار نبود ($p > 0/05$) (شکل 11).

نتایج به دست آمده از مطالعه ای که روی بررسی اثر شرایط پیش تیمار آب زدایی اسمزی بر تغییر پارامترهای رنگی نمونه های سیب خشک شده با استفاده از روش خشک کردن با جریان هوای داغ صورت گرفت (ماندالا و همکاران، 2005) نشان داد که به کارگیری آب زدایی اسمزی و افزایش غلظت محلول اسمزی، میزان روشنایی و زردی نمونه های سیب را افزایش و میزان قرمزی آن ها را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد.

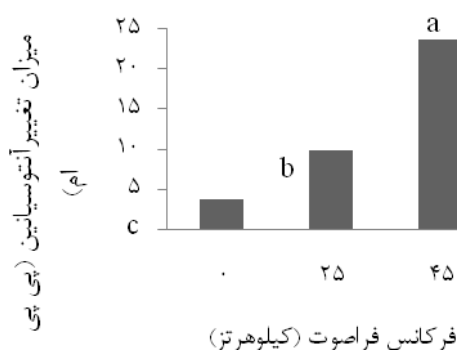


شکل 10. تأثیر فرکانس فراصوت بر پارامتر b^* دانه های انار

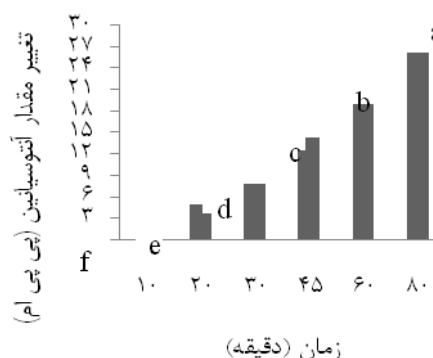
 شکل 9. تأثیر زمان بر پارامتر b^* دانه های انار

4- تغییرات مقدار آنتوسیانین

نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که زمان اثر افزایشی و معنادار بر مقدار تغییر آنتوسیانین دانه های انار آب زدایی اسمزی شده به کمک فراصوت داشت ($p < 0/05$). این نتیجه با نتایج ارزیابی رنگ (پارامتر قرمزی) دانه های انار فراصوت شده همگام بود. چرا که با افزایش زمان و شدت فراصوت میزان قرمزی دانه های انار کاهش یافت. چیر و همکاران (2012) در مطالعات خود بر روی خشک کردن دانه های انار پیش تیمار شده با فرآیند اسمز، گزارش نمودند که میزان آنتوسیانین طی آب زدایی اسمزی کاهش می یابد (به عبارت دیگر، مقدار تغییر آنتوسیانین هر نمونه نسبت به نمونه شاهد افزایش می یابد). دلیل این امر، خروج آنتوسیانین از محصول به درون محلول اسمزی در اثر اعمال نیروی محرکه اسمزی است. سایر محققان دلیل کاهش میزان آنتوسیانین طی خشک کردن میوه ها را به فعالیت پلی فنل اکسیداز در تجزیه اکسایشی این رنگدانه نسبت می دهند (راینال و همکاران، 1989).



شکل 12. اثر فرکانس فراصوت بر میزان تغییر آنتوسیانین دانه های انار

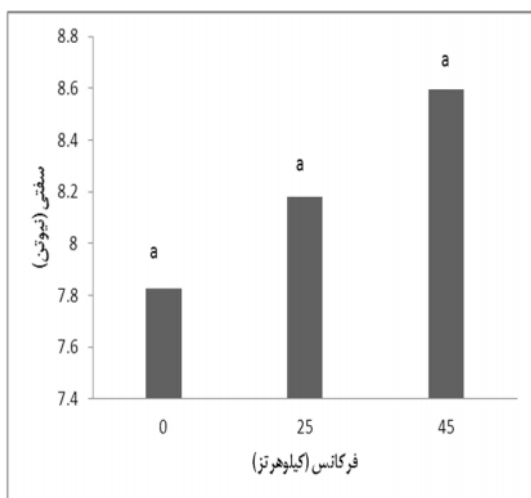


شکل 11. اثر زمان بر تغییر مقدار آنتوسیانین دانه های انار

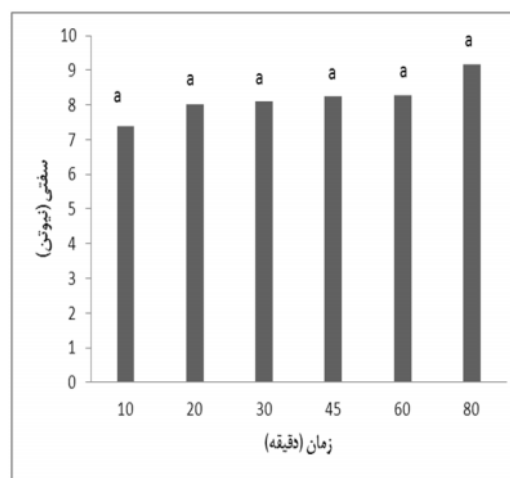
در شکل 12 نتایج بررسی اثر فرکانس فراصوت بر میزان تغییر آنتوسیانین دانه های انار همراه با مقایسه میانگین آن ها نشان داده شده است. همان طور که در شکل 12 دیده می شود با افزایش فرکانس فراصوت از 0 تا 45 کیلوهرتز، مقدار تغییر آنتوسیانین دانه های انار به طور معناداری افزایش یافت ($p < 0/05$). کرمی و همکاران (2013) خشک کردن نمونه های گیلاس سیاه به کمک آب زدایی اسمزی-فراصوت را بررسی کردند و گزارش نمودند که استفاده از هوای داغ سبب تخریب آنتوسیانین ها و کاهش میزان آن ها می شود. استوجانوییک و سیلوا (2007) گزارش نمودند حدود 60 درصد از آنتوسیانین های زغال اخته طی خشک کردن با هوای داغ کاهش یافت. افزایش غلظت محلول اسمزی تفاوت رنگ بیشتری را با نمونه شاهد ایجاد کرد ضمن این که فراصوت با فرکانس های بالاتر تأثیر منفی بر میزان آنتوسیانین نمونه ها داشت.

5- بافت

در شکل 13 تأثیر زمان بر سفتی بافت دانه های انار فراصوت شده با پیش تیمار اسمزی نشان داده شده است. همان طور که در شکل 21 مشخص شده است سفتی بافت دانه های انار طی زمان به طرز معناداری روند افزایشی نداشت ($p < 0/05$)



شکل 14. اثر فرکانس فراصوت بر سفتی بافت دانه های انار



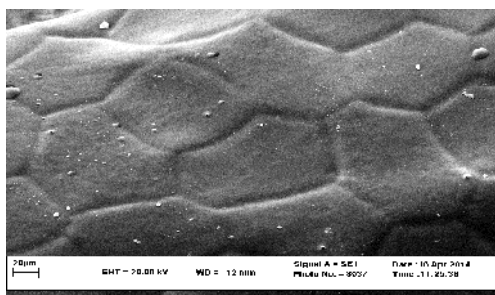
شکل 13. اثر زمان بر سفتی بافت دانه های انار

تاثیر شدت فرکانس فراصوت بر سفتی بافت دانه های انار فراصوت شده در شکل 14 نشان داده شده است. اعمال فرکانس فراصوت تاثیر معناداری بر سفتی بافت دانه های انار نداشت ($p > 0/05$). هرچند نمونه تیمار شده با فرکانس 45 کیلوهرتز بالاترین میزان سفتی بافت (8/597 نیوتن) را نشان داد. نتایج بدست آمده با نتایج سایر محققین که بر روی محصولات دیگری مانند گوجه فرنگی، توت فرنگی، هلو، کیوی و سیب زمینی مطالعه کرده اند مطابقت دارد (امام جمعه و همکاران، 1387؛ آذرخش و اما جمعه، 2004؛ باربوسا و فیتو، 2000؛ فرناندو و اسپیس، 2003 و خیابانی و همکاران، 2003).

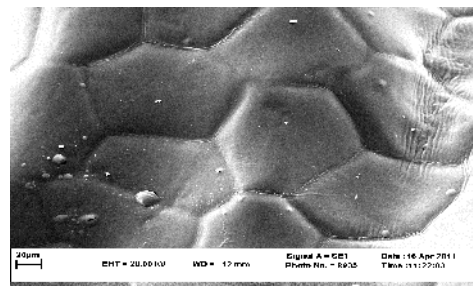
محققان زیادی نشان داده اند که سفتی بافت محصولات آبزدایی شده همگام با کاهش رطوبت افزایش می یابد؛ چرا که آب نقش پلاستیسایزری و نرم کننده بافت را ایفا می کند، ضمن این که تجمع ساکارز در غشای بیرونی سلول ها در ایجاد چروکیدگی بافت سلول ها موثر است. (ساجیو و همکاران، 2004). رودیگرز و همکاران (2009) اثر آبزدایی اسمزی-فراصوت را بر ساختار سلولی ساپوتا بررسی کردند و بیان نمودند که فراصوت سبب اختلال سلولی و تجزیه سلول ها و نیز سبب طول شدن سلول های پارانشیمی می شود. هم چنین فراصوت به دلیل شکل گیری کانال های میکروسکوپی سبب تجزیه سلول ها و تغییر شکل آن ها می شود. فابیانو و همکاران (2008) نیز اثر آبزدایی اسمزی و تیمار فراصوت را بر ساختار سلولی بافت خربزه مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که آبزدایی اسمزی منجر به از دست رفتن تدریجی شکل دیواره سلول ها و قطع ارتباط بین آن ها می شود ضمن این که فراصوت کانال های میکروسکوپی در ساختار میوه ایجاد کرده ولی سبب شکست بافت نمی شود. چیر و همکاران (2012) با بررسی سینتیک آبزدایی اسمزی دانه های انار با استفاده از غوطه وری در محلول شیر خرمای اضافه شده به محلول ساکارز گزارش کردند که آبزدایی اسمزی در افزایش سفتی (toughness) و سختی (hardness) موثر است. در تحقیقات این محققان تفاوت آماری معناداری میان سفتی و سختی بافت نمونه های آبزدایی اسمزی شده با نمونه شاهد مشاهده شد. دلیل این امر را می توان به تبادلات آب و مواد جامد حین فرآیند اسمزی نسبت داد. یافته های پژوهش ما نیز موید نتایج محققین پیشین بود.

SEM-5

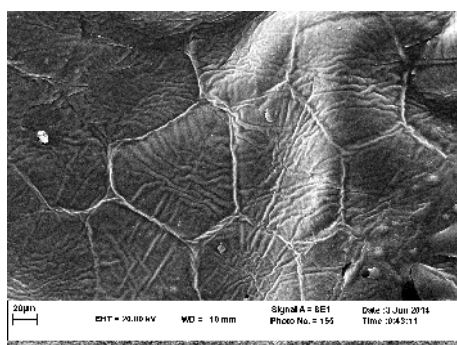
تصاویر میکروسکوپی دانه های انار شاهد (خام)، دانه های انار قرار داده شده در محلول اسمزی به مدت 30 دقیقه (بدون اعمال فراصوت) و دانه های انار فراصوت شده به مدت 30 دقیقه با فرکانس های 25 و 45 کیلوهرتز با بزرگنمایی 1000 میکاپیکسل به ترتیب در اشکال 15 تا 18 آورده شده است.



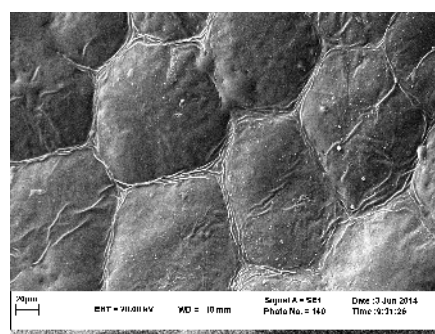
شکل 16. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار اسمز شده به مدت 30 دقیقه (بزرگنمایی 1000×)



شکل 15. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار خام (بزرگنمایی 1000×)



شکل 18. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار فراصوت شده در فرکانس 45 کیلوهرتز (بزرگنمایی 1000×)



شکل 17. نمای میکروسکوپی بافت دانه انار فراصوت شده در فرکانس 25 کیلوهرتز (بزرگنمایی 1000×)

همان طور که تصاویر بالا نشان می دهند طی آبزدایی اسمز به دلیل انتشار آب از درون بافت محصول آبزدایی شده به محلول اسمز 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 15 و 16)., 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 اسمز، مخصوصاً افزایش فضاهای بین سلولی در اثر انحلال پکتین دیواره های سلولی مشاهده نمودند. فرآیند فراصوت همراه با پیش تیمار اسمز سبب ایجاد تغییرات بافتی در سلول ها می شود. به طوری که سلول ها نامنظم و چروکیده تر می شوند. 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 باشد (Garcia-Noguera et al., 2010, Raoult-Wack., 1994) (شکل های 17 و 18).

منابع

امام جمعه، ز.، طهماسبی، م.، پیروزی فرد، م.خ.، عسگری، غ.، (2008)، بررسی تأثیر پیش فرآیند اسمزی بر ویژگی های بافتی و ریزساختاری گوجه فرنگی خشک شده با هوا، مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره 39، شماره 1.

کرمی، ز.، امام جمعه، ز.، صادقی ماهونک، ع.، شهریار، ف.، (2011)، بهبود ویژگی های کیفی کامکوات نیمه مرطوب با فرایندهای آبزدایی اسمزی و فراصوت، نشریه پژوهش های صنایع غذایی، جلد 22، شماره 4.

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.

Brahim Bchir & Souhail Besbes & Romdhane Karoui & Michel Paquot & Hamadi Attia & Christophe Blecker. Osmotic Dehydration Kinetics of Pomegranate Seeds Using Date Juice as an Immersion Solution Base. Food Bioprocess Technol (2012) 5:999–1009.

DELGADO, A.E. and RUBIOLLO, 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 Sonochemistry 15: 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 Andrzej, A. (1996). Osmo- Convective drying of fruits and vegetables: Technology and Application. Drying Technology, 14: 391- 413.

Mandala, I.G., Anagnostaras, E.F., and Oikonomou, C.K. 2005. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. *Journal of Food Engineering*, 69: 307-316.

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. Jackson, & 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.
- Rodrigues, S., Francisca, I.P., Oliveira, Gallão, M.I., and Fernandes, F.A.N. 2009. Effect of Immersion Time in Osmosis and Ultrasound on Papaya Cell Structure during Dehydration. *Journal of Drying Technology*, 27: 2, 220–225.
- 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.; Sanchez, 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.