

نقش پیش تیمار فراصوت بر ویژگیهای کیفی چیپس سه رقم سیب بومی ایران

بهجت تاج الدین^{۱*}، کلثوم جهان میهن^۲

۱- دانشیار، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- کرج- ایران

۲- دانش آموخته رشته صنایع غذایی (کارشناسی ارشد)، دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم تحقیقات سبزوار

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۱۵)

چکیده

در پژوهش حاضر با استفاده از پیش تیمار فراصوت از سه رقم سیب شفیع آبادی، عروس مشکین شهر، و گلاب، فرآورده چیپس تهیه شد و شاخص های کیفی مهم آن بررسی گردید. نتایج حاصل از مقایسه پیش تیمارهای مختلف اعمال شده روی ارقام مختلف سیب شامل فراصوت، استفاده از دارچین و اسید (محلول ۳٪ اسید سیتریک و ۷٪ اسید آسکوریک) برای تولید چیپس نشان داد که اختلاف آماری معنی داری بین ارقام مختلف وجود ندارد و نتایج آزمون^۳ها (غیر از رطوبت) فقط تحت تاثیر تیمارهای مختلف هستند. تیمار فراصوت سبب افزایش شاخص بازجذب آب شد حال آن که دارچین باعث افت مقدار بازجذب آب گردید. اسید نقش معنی داری ($p > 0.05$) نداشت. از نظر سفتی بافت، چیپس تهیه شده از پیش تیمار فراصوت، بافت کاملاً شکننده ای داشت اما دارچین، سبب افزایش سفتی بافت شد. اسید، تاثیر معنی داری نداشت. با استفاده از پیش تیمار فراصوت، میزان چروکیدگی چیپس کاهش یافت. میزان تغییرات رنگ در رقم عروس مشکین با پیش تیمار اسید، به حد اقل رسید. پیش تیمار فراصوت نیز سبب بهبود رنگ گردید. از نظر ارزیابی حسی، رقم شفیع آبادی هنگامی که از پیش تیمار فراصوت (چروکیدگی کمتر و بازجذب آب بیشتر) به همراه اسید (کاهش تغییرات رنگ) و دارچین (ایجاد طعم جدید در چیپس سیب) استفاده شد، مطلوب ترین تیمار محسوب گردید. به طور کلی در این مطالعه، رقم شفیع آبادی همراه با سه پیش تیمار فراصوت، دارچین و اسید (به صورت توأم) برای تولید چیپس سیب توصیه می شود.

کلید واژگان: خشکبار، فراصوت، میان وعده.

* مسئول مکاتبات: b.tajeddin@areeo.ac.ir

۱- مقدمه

میوه سیب، با دارا بودن ارزش غذایی، دارویی و اقتصادی بالا، موارد مصرف متعددی دارد. سیب، اغلب به صورت خام خورده می شود و تمام آن از جمله پوست، برای مصرف انسان مناسب هستند، به جز دانه ها که به دلیل وجود سموم طبیعی، اغلب خورده نشده و دور انداخته می شوند [۱]. علاوه بر تازه خوری، سیب به شکل کمپوت، انواع سالاد، چیپس، آب میوه، مارمالاد و غیره استفاده می شود، به عنوان افزودنی برای انواع و اقسام غذاها، و در تهیه شیرینی های مختلف کاربرد دارد، به صورت خشک به عنوان مصرف تنقلاتی برای دیابتی ها و افرادی با کلسترول خون بالا بسیار مفید است [۲] و در صنایع نان، شیرینی، بستنی و غیره کاربرد دارد [۳-۴]. با توجه به اهمیت و ارزش غذایی بالای تنقلات، گنجاندن آن در برنامه غذایی روزانه، لازم و ضروری است و تولید تنقلاتی با ایمنی غذایی بالاتر، از اهداف تولیدکنندگان و صنایع تبدیلی می باشد. در این میان، سیب با دارا بودن ارزش غذایی بالا، می تواند یکی از گزینه های مورد نظر تولیدکنندگان اسنک^۱ قرار گیرد که طی آن ممکن است از طعم دهنده های مختلف با خواص ضد اکسایشی بالا برای افزایش ایمنی و ارزش غذایی سیب استفاده کرد. نکته جالب توجه دیگر در تهیه اسنک و تنقلات سیب، حجم و فضای کم این مواد نسبت به مواد خام اولیه است که در نتیجه می توان از این مواد فرآوری شده برای سفره های هوای (مثلا خلبان ها و کادر پرواز)، سفره های فضایی و مواقع جنگ استفاده کرد.

خشک کردن یکی از روش های قدیمی و مرسوم برای نگهداری محصولات کشاورزی است. مهم ترین هدف خشک کردن، جدا کردن آب از ماده غذایی و افزایش مدت زمان ماندگاری و جلوگیری از فساد ماده غذایی است. به علاوه، هنگام خشک کردن، وزن و حجم ماده غذایی کاهش پیدا کرده و در نتیجه هزینه های بسته بندی، حمل و نقل، انبارداری و توزیع (پخش) مواد غذایی کاهش می یابد [۵].

به طور کلی، سیب خشک^۲، فرآورده ای است که در نتیجه فرآوری میوه های تمیز و سالم سیب، تحت شرایط خوب ساخت^۳، شستشو، دانه گیری، برش (با/ بدون پوست) و خشک کردن به روش آفتابی و یا سایر روش ها بدست می آید. چیپس

سیب^۴، نوعی اسنک کم کالری با مواد طعم دهنده مختلف است. میزان کالری چیپس سیب، ۳۵۰۰ کیلو کالری در کیلوگرم بوده و مقدار ویتامین C آن به غلظت اولیه این ویتامین در میوه سیب بستگی دارد که در دامنه ۷۰۰-۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم فرآورده قرار می گیرد که در صورت اضافه کردن اسید آسکوربیک به شربت، این میزان تا ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم فرآورده نیز افزایش می یابد. از آنجایی که برش های سیب همراه با پوست و حفره های بذری خشک می شوند، چیپس مذکور غنی از فیبر و ترکیبات فنلی است که میزان پلی فنل ها به نوع رقم، منطقه رشد، سال برداشت، طول مدت و شرایط انبار بستگی دارد. ظرفیت آنتی اکسیدانی گوشت میوه سیب هم در طی مراحل مختلف فرآوری، دچار تغییر و تبدیلاتی می شود که ممکن است اثر مثبت داشته و باعث افزایش فعالیت ضد-اکسایشی گردد و یا برعکس، باعث نابودی ترکیبات فنلی شود [۶]. تارکو و همکاران (۲۰۱۰)، با هدف بدست آوردن طعم-های مختلف چیپس سیب با خاصیت ضد اکسایشی بالا، به این نتیجه رسیدند که افزودن ادویه به چیپس سیب، باعث افزایش خصوصیات آنتی اکسیدانی شده و میزان ترکیبات پلی فنلی را تا ۱۵-۳۰ درصد افزایش می دهد و بیان کردند که کیفیت، طعم و عطر ادویه مورد استفاده باید برطعم و عطر شیرین چیپس سیب، غالب باشد [۶].

متداول ترین روش خشک کردن مواد غذایی، استفاده از جریان هوای داغ با جابجایی (کنوکسیون) اجباری است که در آن هوای داغ با عبور از سطح ماده غذایی باعث تبخیر آب و رسیدن رطوبت آن به حد مورد نظر می شود. خشک کردن با جریان هوای داغ علاوه بر داشتن مزایایی مانند امکان کنترل دقیق دما، صرف نظر از اندازه و شکل محصول، و عدم نیاز به تماس مستقیم دارای معایبی نیز است. از جمله این معایب، نیاز به زمان زیادتر و دمای بالاتر برای خشک کردن محصول طی دوره سرعت نزولی می باشد. علاوه بر این، دماهای بالا باعث چروکیدگی زیاد محصول، کاهش جذب مجدد آب، کاهش ارزش تغذیه ای و مصرف انرژی بالا می شود [۷]. چروکیدگی محصول از عیوب مهم حین خشک شدن با استفاده از جریان هوای داغ و یک عامل محدودکننده در انتقال جرم است که باعث افت خصوصیات کمی و کیفی محصول و افزایش مدت زمان لازم برای خشک شدن آن می شود [۸]. از دیگر عیوب

1. Snack
2. Dried Apple
3. GMP-Good Manufacture Practices

خشک شدن تحت جریان هوای داغ، ایجاد رنگ نامطلوب در محصول خشک شده است. در حقیقت، رنگ و ظاهر ماده غذایی تحت تاثیر نوع آماده سازی اولیه قرار می گیرد و در تعیین قیمت نهایی محصول، نقش بسزایی دارد [۹]. برای کاهش معایب مذکور، می توان از پیش تیمارهای مختلفی از جمله فراصوت، قبل از فرایند خشک کردن با جریان هوای داغ استفاده کرد [۱۰-۱۲].

پیش تیمار فراصوت^۱، شامل غوطه ور کردن میوه در آب مقطر یا محلول آبی هیپرتونیک^۲ همزمان با اعمال امواج فراصوت می باشد. امواج فراصوت، باعث یکسری انقباض ها و انبساط های متناوب سریع شده (اثر اسفنجی) و رطوبت داخل لوله های موئین را به وسیله ایجاد اختلاف فشار مکش لوله موئین حفظ می کند [۱۳]. علاوه بر این، فراصوت باعث ایجاد کاویتاسیون (حفره) در داخل ماده غذایی می شود که ممکن است برای جداسازی آب متصل، مفید باشد [۱۴]. از دیگر اثرات فراصوت، تنش سطحی و تغییر شکل مواد جامد متخلخل است که مسئول ایجاد کانال های میکروسکوپی، کاهش لایه مرزی انتشار و افزایش انتقال جرم کتوکسیونی در مواد غذایی هستند [۱۵]. مزیت دیگر استفاده از فراصوت، نیاز به افزایش کمتر دما در طول فرایند می باشد. در نتیجه، فراصوت بدون داشتن اثرات سوء روی ویژگی های کیفی ماده غذایی می تواند به عنوان یک پیش تیمار در خشک کردن محصولات غذایی حساس به حرارت به کار رود. چرا که به طور کلی، باعث افزایش سرعت و کاهش دمای مورد نیاز برای خشک کردن می شود [۱۶].

تحقیقات نشان داده است که فراصوت با افزایش ضریب انتشار موثر رطوبت و افزایش سرعت انتشار مولکول های آب در حین خشک شدن، باعث کاهش چروکیدگی و بهبود خصوصیات رنگی و حسی محصول خشک شده می شود. استفاده از پیش تیمار فراصوت، جذب مجدد آب محصول خشک شده را به وسیله ایجاد تنش های داخلی و ایجاد منفذ های ریز در داخل ماده غذایی، بهبود می دهد [۱۰].

در مورد کاربرد فراصوت به عنوان پیش تیمار قبل از خشک کردن با جریان هوا، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. طی مطالعه ای، تاثیر فراصوت و آبیگری اسمزی بعنوان پیش تیمار برای خشک کردن موز بررسی شد [۱۲]. در این

تحقیق، سه نمونه موز در آب مقطر (نسبت آب به میوه ۱:۴) در معرض امواج فراصوت به مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه و با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز قرار گرفت. در تیمار دیگر، سه نمونه موز در محلول اسمزی ساکارز (نسبت محلول اسمزی به میوه ۱:۴) با بریکس ۵۰ و ۷۰، به مدت ۰/۵، ۱ و ۲ ساعت، و دماهای ۵۰ و ۷۰ درجه سلسیوس غوطه ور شدند. در ادامه، نمونه ها در آون ۶۰ درجه سلسیوس خشک شدند. نتایج نشان داد که در نتیجه استفاده از فراصوت، افزایش قابل توجهی در قابلیت انتشار رطوبت در حین خشک کردن بدست می آید. همچنین، نمونه هایی که در معرض فراصوت قرار گرفتند، مواد جامد محلول خود را از دست داده و باعث تولید محصول خشک شده با مقدار قند پایین شدند. هر دو پیش تیمار، ضریب انتشار موثر رطوبت را افزایش دادند ولی پیش تیمار فراصوت، این ضریب را بیشتر افزایش داد. با اینکه هر دو پیش تیمار، کل زمان فرایند (پیش تیمار + خشک کردن با هوا) را در مقایسه با نمونه شاهد کاهش دادند؛ پیش تیمار آبیگری اسمزی، کل زمان فرایند را بیشتر از پیش تیمار فراصوت کاهش داد. حداکثر ضریب انتشار موثر رطوبت و حداقل کل زمان فرایند هنگامی بدست می آید که فراصوت به مدت ۲۲ دقیقه اعمال گردد.

در تحقیقی دیگر، نمونه های قارچ دکمه ای، کلم بروکلی، و گل کلم در معرض امواج فراصوت با شدت ۲۰ و ۴۰ کیلوهرتز به مدت ۳ و ۱۰ دقیقه قرار گرفته و ویژگی آبیگری مجدد آن ها با نمونه های بدون اعمال پیش تیمار، نمونه های خشک شده با استفاده از خشک کن انجمادی و نمونه های آنزیم ببری شده (آب داغ ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ دقیقه) مقایسه شد [۱۱]. نتایج نشان داد که میزان انتقال جرم در نمونه های فراصوتی افزایش یافته و زمان خشک شدن با هوای داغ در آن ها کاهش می یابد. نمونه های خشک شده با خشک کن انجمادی به همراه نمونه های فراصوت شده، بیشترین قابلیت را در آبیگری مجدد از خود نشان دادند.

نتایج تاثیر پیش تیمار فراصوت در حضور آب مقطر و به همراه محلول اسمزی روی خشک کردن آناناس نشان داد که در پیش تیمار فراصوت در حضور آب مقطر، تغییرات جزئی در محتوای رطوبتی میوه رخ می دهد؛ در حالی که در فراصوت همراه با محلول اسمزی، علاوه بر افزایش خروج رطوبت، باعث افزایش ورود محلول اسمزی به داخل نمونه می شود [۱۷]. هم چنین طی مطالعه ای، تاثیر پیش تیمار فراصوت و

1. Ultrasound
2. Hypertonic

آبگیری اسمزی بر ساختار سلولی خربزه مطالعه شد [۱۸]. نتایج نشان داد که تفاوت قابل توجهی بین دو پیش تیمار وجود دارد زیرا امواج فراصوت با ایجاد کانالهای میکروسکوپی در نمونه‌ها، باعث افزایش ضریب انتشار موثر رطوبت شده است، در حالی که آبگیری اسمزی، تغییر شکل دیواره سلولی و گسیختگی بین سلول‌ها و تجزیه بافت را سبب شده است. با توجه به مطالعات فوق، در پژوهش حاضر، با استفاده از پیش تیمار فراصوت از سه رقم سیب بومی ایران (شفیع آبادی، عروس مشکین شهر، و گلاب)، فرآورده چیپس تهیه شد و شاخص‌های کمی و کیفی مهم آن بررسی گردید.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

سه رقم سیب بومی ایران (ارقام عروس مشکین شهر و شفیع آبادی از بازار میوه و تره‌بار کرج؛ و رقم گلاب که از کلکسیون باغ سیب، مهرشهر کرج) تهیه شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. روز صفر، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها شامل میزان رطوبت، اسیدیته، pH، بافت، و رنگ اندازه‌گیری شد. برای آن که تمام آزمایشات در شرایط یکسان انجام شود و تغییرات چندانی وجود نداشته باشد، سیب‌های تقریباً یک اندازه از سه رقم سیب انتخاب شد. سیب‌ها، درون یخچال قرار گرفتند تا شرایط نگهداری برای تمام نمونه‌ها قبل از خشک شدن یکسان باشد. دارچین از شرکت گل‌ها، سرکه از شرکت وردا، سایر موارد از جمله اسید آسکوبیک و سیتریک نیز از شرکت‌های نماینده شرکت مرک^۱ در ایران خریداری شد.

۲-۲- تهیه چیپس

برای تهیه چیپس سیب، ابتدا میوه‌ها از یخچال خارج و با آب شسته و در دمای محیط خشک و سپس، با استفاده از یک دستگاه برش‌دهنده معمولی (مدل بتاتی^۲، ساخت هنگ کنگ)، به قطعات با ضخامت ۳ میلی‌متر تبدیل شدند. برش‌های تقریباً یک اندازه، وزن گردیدند. برخی از نمونه‌ها، در مخلوطی از محلول ۷٪ اسید آسکوربیک و ۳٪ اسید سیتریک به مدت ۱۰ دقیقه قرار گرفتند. این عمل، از قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری می‌کند و باعث حفظ ویتامین C می‌شود. با توجه به مطالعات

پیشین، از پیش تیمار فراصوت (مدل هلیجر^۳، ساخت آلمان) نیز با شدت ۰/۵ وات بر مترمربع، فرکانس ۳۵ کیلوهرتز به مدت ۲۰ دقیقه (برای هر ورقه سیب با ضخامت ۳mm داخل آب مقطر نسبت نمونه به آب مقطر، ۱ به ۴) استفاده شد. سپس، تیمارهای مختلف نمونه‌های سیب، در خشک‌کن (مدل آرمفیلد^۴، ساخت آلمان) با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴۰-۱۸۰ دقیقه قرار گرفتند تا رطوبت نمونه‌ها به ۲۰٪ برسد. مرحله بعدی، اضافه کردن مواد افزودنی طعم‌دار (دارچین) به چیپس سیب حاصله بود که به ازای هر ۱۵۰ گرم برش تازه سیب از طعم دارچین ۰/۵ گرم استفاده شد. نمونه‌های چیپس در فیلم‌های پلی اتیلنی پلاسمای سرد بسته‌بندی شدند. برای نمونه، چیپس حاصل از سیب گلاب (با پیش تیمار فراصوت و طعم دارچین) در شکل ۱، نشان داده شده است.



Fig 1 Apple chips, variety Golab with ultrasonic pretreatment and cinnamon flavor

۲-۳- ارزیابی ویژگی‌های چیپس

۲-۳-۱- درصد رطوبت

تعیین رطوبت با استفاده از توزین نمونه‌ها و تغییرات رطوبت آن‌ها طی دوره زمانی مشخص براساس استاندارد AOAC (۱۹۹۷) انجام گرفت.

۲-۳-۲- جذب مجدد آب

جذب مجدد آب به صورت نسبت وزن نمونه آب جذب کرده به وزن نمونه خشک بیان می‌شود و مطابق رابطه ۱ محاسبه می‌شود [۱۰]:

$$RR = M_f / M_0 \quad \text{رابطه (۱)}$$

3. Hielscher
4. Armfield

1. Merck
2. bentati

RR: میزان جذب مجدد آب (گرم آب بر گرم ماده جامد

خشک)

M_f : وزن نمونه‌های آبیگری مجدد شده (گرم)

M_o : وزن نمونه‌های خشک شده (گرم)

۲-۳-۳- بافت

مقاومت چپیس سبب در برابر نیروی وارده به وسیله دستگاه بافت‌سنج (Hounsfield, مدل H5KS, ساخت انگلستان)،

روش برشی^۱، و با مشخصات زیر اندازه‌گیری شد.

طول، عرض، و ضخامت تیغه برش^۲ به ترتیب ۸۷/۸۸، ۶۹/۹۷،

و ۳ میلی‌متر

دامنه بارگذاری^۳ = ۵۰۰ نیوتن

سرعت^۴ = ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه

دامنه کشش^۵ = ۷/۵ میلی‌متر

نقطه پایان^۶ = ۷ میلی‌متر

۲-۳-۴- رنگ‌سنجی

برای انجام این آزمون از دستگاه رنگ‌سنج مینولتا (Konica

Minolta, مدل CR-400, ساخت ژاپن) با در نظر گرفتن

شاخص‌های L (شاخ سفیدی یا روشنایی)، a (قرمزی -

سبزی)، و b (زردی - آبی) در ابتدا و انتهای خشک کردن،

انجام گرفت.

۲-۳-۵- چروکیدگی

چروکیدگی به صورت نسبت حجم نهایی (محصول خشک

شده) و حجم اولیه آن (محصول تازه) بیان می‌شود و از طریق

رابطه ۲ محاسبه می‌گردد [۱۹]. حجم پیکنومتر استفاده شده،

۲۵ ml بود.

$$S = (V_d/V_o) \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

S: درصد چروکیدگی

V_d : حجم ظاهری نمونه پس از خشک شدن (سانتی‌متر مکعب)

V_o : حجم ظاهری نمونه تازه (سانتی‌متر مکعب). با استفاده از

روش جابجایی حلال (روش جابجایی تولوئن)، حجم ظاهری

نمونه اندازه‌گیری شد.

۲-۳-۶- ارزیابی حسی

برای آزمون حسی چپیس‌های حاصل، از روش امتیازبندی

هدونیک پنج نقطه‌ای^۷ (بالاترین امتیاز: همپلین-ترین-لمتیلزنا)

برای هر یک از توصیف‌گرهای حسی (طعم و مزه، تردی،

رنگ، شکل، عطر و رایحه) توسط ۱۰ ارزیاب حسی خانم با

متوسط سن ۳۰ سال در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی

کشاورزی انجام گرفت. پذیرش کلی نیز با مجموع امتیازات

حاصل، جمع بندی شد.

۲-۳-۷- روش آماری و نرم‌افزارهای لازم

بررسی آماری به صورت طرح کاملاً تصادفی بر پایه آزمون

فاکتوریل با چهار عامل رقم سبب بومی ایران در سه سطح

(گلاب‌کهنز، شفیع‌آبادی، و عروس مشکین‌شهر)؛ استفاده از

فراصوت در دو سطح (استفاده و عدم استفاده از آن)؛ استفاده از

اسید در دو سطح (استفاده و عدم استفاده از آن)؛ و میزان

دارچین افزوده شده (۰/۵ گرم به ازای ۱۵۰ گرم سبب) در دو

سطح (استفاده از دارچین و عدم استفاده از آن) انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم‌افزار SAS 9.1 صورت

گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز بر اساس آزمون LSD^8 انجام

شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس آزمون‌های مختلف برای هر

یک از متغیرهای وابسته کمی و کیفی چپیس تهیه شده از سه

رقم سبب بومی ایران (گلاب، شفیع‌آبادی، و عروس مشکین)

مشمول بر میزان رطوبت، جذب آب، سفتی، چروکیدگی و

تغییرات رنگ، در جدول ۱ خلاصه شده است. نتایج نشان داد

که اثر رقم سبب بر تمامی متغیرهای مورد بررسی (به جز میزان

رطوبت) حاصل از چپیس معنی‌دار ($p < 0.05$) است.

1. Shear
2. shear blade
3. Load range
4. Speed
5. Extension range
6. End point

7. Point method
8. Least Significant Difference

Table 1 The variance analysis results for the chips of three apple varieties

Source of Variation	Freedom degree	Mean Squares				
		Moisture	Rehydration rate	Texture	Color changes	Shrinkage
Apple variety	23	17.20 ^{ns}	833.10 *	12.53	34651.19 *	8099.88 *
Error	48	32.66	13.94	5.77	496.17	15.25

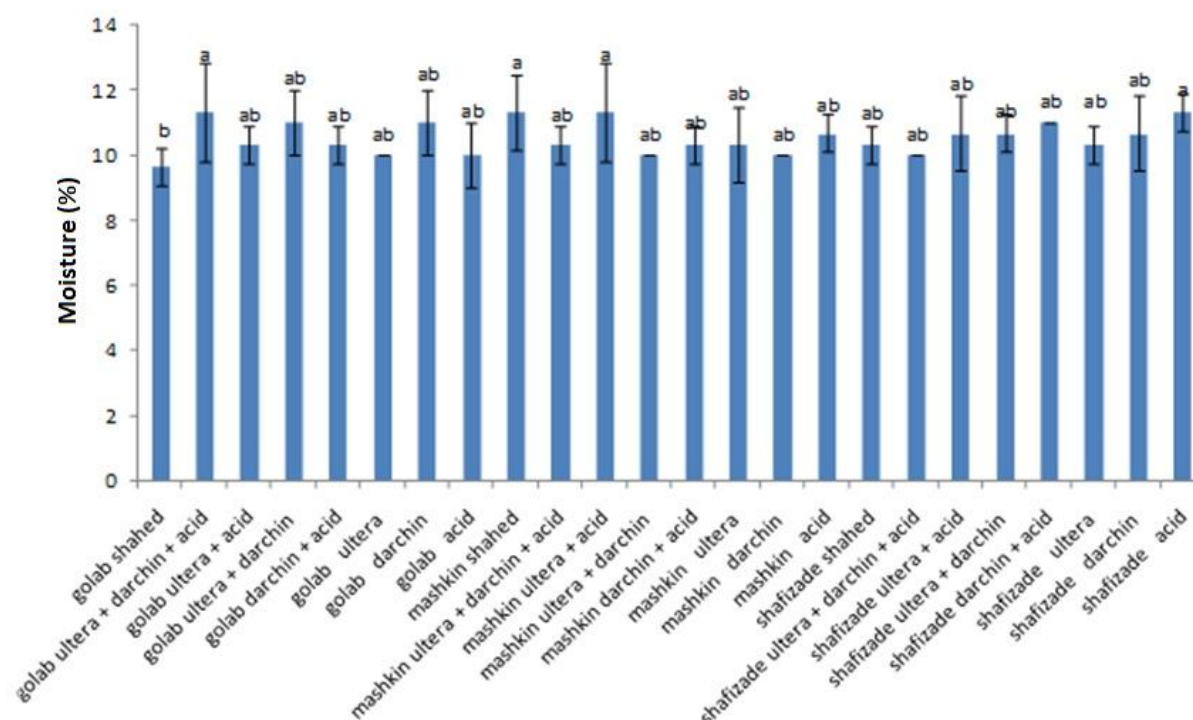
* The effect of the factor on the chips characteristics is significant ($p < 0.05$)

ns: The effect of the factor on the chips characteristics is not significant

۳-۱- مقدار رطوبت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری ($p > 0.05$) بین میزان رطوبت چیپس حاصل از تیمارهای مختلف (دارچین، فراصوت و اسید) اعمال شده روی

ارقام مختلف سیب وجود ندارد. با توجه به نحوه خشک کردن یکسان، میزان رطوبت چیپس‌ها نیز یکسان و نزدیک به هم می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای میزان رطوبت در شکل ۲، مشاهده می‌شود.

**Fig 2** Moisture content of the chips of different treatments**۳-۲- میزان جذب آب**

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) بین میزان بازجذب آب چیپس حاصل از تیمارهای مختلف (دارچین، فراصوت و اسید) روی سیب وجود دارد. مطابق نتایج حاصل از مقایسات میانگین‌ها برای

میزان بازجذب (شکل ۳)، بیشترین باز جذب در پیش تیمار فراصوت به تنهایی و در رقم گلاب با میزان ۲۸/۹۶ درصد مشاهده شد و کمترین میزان باز جذب در رقم گلاب زمانی که از دارچین استفاده شد با میزان ۱۳ درصد مشاهده شد.

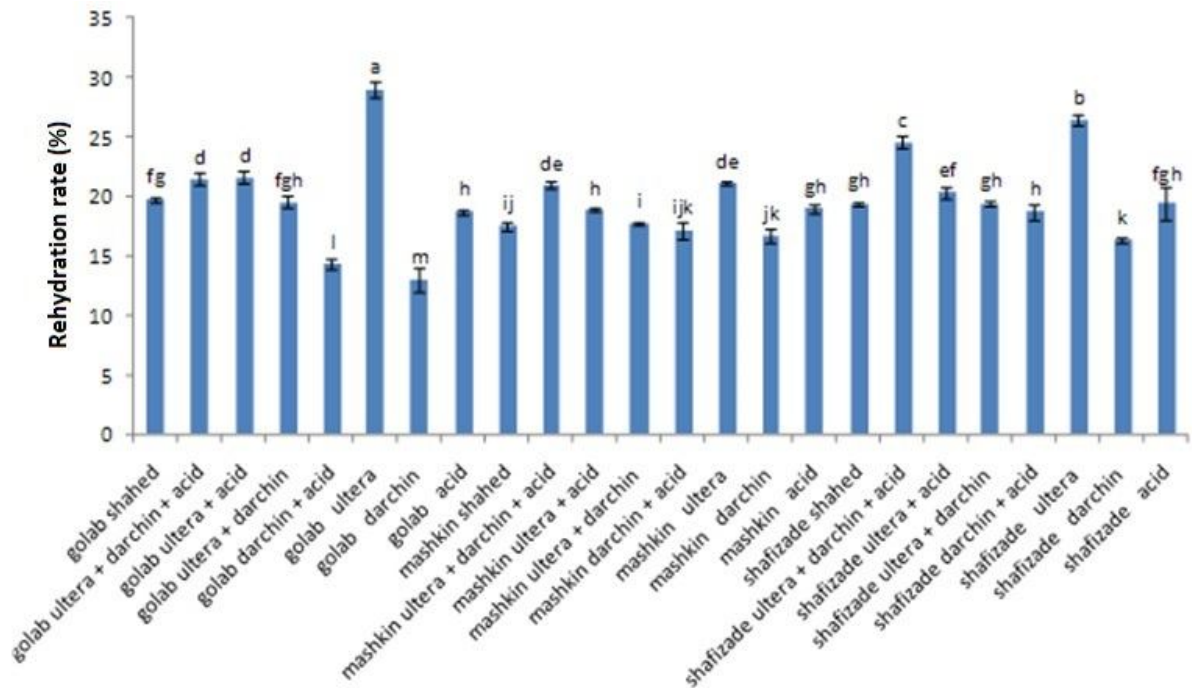


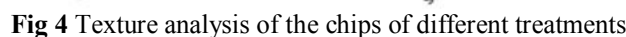
Fig 3 Water reabsorption of the chips of different treatments

این دو، میزان مواد جامد وارد شده به داخل فضای متخلخل بیشتر شده و باز جذب کاهش می‌یابد و با اعمال فراصوت ۱۰ دقیقه، در هر یک از محلول‌های اسمزی به دلیل جذب مواد جامد کمتر از محلول اسمزی و نبود لایه‌های قندی، قابلیت جذب آب بیشتر است [۲۱].

۳-۳- بافت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) بین میزان سفتی بافت چپیس حاصل از تیمارهای مختلف (دارچین، فراصوت و اسید) اعمال شده روی سیب وجود دارد. مطابق نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای میزان سفتی (شکل ۴)، بیشترین میزان سفتی در نمونه شاهد در رقم عروس مشکین با میزان ۲/۱۴۴ نیوتن بر سانتی‌متر مربع مشاهده شد و کمترین میزان سفتی در رقم عروس مشکین زمانی که از پیش تیمار فراصوت و اسید استفاده شد با میزان ۰/۵۸ نیوتن بر سانتی‌متر مربع مشاهده گردید. با توجه به نتایج، معلوم می‌شود که فراصوت سبب کاهش میزان نیروی لازم می‌گردد که به دلیل ایجاد کانال و به تبع آن بافت متخلخل است. در نتیجه، از محل کانال شکسته می‌شود و سفتی کمتری را نشان می‌دهد.

جذب مجدد آب، یکی از عوامل مهم در خشک کردن مواد غذایی است. استفاده از تیمار فراصوت هم به تنهایی، و هم همراه با پیش‌تیمارهای دیگر باعث افزایش باز جذب آب شده است. چرا که در اثر پیش‌تیمار فراصوت، طی خشک کردن میوه، منافذ و کانال‌های ایجاد شده راه را برای بازجذب آب به وجود می‌آورند. در نتیجه باز جذب به شدت افزایش می‌یابد. در پیش‌تیمار دارچین، بازجذب کاهش یافت. احتمالاً وجود ذرات دارچین و یا لایه‌ای از آن روی میوه، باعث کاهش نفوذ آب در عمق میوه شده و باعث بسته شدن منفذ گردیده است. پیش‌تیمار اسید تاثیر زیادی بر میزان بازجذب نداشته است. نتایج نشان داد رقم تاثیری بر میزان بازجذب آب نداشته و بالا بودن میزان انحراف معیار نشان از اختلاف در پیش‌تیمارهای مورد مطالعه بوده است. نتایج این مطالعه، با نتایج اینانو و توکلی‌پور (۱۳۹۳) که روی استفاده از پیش‌تیمارهای اسمزی و فراصوت برای میوه خرمالو، کار کرده بودند مطابقت دارد [۲۰]. اشراقی و همکاران (۱۳۹۰)، در بررسی اثر پیش‌تیمار ترکیبی اسمز- فراصوت روی خشک شدن ورقه‌های کیوی به این نتیجه رسیدند که با افزایش بریکس و مدت زمان اسمز به دلیل ایجاد لایه‌ای از شکر میزان باز جذب کاهش می‌یابد و اعمال فراصوت ۳۰ دقیقه به دلیل تشکیل کانال‌های میکروسکوپی بیشتر و ایجاد بافت متخلخل‌تر، قابلیت جذب آب بهتری نسبت به زمان ۱۰ و ۲۰ دقیقه دارد. به هر حال، به دلیل ترکیبی بودن



۳-۴- تغییرات رنگ

Bar chart showing color changes (L, a, b) for various treatments. The y-axis is 'Color changes' from 0 to 100. The x-axis lists 20 treatments. Letters above bars indicate statistical significance groups.

Treatment	Color change (approx.)	Significance Group
golab shahed	83	a
golab ultra + darchin + acid	28	cdef
golab ultra + acid	26	cdefg
golab ultra + darchin	25	defg
golab ultra + acid	18	hi
golab ultra	19	hi
golab darchin	22	gh
golab acid	16	ij
golab shahed	84	a
mashkin ultra + darchin + acid	14	ij
mashkin ultra + acid	11	jk
mashkin ultra + darchin	16	ij
mashkin ultra + acid	16	ij
mashkin ultra	14	ij
mashkin darchin	16	ij
mashkin acid	7	k
mashkin shahed	85	a
shafizade ultra + darchin + acid	40	b
shafizade ultra + acid	24	fg
shafizade ultra + darchin	32	cd
shafizade ultra + acid	26	efg
shafizade ultra	33	c
shafizade darchin	39	b
shafizade acid	30	cde

Fig 5 Color changes of the chips of different treatments

۳-۵- میزان چروکیدگی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) بین میزان چروکیدگی بافت چیپس حاصل از اعمال تیمارهای مختلف (دارچین، فراصوت و اسید) بر سیب وجود دارد. نتایج مقایسه میانگین‌ها برای میزان چروکیدگی در شکل ۶، نشان می‌دهد که بیشترین میزان چروکیدگی در نمونه شاهد در رقم شفیع‌آبادی با میزان ۹۲/۲۷ و کمترین میزان چروکیدگی در رقم گلاب، زمانی که از پیش

تیمار فراصوت به تنهایی استفاده شد با میزان ۶۱/۴۳ مشاهده گردید. میزان چروکیدگی با زمان خشک شدن نسبت مستقیم دارد و هرچه زمان خشک شدن طولانی‌تر باشد میزان چروکیدگی بیشتر خواهد شد. قربانی و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان دادند که میزان چروکیدگی با استفاده از فراصوت نسبت به تیمار شاهد، در فرآیند خشک کردن آلودی پیش‌تیمار شده با فراصوت، کاهش پیدا می‌کند [۲۲].

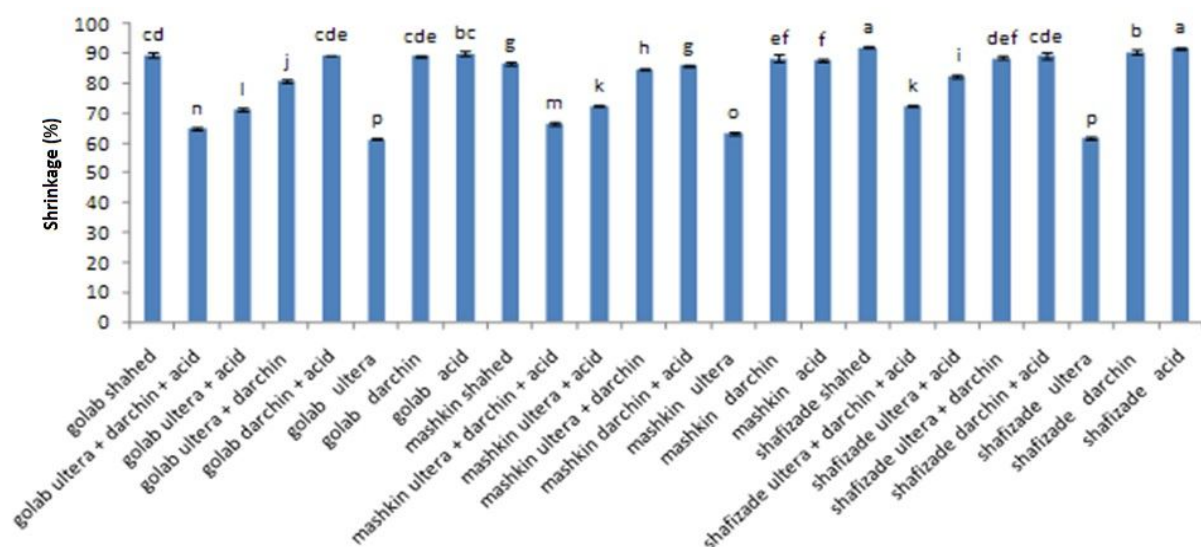


Fig 6 Shrinkage of the chips of different treatments

چیپس حاصل از اعمال تیمارهای مختلف (دارچین، فراصوت و اسید) روی سیب وجود دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها برای میزان امتیاز پذیرش کلی در شکل ۷، نشان داد که بیشترین میزان امتیاز پذیرش کلی در نمونه پیش‌تیمار شده با فراصوت به همراه دارچین هم با وجود اسید و هم بدون اسید در رقم شفیع‌آبادی با میزان ۱۷/۸۳ مشاهده شد و کمترین میزان امتیاز پذیرش کلی در رقم عروس مشکین زمانی که از پیش-تیمار فراصوت و اسید استفاده شد با میزان ۱۰/۳۳ مشاهده گردید. میزان امتیاز پذیرش کلی با افزایش پیش‌تیمار دارچین افزایش یافت و سبب ایجاد طعم جدیدی در چیپس سیب گردید همچنین سیب با رقم شفیع‌آبادی دارای امتیاز بالاتری از نظر ارزیاب‌ها بوده است.

نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه نواسکا^۱ و همکاران (۲۰۱۲) که روی خواص کیفی سیب خشک شده با پیش‌تیمار فراصوت کار کردند [۲۳]، مطابقت ندارد چرا که در آن مطالعه، پیش‌تیمار فراصوت باعث افزایش چروکیدگی شده بود حال آن که در این تحقیق، نتایج نشان داد که چروکیدگی کاهش یافته است. ممکن است علت این اختلاف به نوع رقم سیب و شرایط کار متفاوت دو پژوهش مربوط شود اما آنچه که مسلم است، خروج راحت‌تر آب از طریق منافذ ایجاد شده بوسیله فراصوت و به تبع آن افزایش تخلخل در میوه ممکن است باعث کاهش چروکیدگی و حفظ ظاهر ورقه‌های چیپس میوه شود.

۳-۶- میزان امتیاز چیپس سیب (پذیرش کلی)

مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اختلاف آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) بین میزان امتیاز پذیرش کلی بافت

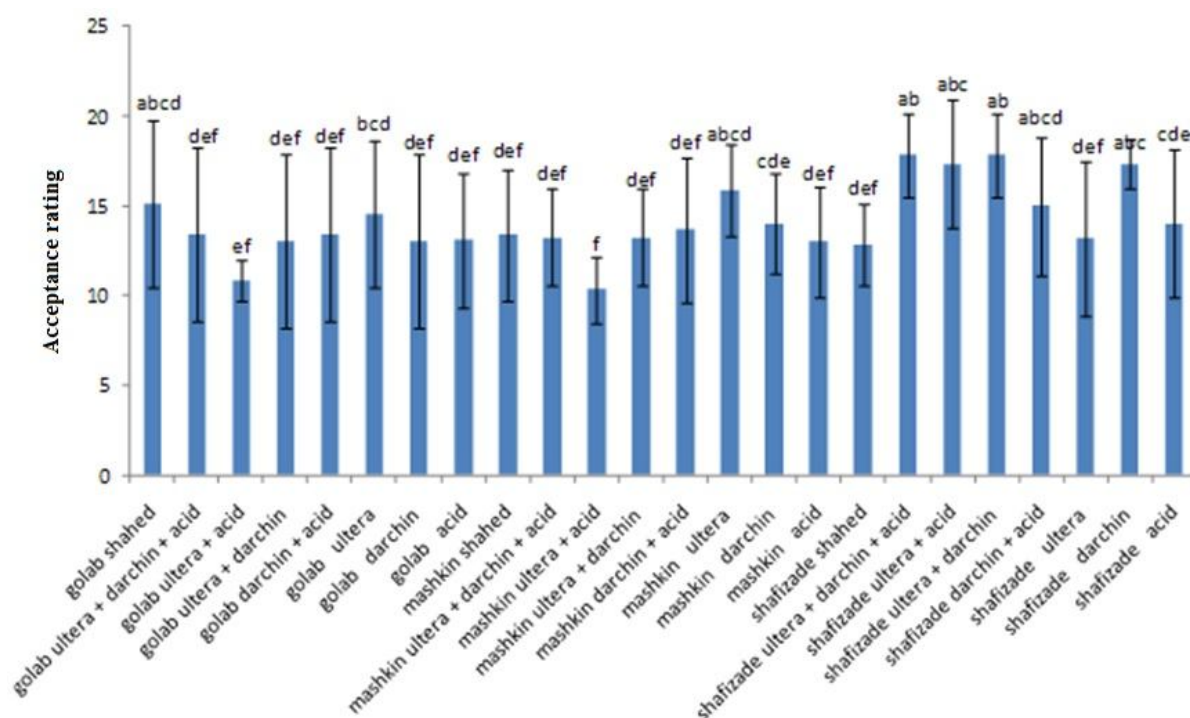


Fig 7 Overall acceptance rating of the chips of different treatments

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از مقایسه پیش تیمارهای مختلف اعمال شده روی ارقام مختلف سیب برای تولید چیپس نشان داد که اختلاف آماری معنی داری بین ارقام مختلف از نظر آزمونهای انجام گرفته وجود نداشت و نتایج فقط تحت تاثیر تیمارهای مختلف بودند. شاخص رطوبت نیز اختلاف معنی داری ($p < 0.05$) بین تیمارهای مختلف نشان نداد. با توجه به ثابت بودن دما در خشک کن و خشک کردن تا رطوبت ثابت، این نتیجه دور از انتظار نبود. تیمار فراصوت با ایجاد کانال میکروسکوپی خروج آب را راحت تر کرده و سبب افزایش شاخص بازجذب آب شد حال آن که دارچین به دلیل بستن منافذ، سبب افت بازجذب شده است. اسید نیز نقشی در این میان نداشت. از نظر سفتی بافت، چیپس تهیه شده از پیش تیمار فراصوت با توجه به ایجاد منافذ و سپس ضعیف بودن دیواره منافذ در اثر فشار متلاشی شده و سریعاً شکسته می شد. اسید در این بین تاثیر بسزایی نداشت اما دارچین به دلیل سفتی و گرفتن منافذ و ایجاد بافت پیوسته، سبب افزایش فشار شده و سفتی بافت را افزایش داد. با توجه به افزایش سرعت خشک کردن در هنگام استفاده از پیش تیمار فراصوت، میزان چروکیدگی نیز کاهش یافت. میزان تغییرات رنگ در رقم عروس مشکین کمترین میزان را داشت حال آن که زمانی که از پیش تیمار اسید استفاده شد این تغییرات به حداقل رسید. پیش تیمار فراصوت نیز با

افزایش سرعت خشک کردن سبب بهبود رنگ گردید. از نظر ارزیابی حسی، رقم شفیع آبادی هنگامی که از پیش تیمار فراصوت (چروکیدگی کمتر و بازجذب آب بیشتر) به همراه اسید (کاهش تغییرات رنگ) و دارچین (ایجاد طعم جدید در چیپس سیب) استفاده شد، مطلوب ترین تیمار محسوب گردید. در مجموع، رقم شفیع آبادی همراه با سه پیش تیمار (به صورت توأم) برای تولید چیپس سیب توصیه می شود.

۵- منابع

- [1] Tajeddin, B. 2014. Toxicology and food poisoning. Tehran, Elm Keshavarzi Iran, page 91-92.
- [2] Galati, E.M., Monforte, M.T., Tri Podo, M.M., d'quino, A., and Mondello, M.R. 2001. Antiulcer activity of opuntia Ficus indica (L.) Mill. (Cactaceae): ultrastructure study. Journal of Ethnopharmacology, 76(1), 1-9.
- [3] Subbalakshmi, G., and Udiipi, S.A. 2007. Food processing and preservation. New Age international Publishers, Delhi.
- [4] Gupta, G.S., and Narang, V.A. 1998. Agro based and processed food technology handbook. Published by Industrial project Businesses of India.
- [5] Ibitwar, B.B., Kaur, B., Arora, S., and Pathare, P.B. 2008. Osmo-convective

- [15] Fuente-Blanco, S., Sarabia, E.R.-F., Acosta-Aparicio, V.M., Blanco-Blanco, A., and Gallego-Juarez, J.A. 2006. Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*, 44, 523-527.
- [16] Sun, W.D. 2005. Emerging technology for food processing. Chapter 13:338-339.
- [17] Fernandes, F.A.N., and Rodrigues, S. 2008b. Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15, 1049-1054.
- [18] Fernandes, F.A.N., Gallao, M.I., and Rodrigues, S. 2008c. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT* 41:604-610.
- [19] Yan, Z., Sousa-Gallagher, M.J., and Oliveira, F.A.R. 2008. Shrinkage and porosity of banana, pineapple and mango slices during air-drying", *Journal of Food Engineering*, 84, 430-440.
- [20] Inanloo Soltan Ahmadi, M. and Tavakolipour, H. 2014. Study of combined pretreatment ultrasound – osmotic dehydration and hot air drying on the qualitative characteristics of persimmon fruit. 3rd National Science and Food Technology Congress, Islamic Azad University- Ghochan Branch.
- [21] Eshraghi, E., Maghsoudlu, Y., Kashaninejad, M., Biraghi Tosi, S., and Alami, M. 2012. Influence of ultrasound pretreatment on drying of Kiwifruit slides. *Iranian Food Science and Technology*, Vol. 7, No. 4, 273-279. (in Persaion)
- [22] Ghorbani, R., Dehghannya, J., Seiedlou-Heris, S.S., and Ghanbarzadeh, B. 2013. Modeling Shrinkage During Drying of Plums Pretreated with Ultrasound and Osmotic Dehydration. *Journal of Agricultural Mechanization*, 1(1), 11- 24. (in Persaion)
- [23] Nowacka, M., Wiktor, A., Sledz, M., Jurek, N., Witrowa-Rajchert, D. 2012. Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*, 113, 427–433.
- dehydration of plum. *International Journal of Food Engineering*, 4(8).
- [6] Tarko, T., Duda-chodak, A., Sroka, P., Satora, P. and Tuszynski, T. 2010. Production of Flavored Apple Chips of High Antioxidant Activity. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 728-742.
- [7] Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J., and Oliveira, J. 2006. Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum L.*) undergoing microwave-hot air combination drying. *Food Science and Technology*, 17, 177-183.
- [8] Figiel, A. 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food Engineering*, 98, 461-470.
- [9] Chemat, F., Zill-e-Huma, and Khan, M.K. 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18 (4), 813-835.
- [10] Deng, Y., and Zhao, Y. 2008. Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji). *LWT* 41, 1575-1585.
- [11] Jambrak, A.R., Mason, T.J., Paniwnyk, L. and Lelas, V. 2007. Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties. *Journal of Food Engineering*, 81, 88-97.
- [12] Fernandes, F.A.N., and Rodrigues, S. 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 82, 261-267.
- [13] Fernandes, F.A.N., and Rodrigues, S. 2008a. Application of ultrasound and ultrasound-assisted osmotic dehydration in drying of fruits. *Drying Technology*, 26(12), 1509-1516.
- [14] Soria, A.C., and Villamiel, M. 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Food Science and Technology*, 21, 323-331.

The effect of ultrasound pretreatment on the chips quality of three Iranian apple varieties

Tajeddin, B. ^{1*}, Jahanmihan, K. ²

1. Associate professor, Agricultural Engineering Research Institute (AERI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Graduated M.Sc. Student, Food Science and Technology, Islamic Azad University-Sabzevar Branch

(Received: 2017/01/07 Accepted:2018/08/06)

In this study, chips were prepared from three apple varieties Golab, Shafiabadi, and Arous Meshkinshar. Qualitative indices were then measured for chips. Comparison of the results of various pretreatments on the different apple varieties including ultrasound, cinnamon and acid (3% citric acid and 7% ascorbic acid) to produce the chips showed that there were no significant differences between these apple varieties. However, there was a significant difference between different treatments due to the results of the different tests (other than moisture content). Ultrasound treatment was increased the water re-absorption index while the cinnamon was reduced it. Acid did not have a significant role. In terms of firmness, the prepared chips with ultrasound pretreatment had a quite fragile texture but cinnamon was increased the firmness. Acid did not again have a significant impact. Using ultrasound reduced the rate of shrinkage of chips. The color changes were in the minimum for the Arous Meshkinshar with an acid pretreatment. Ultrasound also improved the color. In terms of sensory evaluation, the Shafiabadi variety with ultrasound (less shrinkage and more water reabsorption) and acid (less color changes) and cinnamon (new flavor in chips) was the best treatment. In general, Shafiabadi variety with three ultrasound, cinnamon and acid pretreatments is recommended for the production of chips.

Keywords: Nuts, Snack, Ultrasound.

* Corresponding Author E-Mail Address: b.tajeddin@areeo.ac.ir