



تأثیر پیش تیمارهای فراصوت و شرایط فرآیند بر سرعت انتقال جرم طی آبدیگری اسمزی برش‌های پرتقال

احمدرضا افتخاری^۱، فخرالدین صالحی^{۲*}، اشرف گوهری اردبیلی^۳، نرجس آقاجانی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله : تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۶	شدت و زمان استفاده از تیمار فراصوت قبل از فرآیند آبدیگری اسمزی و استفاده از محلول‌های اسمزی با غلظت‌های مختلف می‌تواند منجر به شدت آبدیگری متفاوت و جذب ساکارز در برش‌های پرتقال شود و همچنین می‌تواند پارامترهای کیفی مهمی را تحت تأثیر قرار دهد. در این پژوهش، اثر پیش تیمارهای فراصوت (سه سطح شدت فراصوت و در سه زمان مختلف) و غلظت محلول ساکارز (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد) بر درصد کاهش وزن، درصد جذب مواد جامد، مقدار رطوبت خارج شده و درصد آبدیگری مجدد برش‌های پرتقال طی فرآیند آبدیگری اسمزی مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش غلظت محلول ساکارز از ۲۰ به ۴۰ درصد، درصد جذب مواد جامد برش‌های پرتقال آبدیگری شده از ۷/۹۴ درصد به ۱۶/۲۹ درصد افزایش یافت ($P < 0.05$)؛ اما با افزایش توان فراصوت از صفر به ۱۵۰ وات مقدار این پارامتر کاهش یافت. با افزایش غلظت محلول ساکارز از ۲۰ به ۴۰ درصد، به دلیل افزایش فشار اسمزی محلول، مقدار کاهش وزن و درصد کاهش رطوبت برش‌های پرتقال به ترتیب از ۵/۱۷ درصد به ۱۰/۵۸ درصد و از ۱۳/۱۱ درصد به ۲۷/۱۴ درصد افزایش یافت. با افزایش زمان تیماردهی با فراصوت نیز مقدار رطوبت خارج شده از نمونه‌ها افزایش یافت ($P < 0.05$). با افزایش توان فراصوت، مقدار آبدیگری مجدد نمونه‌های خشک‌شده از ۱۶۹/۹ درصد به ۱۸۶/۲ درصد افزایش یافت اما زمان فراصوت تأثیر معکوس داشت و با افزایش زمان تیماردهی با فراصوت، آبدیگری مجدد نمونه‌ها از ۱۸۱/۵ درصد به ۱۶۸/۹ درصد کاهش یافت. در مجموع، اعمال ۵ دقیقه فراصوت با توان ۱۵۰ وات، به دلیل کاهش جذب مواد جامد و افزایش درصد آبدیگری مجدد، قبل از فرآیند آبدیگری اسمزی از برش‌های پرتقال توسط محلول حاوی ۴۰ درصد ساکارز، توصیه می‌شود.
کلمات کلیدی: آبدیگری مجدد، برش پرتقال، جذب مواد جامد، ساکارز، کاهش وزن.	
DOI: 10.22034/FSCT.19.135.21 DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.3.9	
* مسئول مکاتبات: F.Salehi@Basu.ac.ir	

۱- مقدمه

در نگهداری مواد غذایی، فرآیند خشک کردن یا آبگیری باعث کاهش رطوبت مورد نیاز برای رشد و تعدد میکروارگانیسم‌هایی می‌شود که باعث فساد ماده غذایی می‌شود [۱]. یکی از مؤثرترین و مناسب‌ترین روش‌ها برای افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها، آبگیری اسمزی^۱ است. این فرآیند حرکت مولکول‌های آب از غذا به محلول اسمزی را تسریع نموده و باعث انتقال مقدار کمی از قند یا نمک موجود در محلول اسمزی به ماده غذایی می‌شود که در نتیجه یک محصول ارگانولپتیک و با خصوصیات عملکردی مناسب ایجاد می‌کند [۲]. فرآیند آبگیری اسمزی به دلیل حفظ پایداری، ایجاد کیفیت بالا، اصلاح خصوصیات کاربردی و کاهش مصرف انرژی، علاقه محققین را در طی سال‌های اخیر، بیش از پیش به خود جلب کرده است. از آبگیری اسمزی برای تولید محصولاتی با رطوبت حد واسط استفاده می‌شود و یا از این فرآیند می‌توان به عنوان یک پیش فرآیند برای فرآیندهای بعدی مانند خشک کردن یا انجماد استفاده کرد [۳، ۴].

کاربرد آبگیری اسمزی به عنوان پیش تیمار در فرآیند خشک کردن، در کنار اثرات مثبت آن بر فرآیند و همچنین ویژگی‌های کیفی فرآورده تولید شده، به علت کندی سرعت تبادل جرم و زمان‌بری آن، با محدودیت روبرو است [۵]. یکی از عواملی که می‌تواند به کاهش این محدودیت کمک کند، استفاده از روش‌های تکمیلی مانند فراصوت^۲ است. دستگاه فراصوت با ایجاد امواج شدید فشاری در یک محیط مایع کار می‌کند. امواج فشاری باعث جریان در مایع شده و تحت شرایط مناسب موجب تشکیل سریع میکرو حباب می‌شود که رشد و یکی شدن این حباب‌ها تا رسیدن به اندازه بیشینه و در نهایت ترکیدن آن‌ها، باعث تغییرات سطحی در اجسامی که در معرض آن قرار گرفته‌اند، می‌شود. به این پدیده کاویتاسیون (حباب‌زایی یا حفره‌زایی) گفته می‌شود. انفجار حباب‌ها تولید

موج ضربه‌ای با انرژی کافی برای شکستن پیوندهای کووالانسی می‌کند. انرژی فراصوت باعث افزایش دمای محیط نیز می‌شود [۴، ۶-۸]. امجدی و همکاران (۲۰۱۸) اثر کاویتاسیون حاصل از امواج فراصوت بر بار میکروبی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب‌پرتقال فرآوری شده با امواج فراصوت را بررسی کردند. نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از این بود که فرآوری با امواج فراصوت هیچ تأثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته، pH و مواد جامد محلول نمونه‌های آب‌پرتقال ندارد؛ اما فرآوری با امواج فراصوت به طور معنی‌داری باعث کاهش آلودگی میکروبی آب‌پرتقال می‌شود [۹].

استفاده ترکیبی از فرآیندهای آبگیری اسمزی و امواج فراصوت به عنوان پیش تیمار قبل از فرآیند خشک کردن، باعث افزایش کیفیت محصول نهایی خشک شده و همچنین افزایش سرعت فرآیند خشک کردن می‌شود. امواج فراصوت باعث افزایش تعداد حفره‌های موجود در سطح محصول می‌شود که در نتیجه باعث افزایش سرعت خروج آب از محصول می‌شود [۱۰]. صالحی و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر توان و زمان اعمال فراصوت بر کارایی فرآیند آبگیری اسمزی از برش‌های موز را بررسی کردند. این پژوهشگران گزارش کردند که با افزایش توان دستگاه فراصوت، افزایش زمان اعمال تیمارها و همچنین افزایش غلظت محلول اسمزی، درصد کاهش وزن و در نتیجه مقدار رطوبت خارج شده از برش‌های موز افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش زمان اعمال تیمارهای اسمزی رطوبت بیشتر از برش‌های موز خارج شده و در نتیجه درصد کاهش رطوبت برای این نمونه‌ها بیشتر شده است [۱۱]. قوامی‌جولندان و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که پیش فرایند اسمز-فراصوت سبب افزایش از دست دادن آب و کاهش وزن توت‌فرنگی می‌شود. همچنین، خشک کردن با پیش تیمار اسمزی-فراصوت از نظر زمان مقرون به صرفه‌تر است [۱۲]. آزوبیل و همکاران (۲۰۱۵) برای بهبود خروج آب و حفظ کاروتنوئید هنگام خشک کردن پاپایا از پیش تیمار اسمزی-فراصوت استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد

1. Osmotic drying

2. Ultrasound

بعد از توزین اولیه، برش‌های پرتقال داخل دستگاه حمام فراصوت (بکر^۳ (ایران) مدل vCLEAN1-L6) حاوی آب مقطر با دمای ۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. با استفاده از این دستگاه، فراصوت در شدت‌های مختلف (در سه سطح توان ۰، ۷۵ و ۱۵۰ وات) و در سه زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه بر برش‌های پرتقال اعمال گردید. بعد از اعمال تیمار فراصوت، نمونه‌ها از دستگاه خارج شدند و توسط یک پارچه نخی رطوبت سطحی آنها حذف گردید.

۲-۳- فرآیند آبیگری اسمزی

برش‌های پرتقال تیمار شده توسط فراصوت، ابتدا توسط ترازوی دیجیتالی توزین و سپس داخل ظروف حاوی محلول اسمزی تهیه شده از ساکارز با غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه بریکس با دمای ۵۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. دمای محلول‌های اسمزی توسط بن ماری (مدل R.J42، شرکت پارس آزما، ایران) ثابت نگه داشته می‌شد. طی فرآیند آبیگری اسمزی، هر ۱۰ دقیقه برش‌ها از محلول اسمزی خارج و بعد از حذف رطوبت سطح، توزین و مجدد به درون ظرف حاوی محلول اسمزی برگشت داده می‌شدند.

۲-۴- خشک کردن توسط آون

جهت تعیین میزان کاهش رطوبت و جذب مواد جامد، بعد از ۶۰ دقیقه آبیگری توسط فرآیند اسمز، نمونه‌های خارج شده داخل آون فن‌دار (شیماز، ایران) در دمای ۷۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. درصد کاهش وزن (WR)^۴، درصد جذب مواد جامد (SG)^۵ و درصد کاهش آب (WL)^۶ برش‌های پرتقال بر اساس توزین آنها در مراحل مختلف از طریق معادلات زیر محاسبه گردید [۱۵].

$$WR = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \quad (1)$$

$$SG = \frac{S_t - S_0}{A_0} \times 100 \quad (2)$$

که نرخ خشک شدن میوه‌های اسمز شده به دلیل وجود ساکارز، کمترین مقدار است، در حالی که پیش‌تیمار فراصوت باعث افزایش سرعت خشک شدن شد. همچنین تیمارهای فراصوت قبل از خشک شدن با هوای داغ، باعث حفظ بخش اعظم کاروتنوئیدها در پایای خشک‌شده شد. مقدار کاروتنوئید نمونه‌های تیمار نشده، تیمار شده با فراصوت درون آب مقطر و تیمار شده با اسمز-فراصوت به ترتیب برابر ۲۴ درصد، ۳۹/۸-۳۰/۴ درصد و ۶۴/۹ درصد بود [۱۳].

پرتقال یکی از مهمترین گونه‌های مرکبات می‌باشد که به‌صورت میوه تازه، آب‌میوه، کنسانتره و یا برش‌های نازک خشک‌شده استفاده می‌شود [۱۴]. هدف از این مطالعه اثر توان فراصوت، زمان اعمال فراصوت و غلظت محلول اسمزی حاوی ساکارز بر درصد کاهش وزن، درصد جذب مواد جامد، مقدار رطوبت خارج شده و درصد آبیگری مجدد برش‌های پرتقال تیمار شده توسط فرآیند آبیگری اسمز-فراصوت می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی برش‌های پرتقال

برای انجام این پژوهش ابتدا برش‌های پرتقال با ضخامت ۵ میلی‌متر توسط اسلایسر صنعتی (جرمی، ایتالیا^۱) برش خوردند. متوسط وزن برش‌های پرتقال تهیه شده ۲۱/۵ گرم بود که به‌طور میانگین دارای رطوبت اولیه ۸۴/۹۱ درصد بر مبنای مرطوب بودند. رطوبت نمونه‌ها مطابق روش AOAC (۲۰۱۰) از طریق قرار دادن نمونه‌ها در آون و دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تا دستیابی به وزن ثابت اندازه‌گیری شد. توزین نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی (لوترون^۲، تایوان (با دقت یک صدم گرم انجام شد.

۲-۲- فرآیند تیماردهی با فراصوت

3. Laboratory, Ultrasonic, vCLEAN1-L6, Backer, Iran.

4. Weight reduction

5. Solid gain (SG)

6. Water loss (WL)

1. Girmi, Italy.

2. Digital balance, LutronGM-300p (Taiwan)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر شدت فراصوت

شکل A-۱ اثر شدت تیماردهی با فراصوت بر سرعت کاهش وزن برش‌های پرتقال طی فرآیند آبیگری اسمزی را نشان می‌دهد. همچنین، در شکل ۱ اثر شدت فراصوت بر میانگین درصد کاهش وزن (B-۱)، درصد جذب مواد جامد (C-۱)، درصد کاهش آب (D-۱) و درصد آبیگری مجدد (E-۱) برش‌های پرتقال آبیگری شده به روش اسمزی (بعد از ۶۰ دقیقه اسمز) گزارش شده است. در تمامی تیمارها، طی زمان آبیگری اسمزی، وزن نمونه‌ها کاهش یافت. با افزایش توان تیمار فراصوت، شدت و مقدار کاهش وزن کمتر شد. البته در تیمار ۱۰ دقیقه فراصوت و اسمز با غلظت ۳۰ درصد، اختلاف معناداری بین توان‌های مختلف مشاهده نشد ($P > 0.05$).

محدودیت مهم فرآیند آبیگری اسمزی نفوذ مقدار زیاد ماده حل شونده اسمزی به داخل ماده غذایی است که سبب مقاومت ماده غذایی برای دفع آب در فرآیندهای بعدی خشک‌کردن و تغییر ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای محصول می‌گردد [۱۶]. با افزایش توان فراصوت، درصد جذب مواد جامد نمونه‌ها کمتر شد که این موضوع نشان دهنده کاهش جذب ساکارز توسط نمونه‌های آبیگری شده است. میانگین درصد جذب مواد جامد برش‌های پرتقال با افزایش توان فراصوت دستگاه از صفر به ۱۵۰ وات، از ۱۴/۵ درصد به ۱۱/۶ کاهش یافت (۱۰ دقیقه فراصوت و اسمز با غلظت ۳۰ درصد). همان‌طور که در شکل D-۱ مشاهده می‌شود، با افزایش توان فراصوت، درصد کاهش رطوبت نمونه‌ها کمتر شده است که به دلیل خروج کمتر رطوبت از نمونه‌ها بوده است. البته در تیمار ۱۰ دقیقه فراصوت و اسمز با غلظت ۳۰ درصد، اختلاف معناداری بین توان‌های مختلف مشاهده نشد ($P > 0.05$).

با افزایش توان فراصوت، درصد آبیگری مجدد نمونه‌ها افزایش یافت و اختلاف معناداری بین نمونه‌های تیمار شده با توان ۱۵۰ وات فراصوت با نمونه تیمار نشده مشاهده گردید ($P < 0.05$). درصد آبیگری مجدد برش‌های پرتقال برای

$$WL = \frac{W_0 - W_t}{A_0} \times 100 = \frac{W_0 - (A_t - S_t)}{A_0} \quad (۳)$$

در این معادلات: WR: درصد کاهش وزن برش‌های پرتقال در مرحله اسمز، SG: درصد جذب مواد جامد، WL: درصد کاهش آب در مرحله اسمز، A_0 : جرم اولیه نمونه برش‌های پرتقال (g)، A_t : جرم برش‌های پرتقال بعد از اسمز (g)، S_t : مقدار ماده جامد نمونه بعد از اسمز (g)، S_0 : مقدار ماده جامد نمونه اولیه (g)، W_0 : رطوبت اولیه نمونه (g) و W_t : رطوبت نمونه بعد از اسمز (g) می‌باشد.

۲-۵- آبیگری مجدد برش‌های خشک‌شده

برای محاسبه پارامتر آبیگری مجدد، برش‌های پرتقال خشک توزین و درون آب مقطر با دمای ۵۰ درجه سلسیوس غوطه‌ور شدند. سپس، بعد از گذشت زمان ۲۰ دقیقه از آب خارج‌شده و توزین شدند. نسبت باز جذب آب توسط معادله ۴ محاسبه و گزارش شد [۱۵].

$$RR = \frac{M}{M_0} \times 100 \quad (۴)$$

در این معادله M وزن نمونه بعد از باز جذب آب و M_0 وزن نمونه خشک می‌باشد.

۲-۶- آنالیز آماری

در این پژوهش، اثر توان فراصوت در سه سطح ۷۵، ۱۵۰ وات، اثر زمان اعمال فراصوت در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه و اثر غلظت محلول اسمزی حاوی ساکارز در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه بریکس بر سینتیک انتقال جرم طی فرآیند آبیگری اسمزی برش‌های پرتقال بررسی شد. این پژوهش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام و برای مقایسه میانگین پاسخ‌های مشاهده شده، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز از برنامه Excel (۲۰۰۷) استفاده شد.

توان‌های فراصوت برابر صفر، ۷۵ وات و ۱۵۰ وات، به ترتیب برابر ۱۶۳/۴ درصد، ۱۷۴/۹ درصد و ۱۸۳/۴ درصد بود.

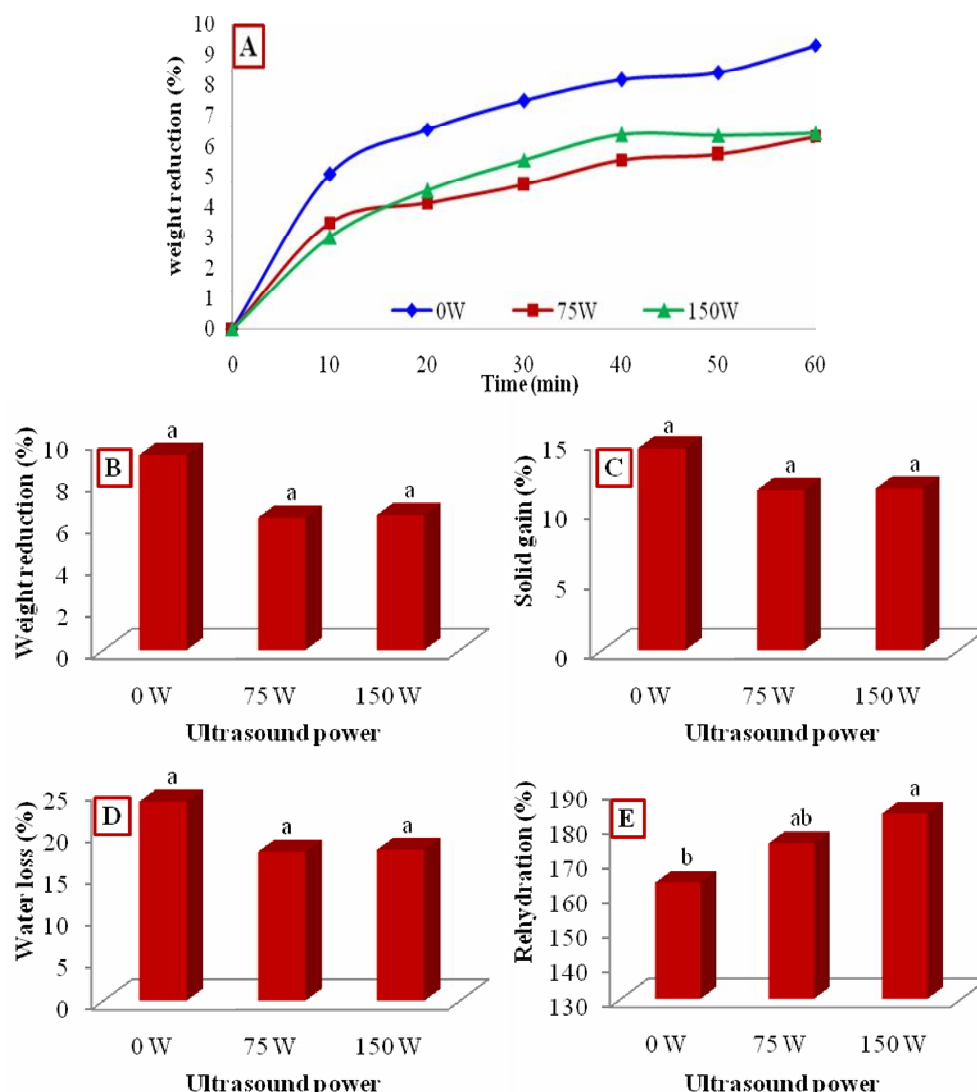


Fig 1 Effect of ultrasound power on the weight reduction (A), average weight reduction (B), average solid gain (C), average water loss (D), and average rehydration (E) of dehydrated orange slices (10 min and 30%). Means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

پرتقال آبگیری شده به روش اسمزی (بعد از ۶۰ دقیقه اسمز) گزارش شده است. در مجموع، درصد کاهش وزن با افزایش زمان فرآیند آبگیری اسمزی از ۵ دقیقه به ۱۵ دقیقه، از ۷/۹ درصد به ۱۵/۰ افزایش یافت ($P < 0.05$). بین زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه و همچنین بین زمان‌های ۱۰ و ۱۵ دقیقه از نظر پارامتر درصد کاهش وزن اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$).

در شکل ۳-C اثر زمان اعمال فراصوت بر مقدار ماده جامد جذب شده توسط برش‌های پرتقال هنگام آبگیری اسمزی

۳-۲- اثر زمان تیماردهی

شکل ۲-A اثر زمان تیماردهی با فراصوت بر سرعت کاهش وزن برش‌های پرتقال طی فرآیند آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود با افزایش زمان اعمال فراصوت، رطوبت بیشتر طی فرآیند اسمزی از برش‌های پرتقال خارج شده و در نتیجه تغییرات وزن برای این نمونه‌ها بیشتر شده است. همچنین، در شکل ۲ اثر زمان اعمال فراصوت بر میانگین درصد کاهش وزن، درصد جذب مواد جامد، درصد کاهش آب و درصد آبگیری مجدد برش‌های

با افزایش زمان اعمال فراصوت نیز رطوبت بیشتری از برش‌های پرتقال خارج شد و در نتیجه درصد کاهش رطوبت برای این نمونه‌های تیمار شده به مدت ۱۵ دقیقه به صورت معنی‌داری بیشتر شد ($P < 0.05$). درصد خروج آب با افزایش زمان فرآیند اعمال فراصوت از ۵ دقیقه به ۱۵ دقیقه، از ۲۵/۷ درصد به ۳۲/۷ افزایش یافت ($P < 0.05$).

گزارش شده است. همان‌طور که در این سه نمودار مشاهده می‌شود، زمان تیماردهی با فراصوت اثر معنی‌داری بر جذب مواد جامد توسط برش‌های پرتقال نداشته است ($P > 0.05$). البته میانگین داده‌های درصد جذب مواد جامد برای کل آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش زمان تیماردهی با فراصوت، درصد ماده جامد جذب شده توسط برش‌های پرتقال از ۱۱/۷۲ درصد به ۱۲/۸۱ افزایش یافته است.

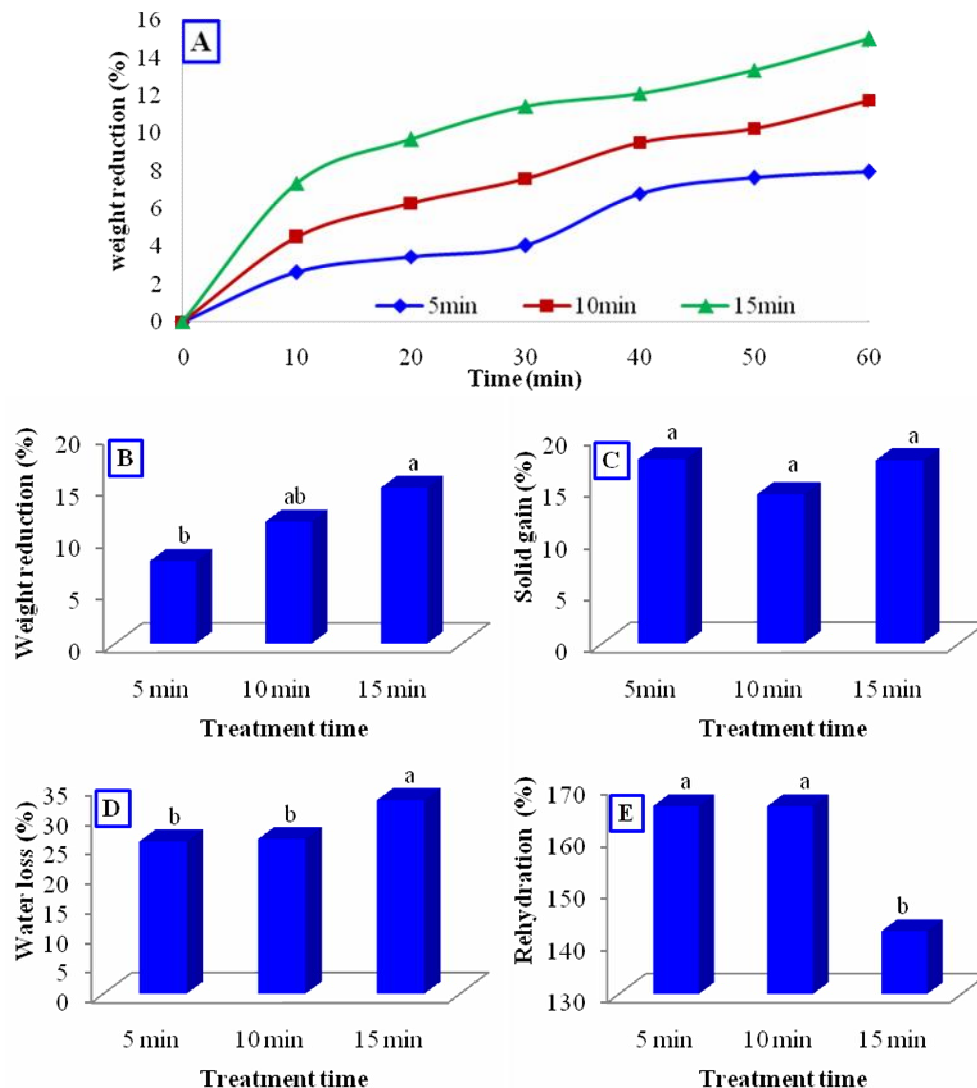


Fig 2 Effect of sonication time on the weight reduction (A), average weight reduction (B), average solid gain (C), average water loss (D), and average rehydration (E) of dehydrated orange slices (75 W and 40%). Means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

نمونه‌ها به دلیل تغییر شکل بافت میوه، به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($P > 0.05$). میانگین کل (تمامی غلظت‌ها و

همان‌طور که در شکل ۲-E مشاهده می‌شود، با افزایش زمان تیماردهی با فراصوت به ۱۵ دقیقه، درصد آبگیری مجدد

بریکس، به ترتیب برابر ۱۰/۲ درصد، ۱۳/۹ درصد و ۱۷/۷ درصد بود و نمونه‌های قرار گرفته در محلول غلیظ‌تر (۴۰ درصد) از نظر مقدار ماده جامد جذب شده، اختلاف معناداری با نمونه آبیگری شده توسط محلول ۲۰ درصد داشت ($P < 0.05$).

در روش آبیگری اسمزی، هر چقدر رطوبت بیشتری از محصول خارج شود، کارایی فرآیند بالاتر می‌باشد. با افزایش غلظت محلول اسمزی، به دلیل افزایش فشار اسمزی، رطوبت بیشتری از برش‌های پرتقال خارج شد و در نتیجه درصد کاهش آب برای نمونه‌هایی که در معرض محلول‌های اسمزی غلیظ‌تر (۴۰ درصد) بوده‌اند، بیشتر بود. درصد کاهش آب (میانگین توان‌ها و زمان‌های مختلف) برش‌های پرتقال قرار گرفته در محلول‌های اسمزی با غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد، به ترتیب برابر ۱۳/۱۱ درصد، ۲۰/۴۸ درصد و ۲۷/۱۴ درصد بود. همراستا با نتایج این پژوهش، عباسی‌سیدآباد و همکاران (۲۰۱۱) هنگام بررسی فرآیند آبیگری از میوه‌ی "به" در محلول‌های اسمزی حاوی نمک، ساکارز و گلوکز گزارش کردند که در پژوهش آنها نیز جذب قند، دفع آب و محتوای رطوبت به‌طور کاملاً معنی‌داری با افزایش غلظت محلول اسمزی افزایش پیدا کرده است [۱۷].

با افزایش غلظت محلول اسمزی، درصد آبیگری مجدد نمونه‌ها کمتر شد. البته همان‌طور که در شکل ۳-E برای نمونه‌های تیمار شده توسط فراصوت با شدت ۷۵ وات به مدت ۱۵ دقیقه مشاهده می‌شود، اختلاف معناداری بین درصد آبیگری مجدد نمونه‌ها وجود ندارد ($P > 0.05$). در این پژوهش، درصد آبیگری مجدد (میانگین توان‌ها و زمان‌های مختلف) برش‌های پرتقال قرار گرفته در محلول‌های اسمزی با غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه بریکس نیز به ترتیب برابر ۱۹۷/۷ درصد، ۱۷۲/۸ درصد و ۱۵۸/۷ درصد بود.

توان‌ها) برای درصد آبیگری مجدد برش‌های پرتقال تیمار شده توسط فراصوت در زمان‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه به ترتیب برابر ۱۸۱/۵ درصد، ۱۷۸/۸ درصد و ۱۶۸/۹ درصد بود.

۳-۳- اثر غلظت محلول اسمزی

در شکل ۳-A اثر غلظت محلول اسمزی حاوی ساکارز بر سرعت تغییرات وزن برش‌های پرتقال تیمار شده توسط فراصوت، طی فرآیند آبیگری را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که مقدار کاهش وزن برش‌های پرتقال قرار گرفته در محلول اسمزی حاوی ۴۰ درصد ساکارز از سایر نمونه‌ها بیشتر بود. برای سایر تیمارها هم رفتار مشابهی مشاهده شد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، با افزایش غلظت محلول اسمزی، به دلیل افزایش فشار اسمزی، رطوبت بیشتری از برش‌های پرتقال خارج شد و در نتیجه تغییرات وزن برای نمونه‌هایی که در معرض محلول‌های اسمزی غلیظ‌تر بودند، بیشتر بود. میانگین درصد کاهش وزن (میانگین توان‌ها و زمان‌های مختلف) برش‌های پرتقال قرار گرفته در محلول‌های اسمزی با غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه بریکس، به ترتیب برابر ۵/۱۷ درصد، ۷/۷۱ درصد و ۱۰/۸۵ درصد بود.

در شکل ۳ اثر غلظت محلول اسمزی بر میانگین درصد کاهش وزن، درصد جذب مواد جامد، درصد کاهش آب و درصد آبیگری مجدد برش‌های پرتقال آبیگری شده (بعد از ۶۰ دقیقه اسمز) نیز گزارش شده است. در تمامی تیمارها، طی زمان آبیگری اسمزی، وزن نمونه‌ها کاهش یافت. با افزایش غلظت محلول اسمزی نیز به دلیل افزایش غلظت محیط، برش‌های پرتقال ساکارز بیشتری را جذب خود کرده و در نتیجه درصد جذب مواد جامد محاسبه شده برای این نمونه‌ها افزایش یافت. میانگین درصد جذب مواد جامد برش‌های پرتقال (تیمار شده توسط فراصوت با شدت ۷۵ وات به مدت ۱۵ دقیقه) قرار گرفته در محلول‌های اسمزی با غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه

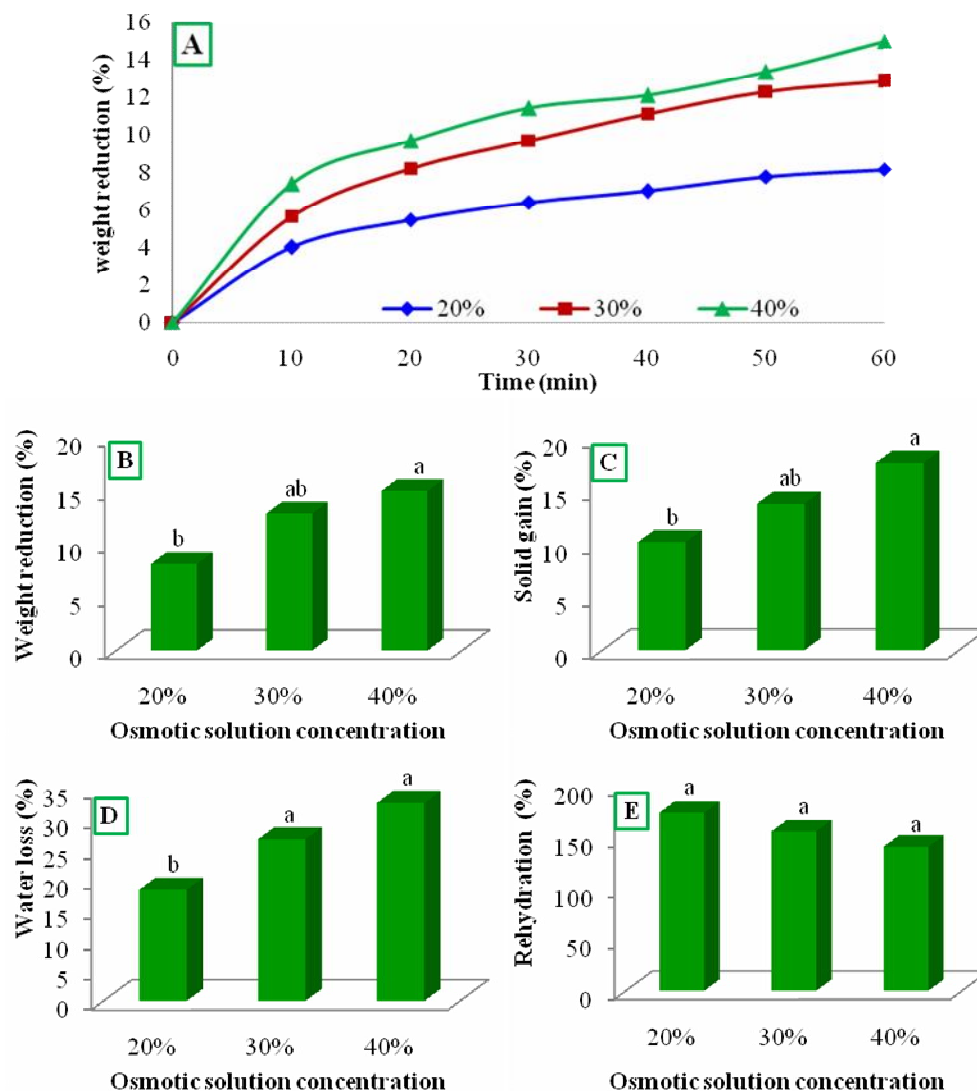


Fig 3 Effect of sucrose solution concentration on the weight reduction (A), average weight reduction (B), average solid gain (C), average water loss (D), and average rehydration (E) of dehydrated orange slices (75 W and 15 min).

Means with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$).

دقیقه، از ۷/۹ درصد به ۱۵/۰ افزایش یافت ($P < 0.05$)؛ البته

بین زمان‌های ۵ و ۱۰ دقیقه و همچنین بین زمان‌های ۱۰ و ۱۵ دقیقه از نظر پارامتر درصد کاهش وزن اختلاف معناداری مشاهده نشد ($P > 0.05$). با افزایش غلظت محلول اسمزی، مقدار عددی پارامتر درصد جذب مواد جامد به صورت معناداری افزایش یافت (افزایش جذب ساکارز) ($P < 0.05$)، اما با افزایش شدت فراصوت، مقدار این پارامتر کمتر شد ($P > 0.05$) که نشان دهنده جذب کمتر ساکارز توسط برش‌های پرتقال است. با افزایش توان فراصوت، درصد آبگیری مجدد نمونه‌ها افزایش یافت و اختلاف معناداری بین نمونه‌های تیمار شده با توان ۱۵۰ وات فراصوت با نمونه تیمار

۴- نتیجه گیری

شرایط فرآیند اسمزی برش‌های پرتقال و پیش تیمارهای مورد بررسی در این پژوهش شامل توان فراصوت در محدوده صفر تا ۱۵۰ وات، زمان اعمال فراصوت در محدوده ۵ تا ۱۵ دقیقه و غلظت محلول اسمزی حاوی ساکارز در محدوده ۲۰ تا ۴۰ درصد (وزنی/وزنی) بود. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش غلظت محلول اسمزی، به صورت معناداری درصد خروج آب و در نتیجه درصد کاهش وزن برش‌های پرتقال افزایش می‌یابد ($P < 0.05$). درصد کاهش وزن برش‌های پرتقال با افزایش زمان فرآیند آبگیری اسمزی از ۵ دقیقه به ۱۵

- [9] Amjadi, S., Alizadeh, A., Roufegarinejad, L. 2018. Cavitation effects of sonication on microbial load and physicochemical properties of orange juice, *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 15, 217-226.
- [10] Fernandes, F. A., Gallão, M. I., Rodrigues, S. 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration, *LWT-Food Science and Technology*. 41, 604-610.
- [11] Salehi, F., Cheraghi, R., Rasouli, M. 2022. Influence of sonication power and time on the osmotic dehydration process efficiency of banana slices, *Journal of Food Science and Technology (Iran)*. 19, 197-206.
- [12] Samie, A., Ghavami Jolandan, S., Zaki Dizaji, H., Hojjati, M. 2019. The effect of osmotic and ultrasonic pre-treatments on the quality of strawberry drying process in hot air drying method, *Iranian Journal of Biosystems Engineering*. 50, 705-715.
- [13] Azoubel, P. M., da Rocha Amorim, M., Oliveira, S. S. B., Maciel, M. I. S., Rodrigues, J. D. 2015. Improvement of Water Transport and Carotenoid Retention During Drying of Papaya by Applying Ultrasonic Osmotic Pretreatment, *Food Engineering Reviews*. 7, 185-192.
- [14] Sharifi, M., Rafiei, S., Keyhani, A., Omid, M. 2010. Drying of orange and selection of a suitable thin layer drying model, 41, 61-67.
- [15] Salehi, F., Cheraghi, R., Rasouli, M. 2022. Mass transfer kinetics (soluble solids gain and water loss) of ultrasound-assisted osmotic dehydration of apple slices, *Scientific Reports*. 12, 15392.
- [16] Kheyabani, S., Ghanbarzadeh, B., Hoseini, M. 2021. Effect of antioxidant active coatings on osmotic dehydration efficiency and quality parameters of Shahroodi dried grape, *Journal of Food Research*. 31, 51-63.
- [17] Abbasi Seydabad, V., Shaffafi Zonoizian, M., Irani, M. 2011. Osmotic dehydration monitoring of quince through salt, sucrose and glucose osmotic solutions, *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. 3, 39-49.

نشده مشاهده گردید ($P < 0.05$)؛ اما با افزایش زمان اعمال فراصوت و غلظت محلول اسمزی، درصد آبگیری مجدد نمونه‌ها کمتر شد.

۵- منابع

- [1] Salehi, F. 2021. Recent applications of heat pump dryer for drying of fruit crops: A review, *International Journal of Fruit Science*. 21, 546-555.
- [2] Kaur, D., Singh, M., Zalpouri, R., Singh, I. Osmotic dehydration of fruits using unconventional natural sweeteners and non-thermal-assisted technologies: A review, *Journal of Food Processing and Preservation*. e16890.
- [3] Deepika, S., Sutar, P. P. 2017. Osmotic dehydration of lemon (*Citrus limon* L.) slices: Modeling mass transfer kinetics correlated with dry matter holding capacity and juice sac losses, *Drying Technology*. 35, 877-892.
- [4] Salehi, F. 2023. Recent advances in the ultrasound-assisted osmotic dehydration of agricultural products: A review, *Food Bioscience*. 51, 102307.
- [5] Azizi Khesal, M., Bassiri, A., Maghsoudlu, Y. 2013. Optimization of combined pulsed vacuum osmotic dehydration – hot air drying of orange slices by response surface methodology, *Food Technology & Nutrition*. 10, 63-72.
- [6] Salehi, F. 2020. Physico-chemical properties of fruit and vegetable juices as affected by ultrasound: A review, *International Journal of Food Properties*. 23, 1748-1765.
- [7] Azarpazhooh, E., Sharayeei, P., Gheybi, F. 2019. Evaluation of the effects of osmosis pretreatment assisted by ultrasound on the impregnation of phenolic compounds into aloe vera gel and dry product quality, *Food Engineering Research*. 18, 143-154.
- [8] Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., Youssef, M. M. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review, *Food Research International*. 48, 410-427.



Effect of ultrasonic pretreatments and process condition on mass transfer rate during osmotic dehydration of orange slices

Eftekhari, A. ¹, Salehi, F. ^{2*}, Gohari Ardabili, A. ³, Aghajani, N. ⁴

1. MSc Student, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

ABSTRACT

The intensity and application time of ultrasound treatment before the osmotic dehydration process and the use of osmotic solutions of different concentrations can result in different dehydration intensities and sucrose gain in the orange slices and also can influence important qualitative parameters. In this research, the effect of ultrasound pretreatments (three levels of ultrasound intensity and at three different times) and the sucrose solution concentration (20, 30, and 40%) on the weight loss percentage, the solid gain percentage, the amount of removed moisture and the rehydration percentage of orange slices during osmotic dehydration process was investigated. By increasing the concentration of sucrose solution from 20 to 40%, the solid gain percentage of dehydrated orange slices increased from 7.94% to 16.29% ($P < 0.05$); But with increase in the sonication power from zero to 150 W, the value of this parameter decreased. By increasing the sucrose solution concentration from 20 to 40%, due to the increase in the osmotic pressure of the solution, the amount of weight reduction and the moisture loss percentage of orange slices increased from 5.17% to 10.58% and from 13.11% to 27.14%, respectively. With increasing the ultrasound treatment time, the amount of removed moisture from the samples increased ($P < 0.05$). With increasing ultrasound power, the rehydration of dried samples increased from 169.9% to 186.2%, but the ultrasound time had the opposite influence, and with increasing the ultrasound treatment time, the rehydration amount of samples decreased from 181.5% to 168.9%. In general, applying 5 min of ultrasound with a power of 150 W, due to the reduction of solid gain and increase in rehydration percentage, is recommended before the osmotic dehydration process of orange slices with a solution containing 40% sucrose.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 12/ 17
Accepted 2023/ 04/ 15

Keywords:

Orange slice,
Rehydration,
Solid gain,
Sucrose,
Weight reduction.

DOI: 10.22034/FSCT.19.135.21
DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.135.3.9

*Corresponding Author E-Mail:
F.Salehi@Basu.ac.ir