

بررسی اثر زمان و فرکانس فراصوت بر فرآیند خشک کردن ژل آلوه‌ورا با پیش تیمار اسمزی

افسانه حاتمی باویل^{۱*}، سید علی مرتضوی^۱، علی رافع^۲، اکرم شریفی^۳

^۱گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی، سبزوار، ایران

^۲پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، خراسان رضوی، مشهد، ایران

^۳گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۰

چکیده

ژل آلوه‌ورا به دلیل داشتن مقدار زیادی آب، در مقابل عوامل فساد از جمله فساد میکروبی حساسیت زیادی دارد؛ لذا طراحی روشی مناسب جهت خشک کردن آن اهمیت زیادی دارد. در این پژوهش تأثیر امواج فراصوت بر خشک کردن هوای داغ ژل آلوه‌ورا با پیش تیمار اسمزی بررسی شد. قطعات آلوه‌ورا در محلول اسمزی شکر با مقادیر مختلف بریکس ۳۰ و ۵۰ غوطه‌ور شدند و تحت امواج فراصوت ۳۷ kHz به مدت ۲۰ و ۴۰ دقیقه قرار گرفتند. تأثیر این پارامترها بر کاهش رطوبت، جذب ماده‌ی جامد، کاهش وزن، کارایی فرآیند، چروکیدگی و دانسیته مکعب اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری به صورت آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که با افزایش بریکس و زمان غوطه‌وری، کاهش آب افزایش داشت. اعمال فراصوت تأثیر معنی داری در کاهش آب ژل آلوه‌ورای خشک شده با پیش تیمار اسمزی در محلول با بریکس ۵۰ نشان داد. علاوه بر این با افزایش زمان غوطه‌وری در محلول اسمزی با بریکس ۳۰، جذب ماده‌ی جامد افزایش یافت. بیشترین کاهش وزن در بریکس ۵۰ و فرکانس ۳۷ kHz به مدت ۴۰ دقیقه (۳۹/۳۵٪) مشاهده گردید. به علاوه بیشترین کارایی در بریکس ۳۰ و زمان ۲۰ دقیقه بدون اعمال فراصوت مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار چروکیدگی به ترتیب در بریکس صفر (۹۸/۹۸۳٪) و تیمار اسمزی با بریکس ۵۰ (۹۳/۲۲۹٪) حاصل گردید. با افزایش بریکس محلول اسمزی، دانسیته مکعب ژل خشک شده افزایش یافت. نتایج این تحقیق بیانگر کاربرد موثر امواج فراصوت در محلول‌های اسمزی با بریکس بالا بود.

واژه های کلیدی: ژل آلوه‌ورا، آبیگری اسمزی، فراصوت، چروکیدگی، دانسیته مکعب

۱- مقدمه

گیاه آلوئه‌ورا متعلق به خانواده‌ی لیلیاسه می‌باشد و تاکنون ۳۶۰ گونه از آن در مناطق مختلفی از آسیا، آفریقا و اروپا شناسایی شده است (۲۳). بافت پارانشیم (ژل) آلوئه‌ورا، محتوی ۹۹-۹۸ درصد آب می‌باشد و بیش از ۶۰ درصد از ماده‌ی خشک آن نیز از پلی‌ساکارید ساخته شده است. مانند سایر سبزیجات، ژل آلوئه‌ورا غنی از ویتامین‌ها (A, E, C) می‌باشد و محتوای چربی کم و فیبر بالایی دارد. علاوه بر موارد فوق، ژل آلوئه‌ورا دارای عناصر معدنی نظیر سدیم، پتاسیم، منیزیم و کلسیم است. همچنین ژل آلوئه‌ورا دارای خواص ضد میکروبی، ضد التهابی و آنتی اکسیدانی می‌باشد. به علت همین اثرات سلامتی بخشی و عمل گرای، استفاده از آلوئه‌ورا در فرمولاسیون فرآورده های غذایی افزایش یافته است (۲۲).

با توجه به حساسیت بالای گیاه آلوئه‌ورا نسبت به فساد و در جهت افزایش ماندگاری آن، فرآوری توسط فرآورده‌های غذایی مختلفی نظیر: گرمادهی، آسیاب کردن و نیز خشک کردن امکان‌پذیر می‌باشد (۴).

افزایش تقاضای مصرف کنندگان باعث توسعه و بهبود تکنولوژی‌های نگهداری غذا شده است. از دیدگاه صنعتی، خشک کردن گسترده‌ترین روش برای نگهداری مواد غذایی است. از آن جایی که فرآورده‌های خشک کردن، مکانیسم متمرکز بر انرژی دارند، با بهینه سازی فرآیند می‌توانیم کاهش هزینه داشته باشیم.

آبگیری اسمزی آلوئه‌ورا یک فرآیند غیر حرارتی می‌باشد که به تنهایی یا در ترکیب با سایر روش‌ها می‌تواند روش جدیدی برای توسعه‌ی غذاهای جدید باشد. فرآیند اسمز به خاطر سادگی و قابل کنترل بودن آن، پیش فرآیند مناسبی جهت خشک کردن میوه‌ها محسوب شده و منجر به بهبود خصوصیات تغذیه‌ای، سلامتی بخشی و ارگانولپتیک محصول می‌گردد. فرآیند آبگیری اسمزی عبارت است از: خارج کردن بخشی از آب بافت گیاهی یا حیوانی به وسیله تماس مستقیم آن‌ها با یک محلول غلیظ مناسب (محلول‌های قندی یا نمکی و یا مخلوطی از قندها و نمک‌ها). در این فرآیند بر اساس گرادیان غلظت به وجود آمده بین ماده غذایی و محلول، دو جریان خلاف جهت هم به وجود می‌آید که موجب خروج آب از بافت محصول به سمت محلول و ورود مواد جامد از محلول به داخل بافت ماده غذایی می‌گردد (۹ و ۱۹).

نیاز فراوان به تولید محصولات با کیفیت بالا منجر به ترکیب روش‌های خشک کردن قدیمی با منابع انرژی غیر حرارتی شده است. در این میان انرژی فراصوت به دلیل قابلیت انجام در دمای محیط و حفظ خصوصیات اصلی و کیفیت محصولات بسیار توصیه شده است (۲۲).

یک خصوصیت امواج فراصوت با شدت زیاد توانایی آن‌ها برای عمل به صورت سینرژستی با سایر فرم‌های انرژی به منظور تسریع و بهبود بسیاری از فرآورده‌های غذایی است. از انرژی فراصوت برای تسریع در فرآیند اسمزی استفاده می‌شود. بیشترین خصوصیات مربوط به فراصوت مربوط به خاصیت کاویتاسیون آن است. امواج فراصوت در اثر پدیده کاویتاسیون باعث ایجاد یک سری انقباض و انبساط‌های سریع در ماده می‌شود که شبیه فشردن و رها کردن یک اسفنج است. تأثیر اسفنجی باعث خروج آب از ماتریکس جامد و از طرف دیگر سبب ایجاد میکرو کانال‌هایی جهت سهولت انتقال جرم طی خشک کردن توسط هوای داغ می‌گردد (۹).

مطالعات انجام شده، نشان داده است که استفاده از فراصوت در فرآیند خشک کردن میوه های مختلف تأثیرات متفاوتی داشته است. تحقیقی که سیمال^۱ و همکاران (۱۹۹۸) روی آبگیری اسمزی سیب به کمک فراصوت انجام دادند، نشان داد که فراصوت روی از دست دادن آب تأثیر کمی داشت ولی جذب ماده جامد به صورت قابل توجهی افزایش یافت (۲۲). رودریگوس^۲ و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر فراصوت در فرآیند اسمز روی ساختار سلولی پاپایا بیان کردند فراصوت باعث تشکیل فضای بین سلولی بزرگ و کمی پارگی دیواره‌ی سلولی می‌شود که باعث افزایش افت رطوبت و جذب ماده جامد می‌شود (۲۱). نتایج پژوهش فرناندس^۳ و رودریگوس (۲۰۱۱) نشان داد، فراصوت روی افت رطوبت و جذب ماده‌ی جامد میوه‌ی چیکو تأثیر کمی داشت. هرچند فراصوت تأثیر معنی داری در افت آب خریزه، موز و پاپایا نشان نداد ولی در توت فرنگی افت آب، هنگام به کار گرفتن فراصوت ۴۳٪ افزایش یافت (۵). به دلیل نتایج متفاوت به دست آمده برای میوه های مختلف، مطالعات بیشتری روی اثر فراصوت بر خشک کردن مورد نیاز است تا مشخص شود

¹ Simal² Rodrigous³ Fernandes

فرآیند با سرکولاسیون آب سرد در دمای $20 \pm 3^\circ\text{C}$ تنظیم شد. همچنین آزمایش‌هایی تحت همان شرایط بدون اعمال فراصوت به عنوان پیش تیمار شاهد انجام شد. بعد از اتمام فرآیند، قطعات آلئوئورا از محلول خارج و به مدت ۳۰ ثانیه با آب مقطر شستشو شده و رطوبت سطحی با استفاده از کاغذ صافی گرفته شد. نسبت نمونه به محلول در تمام آزمایش‌ها ۱:۶ در نظر گرفته شد. در مرحله بعد پارامترهای مورد بررسی شامل از دست دادن آب (WL^1)، جذب ماده‌ی جامد (SG^3) و کاهش وزن (WR^4) به ترتیب با استفاده از معادلات (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شدند.

$$WL = \frac{w_i \cdot x_i - w_f \cdot x_f}{w_i} \times 100 \quad (1)$$

$$SG = \frac{w_f \cdot (1 - x_f) - w_i \cdot (1 - x_i)}{w_i} \times 100 \quad (2)$$

$$WR = WL - SG \quad (3)$$

در معادلات فوق، w_i وزن اولیه‌ی نمونه (گرم)، w_f وزن نمونه پس از اسمز (گرم)، x_i مقدار رطوبت اولیه (%) و x_f مقدار رطوبت نمونه بعد از اسمز (%) می‌باشد.

کارایی فرآیند خشک کردن با استفاده از معادله (۴) محاسبه شد.

$$Efficiency = \frac{WL}{SG} \quad (4)$$

۳-۲- خشک کردن با هوای داغ

بعد از هر پیش تیمار، نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در آون (مدل Memmert GmbH, Schwabach UM500، ساخت آلمان) در دمای 70°C خشک شدند. سرعت جریان هوا 0.5 m/s بود.

۴-۲- چروکیدگی

درصد چروکیدگی (Sh^5) با اندازه‌گیری تغییرات حجمی نمونه با روش جابجایی تولوئن طبق معادله‌ی (۴) اندازه‌گیری شد (۱۴).

$$Sh = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100 \quad (4)$$

که V_0 حجم اولیه‌ی نمونه (ml) و V حجم نمونه پس از خشک شدن (ml) می‌باشد.

۵-۲- دانسیته مکعب

دانسیته مکعب (ρ) با استفاده از معادله‌ی (۵) اندازه‌گیری شد (۱۷).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5)$$

که این تکنولوژی در خشک کردن چه نوع میوه‌ها و سبزیجاتی قابل بهره‌گیری است (۶).

مطالعات زیادی روی روش‌های خشک کردن ژل آلئوئورا انجام گرفته است، اما به نظر می‌رسد تاکنون در مورد تأثیر امواج فراصوت بر فرآیند آبگیری اسمزی ژل آلئوئورا قبل از خشک کردن با هوای داغ، تحقیق خاصی صورت نگرفته است.

این مطالعه با هدف بررسی اثر فراصوت بر فرآیند آبگیری اسمزی ژل آلئوئورا انجام شد. نمونه‌هایی که در آب مقطر و دو محلول اسمزی با بریکس متفاوت غوطه‌ور شدند، با هم مقایسه شدند. زمان فرآیند و اعمال فراصوت، برای بررسی اثر آن‌ها روی از دست دادن آب، جذب ماده جامد، کاهش وزن، کارایی آبگیری اسمزی، چروکیدگی و دانسیته مکعب ژل آلئوئورا بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه‌ها

آلئوئورا (گونه باربادنسیس میلر^۱) در فصل تابستان از مزرعه‌ای در شهرستان سبزوار خریداری شد. برگ‌ها بر اساس تازگی، رسیدگی و شکل یکسان انتخاب شدند. تا زمان انجام آزمایش‌ها برگ‌ها در دمای محیط نگهداری شدند. جهت انجام آزمایش‌ها، ابتدا برگ‌ها با آب سرد شستشو داده شده، صمغ زرد با برش قسمت انتهایی برگ‌ها و با قرار دادن به صورت عمودی به مدت ۱ ساعت استخراج گردید. ژل به صورت دستی از برگ جدا شده و به مکعب‌هایی به ابعاد $1 \times 1 \times 1$ سانتیمتر برش داده شد. رطوبت اولیه‌ی قطعات تازه‌ی آلئوئورا و رطوبت نهایی قطعات آلئوئورای پیش تیمار شده در آون 105°C درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت (AOAC, 931.04) تعیین شد (۳). محلول‌های اسمزی با مخلوط کردن ساکارز خوراکی و آب مقطر تا رسیدن به بریکس ۳۰ و ۵۰ تهیه شدند.

۲-۲- پیش تیمار

پیش تیمارها در ارلن مایر 250 ml در سه محلول: آب مقطر و دو محلول اسمزی با بریکس ۳۰ و ۵۰، در حمام فراصوت (مدل Elmasonic P 300 H، آلمان) با روش شهیدی و همکاران (۱۳۹۰) با کمی تغییر انجام گرفت. فرکانس فراصوت اعمال شده 37 kHz با توان ۱۰۰ درصد به مدت ۲۰ و ۴۰ دقیقه بود. دمای

² Water loss

³ Solid gain

⁴ Weight reduction

⁵ Shrinkage

¹ Barabadensis Miller

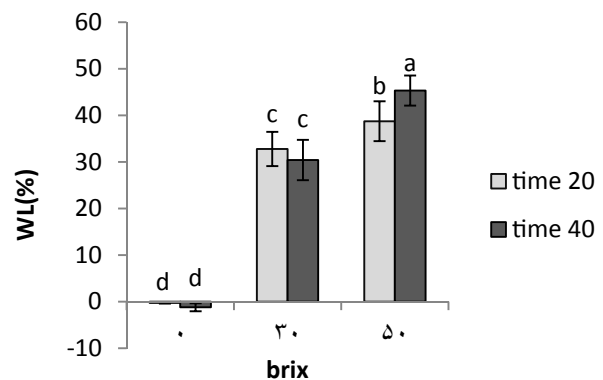
۲-۶- تجزیه و تحلیل آماری

جهت برآورد و بررسی اثرات مدت فرآیند، بریکس محلول اسمزی و اعمال فراصوت، طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل با سه عامل طراحی شد. آزمایش‌ها در دو تکرار انجام شدند. داده‌های حاصل از آنالیز نمونه‌ها، توسط نرم افزار SAS 9.1 آنالیز و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- از دست دادن آب

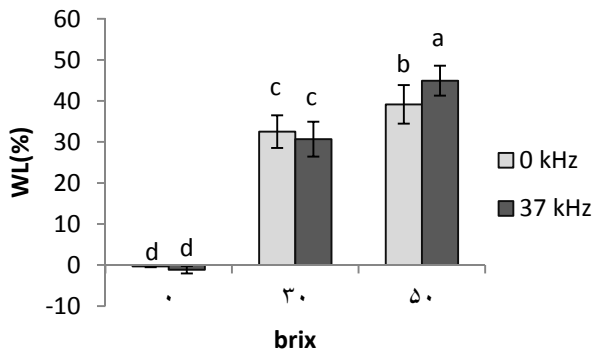
آلوه‌ورای تیمار شده در آب مقطر (۰٪ ساکارز) آب جذب کرد. جذب آب (کاهش رطوبت منفی) در آب مقطر دور از انتظار نبود زیرا برای کاهش فشار اسمزی بافت، آب از محیط به درون بافت آلوه‌ورا نفوذ می‌کند (۱۱). با افزایش غلظت محلول اسمزی مقدار از دست دادن آب افزایش یافت (شکل ۱ و ۲) (۱۱). دو اثر متقابل دوگانه بریکس- زمان و بریکس- فرکانس فراصوت در سطح ۰/۰۵ از لحاظ آماری معنی دار بودند.



شکل ۱- اثر بریکس محلول اسمزی و زمان غوطه‌وری بر کاهش

رطوبت مکعب‌های ژل آلوه‌ورا

حروف متفاوت (a-d) نشانگر داشتن اختلاف معنی دار با درجه بندی دانکن می‌باشد ($p < 0/05$).



شکل ۲- اثر بریکس محلول اسمزی و فرکانس فراصوت بر کاهش

رطوبت مکعب‌های ژل آلوه‌ورا

حروف متفاوت (a-d) نشانگر داشتن اختلاف معنی دار با درجه بندی دانکن می‌باشد ($p < 0/05$).

برای اثر متقابل بریکس-زمان، بیشترین مقدار کاهش رطوبت (۴۵/۳۳٪) در بریکس ۵۰، به مدت ۴۰ دقیقه بود (شکل ۱). به صورت کلی، بریکس بیشتر محلول اسمزی موجب کاهش بیشتر رطوبت با گذشت زمان شد. رفتار مشابهی توسط فرناندس و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شد (۷، ۸، ۹).

در بررسی اثر متقابل بریکس-فرکانس، بیشترین مقدار کاهش رطوبت در بریکس ۵۰ و با اعمال فراصوت با فرکانس ۳۷ kHz و کمترین مقدار کاهش رطوبت در آب مقطر بی تأثیر از اعمال فراصوت می‌باشد. با افزایش بریکس محلول اسمزی کاهش رطوبت افزایش یافت. افت رطوبت در محلول اسمزی با بریکس ۵۰ هنگام فرکانس ۳۷ kHz به صورت معنی داری نسبت به تیمار بدون فراصوت افزایش یافت. نتایج مشابهی توسط گارسیا نوگوارا و همکاران گزارش شد. نتایج آن‌ها نشان داد که تکه‌های توت فرنگی پیش تیمار شده در بریکس ۵۰ توسط فراصوت با فرکانس ۲۵kHz نسبت به پیش تیمار بدون فراصوت، آب بیشتری از دست دادند (۱۱).

امواج فراصوت می‌تواند به دلیل ایجاد کاویتاسیون، در محلول حباب ایجاد کند. افزایش یا کاهش اندازه‌ی حباب‌ها منجر به هم زدن‌های کوچک در لایه مرزی موجود بین ماده جامد معلق و محلول اطراف می‌شود. این هم زدن‌ها سرعت انتقال جرم را با کاهش ضخامت لایه مرزی انتشار ماده جامد، افزایش می‌دهد (۱۸، ۲۲).

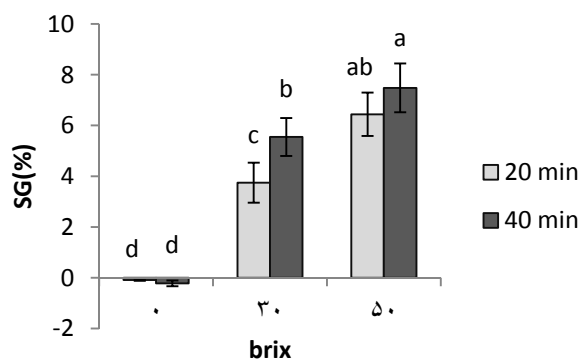
۳-۲- جذب ماده‌ی جامد

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) بریکس محلول اسمزی و زمان فرآیند تأثیر معنی‌داری بر جذب ماده‌ی جامد داشتند. با افزایش بریکس در هر دو زمان مقدار جذب ماده جامد افزایش یافت. دلیل مشاهده‌ی فوق را می‌توان به افزایش فشار اسمزی در اثر افزایش اختلاف غلظت محیط داخل سلولی با محیط اسمزی و افزایش سرعت خروج آب از بافت ژل نسبت داد. ریگی و همکاران (۱۳۹۱) نیز به افزایش جذب ماده‌ی جامد با افزایش بریکس محلول اسمزی اشاره کردند (۱). جذب ماده جامد هنگام تیمار در آب مقطر به دلیل خروج مواد جامد محلول از بافت آلوئه‌ورا، منفی بود. به دلیل اختلاف غلظت، مواد جامد محلول آلوئه‌ورا از بافت به آب احاطه کننده نفوذ می‌کنند (۱۱).

مقدار جذب ماده‌ی جامد در بریکس ۵۰ به مدت ۲۰ دقیقه در مقایسه با بریکس ۳۰ و مدت ۴۰ دقیقه اختلاف معنی‌داری ندارد که بیانگر این مطلب است که می‌توان با افزایش بریکس مدت زمان فرآیند را کاهش داد. بیشترین مقدار جذب ماده جامد (۷/۴۷٪) در بریکس ۵۰ مشاهده شد که افزایش زمان فرآیند تأثیری در میزان جذب نداشت (شکل ۳). در آبدگیری اسمزی به کمک فراصوت بریکس‌های بالای محلول اسمزی در مدت زمان بیشتر، ممکن است باعث انسداد ریز کانال‌ها و کاهش انتقال جرمی قندها از محلول اسمزی به بافت ماده غذایی شود (۱۱). سیمال و همکاران گزارش کردند مقدار جذب ماده‌ی جامد هنگام تیمار با فراصوت به مدت ۳ ساعت در مقایسه با تیمار بدون فراصوت، ۲۳٪ افزایش یافت (۲۲). فرانسیسکا و همکاران هنگام آبدگیری اسمزی سیب مالای، تیمار فراصوت به کار بردند. آن‌ها گزارش کردند که مقدار جذب ماده‌ی جامد هنگامی که فراصوت به کار برده شد، بیشتر بود (۱۰).

۳-۳- کاهش وزن

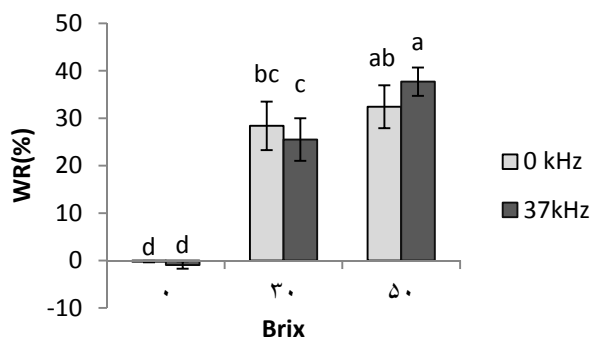
کاهش وزن به صورت تفاوت میان آب حذف شده و ماده‌ی جامد جذب شده تعریف می‌شود. بریکس ۵۰ و فرکانس ۳۷kHz به مدت ۴۰ دقیقه، بیشترین کاهش وزن (۳۹/۳۵٪) را داشت (جدول ۱). بریکس محلول اسمزی بدون اعمال فراصوت از لحاظ آماری تأثیری روی WR نداشت ولی با اعمال فراصوت، با افزایش بریکس محلول اسمزی کاهش وزن نیز افزایش می‌یابد



شکل ۳- اثر بریکس محلول اسمزی و زمان غوطه‌وری بر جذب

ماده‌ی جامد مکعب‌های ژل آلوئه‌ورا

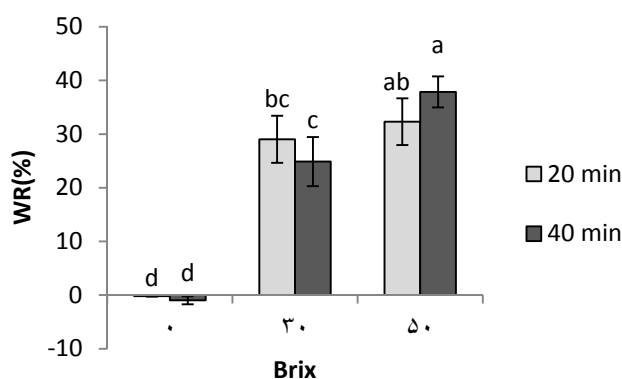
حروف متفاوت (a-d) نشانگر داشتن اختلاف معنی‌دار با درجه بندی دانکن می‌باشد ($p < 0.05$)



شکل ۴- اثر بریکس محلول اسمزی و فرکانس فراصوت بر کاهش

وزن مکعب‌های ژل آلوئه‌ورا

حروف متفاوت (a-d) نشانگر داشتن اختلاف معنی‌دار با درجه بندی دانکن می‌باشد ($p < 0.05$)



شکل ۵- اثر بریکس محلول اسمزی و زمان غوطه‌وری بر کاهش

وزن مکعب‌های ژل آلوئه‌ورا

حروف متفاوت (a-d) نشانگر داشتن اختلاف معنی‌دار با درجه بندی دانکن می‌باشد ($p < 0.05$)

جدول ۱- کاهش رطوبت، جذب ماده‌ی جامد و کاهش وزن هنگام پیش تیمار آلئوئه‌ورا به روش اسمز و فراصوت

غلظت محلول اسمزی	زمان (دقیقه)	کاهش رطوبت (%)	جذب ماده‌ی جامد (%)	کاهش وزن (%)	کارایی آبگیری اسمزی
آبگیری اسمزی بدون اعمال فراصوت					
۰	۲۰	-0.18 ± 0.01	-0.07 ± 0.03	-0.10 ± 0.02	2.65 ± 0.90
۰	۴۰	-0.49 ± 0.07	-0.13 ± 0.03	-0.36 ± 0.04	3.72 ± 0.30
۳۰	۲۰	35.95 ± 0.11	3.15 ± 0.11	32.81 ± 0.56	11.42 ± 0.37
۳۰	۴۰	29.08 ± 0.06	5.09 ± 0.55	23.99 ± 0.49	5.75 ± 0.61
۵۰	۲۰	35.13 ± 0.64	6.60 ± 0.22	28.53 ± 0.42	5.32 ± 0.08
۵۰	۴۰	43.16 ± 1.16	6.82 ± 0.77	36.34 ± 0.39	6.36 ± 0.55
آبگیری اسمزی با اعمال فراصوت: ۳۷ kHz					
۰	۲۰	-0.39 ± 0.01	-0.11 ± 0.00	-0.29 ± 0.01	3.36 ± 0.25
۰	۴۰	-1.92 ± 0.36	-0.31 ± 0.09	-1.61 ± 0.27	5.17 ± 0.38
۳۰	۲۰	29.59 ± 0.30	4.34 ± 0.64	25.25 ± 0.34	6.88 ± 0.95
۳۰	۴۰	31.76 ± 7.01	6.01 ± 0.73	25.75 ± 7.74	5.40 ± 1.82
۵۰	۲۰	42.35 ± 1.51	6.28 ± 1.43	36.07 ± 0.08	6.89 ± 1.33
۵۰	۴۰	47.50 ± 3.31	8.14 ± 0.66	39.36 ± 3.97	5.87 ± 0.88

درصد چروکیدگی مشاهده نشد (شکل ۵). با افزایش جذب مواد جامد طی فرآیند اسمز به دلیل افزایش مقاومت بافت در نتیجه‌ی نفوذ قند، میزان چروکیدگی کاهش یافت. در حقیقت مواد جامدی که به فضای میان بافتی نفوذ می‌کنند با پر کردن فضاها و معجاری خالی از ایجاد چروکیدگی در این بخش‌ها تا حد زیادی جلوگیری می‌نمایند (۲ و ۱۵). ریوا و همکاران (۲۰۰۵) نتایج مشابهی در خشک کردن مکعب‌های زرد آلو با پیش تیمار اسمزی گزارش کردند (۲۰).

۵-۳- دانسیته مکعب

خصوصیات حسی و بافتی مواد غذایی به دانسیته آن بستگی دارد (۱۶). با افزایش غلظت محلول اسمزی دانسیته‌ی مکعب‌های آلئوئه‌ورا افزایش یافت (شکل ۶) که این امر به دلیل پر شدن فضاهای خالی توسط مواد جامد و افزایش دانسیته می‌باشد که دور از انتظار نبود. تجمع ساکارز در سطح خارجی، یک لایه با دانسیته‌ی زیاد که نفوذ بیشتر محلول اسمزی و به صورت همزمان جریان گاز از ماده به داخل محلول را به کمترین حد ممکن می‌رساند (۱۲). تأثیر این عوامل باعث تفاوت کم دانسیته در بریکس ۳۰ و بریکس ۵۰ می‌شود. مایر و همکاران هنگام خشک کردن کدو تنبل با پیش تیمار اسمزی مشاهده کردند در ابتدا

نسبت کاهش رطوبت به جذب ماده‌ی جامد یک شاخص واحد است که به صورت واضح کارایی فرآیند آبگیری اسمزی را نشان می‌دهد (۱۳). در این شاخص هر چه نسبت از دست دادن آب به جذب ماده‌ی جامد بیشتر باشد، کارایی فرآیند اسمزی بیشتر خواهد بود. بریکس ۳۰ به مدت ۲۰ دقیقه غوطه‌وری بدون اعمال فراصوت بیشترین کارایی را داشت (جدول ۱). در بقیه بریکس‌ها و زمان‌ها با یا بدون اعمال فراصوت کارایی تفاوت معنی داری نداشت که بیانگر تغییر در جذب ماده‌ی جامد و کاهش رطوبت به یک نسبت تحت اثر این عوامل بود.

۴-۳- چروکیدگی

بیشترین مقدار چروکیدگی در آب مقطر (۹۸/۹۸۳٪) و کمترین مقدار چروکیدگی بعد از تیمار با محلول اسمزی با بریکس ۵۰ (۹۳/۲۲۹٪) بود. با افزایش زمان فرآیند از ۲۰ دقیقه به ۴۰ دقیقه نیز مقدار چروکیدگی به صورت معنی داری ($p < 0.05$) کاهش می‌یابد. در زمان فرآیند ۲۰ دقیقه با افزایش بریکس از ۳۰ به ۵۰، مقدار چروکیدگی به صورت معنی داری کاهش می‌یابد ولی در زمان فرآیند ۴۰ دقیقه با افزایش بریکس، تفاوت معنی داری بین

داری مشاهده نشد. بنابراین استفاده از فراصوت می‌تواند به عنوان روشی برای تسریع در آبدگیری اسمزی ژل آلوئه‌ورا مخصوصاً در محلول‌های اسمزی با بریکس زیاد استفاده شود.

۵- منابع

۱- ریگی، ص. الهامی، ا.، ۱۳۹۱، بررسی تأثیر روش‌های خشک کردن با استفاده از پیش تیمارهای اسمزی و مایکروویو بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و آنتی اکسیدانی ژل آلوئه‌ورا، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی سبزوار.

۲- شهیدی، ف.، محبی، م.، نو شاد، م.، احتیاطی، ا.، فتحی، م.، ۱۳۹۰، بررسی تأثیر پیش تیمار فراصوت بر برخی ویژگی‌های کیفی موز خشک شده به روش هوای داغ، نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۷ (۴)، ص. ۲۷۲-۲۶۳.

3- AOAC, 1990. Official Method of Analysis, No. 931.04. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

4- Eshun, K. and He, Q. 2004. Aloe vera: a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries—a review. Critical reviews in food science and nutrition, 44(2), 91-96.

5- Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S. 2011. Ultrasound application as pre-treatment for drying of fruits. In Proceedings of the International Congress on Engineering and Food, Vol. 3, pp. 1987-1989.

6- Fernandes, F.A.N., Linhares Jr, F.E. and Rodrigues, S. 2000. Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. Ultrasonics Sonochemistry, 15, 1049-1054.

7- Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S., Gaspareto, O.C.P. and Oliveira, E. L. 2006. Optimization of osmotic dehydration of bananas followed by air-drying. Food Engineering, 77, 188-193.

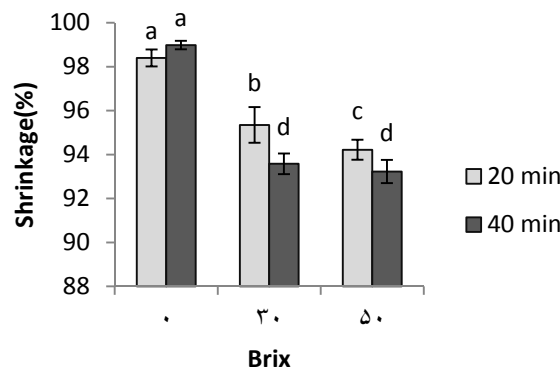
8- Fernandes, F.A.N., Gallaõ, M.I. and Rodrigues, S. 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. Journal of Food Engineering, 90, 186-190.

9- Fernandes, F.A.N., Gallo, M.I. and Rodrigues, S. 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. LWT—Food Science and Technology, 41, 604-610.

10- Francisa, I.P., Oliveira, M.I. and Gallao, S.F.N. 2010. Dehydration of Malay apple (*Syzygium malaccense* L.) using ultrasound as pre-treatment. Food Bioprocess Technology 4: 610-615.

11- Garcia-Noguera, J., Oliveira, F.I.P., Gallaõ, M.I., Weller, C.L., Rodrigues, S. and Fernandes, F.A.N. 2010. Ultrasound-assisted osmotic

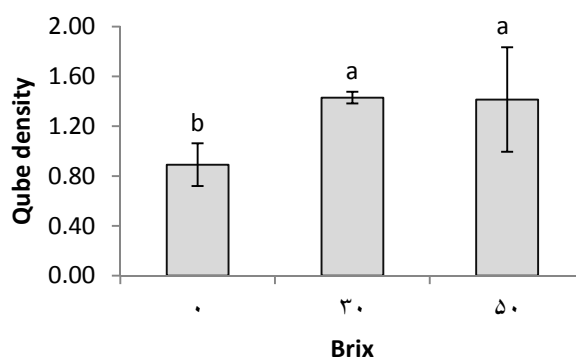
دانیسته توده تا بیشترین حد افزایش یافت و سپس یا ثابت ماند یا نوسان داشت (۱۶).



شکل ۵- اثر بریکس محلول اسمزی و زمان غوطه‌وری بر

چروکیدگی مکعب‌های ژل آلوئه‌ورا

حروف متفاوت (a-d) نشانگر داشتن اختلاف معنی دار با درجه بندی دانکن می‌باشد ($p < 0.05$).



شکل ۶- اثر بریکس محلول اسمزی بر دانسیته‌ی مکعب‌های ژل

آلوئه‌ورا

حروف متفاوت (a, b) نشانگر داشتن اختلاف معنی دار با درجه بندی دانکن می‌باشد ($p < 0.05$).

۴- نتیجه‌گیری

با افزایش بریکس محلول اسمزی مقدار افت رطوبت، جذب ماده جامد، کاهش وزن، چروکیدگی و دانسیته قطعات آلوئه‌ورا افزایش یافت. با اعمال فراصوت در محلول اسمزی با بریکس ۵۰، مقدار کاهش وزن و از دست دادن آب قطعات آلوئه‌ورا بیشتر شد ولی جذب ماده جامد تغییر معنی داری نکرد. هرچند در مقدار دانسیته و چروکیدگی نمونه‌ها نیز با اعمال فراصوت تفاوت معنی

- dehydration of strawberries: Effect of pretreatment time and ultrasonic frequency. *Drying Technology*, 28, 294-303.
- 12- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P., Chiralt, A., 2003. Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering* 58, 33-43.
- 13- Jalaei, F., Fazeli, A., Fatemian, H., Tavakolipour, H., 2011. Mass transfer coefficient and the characteristics of coated apples in osmotic dehydrating. *Food and bioproducts processing*, 89: 367-374.
- 14- Ko, B., Eren, I., and Kaymak Ertekin, F. 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering*, 85(3), 340-349.
- 15- Lozano, J.E., Rostein, E. and Urbician, M. J. 1983. Shrinkage, porosity and bulk density of food stuffs and at changing moisture contents. *J. Food Sci*, 48, 1497-1553.
- 16- Mayor, L., Moreira, R. and Sereno, A.M. 2011. Shrinkage, density, porosity and shape changes during dehydration of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) fruits. *Journal of Food Engineering*, 103, 29-37.
- 17- Mohsenin, N. 1986. *Physical properties of plant and animal materials*. New York, USA: Gordon & Breach science publishers Inc.
- 18- Mulet, A., Cárcel, J.A., García-Pérez, J.V., Riera, E., 2011. Ultrasound-assisted hot air drying of foods. In: Feng, H., Barbosa-Cánovas, G.V., Weiss, J. (Eds.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Springer, New York, pp. 511-534.
- 19- Raoult-Wack, A.L. 1994. Advances in osmotic dehydration. *Trends in Food Science Technology*, 5: 255-260.
- 20- Riva, M., Campolongo, S., Leva, A.A., Maestrelli, A. and Torreggiani, D. 2005. Structure-property relationships in osmo-air-dehydrated apricot cubes. *Food Research International*, 38, 533-542.
- 21- Rodrigues, S., Oliveira, F.I., Gallao, M.I. and Fernandes, F.A. 2009. Effect of immersion time in osmosis and ultrasound on papaya cell structure during dehydration. *Drying Technology*, 27(2), 220-225.
- 22- Simal, S., Bénédict, J., Sgánchez, E.s. and Rossello, C. 1998. Use of ultrasound to increase mass transport rates during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, 36, 323-336.
- 23- Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Aranda, M., Henriquez, K., Vergara, J., Tabilo-Munizaga, G. and Pérez-Won, M. 2011. Effect of high hydrostatic pressure on functional properties and quality characteristics of Aloe vera gel (*Aloe barbadensis* Miller). *Food Chemistry*, 129(3), 1060-1065.