

## بررسی تأثیر شرایط فرآیند بر میزان آبگیری ورقه‌های نارنج

معصومه علیزاده شهریور<sup>۱\*</sup>، حجت کاراژیان<sup>۲</sup>، معصومه مهربان سنگ آتش<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تربت حیدریه

۳- استادیار، گروه پژوهش کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۰۶)

### چکیده

هدف از این پژوهش استفاده از پیش‌ تیمار فراصوت و آبگیری اسمزی بر ویژگی‌های کیفی نمونه‌های خشک شده نارنج با جریان هوای داغ بود. پیش‌ تیمار فراصوت در حمام فراصوت در سه سطح زمانی ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه در دمای محیط، با فرکانس ۲۵kHz، غلظت محلول اسمزی فروکتوز در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد وزنی/ وزنی و زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی در ۵ بازه زمانی ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه روی نمونه‌های نارنج انجام گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که در غلظت‌های ثابت فروکتوز و زمان اولتراسوند، میزان مواد جامد در طی فرآیند اسمز با افزایش زمان اسمزی افزایش یافت. به طوری که با افزایش زمان فرآیند اسمزی در ۱۰ دقیقه اول فرآیند اولتراسوند، میزان تغییرات مواد جامد افزایش چشم‌گیری را نشان داد ( $p < 0.05$ ). افزایش غلظت محلول اسمزی سبب افزایش آبگیری از نمونه گردید. همچنین نتایج حاصل از جذب آب مجدد نشان داد که در تمام موارد، میزان آب جذب شده با افزایش زمان فراصوت و افزایش غلظت فروکتوز، به طور معنی‌داری، در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافت. استفاده از امواج فراصوت به علت ایجاد میکرو کانال‌ها سبب سهولت انتقال جرم و تسریع فرآیند خشک کردن شد. در غلظت‌های ثابت فروکتوز و زمان اولتراسوند، میزان مواد جامد در طی فرآیند اسمز با افزایش زمان اسمزی افزایش یافت.

**کلید واژگان:** نارنج، فروکتوز، پیش‌ تیمار فراصوت، آبگیری اسمزی، خشک کردن

## ۱- مقدمه

نارنج با نام علمی *Citrus Aurantium* با نام‌های پرتقال ترش<sup>۲</sup> و یا پرتقال تلخ<sup>۳</sup> شناخته می‌شود [۱]. یکی از محصولات باغی منحصر به فرد و پرکاربرد است که در حدود ۵۰-۴۵ میلی‌گرم در صد گرم ویتامین C دارد. این میوه دارای پتانسیل بالایی برای مصرف در زمینه‌های متفاوت است [۲،۳]. از آب نارنج برای خوشبو کردن و بهبود طعم غذا استفاده می‌شود و در صنعت عطرسازی و شامپو سازی هم کاربرد دارد [۴]. نگهداری مواد غذایی یکی از قدیمی‌ترین تکنولوژی‌های مورد استفاده انسان می‌باشد. خشک کردن، نمک‌سود کردن و انجماد قدمتی هزاران ساله دارند. ظهور روش‌های نوین نگهداری در واقع پاسخی به دل‌نگرانی‌های مصرف‌کنندگان در جهت حذف و یا کاهش استفاده از مواد شیمیایی و نیز حفظ ترکیبات طبیعی و با ارزش در مواد غذایی نظیر ویتامین‌ها در مقایسه با روش‌های حرارتی بوده است [۷]. پیش‌فرآیند اسمز-اولتراسونیک به‌عنوان یک روش آبیگری نسبی<sup>۴</sup> می‌تواند روش مناسبی برای کاهش زمان خشک‌کردن باشد. از آنجایی که در این روش، خروج آب در درجه حرارت‌های پایین و بدون تغییر فاز صورت می‌گیرد، تأثیر مثبتی بر فاکتورهای کیفی محصول از قبیل عطر و طعم و رنگ خواهد داشت [۸].

قربانی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی مدل‌سازی پارامترهای رنگی در طی خشک کردن آلودی پیش‌تیمار شده با اولتراسوند و آبیگری اسمزی پرداختند، آن‌ها بیان داشتند که استفاده هم‌زمان از دو پیش‌تیمار اولتراسوند و آبیگری اسمزی باعث افزایش معنی‌دار  $b^*$ ،  $I^*$  و کاهش معنی‌دار میزان  $a^*$  در مقایسه با تیمار کنترل شد. نتایج به دست آمده از ارزیابی حسی نمونه‌های آلو، بیانگر بهبود شکل ظاهری، رنگ، عطر و طعم و حالت کلی نمونه‌ها بود [۹]. Rodrigues و همکاران (۲۰۰۸) اثر آبیگری اسمزی به کمک فراصوت را، روی ساختار سلولی ساپوتا<sup>۵</sup>، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کاربرد فراصوت در ترکیب با اسمز، منجر به تغییرات تدریجی در شکل سلول‌ها، جدا شدن سلول‌ها و ایجاد کانال‌های میکروسکوپی می‌کند که از دست دادن آب و جذب مواد جامد را بهبود می‌بخشد [۱۰]. Rodrigues و همکاران (۲۰۰۹)

تأثیر زمان غوطه‌وری در اسمز و اولتراسوند را روی ویژگی‌های ساختار سلولی خربزه‌ی درختی (پاپایا) در طی آبیگری مورد بررسی قرار دادند. نتایج، حاکی از آن بود که تخریب بافت سلولی توسط اولتراسوند سبب افزایش جذب مواد جامد و دفع آب و ضریب نفوذ آب می‌گردد [۱۱]. Fernandes و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر آبیگری اسمزی و پیش‌تیمار اولتراسوند را روی ساختار سلولی خربزه مورد بررسی قرار دادند. نتایج، نشان داد که اولتراسوند موجب تغییر حالت کانال‌های میکروسکوپی در ساختار میوه و شکستن بافت می‌گردد. همچنین در مطالعه‌ی دیگری Fernandes و همکارانش (۲۰۰۹) بر روی آناناس مشاهده کردند که به کارگیری اولتراسوند و اسمز سبب افزایش دفع آب و جذب مواد جامد می‌گردد [۱۲]. Fernandes و همکاران (۲۰۰۹) تأثیر آبیگری اسمزی به کمک فراصوت را روی ساختار بافت سلولی آناناس مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از فراصوت، میزان از دست دادن قند و ضریب نفوذ آب را افزایش می‌دهد، که به دلیل تشکیل کانال‌های میکروسکوپی است [۱۰]. Ortuno و همکاران (۲۰۱۰)، تأثیر به کارگیری اولتراسوند را روی انتقال جرم و ویژگی‌های ریزساختاری<sup>۶</sup> پوست پرتقال در طی خشک کردن با هوای داغ بررسی نمودند. نتایج، نشان داد که به کارگیری اولتراسوند سینتیک خشک کردن پوست پرتقال را بهبود بخشید. همچنین، نتایج مدل‌سازی نشان داد که ضرایب انتقال جرم و انتشار مؤثر رطوبت نیز افزایش می‌یابد [۱۳]. کرمی و همکاران (۱۳۹۱)، به بررسی بهبود ویژگی‌های کیفی کامکوات نیمه مرطوب پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از آن بود که تأثیر خطی متغیرهای زمان، دما، غلظت محلول اسمزی و شدت فرکانس بر روی کاهش محتوای رطوبتی و جذب مواد جامد، معنی‌دار بود [۱۴].

هدف از این پژوهش به‌کارگیری آبیگری اسمز و فرآیند اولتراسوند به‌عنوان پیش‌تیمار جهت خشک کردن برگه‌های نارنج با استفاده از محلول‌های اسمزی در غلظت‌های مختلف است. لذا می‌توان از این طریق در بهبود کیفیت محصول دخالت داشت و با استفاده از فرآیند فراصوت سبب افزایش زمان ماندگاری محصول در دیگر فصول شد. با توجه به حساسیت بالا در محصولات تازه و متخلخل، جهت افزایش

2. Sour orange
3. Bitter orange
4. Partial dehydration
5. Sapota

6. Microstructure

(۵)

$$WR = WL - SG$$

$M_0, M$  وزن نمونه به ترتیب در زمانهای  $t$  و زمان صفر،  $m_0, m$  وزن نمونه خشک شده به ترتیب در زمانهای  $t$  و زمان صفر،  $X_i$  مقدار رطوبت میوه تازه،  $X_f$  مقدار رطوبت نمونه‌ها در پایان آبیگری،  $WL$  درصد کاهش آب،  $SG$  درصد جذب مواد،  $WR$  میزان کاهش وزن نمونه‌ها پس از فرآیند،  $W_i$  وزن اولیه نمونه‌ها (g)،  $W_f$  وزن نمونه‌ها در پایان آبیگری (g) است.

### ۲-۱-۳- پیش تیمار فراصوت

نمونه‌های تهیه شده در محلول اسمزی به مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه تحت تأثیر امواج فراصوت قرار گرفتند. این آزمایش‌ها درون حمام فراصوت (TI-H-20 ساخت آمریکا) و دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت. فرکانس و شدت صوت مورد استفاده به ترتیب ۲۵kHz و ۱۰۰٪ بود. بعد از طی شدن زمان، برش‌های نارنج از محلول خارج گردیده و پس از حذف رطوبت سطحی، نمونه‌ها مجدداً توزین شدند [۱۵]. سپس نمونه‌ها در خشک کن با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت هوای ورودی ۱/۵m/s قرار گرفتند، وزن نمونه‌ها قبل و بعد از فرآیند توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد [۱۵].

### ۲-۲- قابلیت جذب آب مجدد

جذب آب مجدد نمونه‌های خشک شده به صورت غوطه‌وری در آب مقطر، به مدت ۲ ساعت انجام شد رابطه (۶) [۱۶].

$$RR = \frac{W_r}{W_d}$$

$W_r$ : وزن نمونه پس از جذب آب،  $W_d$ : وزن نمونه قبل از جذب آب (g).

### ۲-۳- اندازه‌گیری درصد چروکیدگی

جهت اندازه‌گیری میزان چروکیدگی از رابطه ۷ مطابق روش اکبریان و همکاران (۲۰۱۳) انجام شد [۱۷].

$$\text{درصد چروکیدگی} = \frac{(V_1 - V_2)}{V_1} \quad (7)$$

$V_1, V_2$  حجم اولیه و حجم ثانویه ( $m^3$ ).

ماندگاری، حفظ رنگ و ارزش غذایی و جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های فنولازی می‌توان از این روش استفاده کرد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- آماده‌سازی نمونه

#### ۲-۱-۱- آماده‌سازی میوه

میوه‌ها بر اساس درجه رسیدگی، اندازه و یکنواختی رنگ دسته‌بندی و نمونه‌های آسیب دیده جداسازی و به وسیله یک چاقوی تیز به برش‌هایی به ضخامت ۶mm برش داده شدند. رطوبت سطحی برش‌های تهیه شده با کاغذ جاذب رطوبت گرفته و وزن آن‌ها مشخص گردید. سپس نمونه‌ها تحت پیش تیمار قرار گرفت. محتوای رطوبتی با قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت تعیین گردید [۱۵].

#### ۲-۱-۲- پیش تیمار اسمزی

محلول اسمزی مورد استفاده در این تحقیق فروکتوز با غلظت‌های ۲۰، ۳۰ و ۴۰٪ (وزنی/وزنی) بود. نمونه‌های تهیه شده در محلول اسمزی با غلظت مشخص غوطه‌ور شدند. نسبت میوه به محلول اسمزی در کل آزمایش‌ها ۱ به ۱۰ ثابت بود. بعد از طی شدن زمان آبیگری (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه) برش‌های نارنج از محلول خارج و پس از حذف رطوبت سطحی، مجدداً توزین شدند. سپس با استفاده از روابط (۱ تا ۵) درصد میزان از دست دادن آب و جذب مواد جامد محاسبه گردید [۱۰].

(۱)

$$X_i = \frac{(M_0 - m_0)}{M_0} \quad (2)$$

(۲)

$$X_f = \frac{(M - m)}{M} \quad (3)$$

(۳)

$$WL = \frac{w_i \times X_i - w_f \times X_f}{w_i} \times 100 \quad (4)$$

(۴)

$$SG = \frac{[w_f \times (1 - X_f) - w_i \times (1 - X_i)]}{w_i} \times 100$$

## ۲-۴- بافت سنجی

آزمون بافت سنجی با استفاده از دستگاه بافت سنج ( *stable* ) نرم افزار *Texturepro* در زمان ۲۴۰ دقیقه انجام گرفت. بدین منظور از نمونه‌ها ابتدا قطعات مکعبی با ابعاد  $20 \times 20 \times 40$  میلی‌متر تهیه شد. در ادامه نمونه‌ها در زیر یک پروب با انتهای استوانه از جنس آلومینیوم مورد آزمون فشرده‌گی قرار گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز جهت اعمال فشرده‌گی به‌عنوان شاخصی از میزان سفتی نمونه بر حسب نیوتن ثبت گردید [۶].

## ۲-۵- رنگ سنجی

اندازه‌گیری رنگ از طریق تعیین سه شاخص  $L^*$  (شدت روشنایی)،  $a^*$  (شدت قرمزی) و  $b^*$  (شدت زردی) صورت پذیرفت. در عمل برای اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا نمونه به درون یک پلیت تمیز و شفاف ریخته شد. تصویربرداری به‌وسیله اسکنر (HP Scanjet مدل G3010، چین) در رزولوشن  $300 \text{ dpi}$  و با انتخاب یک زمینه  $40 \times 40$  میلی‌متری از قسمت مرکزی نمونه انجام گرفت. تصاویر تهیه شده با فرمت و ابعاد معین ذخیره و سپس در اختیار نرم‌افزار *Image J* (نسخه 1.40g) قرار گرفتند. با تبدیل فضای رنگی RGB به LAB، شاخص‌های فوق محاسبه شدند [۱۸].

## ۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری فرآیند

تجزیه و تحلیل آمار داده با استفاده از طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی و توسط نرم‌افزار SPSS16 و مقایسه میانگین دانکن در سطح  $0/05$  درصد انجام گرفت و نمودارهای مربوطه توسط اکسل ۲۰۱۰ ترسیم شد.

## ۳- بحث و نتایج

### ۳-۱- تأثیر پیش‌ تیمار فراصوت بر درصد

#### جذب مواد جامد و کاهش آب

تأثیر زمان (۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه)، بر فرآیند اسمز با معیارهای میزان آبیگری از دست دادن آب و میزان مواد جامد ( $SG^V$ ) بررسی شد. در غلظت‌های ثابت فروکتوز و زمان اولتراسوند، میزان جذب مواد جامد در طی فرآیند اسمز با افزایش زمان اسمزی افزایش یافت. به طوری که با افزایش زمان فرآیند

اسمزی در ۱۰ دقیقه اول فرآیند اولتراسوند، میزان تغییرات مواد جامد در سطح مورد بررسی معنادار بود و افزایش چشم‌گیری را نشان داد ( $P < 0.05$ ) (شکل ۱). همچنین این روند در ۲۰ دقیقه نیز دارای تغییرات معناداری در سطح مورد بررسی بود، اما اگرچه این تغییرات در زمان سوم یعنی ۳۰ دقیقه فرآیند اولتراسوند هم دیده شد اما نسبت به تغییرات افزایش وزن مواد جامد نسبت به دو فرآیند اول کمتر دیده شد (شکل ۱). این نتایج با بررسی‌های اشراقی و همکاران (۱۳۹۰) که به بررسی اثر پیش‌ تیمار فراصوت روی خشک شدن ورقه‌های کیوی پرداختند، هم‌خوانی داشت؛ اما با افزایش غلظت فروکتوز، در زمان‌های مختلف فرآیند اسمزی، با افزایش زمان فرآیند اولتراسوند، میزان مواد جامد افزایش یافت؛ که مطابق با مطالعات شهیدی و همکاران (۱۳۹۰) بود که تأثیر غلظت و نوع محلول اسمزی بر برخی فاکتورهای کیفی موز طی خشک کردن را مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که با افزایش غلظت محلول اسمزی (گلوکز) میزان آبیگری و جذب مواد جامد افزایش می‌یابد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً با افزایش غلظت فروکتوز نیز میزان جذب مواد قندی در هر کدام از غلظت‌ها با طولانی شدن زمان فرآیند افزایش نشان داد. در مورد میزان آبیگری مشاهده شد که افزایش غلظت فروکتوز و تیمارهای زمانی بر فرآیند اسمز تأثیر معناداری داشته به طوری که باعث افزایش میزان حذف آب ( $WL^A$ ) شد. بخصوص در تیمار چهارم (زمان اسمزی ۱۸۰ دقیقه و غلظت ۲۰٪ فروکتوز) یا در هر یک از غلظت‌ها (زمان اسمزی ۱۸۰ دقیقه)، افزایش میزان آبیگری به صورت چشم‌گیری افزایش نشان داد. میزان آبیگری با افزایش غلظت فروکتوز، زمان فرآیند اسمزی و تیمارهای اولتراسوند افزایش معناداری در سطح مورد بررسی داشته است ( $P < 0.05$ ). این نتیجه با پژوهش فرناندز و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. قابل ذکر است که بهترین حالت در زمان غوطه‌وری ۱۸۰ دقیقه و غلظت ( $20\% w/w$ ) بود زیرا در این تیمار، افزایش میزان آبیگری به صورت چشم‌گیری افزایش یافت. اثرات زمان غوطه‌وری و زمان اولتراسوند در (شکل ۱)، نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش زمان غوطه‌وری، میزان از دست دادن آب، با زمان غوطه‌وری و اولتراسوند رابطه‌ی مستقیمی داشته و در سطح مورد بررسی افزایش داشت ( $P < 0.05$ ).

سطح مورد بررسی معنادار می‌باشد. در کلیه پارامترهای مورد بررسی بهترین تیمار جهت غوطه‌وری زمان ۱۸۰ دقیقه بود به طوری که در این زمان نسبت به نمونه شاهد تغییرات چشم‌گیری در روند قابلیت جذب مجدد آب در سطح مورد بررسی مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). تحقیقات جم بارکو و همکاران (۲۰۰۶) که از نیروی فراصوت برای تسریع خشک کردن قارچ‌های دکمه‌ای، کلم بروکلی و گل‌کلم استفاده کرده بودند، تأیید کننده این نتایج بود. اعمال زمان ۱۰ دقیقه، در مقایسه با نمونه شاهد، از نظر آماری بی‌معنی بود و نسبت به نمونه شاهد، به‌طور معنی‌داری قابلیت جذب آب کمتری از خود نشان داد. به عبارتی می‌توان گفت که با افزایش زمان فراصوت، به دلیل ایجاد کانال‌های میکروسکوپی بیشتر حاصل از پدیده کاپیتاسیون، نمونه نارنج خشک شده دارای بافت متخلخل‌تری نسبت به نمونه شاهد است که توانسته، قابلیت جذب آب بهتری نسبت به نمونه شاهد داشته باشد. از طرف دیگر، چون نمونه پیش‌تیمار شده با فراصوت ۱۰ دقیقه قابلیت جذب آب کمتری نسبت به نمونه شاهد نشان داد، احتمال می‌رود که همان‌طور که زمان ۱۰ دقیقه موج دهی با فراصوت نتوانسته بود در مقایسه با نمونه شاهد، سبب آبرگیری بیشتر از نمونه‌های نارنج شود و به دلیل اینکه این مدت زمان برای ایجاد کانال‌های میکروسکوپی پایدار کافی نبوده، خصوصیت جذب آب کمتری هم از نمونه شاهد نشان داده است. همچنین این مورد در کلیه غلظت‌های فروکتوز مشاهده شد، این مورد نیز با نتایج اشراقی و همکاران (۱۳۹۰)، مطابق بود که نشان دادند اعمال زمان ۱۰ دقیقه فراصوت، در طی پیش‌تیمار ترکیبی برای ایجاد کانال‌های میکروسکوپی حاصل از پدیده کاپیتاسیون، کافی نبوده است، به طوری که استفاده از غلظت‌های بالاتر محلول اسمزی نیز نتوانسته آن را جبران کند.

### ۳-۳- تأثیر پیش تیمار فراصوت بر روی میزان چروکیدگی

میزان چروکیدگی بافت با شدت فرآیند اسمز (شدت فرآیند آبرگیری از نمونه) رابطه مستقیم دارد. چنین به نظر می‌رسد که افزایش SG از فرآیند اسمز منجر به افزایش مقاومت بافت در مقابل چروکیدگی می‌شود؛ که این نتایج مطابق با مشاهدات شهیدی و همکاران (۱۳۹۰) بود که آن‌ها بیان داشتند، نوع محلول اسمزی (گلوکز، ساکارز)، مدت زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی (۳۰، ۴۵، ۶۰ دقیقه)، غلظت محلول اسمزی (۳۰ و ۵۰ درصد) و مدت زمان صوت دهی با امواج فراصوت (۱۰،

افزایش زمان فرآیند اولتراسوند، باعث تورم و خاصیت پلاستیکی یا ارتجاعیت در بافت نمونه شده و غشاء سلولی نسبت به آب نفوذپذیر می‌شود و در نتیجه این امر ویسکوزیته کمتر از حالت اسمزی شده و این امر منجر به ویژگی‌های انتقال آب بهتر بر روی سطح محصول می‌گردد [۸].

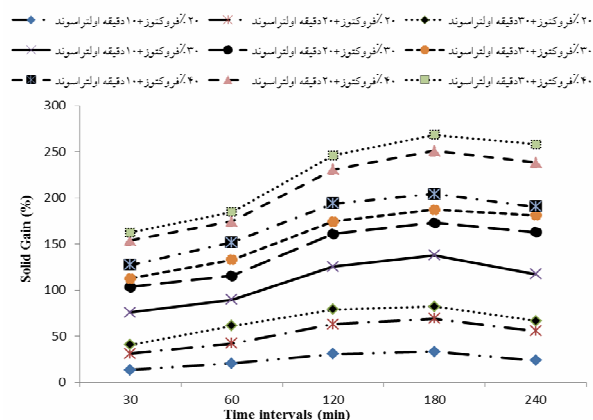


Fig 1 Solid Gain variations at 20, 30 and 40% of Fructose concentrations

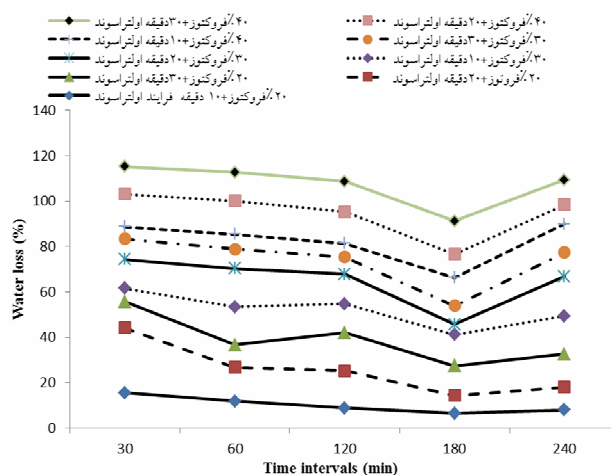


Fig 2 Water loss during osmotic dehydration at 20, 30 and 40% of Fructose concentrations

### ۳-۲- تأثیر پیش تیمار فراصوت بر درصد

#### قابلیت جذب مجدد آب

با افزایش زمان فراصوت، قابلیت جذب مجدد آب نمونه‌های نارنج خشک شده نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. این نتایج با توجه به این که امواج فراصوت می‌توانند باعث ایجاد حالت اسفنج مانند در محصول شده و سپس در جذب رطوبت نهایی می‌توانند به راحتی آب را جذب کرده و به حداکثر میزان قابلیت جذب آب برسند، قابل توجیه می‌باشد.

می‌توان ذکر کرد که در غلظت‌های ثابت فروکتوز و فراصوت با گذر زمان میزان قابلیت جذب مجدد آب بیشتر شده و در

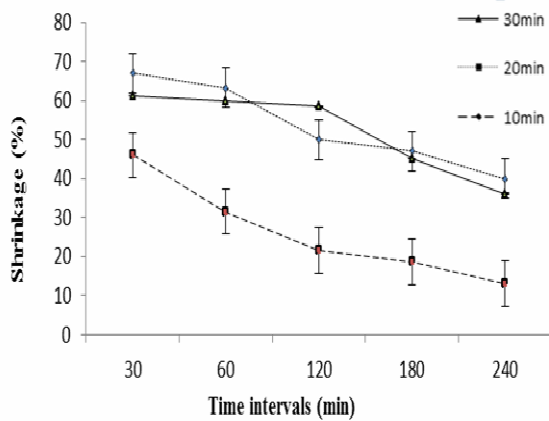


Fig 4 Immersion time at constant concentration 300% osmotic solution on shrinkage (%)

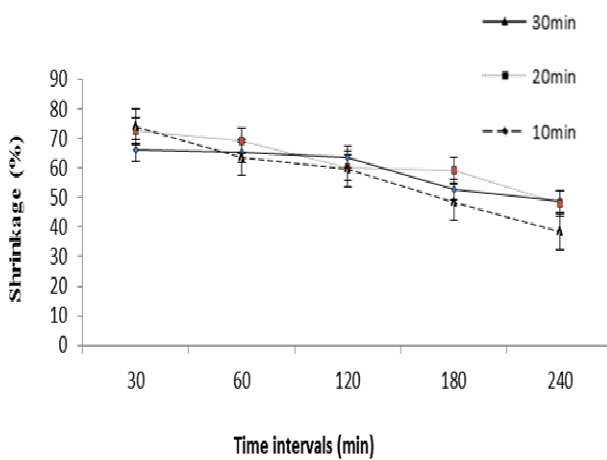


Fig 5 Immersion time at constant concentration 40% osmotic solution on shrinkage (%)

### ۳-۴- تأثیر پیش تیمار اسمز-فراصوت بر

#### تغییرات شاخص‌های رنگ

مدت زمان اعمال امواج فراصوت در پیش تیمار اسمز-فراصوت بر تغییرات مؤلفه‌های رنگی در حین فرآیند، تأثیر معنی‌داری داشت. همچنین تأثیر آن بر شاخص کلی تغییر رنگ نیز معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). علت تأثیرگذاری امواج فراصوت در تغییرات رنگ نارنج احتمالاً تأثیرگذاری امواج فراصوت بر واکنش‌های شیمیایی می‌باشد و بیشتر به صورت فیزیکی و تخریب دیواره‌های سلولی در بافت داخلی نارنج است. نوع قند (فروکتوز) بر تغییرات دو مؤلفه  $a^*$ ،  $b^*$  در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود که ممکن است ناشی از نقش فعال قندها در واکنش‌های شیمیایی رنگ‌زا در طی خشک کردن هوای داغ باشد.

۲۰، ۳۰ دقیقه) بر میزان از دست دادن آب، جذب مواد جامد، چروکیدگی، ضریب نفوذ رطوبت و رنگ نمونه‌ها در فرآیند تلفیقی اسمز- هوای داغ مؤثر بوده است. در حقیقت مواد جامدی که به فضای میان بافتی نفوذ می‌کنند با پر کردن فضاها و مجاری خالی از ایجاد چروکیدگی در این بخش‌ها تا حد زیادی جلوگیری می‌کنند [۱۵]. استفاده از غلظت‌های بالاتر و زمان‌های طولانی‌تر آبگیری، باعث ایجاد یک لایه سخت کریستاله در سطح نارنج شد. ایجاد این حالت طی خشک کردن باعث ایجاد پدیده سخت شدن سطح شده و لذا از چروکیدگی جلوگیری می‌شود. این نتایج با گزارش سایر محققین مطابقت دارد [۱۹، ۱۵]. همچنین با افزایش غلظت، درصد جذب مواد جامد افزایش و در نتیجه چروکیدگی کاهش یافت. با افزایش زمان موج دهی به علت ایجاد میکرو کانال‌ها [۲۰] و افزایش جذب مواد جامد، میزان چروکیدگی کاهش یافت. از طرف دیگر ایجاد میکرو کانال‌ها سبب تسریع انتقال جرم طی خشک کردن توسط هوای داغ شده و در نتیجه نمونه‌ها در زمان کوتاه‌تری در معرض دمای بالا قرار می‌گرفتند و لذا دارای چروکیدگی کمتری بودند. با توجه به اشکال (۳) تا (۵)، مشاهده می‌شود که در غلظت‌های ثابت، با افزایش زمان غوطه‌وری میزان چروکیدگی کاهش می‌یابد به طوری که کمترین کاهش مربوط به زمان اول فراصوت با ۱۰ دقیقه و بیشترین میزان چروکیدگی در ۳۰ دقیقه در غلظت‌های ثابت فروکتوز و شدت صوت به ترتیب ۲۹/۸ و ۳۳/۹۳ بود.

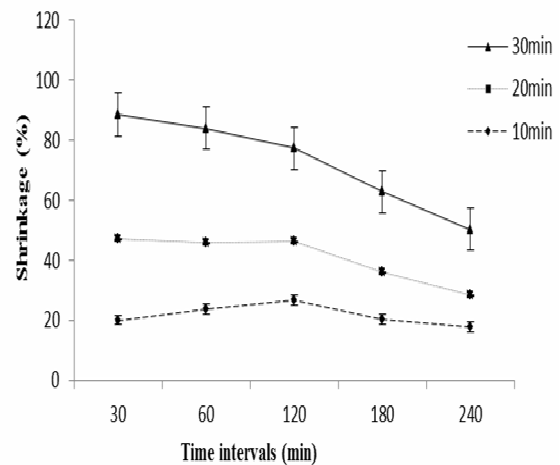


Fig 3 Immersion time at constant concentration 20% osmotic solution on shrinkage (%)

در ارتباط با تأثیر آبیگری اسمزی بر میزان روشنائی، قرمزی و زردی مشاهده می‌شود که در شرایط ثابت زمان اولتراسوند و زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی، با افزایش غلظت محلول اسمزی از ۱۰ به ۲۰، میزان روشنائی و زردی افزایش و میزان قرمزی در سطح مورد بررسی کاهش یافته است ( $P < 0.05$ ) که علت این پدیده همان‌طور که در بالا ذکر شده احتمالاً به دلیل خارج شدن اکسیژن، تغییر شکل و تخریب سلول‌ها در اثر استفاده از امواج اولتراسوند باشد که از واکنش اکسیداسیون آنزیمی جلوگیری می‌کند.

### ۳-۵- تأثیر پیش تیمار فراصوت بر خصوصیات بافتی

در کلیه‌ی نمونه‌های مورد بررسی در غلظت‌های ثابت فروکتوز و در زمان‌های مختلف اولتراسوند میزان سفتی بافت افزایش چشمگیری داشت که به نظر می‌رسد فرآیند اسمزی باعث بهبود بافت نمونه‌ها نسبت به نمونه‌ی شاهد یا فاقد فرآیند شد و با افزایش میزان حذف آب، میزان مواد جامد موجود در بافت افزایش یافت. با کاهش آب میان بافتی، مواد قندی حاصل از اسمز افزایش یافته و فضاهای خالی ناشی از خشک شدن را پر کرده و به همین دلیل بافت نمونه‌های تحت فرآیند سفت‌تر شده و همچنین به کارگیری فرآیند اولتراسوند نیز مزید بر علت فوق گشته و شکنندگی ناشی از فرآیند خشک کردن را کاهش داده و بافت نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد بهبود یافت ( $P < 0.05$ ). همچنین با توجه به جدول (۱)، با افزایش زمان فراصوت میزان سفتی بافت افزایش داشت که مطابق با نتایج جلائی و همکاران (۲۰۱۰) بود [۲۵]. بنابراین با افزایش میزان مواد جامد حاصل از اسمز میزان سختی بافت نیز در سطح مورد بررسی افزایش یافت و تأثیر معناداری بر روی بافت نشان داد ( $P < 0.05$ ). سخت شدن بافت ناشی از حذف آب و افزایش مواد جامد باعث جلوگیری از چروکیدگی طی فرآیند خشک شدن می‌شود [۲۶].

می‌توان گفت که اثرات متقابل فرآیند فراصوت و غلظت‌های مختلف فروکتوز بر روی تیمارهای مورد بررسی معنادار نبود، اما اثرات مستقل کلیه فاکتورها بر روی تغییرات بافت نارنج معنادار بود؛ بنابراین کمترین سختی مربوط به اولین فرکانس فراصوت در ۱۰ دقیقه بود اما با افزایش زمان فراصوت به تبع آن میزان سفتی بافت نیز افزایش نشان داد و حتی می‌توان ذکر

همچنین غلظت محلول اسمزی غیر از تغییرات مؤلفه  $a^*$  بر دیگر شاخص‌های تغییر رنگ مؤثر بود به طوری که با افزایش غلظت قند محلول شاخص‌های مؤلفه  $L^*$ ،  $b^*$  افزایش پیدا کرد. دمای خشک کردن در مرحله هوای داغ بر اکثر شاخص‌های تغییر رنگ با اطمینان ۹۵ درصد تأثیر معنی‌داری داشت. نظر به اینکه با افزایش زمان خشک شدن و کاهش محتوی رطوبتی، به دلیل تخریب رنگ‌دانه‌ها در اثر تماس با هوای داغ در طول فرآیند خشک کردن، میزان روشنائی و زردی نمونه‌های نارنج کاهش و میزان قرمزی آن‌ها به دلیل واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی افزایش یافته است. همان‌گونه که پیداست، به کارگیری هم‌زمان پیش تیمارهای اولتراسوند و آبیگری اسمزی، میزان روشنائی و زردی را در مقایسه با تیمار کنترل افزایش و میزان قرمزی را کاهش داده است. علت این امر به دلیل خارج شدن اکسیژن، تغییر شکل و تخریب سلول‌ها، کاهش زمان خشک شدن و کاهش واکنش اکسیداسیون آنزیمی توسط امواج اولتراسوند و ورود ماده جامد قندی (فروکتوز) به داخل بافت نارنج در اثر آبیگری اسمزی می‌باشد. این رویداد از انتقال اکسیژن به سطح نمونه‌های نارنج به هنگام خشک کردن و میزان قهوه‌ای شدن آنزیمی و غیر آنزیمی جلوگیری می‌کند. نتایج ماندالا و همکاران (۲۰۰۵) و دنگ - ژائو (۲۰۰۸) و دنگ - ژائو (۲۰۰۸) تأیید کننده نتایج این پژوهش است [۲۲، ۲۳، ۲۴].

تیمارها در مقایسه با تیمار کنترل افزایش و میزان قرمزی کاهش یافته است. علت این امر می‌تواند به دلیل خارج شدن اکسیژن، تغییر شکل و تخریب سلول‌ها در اثر استفاده از امواج اولتراسوند باشد که از واکنش اکسیداسیون آنزیمی جلوگیری می‌کند. پژوهشگران علت تخریب و تجزیه رنگ‌دانه‌های مواد غذایی را قرار گرفتن طولانی مدت لایه سطحی مواد غذایی در معرض هوا و دمای بالا عنوان کرده‌اند [۲۱]. با این وجود، اولتراسوند با ایجاد انقباضها و انبساط‌های پی‌درپی و ایجاد کانال‌های میکروسکوپی طولی‌تر، زمان خشک شدن را کاهش داده و نمونه‌های نارنج مدت زمان کمتری در معرض دمای بالا قرار می‌گیرند. در نتیجه، از تخریب بیشتر رنگ‌دانه‌های موجود در نمونه‌های نارنج جلوگیری می‌کند. این نتیجه با نتایج برخی از پژوهشگران که به بررسی کاربرد پیش تیمار اولتراسوند بر تغییرات پارامترهای رنگی و انتقال جرم در طی فرآیند خشک کردن پرداختند، مطابقت دارد [۱۳].

خشک کن و به‌ویژه زمان خشک کردن در مرحله هوای داغ است. کنترل این دو عامل در حین فرآیند، عوامل اصلی در تولید فرآورده باکیفیت مناسب است. با افزایش زمان خشک شدن و کاهش محتوی رطوبتی، به دلیل تخریب رنگ‌دانه‌ها در اثر تماس با هوای داغ در طول فرآیند خشک کردن، میزان روشنائی و زردی نمونه‌های نارنج کاهش و میزان قرمزی آن‌ها به دلیل واکنش‌های قهوه‌ای شدن آزنیمی و غیر آزنیمی افزایش یافته است. نتایج حاصل بیانگر این است که می‌توان نارنج موجود در کشور را با استفاده از این روش فرآوری، به فرآورده‌ای با کیفیت و با ارزش افزوده بالا، تبدیل کرد.

## ۵- منابع

- [1] Barbosa, G., Hamberto, C. and Mercado, V. 2004. Dehydration of food. Mortazavi, A. and Shafafi Zenoozian, M. Ferdowsi University of Mashhad Press.
- [2] Solati, M., Sahari, M.A. and Emam-Jomeh, Z. 2003. An Evaluation of the Process Affecting Conditions of Dehydration Rate in Peach Slices. Iranian Journal of Agricultural Sciences, 34 (2): 273-281
- [3] Montazer, Z. and Niakousari, M. 2012. Evaluation of color change of sour orange juice (from different stages of processing line) during storage. Journal Of Food Science and Technology, 37 (9): 109-121
- [4] Mosaddegh, M., Kamalinejad, M., Dehmaoobad- Sharifabadi, A. and Esfahani, B. 2004. Composition of the volatile oils of the citrus bigaradia, citrus limon and citrus deliciosa. Journal of Medicinal Plants, 3 (11): 25-30.
- [5] Lakzaei, M., Pouramir, M., Moghadamnia, A.A. and Mir, H. 2011. Effect of Alcoholic Extract of Sour Orange Peel on Total Antioxidant, Insulin Level and Hyperglycemia in Alloxanized Rats. Journal of Babol University of Medical Sciences, 14 (1): 19-24
- [6] Goli, Z., Lakzaee, M. and Pouramir, M. 2010. Antioxidant activity of sour orange peel extract and its effect on lipid oxidation in raw and cooked fish Hypophthalmichthys molitrix. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 5(2):19-26
- [7] Behnam, P., Karazhiyan, H., Shahidi Noughabi, M., Parvini, M. 2013. Optimization of banana drying process by osmotic dehydration. Innovative in food

کرد که با افزایش غلظت میزان سفتی بافت به‌طور معنی‌داری در سطح مورد بررسی افزایش نشان داد ( $P < 0.05$ ).

**Tab 1** Hardness variations at different concentrations of Fructose

AVE	The ultrasound (min)	concentrations of Fructose
2/54 ± 0/05 <sup>a</sup>	10	
3/78 ± 0/01 <sup>b</sup>	20	<b>20</b>
5/63 ± 0/07 <sup>c</sup>	30	
4/05 ± 0/0 <sup>a</sup>	10	
4/45 ± 0/2 <sup>b</sup>	20	<b>30</b>
4/53 ± 0/03 <sup>c</sup>	30	
4/75 ± 0/1 <sup>a</sup>	10	
5/15 ± 0/03 <sup>b</sup>	20	<b>40</b>
5/75 ± 0/01 <sup>c</sup>	30	<b>Ta</b>

±The data shows standard deviations.

(a-c) Different alphabets is indicative of existence of a significant difference at probability level 5%.

## ۴- نتیجه گیری

استفاده از امواج فراصوت به علت ایجاد میکرو کانال‌ها سبب سهولت انتقال جرم و تسریع فرآیند خشک کردن شد در غلظت‌های ثابت فروکتوز و زمان اولتراسوند، میزان مواد جامد در طی فرآیند اسمز با افزایش زمان اسمزی افزایش یافت. با افزایش غلظت فروکتوز میزان جذب مواد قندی در هر کدام از غلظت‌ها با طولانی شدن زمان فرآیند افزایش نشان داد. با افزایش زمان فراصوت، قابلیت جذب آب مجدد نمونه‌های نارنج خشک شده نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. در کلیه پارامترهای مورد بررسی بهترین تیمار جهت غوطه‌وری زمان ۱۸۰ دقیقه بود به طوری که در این زمان نسبت به نمونه شاهد تغییرات چشم‌گیری در روند قابلیت جذب مجدد آب در سطح مورد بررسی مشاهده شد. با افزایش زمان فراصوت، به دلیل ایجاد کانال‌های میکروسکوپی بیشتر حاصل از پدیده کاویتاسیون، نمونه نارنج خشک شده دارای بافت متخلخل‌تری نسبت به نمونه شاهد است که توانسته، قابلیت جذب آب بهتری نسبت به نمونه شاهد داشته باشد. میزان چروکیدگی بافت با شدت فرآیند اسمز رابطه مستقیم نشان داد. با افزایش میزان مواد جامد حاصل از اسمز میزان سختی بافت نیز در سطح مورد بررسی افزایش یافت و تأثیر معناداری بر روی بافت نشان داد. دو عامل تأثیرگذار اصلی در تغییر رنگ، دمای



- Optimization of Osmotic Solution and Investigation of Osmotic Dehydration Effects on Textural and Color Properties of Quince Treated by Polysaccharide Based Active Coatings. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 9(2):165-174
- [18] Shahidi, F., Mohebbi, M., Noshad, M., Ehtiati, A., Fathi, M. 2012. Effect of Osmotic and Ultrasound Pretreatments on Some Quality Characteristics of Air-Dried Banana. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*.7(4):263-272.
- [19] Rasouli Ghahroudi, F., Bassiri, A., Asadi, Gh. And Bamenimoghadam, M. 2010. The Effect of Reduced Pressure- Osmotic Dehydration on Water Loss and Solid Gain of Button Mushroom. *Food Technology & Nutrition*, 7(4):32-39.
- [20] Ebrahim-Rezagah, M., Kashaninejad, M., Mirzaei, H., Khomeiri, M. 2010. Effect of temperature, osmotic solution concentration and mass ratio on kinetics of osmotic dehydration of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 16 (1): 208-217.
- [21] Tiwari, B.K., Patras, A., Brunton, N., Cullen, P.J., and O'Donnell, C.P. 2010. Effect of ultrasound processing on anthocyanins and color of red grape juice, *Ultrasonics Sonochemistry*, 17, 598-604.
- [22] Deng, Y. and Zhao, Y. 2008a, Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, and microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji), *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1575-1585.
- [23] Deng, Y. and Zhao, Y. 2008b, Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji), *Journal of Food Engineering*, 85, 84-93.
- [24] Mandala, I.G., Anagnostaras, E.F., 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.
- [25] Jalaee, F., Fazeli, A., Fatemian, H. and Tavakolipour, H. 2010, Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating, food and bioproducts processing.
- [26] Baldwin, E.A. 1995, Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables, *Journal of Hortscienc*, 30(1):35-37.
- science and technology (*Journal of food Science and technology*), 5(2):83-89.
- [8] Irani, M., Shaffafi Zonoozian, M., Tavakolipour, H. 2010. Investigation of mass transfer profile in osmotic dehydration of Quince. *Innovative in food science and technology (Journal of Food Science and Technology)*, 3, 65-75.
- [9] Ghorbani, R., Dehghannya, J., Seiedlou-Heris, S. and Ghanbarzadeh, B. 2013. Modeling Color Parameters during Plums Drying Pretreated with Ultrasound and Osmotic Dehydration. *Journal of Food Processing and Preservation*, 5(1):27-59
- [10] Eshraghi, E., Kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y., Beiraghi Toosi, S., Alami, M. 2014. Studying the Effect of Osmosis-Ultrasound Compound Pre-treatment on Drying Kiwi Fruit Sheets. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 9(4): 323-329.
- [11] Rodrigues, S., Francisca, I.P., Oliveira, Gallao, 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.
- [12] Fernandes, F.A.N., Gallão, 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.
- [13] Ortuno, C., Pérez-Munuera, I., Puig, A., and Riera, E., and Perez, J. 2010, Influence of power ultrasound application on mass transport microstructure of orange peel during hot air drying, *Journal of Physics Procedia*, 3, 153-159.
- [14] Karami, Z., Emam-Djomeh, Z., Sadeghi Mahoonak, A. and Shahryari, F. 2013. Optimizing quality characteristics of semiwet kumquat with osmotic-ultrasonic methods. *Journal of Food Research (AGRICULTURAL SCIENCE)*, 22 (4): 395-409.
- [15] Emam- Djomeh, Z. and Allaeddini, B. 2004. Formulation and quality improvement of dried kiwifruit slices using an osmotic pre-treatment. *Drying proceedings of the 14th international drying symposium*. Vc: 2127-2132.
- [16] Ostadzadeh, M., Abbasi, S. and Ehsani, M.R. 2011. Effects of ultrasound treatment on stability of cocoa-flavored milk. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7(2): 47-56.
- [17] Akbarian, M., Ghanbarzadeh, B., Dehghannya, J., Sowti, M. 2013. The

## Effect of ultrasound and osmotic process conditions on the dehydration contents of Bitter Orange Slice

Alizadeh Shahrivar, M<sup>\*1</sup>, karazhiyan, H.<sup>2</sup>, Mehraban Sang Atash, M.<sup>3</sup>

1. MSC Student, Department of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Sabzevar Branch, Sabzevar, Iran
2. Assistant Professor, Department of Food Science & Technology, Islamic Azad University, Torbat Heydarieh Branch, Torbat Heydarieh, Iran
3. Assistant Professor, Food quality and safety research group, Food Science and Technology Research Institute (ACECR), Mashhad, Iran

(Received: 2015/10/15 Accepted: 2016/01/26)

The purpose of the current research was the use of ultrasound pretreatment and osmotic dehydration on physical characteristics and color parameters of the bitter orange dried using hot air flow. The ultrasound pretreatment was accomplished at three time levels of 10, 20 and 30 minutes at ambient temperature in an ultrasonic bath at a frequency of 25kHz, fructose osmotic solution concentration was at three levels of 20, 30 and 40% w/w and samples were analysed at immersion time in osmotic solutions which was at 5 intervals time period of 30, 60, 120, 180 and 240 minutes. The results revealed that during the osmosis process and at a fixed concentration of fructose and sonication time, total solids increased with increasing time. As at the first 10 minutes of sonication time, variations in total solids contents were significant with increasing osmotic dehydration time ( $p < 0.05$ ). Increasing osmotic solution concentration led to an increase in the rate of water loss. Also water reabsorption results showed that, in all cases, the amount of water absorbed increases significantly with increase in sonication time and fructose concentration compared with the control sample. Using of ultrasound due to its effect on creation of micro channels led to ease of mass transfer and acceleration in drying process. At fixed concentrations of fructose and sonication time, the amount of solids increased with increasing time in osmosis process.

**Keywords:** Bitter Orange, Fructose, Ultrasound pretreatment, Osmotic dehydration, Drying

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: masoom.alizade@gmail.com