

# بررسی تاثیر پیش تیمارهای مختلف بر خصوصیات تغییر رنگ و بافت در خشک کردن لایه‌های سیب

علی متولی<sup>۱\*</sup>، سیدجعفر هاشمی<sup>۱</sup>

۱- گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۱۲ تا تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۰۱)

## چکیده

تولید چپس میوه‌ها امروزه یکی از صنایع روبه رشد در کشور ایران و سایر کشورهای جهان می‌باشد. در این پژوهش به بررسی اثر پیش تیمارهای مختلف شامل پیش تیمار اسمزی (در سه سطح غلظت ساکاروز ۳۰، ۵۰ و ۷۰٪)، فراصوت (سه سطح زمانی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه)، آب داغ یا بلانچینگ (آب ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درجه سلسیوس) و مایکروویو (۹۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ وات) برای خشک کردن لایه‌های سیب در یک خشک کن جریان هوای گرم در سه سطح دمایی (۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس) در سرعت جریان هوای ثابت ۰/۵ متر بر ثانیه پرداخته شد. نتایج بدست آمده از تغییرات رنگ نمونه‌های خشک شده نشان داد که نمونه‌های شاهد و پیش تیمار شده با آب داغ به ترتیب با ۳۰/۱۷ و ۲۰/۷۵ بالاترین میزان تغییرات رنگ و نمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو و اسمز با تغییر رنگ ۵/۳۳ و ۱۰/۱۳ کمترین میزان تغییرات رنگ را داشتند. همچنین نمونه‌های پیش تیمار شده با فرآیند فراصوت با کمترین میزان نیروی شکست (۴/۴ نیوتن) دارای نرمترین بافت و نمونه‌های پیش تیمار شده با پیش تیمار آب داغ یا بلانچینگ با بالاترین نیروی شکست (۱۳/۹ نیوتن) دارای بافت سخت تری نسبت به سایر نمونه‌ها بودند. نتایج نشان داد که افزایش دمای خشک کردن در تمامی تیمارهای آزمایشی سبب تغییرات رنگ کمتری گردید و در عین حال افزایش دمای خشک کردن در تمامی تیمارها سبب افزایش سختی در بافت محصول خشک شده گردید.

**کلید واژگان:** تغییرات رنگ، بافت، خشک کن جریان هوای گرم، پیش تیمارهای مختلف

\*مسئول مکاتبات: a.motevali@sanru.ac.ir

## ۱- مقدمه

بر اساس آمار وزارت کشاورزی ایالات متحده آمریکا (USDA) در سال ۲۰۱۴ میلادی، کشورهای چین، اتحادیه اروپا، آمریکا، ترکیه، هندوستان، روسیه، برزیل، شیلی، اکراین و آفریقای جنوبی با مجموع تولید ۶۷/۵ میلیون تن از کل تولید ۷۱/۶ میلیون تنی جهان (۹۴ درصد کل سهم از کل تولید) به ترتیب عمده ترین کشورهای تولیدکننده سیب درختی بوده اند که کشور چین به تنهایی بیش از نیمی از این سهم را در اختیار داشت. سهم ایران در این میان با تولید ۳ میلیون تن سیب در سال ۱۳۹۲ بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی، ۴/۳ درصد تولید جهانی بود و به لحاظ جایگاه در مقام چهارم تولید جهانی پس از چین، اتحادیه اروپا و آمریکا قرار دارد [۱]. از مجموع تولید جهانی، حدود ۸۴٪ این محصول به صورت تازه خوری و حدود ۱۵٪ در صنایع فرآوری به مصرف می رسد که ۴۹٪ مصرف تازه خوری و ۳۶/۵٪ مصرف سیب در صنایع فرآوری به کشور چین اختصاص دارد. امروزه طبق آمارهای موجود یک چهارم غذای تولیدشده در جهان بعد از برداشت محصول از بین می رود. این ضایعات در مراحل مختلف تولید، انبار کردن، توزیع، عرضه به بازار و بالأخره در دست مصرف کننده به محصولات وارد می شود. سیب نیز محصولی با رطوبت بالا می باشد که از فعالیت متابولیکی زیادی برخوردار است که این عامل سبب فساد این محصول می گردد [۲]. یکی از راه های جلوگیری از فعالیت متابولیکی کاهش رطوبت محصول است که این کاهش رطوبت با استفاده از روش های مختلف صورت می پذیرد. یکی از این روش ها خشک کردن محصولات با رطوبت بالا می باشد که می تواند با کاهش فعالیت آبی محصول و افزایش مدت زمان ماندگاری آن، میزان افت محصولات کشاورزی در مرحله پس از برداشت را کاهش دهد [۳]. امروزه روش های فراوانی از جمله روش جریان هوای گرم، فرسوخ، مایکروویو و ... برای خشک کردن محصولات کشاورزی بکار گرفته می شود اما بسیاری از این روش ها مانند روش استفاده از مایکروویو در مقیاس های کوچک قابل استفاده هستند. روش خشک کردن با استفاده از جریان هوای گرم یکی از روش های پرکاربرد و درعین حال با بازده پایین و کیفیت پایین محصول خشک شده می باشد [۴، ۵]. تغییرات رنگ و سفتی

بافت میوه در طول خشک شدن نقش مهمی را در تعیین کیفیت محصولات خشک شده ایفا می کند. رنگ و بافت یکی از ویژگی های کیفی مهم محصول خشک شده می باشد و این دو پارامتر در طول فرآیند خشک کردن به علت برخی واکنش های شیمیایی و بیوشیمیایی تغییر می کند [۶]. از جمله عوامل تاثیر گذار بر تغییرات رنگ محصول در طول فرآیند خشک شدن عبارتند از تخریب رنگدانه ها، اکسایش اسید آسکوربیک، قهوه ای شدن آنزیمی، واکنش مایلارد، وارپته محصول، دمای خشک کردن، مدت زمان فرآیند خشک کردن، اسیدیته محصول و ... [۷، ۸]. تغییرات شدید رنگ در محصول خشک شده می تواند سبب کاهش کیفیت و بازارپسندی محصول گردد. به منظور افزایش بازده و کیفیت محصولات خشک شده لازم است تا روش هایی به کار گرفته شود تا علاوه بر افزایش بازده فرآیند خشک کردن بتواند سبب افزایش کیفیت محصول خشک شده گردد. یکی از این روش ها استفاده از پیش تیمار و نوع آماده سازی در طول فرآیند خشک کردن می باشد [۹، ۱۰]. نتایج بررسی پژوهشگران مختلف نشان می دهد که استفاده از پیش تیمارهایی مانند آلتراسوند (پیش تیمار مکانیکی)، مایکروویو (پیش تیمار پالسی)، اسمزی (پیش تیمار شیمیایی) و بلانچینگ (پیش تیمار حرارتی) می تواند سبب تغییرات زیاد کیفی در محصول خشک شده گردد. در پژوهشی به منظور آماده سازی دانه های انگور برای خشک کردن در دماهای ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سلسیوس از پیش تیمارهای مختلف (کربنات پتاسیم و روغن سبزه، روغن زیتون، آب داغ و بدون پیش تیمار آماده سازی) استفاده گردید. نتایج نشان داد که مطلوب ترین مقادیر روشنایی و قرمزی مربوط به کشمش خشک شده در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد و بیشترین مقادیر زردی مربوط به کشمش خشک شده در دمای ۷۰ درجه سلسیوس بود. در بین پیش تیمارهای به کاررفته، پیش تیمار کربنات پتاسیم و روغن سبزه باعث رنگ بهتر کشمش شد [۱۱]. در پژوهشی دیگر تغییرات رنگ دانه های انگور خشک شده با استفاده از پیش تیمار اتیل اولئات مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که میزان روشنی محصول با افزایش دمای خشک کردن کاهش یافت [۱۲]. در پژوهش دیگری تأثیر به کارگیری همزمان پیش تیمارهای امواج فرا صوت و آبگیری اسمزی بر خشک شدن لایه نازک آلو در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و سرعت هوای ۱/۴ متر بر ثانیه

نسبت به محصول بدون پیش‌تیمار دارای رنگ تیره‌تری بود [۱۸]. در حین خشک‌کردن انگور بی‌دانه عسگری اثرات نامطلوبی مانند قهوه‌ای شدن در کیفیت و شکل ظاهری کشمش مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق اثر تیمارهای مختلف (محلول‌های تیزآبی، سدیم‌متابی‌سولفیت ۸٪، سدیم‌متابی‌سولفیت ۸٪ به همراه پتاسیم‌کربنات ۵٪، اتیل‌اولئات ۲٪ به همراه پتاسیم‌کربنات ۵٪، اتیل‌اولئات ۲٪ به همراه سدیم‌متابی‌سولفیت ۸٪ و اتیل‌اولئات ۲٪) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محصول به دست آمده از کیفیت رنگ بالایی برخوردار می‌باشد [۱۹]. در پژوهش دیگری اسماعیلی ادبی و همکاران به بررسی تاثیرات تغییرات رنگ توت سیاه با استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف پرداختند. نتایج پژوهش این محققین نشان داد که کمترین میزان تغییرات رنگ با استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو در خشک‌کن تحت خلا و بالاترین میزان تغییرات رنگ در خشک‌کن جریان هوای گرم و در نمونه‌های شاهد ایجاد گردید [۲۰].

بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که تاکنون محققان فراوانی پیش‌تیمارهای مختلف را به طور مجزا برای خشک‌کردن محصولات مختلف کشاورزی و مواد غذایی مورد استفاده قرار داده‌اند. اما با بررسی دقیق می‌توان دریافت که تاکنون پژوهشی در ارتباط با مقایسه همزمان سطوح مختلف پیش‌تیمارهای حرارتی، مکانیکی، فرکانسی و شیمیایی بر خواص کیفی محصولات کشاورزی و مواد غذایی انجام نشده است. در این پژوهش سعی شده است تا با بکارگیری سطوح مختلف پیش‌تیمارهای حرارتی، مکانیکی، فرکانسی و شیمیایی (هر کدام در سه سطح) به بررسی خواص تغییرات رنگ و بافت سیب خشک‌شده در خشک‌کن جریان هوای گرم در سطوح مختلف دمایی پردازد و بهترین دما و نوع پیش‌تیمار را انتخاب نماید.

## ۲- مواد و روش‌ها

شاخص‌ها و خصوصیات کیفی از موارد مهم قابل بررسی در مواد غذایی و محصولات کشاورزی می‌باشند. فرآیند خشک‌کردن، بایستی به گونه‌ای باشد که کمترین تغییرات را در شاخص‌های کیفی محصول ایجاد نماید. این شاخص‌ها می‌توانند شامل

مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش زمان امواج فرا صوت، غلظت محلول اسمزی و زمان فرآیند اسمز، باعث کاهش زمان خشک شدن و افزایش ضریب انتشار مؤثر رطوبت در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود. همچنین با کاهش محتوای رطوبتی در طول خشک‌شدن، میزان روشنایی و زردی نمونه‌ها کاهش ولی میزان قرمزی افزایش می‌یابد [۶، ۱۳]. شمائی و امام جمعه اثر روش‌های مختلف خشک‌کردن و پیش‌تیمارهای مختلف شامل آنزیم‌بری با آب داغ، بخار آب و غوطه‌وری در محلول متابی‌سولفیت پتاسیم را بر روند خشک‌شدن، تغییرات بافت و رنگ و سرعت باز جذب آب را بر ورقه‌های قارچ دکمه‌ای مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در طول خشک‌کردن سختی نمونه‌های قارچ افزایش می‌یابد. پیش‌تیمار متابی‌سولفیت پتاسیم، ساختار و سرعت باز جذب آب نمونه‌های خشک‌شده را بهبود می‌دهد اما اثر متفاوتی روی رنگ دارد [۱۴]. در پژوهش دیگری با استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف (بلانچینگ و اسمزی) فرآیند خشک‌کردن فلفل تند را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از فرآیند پیش‌تیمارهای مزبور می‌تواند کیفیت تغذیه‌ای فلفل تند را بالا ببرد [۱۵]. در پژوهش دیگری فرآیند خشک‌شدن برگ‌های توت در خشک‌کن جریان هوای گرم با استفاده از پیش‌تیمار آلتراسوند مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات کیفی محصول پیش‌تیمار شده مانند تغییرات رنگ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و چندین جزء فعال ماده خشک‌شده مانند محصول خشک‌شده بدون اعمال پیش‌تیمار بود و تغییرات چندانی در آن رخ نداد. از طرف دیگر همزمان با حفظ کیفیت محصول مدت زمان خشک شدن به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت [۱۶]. دیاس داسیلوا و همکاران به منظور خشک‌کردن خربزه از پیش‌تیمارهای آلتراسوند، اسمز و خلا برای عملیات پیش‌تیمار استفاده نمودند. نتایج نهایی بررسی تغییرات رنگ، کارتونوئیدها، بافت و آزمایش‌های حسی محصول خشک‌شده نشان داد که ترکیب دو پیش‌تیمار آلتراسوند و خلا سبب بالا رفتن بیشتر کیفیت محصول خشک‌شده می‌گردد [۱۷]. در پژوهش دیگری به منظور خشک‌کردن انگور از پیش‌تیمار مکانیکی استفاده گردید. عملیات پیش‌تیمار با استفاده از سایش پوست به صورت مکانیکی صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که محصول خشک‌شده با استفاده از پیش‌تیمار

دستگاه‌های هانتربل<sup>۱</sup>، سری‌های گارد نر<sup>۲</sup>، کالر آئی<sup>۳</sup>، کالرمستر<sup>۴</sup> و تینتومتر<sup>۵</sup> نام برد. از روش‌های مختلفی نیز برای تعیین واحدهای اندازه‌گیری رنگ استفاده می‌گردد. از معمول‌ترین این واحدها می‌توان به روش Lab, RGB و مقیاس XYZ اشاره نمود [۲۳]. در روش Lab پارامتر  $L^*$  در دامنه ۱۰۰-۰ تغییر می‌کند که هرچه این عدد به ۱۰۰ نزدیک تر شود، روشنی آن بیشتر می‌گردد. پارامترهای  $a^*$  و  $b^*$  در محدوده ۶۰- تا ۶۰+ تغییر می‌کنند. مقادیر مثبت آن‌ها به ترتیب به قرمزی و زردی و مقادیر منفی آن‌ها به ترتیب به سبز و آبی بودن اشاره دارند. پارامترهای دیگری از ترکیب این سه پارامتر وجود دارد که شامل موارد زیر هستند [۲۴].

در این پژوهش در هر تیمار آزمایشی خصوصیات رنگی در سه حالت (حالت اول: قبل از شروع آزمایش‌ها مربوط به عملیات پیش تیمار و خشک کردن، حالت دوم: پس از عملیات پیش تیمار و حالت سوم: پس از اتمام عملیات خشک کردن و رسیدن محصول به رطوبت مورد نظر) ظرف سیب را داخل محفظه عکس‌برداری قرار داده و توسط دوربین دیجیتالی مدل (Lifecam Studio) عملیات عکس‌برداری صورت پذیرفت.

## ۱-۱-۲ شاخص اشباع

مقدار شاخص اشباع بیانگر درجه‌ی اشباع بودن رنگ است و نسبت مقاومت رنگ در مقابل تغییر را نشان می‌دهد و به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود [۲۵].

$$SI = (a^*)^2 + (b^*)^2$$

در این روابط،  $SI$ : مقدار شاخص اشباع،  $a^*$ : شاخص قرمزی - سبزی  $b^*$ : شاخص زرد- آبی برای نمونه می‌باشد.

## زاویه رنگ

یکی دیگر از پارامترهای توصیف رنگ بوده و از رابطه ۲ محاسبه می‌شود [۲۵].

$$HA = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right)$$

تغییرات فیزیکی نظیر ابعاد و اندازه، بافت، چروکیدگی، سختی و تغییرات شیمیایی نظیر واکنش‌های قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ در مواد و محصولات کشاورزی در حال خشک شدن باشند [۲۱]. در تحقیق حاضر به دلیل اهمیت شکل ظاهری از نظر بازاری پسندی، شاخص‌های کیفی رنگ و سختی بافت مورد بررسی قرار گرفته است.

به منظور بررسی برخی خصوصیات کیفی سیب خشک‌شده، محصول تازه از بازار تهیه و در یخچال در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. برای انجام آزمایش‌های خشک کردن، سیب به لایه‌هایی با ضخامت ۵ میلی متر برش داده شد. پس از انجام عملیات برش دادن، عملیات پیش تیمار بر روی لایه‌های سیب انجام گردید. فرآیند پیش تیمار استفاده شده در این پژوهش عبارت بودند از ۱- عملیات پیش تیمار با استفاده آبیگری اسمزی در سه سطح (غلظت ساکاروز ۳۰، ۵۰ و ۷۰٪) ۲- عملیات پیش تیمار بلانچینگ با آب داغ در سطح (آب ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ دقیقه، آب ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲/۵ دقیقه و آب ۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ دقیقه)، ۳- عملیات پیش تیمار فراصوت با توان ۱۲۰ وات در سه سطح زمانی (۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه)، عملیات پیش تیمار مایکروویو در سه سطح (۹۰ وات به مدت ده دقیقه، ۱۸۰ وات به مدت پنج دقیقه و ۳۶۰ وات به مدت ۲/۵ دقیقه) و در نهایت تیمار شاهد (بدون اعمال پیش تیمار). بدنال اعمال فرآیند پیش تیمار روی لایه‌های سیب، محصول پیش تیمار شده به محفظه خشک کن منتقل و در دماهای ۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس و در سرعت ثابت جریان هوای گرم (۰/۵ متر بر ثانیه) خشک گردید.

به منظور اعمال پیش تیمار مایکروویو از یک مایکروویو خانگی مدل سولاردام (کشور کره) و برای انجام پیش تیمار فراصوت از حمام فراصوت (Ultrasonic cleaner, KMH1) استفاده گردید.

## ۱-۲ رنگ

در فرآیند خشک کردن، پارامترهای دما و زمان خشک کردن به علت تغییرات در رنگ‌دانه‌های کارتنوئیدی و کلروفیل بر تغییرات کلی رنگ تاثیرگذار است [۲۲]. انواع وسایل اندازه‌گیری رنگ به طور گسترده‌ای برای مواد غذایی استفاده می‌شود که می‌توان از

1. Hunterlab  
2. Gardner Series  
3. Color - Eye  
4. Color Master  
5. Tintometer

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- بررسی تغییرات رنگ

#### ۳-۱-۱- بررسی تغییرات رنگ با استفاده از

#### پیش تیمار اسمزی

شکل ۱ تغییرات رنگ نمونه‌های سیب را در سه حالت مختلف (حالت اول: تغییرات رنگ نمونه‌ها بعد از اعمال پیش تیمار اسمزی نسبت به حالت اولیه و قبل از خشک شدن، حالت دوم: تغییرات رنگ نمونه‌ها بعد از عملیات خشک شدن نسبت به حالت بعد از عملیات پیش تیمار اسمزی و حالت سوم: تغییرات رنگ نمونه‌های خشک شده نسبت به حالت اولیه و قبل از خشک شدن) نسبت به نمونه‌های شاهد خشک شده در دماهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود بالاترین میزان تغییرات رنگ در طول فرآیند خشک کردن مربوط به نمونه‌های شاهد (بدون اعمال فرآیند پیش تیمار) می‌باشد. با اعمال پیش تیمار اسمزی تغییرات رنگ نمونه‌ها نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش یافت. همان طور که از شکل (۱) مشاهده می‌گردد با افزایش غلظت ساکارز در پیش تیمار اسمزی و افزایش دمای خشک کردن میزان تغییرات رنگ در نمونه‌های خشک شده کاهش می‌یابد. یکی از دلایل کاهش تغییرات رنگ نمونه‌های پیش تیمار شده اسمزی نسبت به نمونه شاهد می‌تواند این باشد که به دلیل غوطه‌وری نمونه‌های سیب در مخلوط اسمزی، تماس سطحی محصول با اکسیژن کاهش می‌یابد. به دنبال این امر مواد کمپلکس دهنده مانند اسیدسبتریک می‌تواند با بلوکه کردن یون مس و کاهش میزان pH در محصول سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های فنولاز گردند. از طرف دیگر با افزایش غلظت پیش تیمار اسمزی به دلیل نفوذ بیشتر محلول قندی به داخل محصول فعالیت آنزیمی کاهش بیشتری می‌یابد و تغییرات رنگ در طول فرآیند خشک شدن کمتر می‌گردد. همچنین با افزایش دمای خشک کردن، زمان خشک شدن کاهش یافته و محصول در حال خشک شدن مدت زمان کمتری در تماس با هوای داغ می‌باشد و به دنبال آن تخریب رنگدانه‌ها در اثر تماس با هوای داغ در طول فرآیند خشک کردن کاهش یافته و میزان تغییرات رنگ نمونه‌های سیب

HA: که در فارسی به آن رنگ یا فام گفته می‌شود، زاویه صفر یا ۳۶۰ نشانگر رنگ قرمز بوده ضمن این که زاویه ۹۰، ۱۸۰، ۲۷۰ به ترتیب به رنگ‌های زرد، سبز و آبی اشاره دارند. زوایای بینابین معرف ترکیب رنگ‌های بالا و پایین زاویه، بر حسب تفاضل درجه آن‌ها است.

#### ۲-۱-۲- رنگ کل

اختلاف رنگ کل برای توصیف تغییرات رنگ در طول فرآیند خشک کردن به کار می‌رود و برای محاسبه آن از رابطه ۳ استفاده می‌شود [۲۴، ۲۶].

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L_t^*)^2 + (a_0^* - a_t^*)^2 + (b_0^* - b_t^*)^2}$$

در این رابطه  $L_0^*$ ،  $a_0^*$ ،  $b_0^*$  مقادیر اولیه پارامترهای رنگی و  $L_t^*$ ،  $a_t^*$ ،  $b_t^*$  مقادیر پارامترهای رنگی پس از خشک شدن لایه‌های سیب می‌باشند.

#### ۲-۲- آنالیز بافت

بافت مواد غذایی و محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهم‌ترین خصوصیات کیفی محصول، نقش مهمی در پذیرش کلی مصرف‌کنندگان و خریداران محصولات کشاورزی دارد. طبق تعریف، سختی بافت حداکثر نیروی لازم در طی آزمون فشاری و نیروی شکست نیروی لازم برای ایجاد گسیختگی و شکست اولیه در بافت می‌باشد و هر دوی این پارامترها را می‌توان در طی یک آزمون فشاری تعیین نمود [۲۷، ۲۸]. مقاومت بافت و خصوصیات بافتی محصول سیب در برابر نیروی برشی قبل از فرآیند خشک شدن و سیب خشک شده با استفاده از دستگاه بافت سنج یا تکسچر آنالایزر لوترن (FG-5020) مورد بررسی قرار گرفت [۲۹]. به منظور تعیین نیروی شکست نمونه‌ها (بیشینه نیرو) قبل و بعد از فرآیند خشک شدن، نمونه‌ها زیر پروب دستگاه بافت سنج قرار گرفته، به طوری که پروب بر نمونه‌ها کاملاً عمود بود. به منظور اعمال سرعت یکسان پروب در تمامی آزمایش‌ها، دستگاه بافت سنج به فک دستگاه تست مواد متصل و با استفاده از آن حرکت عمودی پروب تنظیم گردید.

تیمار شده با نمونه‌های خشک‌شده بدون اعمال فرآیند پیش تیمار، مشخص می‌گردد که امواج فراصوت در تغییرات رنگ سیب تاثیر منفی نداشته و سبب بهبود رنگ نمونه‌های خشک‌شده می‌گردد که دلیل این امر می‌تواند ناشی از عدم تأثیرگذاری امواج فراصوت بر واکنش‌های شیمیایی باشد و بیشتر به صورت فیزیکی و تخریب دیواره‌های سلولی در بافت داخلی سیب اثرگذار بود.

همچنین با افزایش زمان اعمال پیش تیمار آلتراسوند میزان تغییرات رنگ در نمونه خشک‌شده بیشتر (تغییرات رنگ نمونه پیش تیمار شده نسبت به نمونه اولیه) می‌گردد. دلیل این امر آن است که تخریب رنگدانه‌های موجود در نمونه غذایی با افزایش زمان غوطه‌وری آنها با امواج فراصوت افزایش می‌یابد. علت تخریب رنگدانه‌های غذایی را قرار گرفتن لایه بین سطحی نمونه غذایی در معرض حباب‌های هوا به مدت طولانی و ایجاد نواحی با دما و فشار بالا در سطح آن، ذکر می‌کنند. از طرف دیگر با افزایش دمای خشک کردن سرعت خروج رطوبت هم در نمونه‌های شاهد و هم در نمونه‌های پیش تیمار شده افزایش یافته و زمان خشک شدن کاهش می‌یابد. هر چه مدت زمان ماندن محصول در محفظه خشک کن افزایش یابد رنگدانه‌های بیشتری تخریب و نمونه‌ها دچار تغییرات رنگی بیشتری می‌گردند (تغییر رنگ نمونه‌های خشک‌شده نسبت به نمونه‌های پیش تیمار شده). 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. با وجود چنین تغییراتی در حین فرآیند خشک شدن محصولات کشاورزی، اعمال پیش تیمار اولتراسوند با ایجاد انقباض‌ها و انبساط‌های پی در پی و ایجاد کانال‌های میکروسکوپی، زمان خشک شدن را کاهش داده و لایه‌های سیب مدت زمان کمتری در معرض دمای بالا قرار می‌گیرند و به دنبال آن، از تخریب بیشتر رنگدانه‌های موجود در نمونه‌های سیب جلوگیری می‌کند. به طور کلی با افزایش مدت زمان اعمال پیش تیمار تغییرات رنگی افزایش ولی به دنبال آن زمان خشک شدن کاهش یافته و تغییرات رنگی بعد از اعمال پیش تیمار تا مرحله نهایی خشک شدن (خشک‌کن جریان هوای گرم) کاهش می‌یابد و در نهایت تغییرات رنگی نمونه‌ها از حالت خشک‌شده نسبت به حالت اولیه نمونه در پیش تیمارهای با مدت زمان بیشتر آلتراسوند کمی کمتر از سایر نمونه‌ها می‌باشد (شکل

کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی در خشک کردن برگه هلو [۳۱]، قارچ [۱۴، ۳۲]، به [۳۳] و لایه‌های انبه [۳۴] گزارش شده است.

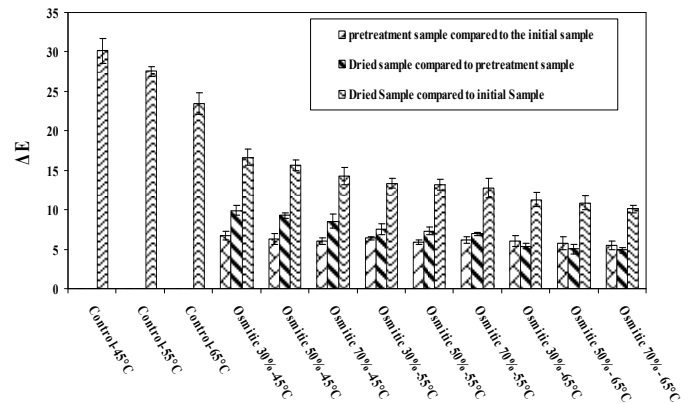


Fig 1 Change the color of apples slice by using the various osmotic pretreatments at different temperatures

### ۳-۱-۲ بررسی تغییرات رنگ با استفاده از

#### پیش تیمار فراصوت

شکل ۲ تغییرات رنگ نمونه‌های سیب را در سه حالت مختلف (حالت اول: تغییرات رنگ نمونه‌ها بعد از اعمال پیش تیمار فراصوت نسبت به نمونه اولیه و قبل از خشک شدن، حالت دوم: تغییرات رنگ نمونه‌ها بعد از عملیات خشک‌شده نسبت به حالت بعد از عملیات پیش تیمار فراصوت و حالت سوم: تغییرات رنگ نمونه‌های خشک‌شده نسبت به حالت اولیه و قبل از خشک شدن) نسبت به نمونه‌های شاهد خشک‌شده در دماهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌گردد تغییرات رنگ نمونه‌های خشک‌شده در تیمارهای مختلف (نمونه‌های پیش تیمار شده با پیش تیمار آلتراسوند) نسبت به تیمارهای شاهد کمتر می‌باشد. دلیل این امر می‌تواند تأثیر امواج آلتراسوند بر محصول در حال خشک شدن باشد. امواج فراصوت به علت تغییر شکل و تخریب سلولی نمونه‌ها، سبب خروج سریع تر رطوبت از داخل لایه‌های سیب شده و به دنبال آن واکنش‌های اکسایش آنزیمی با سرعت بسیار کمتری صورت پذیرفته و تغییرات رنگی کمتری در نمونه‌ها مشاهده می‌گردد. همچنین شاخص تغییرات کل رنگ در نمونه‌ها می‌تواند ناشی از انجام واکنش‌های شیمیایی رنگ زا مثل واکنش میلارد بین قندها و پروتئین‌ها و تشکیل ملانوئیدین‌ها باشد. در پژوهش حاضر با مقایسه نمونه‌های خشک‌شده پیش

پایین تر، تغییرات رنگ کمتری داشته‌اند. دلیل این امر می‌تواند تغییرات رنگ کمتر نمونه‌ها در اثر اعمال پیش تیمار با دمای پایین تر باشد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران در خشک کردن برخی محصولات کشاورزی با استفاده از پیش تیمار بلانچینگ از جمله پوسته انبه [۳۸]، قارچ [۱۴] و سیب [۳۹] گزارش شده است.

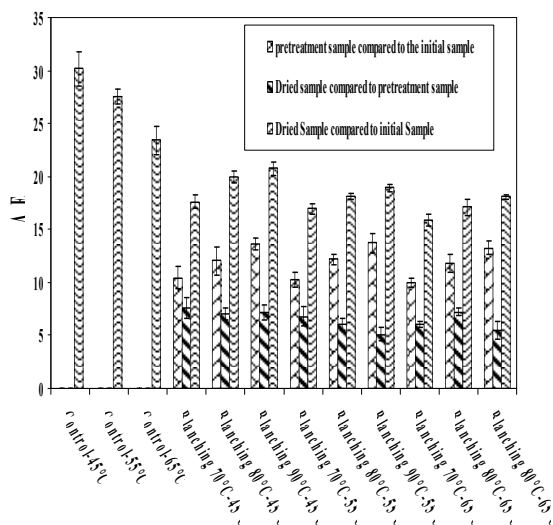


Fig 3 Change the color of apples slice by using the various blanching pretreatments

### ۳-۱-۴ بررسی تغییرات رنگ با استفاده از

#### پیش تیمار مایکروویو

نتایج حاصل از بکارگیری پیش تیمار مایکروویو بر تغییرات رنگ نمونه‌های خشک شده سیب (شکل ۴) نشان می‌دهد که با افزایش توان پیش تیمار مایکروویو تغییرات رنگی کمتری در نمونه‌ها اتفاق می‌افتد. با مقایسه پیش تیمارهای مختلف مایکروویو در سه توان مختلف (۹۰، ۱۸۰ و ۳۶۰ وات) در یک دمای ثابت، تغییرات رنگ کلی نمونه‌ها در توان ۹۰ وات بیشترین مقدار و در توان ۳۶۰ وات تغییرات کلی رنگ نمونه‌ها کمترین مقدار می‌باشد. دلیل این امر می‌تواند به علت مدت زمان ماندگاری کمتر نمونه‌ها در مایکروویو برای انجام عملیات پیش تیمار در توان ۳۶۰ وات نسبت به توان ۹۰ وات باشد. به دنبال اعمال فرآیند پیش تیمار، تغییرات رنگ نمونه‌های خشک شده در خشک کن جریان هوای گرم با دمای ۶۵ درجه سلسیوس نسبت به دمای ۴۵ درجه

(۲). نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران در خشک کردن شیره انگور قرمز [۳۵]، آلو [۶] کیوی [۳۶] و قارچ [۳۷] با استفاده از پیش تیمار آتراسوند گزارش شده است.

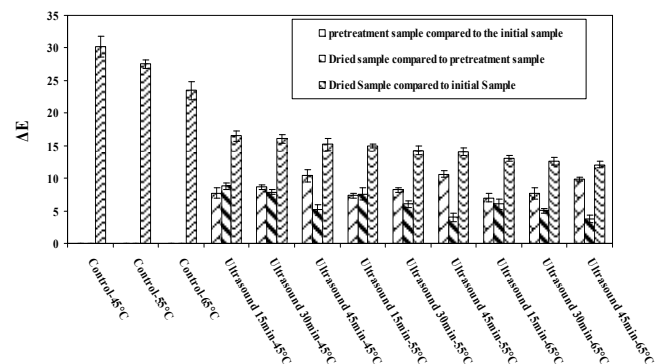


Fig 2 Change the color of apples slice by using the various ultrasound pretreatments at hot air dryer

### ۳-۱-۳ بررسی تغییرات رنگ با استفاده از

#### پیش تیمار بلانچینگ

شکل ۳ تاثیر پیش تیمار بلانچینگ (پیش تیمار با آب گرم) در دمای ۷۰°C به مدت ۳ دقیقه، دمای ۸۰°C به مدت ۲/۵ دقیقه و دمای ۹۰°C به مدت ۲ دقیقه بر تغییرات رنگ نمونه‌های خشک شده بررسی گردید. نتایج حاصل از داده‌های بدست آمده نشان داد که استفاده از پیش تیمار بلانچینگ سبب تغییرات رنگ زیادی در طول فرآیند خشک کردن می‌گردد. این تغییرات رنگ نزدیک به تغییرات رنگ نمونه‌های شاهد می‌باشد. دلیل این امر دمای بالا در اعمال پیش تیمار می‌باشد که سبب تغییرات در پیگمان‌های رنگی در لایه‌های سیب شده و به دنبال آن قهوه‌ای شدن در لایه‌های سیب اتفاق می‌افتد. همچنان که از شکل (۳) مشاهده می‌گردد با افزایش دمای پیش تیمار بلانچینگ تغییر رنگ نمونه‌های پیش تیمار شده نیست به نمونه‌های اولیه افزایش می‌یابد که دلیل این امر می‌تواند دمای بالا در اعمال پیش تیمار باشد. از طرف دیگر با مشاهده شکل (۳) می‌توان دریافت که تغییرات رنگ نمونه‌های خشک شده نسبت به نمونه‌های پیش تیمار شده با افزایش دما روند نزولی دارد. در کل با در نظر گرفتن شکل (۳) و مشاهده تغییرات رنگ کلی (تغییر رنگ نمونه‌های خشک شده نسبت به نمونه‌های اولیه) می‌توان دریافت که نمونه‌های خشک شده با اعمال پیش تیمار بلانچینگ در دمای

خشک کن سبب تغییرات رنگ (واکنش های قهوه ای شدن) می گردد.

### ۳-۲- تغییرات بافت نمونه ها

#### ۳-۲-۱- بررسی تغییرات بافت با استفاده از پیش تیمار

##### اسمزی

شکل ۵ تغییرات بافت نمونه های خشک شده در دماهای مختلف با استفاده از پیش تیمار اسمزی نسبت به نمونه های اولیه نشان می دهد با افزایش دما نیروی شکست نمونه ها کاهش می یابد به طوری که بیشترین نیروی شکست در نمونه های شاهد و پیش تیمار شده در دمای ۶۰ درجه سلسیوس و کمترین مقدار نیروی شکست در دمای ۴۰ درجه سلسیوس اتفاق می افتد. دلیل این امر آن است که با افزایش دمای خشک کردن، سرعت خروج رطوبت از نمونه ها زیاد شده و سطحی سختی بیشتر می گردد. پدیده سخت شدگی سطحی نمونه ها با افزایش دما روند افزایشی داشته و سبب سخت شدن سطح نمونه های خشک شده می گردد و به دنبال آن نیروی شکست نمونه ها افزایش می یابد. همچنین با مقایسه نمونه های پیش تیمار شده نسبت به نمونه های بدون پیش تیمار می توان دریافت که میزان نیروی شکست با استفاده از پیش تیمار اسمزی کاهش می یابد. همچنین افزایش غلظت میزان ساکارز در عملیات پیش تیمار میزان نیروی شکست کاهش می یابد. دلیل این امر آن است که با استفاده از ساکارز و افزایش غلظت آن در پیش تیمار میزان تخلخل در نمونه ها افزایش یافته و میزان پوکی نمونه های خشک شده افزایش می یابد. دلیل افزایش تخلخل می تواند به خروج رطوبت بیشتر نسبت به جذب مواد جامد باشد و از آنجا که قند نمی تواند وارد مجاری ریز محصول گردد لذا این امر سبب تخلخل بیشتر می گردد. از طرف دیگر با افزایش میزان غلظت میزان افت و خروج کلسیم از نمونه های افزایش یافته و این امر می تواند سبب نرم تر شدن بافت گردد. نتایج مشابهی در خشک کردن لایه های انبه [۳۴]، گوجه فرنگی [۴۰]، هویج [۴۱]، گلابی [۴۲] و قارچ [۱۴] گزارش شده است.

سلسیوس کمتر بود. نتایج مشابهی توسط سایر محققین از جمله برای خشک کردن توت سیاه [۲۰] و خشک کردن قارچ [۱۴] گزارش شده است.

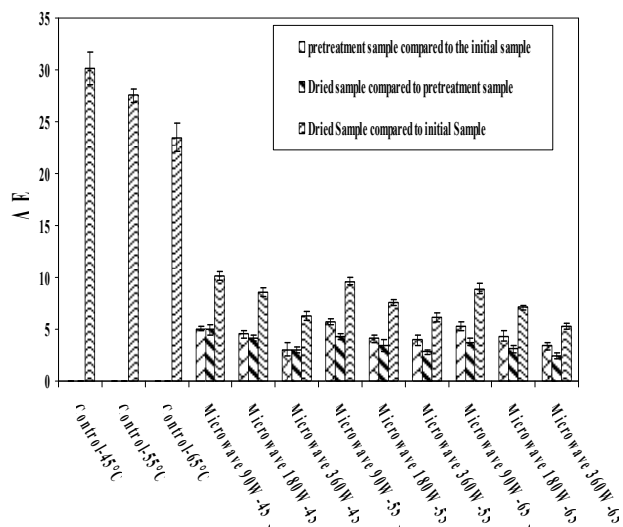
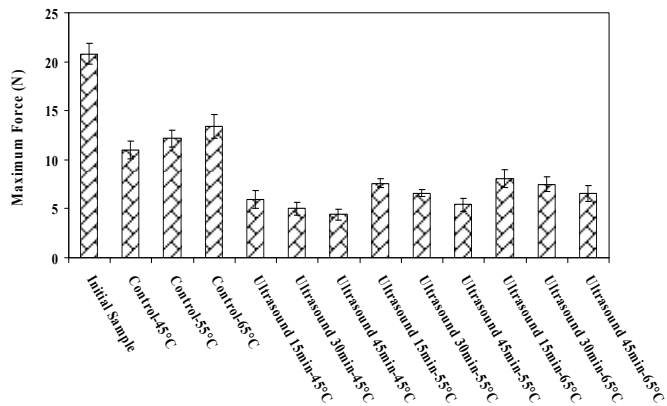


Fig 4 Change the color of apples slice by using the various microwave pretreatments at hot air dryer

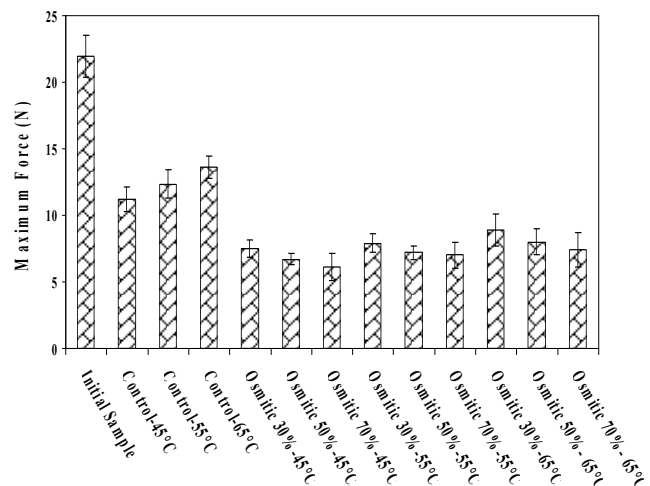
#### جمع بندی کلی تغییرات رنگ و مقایسه پیش تیمارهای مختلف

با مقایسه چهار پیش تیمار مختلف برای خشک کردن لایه های سیب در دماهای مختلف (مقایسه شکل های ۱، ۲، ۳ و ۴) می توان دریافت که نمونه های پیش تیمار شده با استفاده از فرآیندهای مایکروویو و اسمزی دارای کمترین تغییرات رنگی و نمونه های پیش تیمار شده با استفاده از پیش تیمار بلانچینگ دارای بیشترین مقادیر تغییرات رنگ بودند. البته تغییرات رنگ نمونه ها در این تحقیق در سه حالت (حالت اول: تغییر رنگ نمونه ها بعد از فرآیند پیش تیمار نسبت به نمونه های اولیه، حالت دوم: تغییرات رنگ نمونه ها پس از خشک شدن در خشک کن نسبت به نمونه های پس از عملیات پیش تیمار و حالت سوم: تغییرات رنگ نمونه ها پس از اتمام عملیات خشک کردن نسبت به حالت اولیه نمونه ها) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه های شاهد نسبت به تمامی نمونه های پیش تیمار شده دارای بیشترین تغییرات رنگ بودند که دلیل این امر می تواند مدت زمان بالای خشک شدن نمونه ها باشد. مدت زمان بالای قرارگیری نمونه های شاهد در





**Fig 6** Effect of various ultrasound pretreatment on break force dried samples at different temperature



**Fig 5** Effect of various osmotic pretreatment on break force dried samples at different temperature

### ۳-۲-۳- بررسی تغییرات بافت با استفاده از پیش تیمار

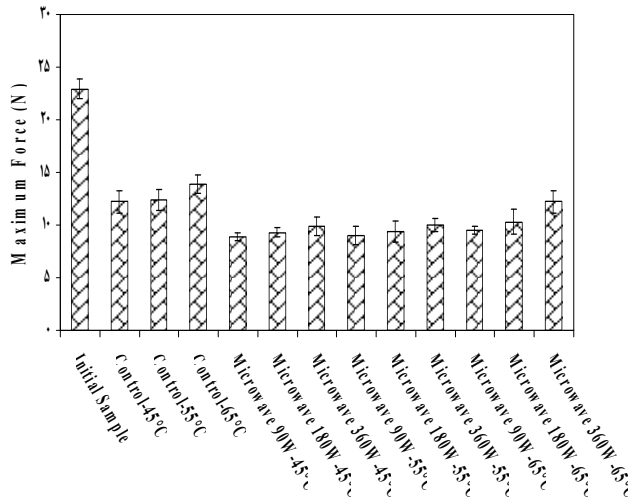
#### بلانچینگ

نتایج حاصل از بررسی شکل (۷) نشان می‌دهد که استفاده از پیش تیمار بلانچینگ در خشک کردن لایه‌های سیب سبب افزایش نیروی شکست نمونه‌های پیش تیمار شده نسبت به نمونه‌های شاهد می‌گردد. بالاترین نیروی شکست در دمای خشک کردن ۶۵ درجه سلسیوس و استفاده از پیش تیمار بلانچینگ با دمای ۹۰ درجه سلسیوس و پایین ترین نیروی شکست در دمای خشک کردن ۴۵ درجه سلسیوس و در تیمار شاهد اتفاق افتاد. دلیل این امر آن است که با افزایش دمای پیش تیمار (بلانچینگ) دیواره سلولی شدید تخریب شده و بافت محصول دچار تنش می‌گردد و سبب از بین رفتن تخلخل و پوکی محصول شده و در اثر خروج رطوبت از محصول سطحی سخت به جا خواهد ماند. در نمونه‌های شاهد (بدون عمل پیش تیمار) حداکثر دمای اعمالی دمای خشک کردن (۶۰ درجه سلسیوس) می‌باشد که نسبت به دمای ۹۰ درجه سلسیوس بسیار پایین تر بوده و خشک شدن محصول در این دما تاثیر سبب تخریب بافت سلولی کمتری نسبت به دمای ۹۰ درجه سلسیوس می‌گردد. همچنین از نتایج بدست آمده از خشک شدن نمونه‌های شاهد در دماهای مختلف می‌توان دریافت که کاهش دمای خشک کردن به علت خشک شدن یکنواخت تر نمونه‌ها و شیب پایین رطوبت خروجی و دمای کمتر نمونه‌ها در خشک کن دارای نیروی شکست کمتری بودند. نتایج مشابهی برای خشک کردن انبه [۴۵] و گلابی [۴۲] و قارچ [۱۴] گزارش شده است.

### ۳-۲-۳- بررسی تغییرات بافت با استفاده از پیش تیمار

#### فراصوت

بررسی داده‌های بدست آمده از نیروی شکست نمونه‌های پیش تیمار شده با استفاده از پیش تیمار فراصوت نشان داد که افزایش زمان پیش تیمار سبب کاهش نیروی شکست در نمونه‌های می‌گردد (شکل ۶). همچنین نتایج بدست آمده نشان داد که نمونه‌های پیش تیمار شده با استفاده از فراصوت سبب کاهش نیروی شکست نسبت به نمونه‌های شاهد می‌گردد. دلیل این امر آن است که با استفاده از فرآیند فراصوت، تخریب دیواره‌های سلول نسبت به حالت نمونه‌های شاهد افزایش می‌یابد و این امر سبب ایجاد میکروکانال‌ها گردیده و در نتیجه بافت اسفنجی تری نسبت به نمونه‌های بدون پیش تیمار شده خواهیم داشت. همچنین با افزایش زمان فراصوت در عملیات پیش تیمار، در اثر پدیده کاویتاسیون تعداد میکروکانال‌ها افزایش یافته و بافت محصول دارای تخلخل و پوکی بیشتری می‌گردد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران برای خشک کردن گیلان سیاه [۴۳] و خربزه [۴۴] گزارش شده است.



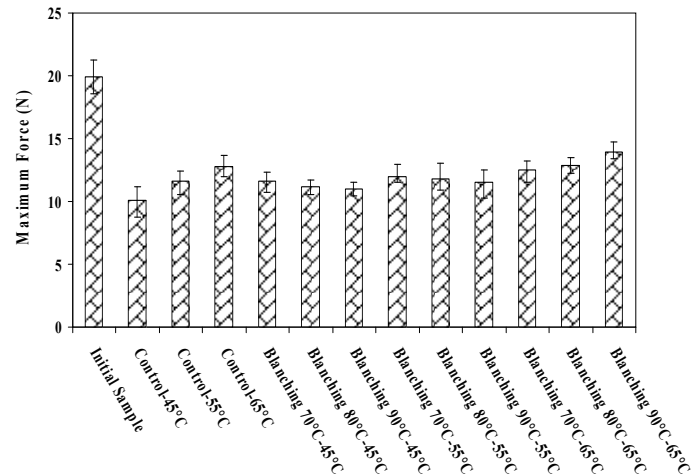
**Fig 8** Effect of various microwave pretreatment on break force dried samples at hot air dryer

#### جمع بندی نهایی از تغییرات بافت

با مقایسه چهار پیش تیمار مختلف برای خشک کردن لایه های سیب در دماهای مختلف (مقایسه شکل های ۵، ۶، ۷ و ۸) می توان دریافت که نمونه های پیش تیمار شده با استفاده از فرآیندهای فراصوت و اسمزی دارای کمترین میزان نیروی برش (بافت پفکی تر و نرم تر) و نمونه های پیش تیمار شده با استفاده از پیش تیمار بلانچینگ دارای بیشترین مقادیر نیروی برش (بافت سخت و چروکیده) بودند. همچنین سختی نمونه های اولیه قبل از خشک کردن به علت بالا بودن فشار تورمی سلول ها بوده و به تدریج که این رطوبت از سلول ها خارج گردیده از مقاومت آن کاسته شده است علاوه بر آن چسبندگی و پیوستگی سلول ها به علت کاهش آب میان سلولی نیز کاهش یافته است که این موضوع نیز باعث کاهش مقاومت بافت محصول در مقابل نیروی خارجی می شود.

#### ۴- نتیجه گیری

در این پژوهش به بررسی برخی خصوصیات کیفی لایه های سیب خشک شده در سه دمای (۴۵، ۵۵ و ۶۵ درجه سلسیوس) و سرعت جریان هوای ثابت ۰/۵ متر بر ثانیه با استفاده از چهار پیش تیمار (اسمزی، فراصوت، بلانچینگ و مایکروویو) در سطوح مختلف پرداخته شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان تغییرات رنگ نمونه های خشک شده مربوط به نمونه های شاهد و



**Fig 7** Effect of various blanching pretreatment on break force dried samples at hot air dryer

#### ۳-۲-۴- بررسی تغییرات بافت با استفاده از پیش تیمار

#### مایکروویو

نتایج حاصل از بررسی نیروهای شکست در نمونه های پیش تیمار شده با مایکروویو نشان می دهد که افزایش توان مایکروویو سبب افزایش نیروی شکست می گردد به طور که بالاترین نیروی شکست در دمای ۶۵ درجه سلسیوس و استفاده از پیش تیمار مایکروویو با توان ۳۶۰ وات بود (شکل ۸). همچنین پایین ترین میزان نیروی شکست در دمای ۴۵ درجه سلسیوس و استفاده از پیش تیمار مایکروویو با توان ۹۰ وات بود. دلیل این امر آن است که استفاده از مایکروویو سبب تخریب دیواره سلولی گشته و با افزایش توان شدت این تخریب (تخریب دیواره سلولی) بیشتر می گردد. این امر به علت افزایش فشار بخار در نمونه ها به وجود آمده و به دنبال آن نمونه ها باد کرده و به دنبال آن نمونه ها سعی در برگشت به حالت اولیه خود را دارند. در این بازگشت به علت تخریب شدید دیواره سلولی، منافذ مسدود شده و بافت متراکم تر و سفت تری به وجود می آید. این امر سبب به وجود آمدن بافتی با مقاومت بیشتر شده و نیروی شکست در این حالت افزایش می یابد. نتایج مشابهی توسط سایر پژوهشگران برای خشک کردن لایه های قارچ [۱۴، ۳۷] گزارش شده است.

- [4] Motevali, A., Minaei, S., Banakar, A., Ghobadian, B. and Khoshtaghaza, M.H. 2014. Comparison of energy parameters in various dryers. *Energy Conversion and Management*, 87, 711-725.
- [5] Motevali, A., Minaei, S., Khoshtaghaza, M.H. and Amirnejat, H. 2011. Comparison of energy consumption and Specific Energy Requirements of Different methods for drying mushroom slices. *Energy*, 36, 6433-6441.
- [6] Ghorbani, R., Dehghannya, J., Seiedlou-Heris, S. and Ghanbarzadeh, B. 2013. Modeling Color Parameters during Plums Drying Pretreated with Ultrasound and Osmotic Dehydration. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation*, 5 (1), 27-59.
- [7] Devahastin, S. and Niamnuy, C. 2010. Modelling quality changes of fruits and vegetables during drying: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 1755-1767.
- [8] Maskan, M. 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 169-175.
- [9] Nisha, P., Singhal, R.S. and Pandit, A.B. 2004. A study on the degradation kinetics of visual green color in spinach (*Spinacea oleracea* L.) and the effect of salt therein. *Journal of Food Engineering*, 64, 135-142.
- [10] Gholami, M. and Rashidi, M. 2009. Influence of temperature, air velocity and pretreatments on drying of black currant grape, *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 6 (2), 13-22.
- [11] Ayoubi, A., Sedaghat, N. and Kashaninejad, M. 2015. Study the effect of different pretreatments on thin layer drying of grape and the color of obtained raisin, *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 4 (1), 1-18.
- [12] Serratos, M.P., Lopez-Toledano, A., Medina, M. and Merida, J. 2008. Drying of *Pedro Ximenez* Grapes in Chamber at Controlled Temperature and with Dipping Pretreatments. Changes in the Color Fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (22), 10739-46.
- [13] Ghorbani, R., Dehghannya, J., Seiedlou-Heris, S. and Ghanbarzadeh, B. 2015. Kinetics

کمترین میزان تغییرات رنگ مربوط به نمونه‌های پیش تیمار شده با مایکروویو و اسمز بود. همچنین بالاترین میزان نیروی شکست در نمونه‌های پیش تیمار شده با آب داغ (بلانچینگ) و کمترین میزان نیروی شکست در نمونه‌های پیش تیمار شده با استفاده از فرآیندهای فراصوت و اسمزی بدست آمد. نتایج کلی بدست آمده حاصل از تغییرات رنگ و نیروی شکست در بافت محصول خشک شده می‌توان دریافت که نمونه‌های پیش تیمار شده به ترتیب با فرآیندهای اسمزی، مایکروویو، فراصوت، بدون اعمال پیش تیمار و بلانچینگ می‌توانند از قابلیت بازاریابی بیشتری برخوردار باشند. بهترین نمونه‌های خشک شده از لحاظ تغییرات رنگ مربوط به پیش تیمار مایکروویو با توان ۳۶۰ W و دمای ۶۵ °C بود در حالی بدترین نمونه‌ها از تغییرات رنگ مربوط به تیمار شاهد در دمای ۶۵ °C بود. همچنین بهترین نمونه از لحاظ تغییرات بافت مربوط به پیش تیمار آلتراسوند با زمان ۴۵ دقیقه و دمای خشک کردن ۴۵ °C بود در حالی که بدترین نمونه در پیش تیمار بلانچینگ با دمای ۹۰ °C و دمای خشک کردن ۶۵ °C بدست آمد. با توجه با نتایج بدست آمده در این تحقیق توصیه می‌گردد که برای تولید چیپس سیب از پیش تیمارهای اسمزی و مایکروویو که دارای کیفیت بالاتری می‌باشند، استفاده گردد و از خشک کردن نمونه‌های بدون اعمال پیش تیمار و یا پیش تیمارهای که دارای کیفیت پایین (مانند بلانچینگ) پرهیز گردد.

## ۵- سپاسگزاری

از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در مسیر انجام این تحقیق قدردانی و تشکر می‌گردد.

## ۶- منابع

- [1] Agricultural statistical. (2014). Iran Agricultural Ministry.
- [2] Bilbao-Sainz, C., Andres, A. and Fito, P. 2005. Hydration Kinetics of Dried Apple as Affected by Drying Conditions. *Journal of Food Engineering*, 68 (3), 369-376.
- [3] Baker, C.G.J. 1997. *Industrial Drying of Food*, Published by Blackie Academic and Professional, Springer US.

- [22] Fellows, P. J. 1990. Food Processing Technology, Principles and Practice. Ellis Horwood Limited.
- [23] Mujumdar, A.S. 2000. Drying Technology in Agriculture and Food Science. Science Publisher, Inc. 313P.
- [24] Maskan, M. 2001b. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. Journal of Food Engineering, 48, 169-175.
- [25] Barreiro, J.A., Milano, M., Sadoval, A. J. 1997. Kinetics of color change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. Journal of Food Engineering, 33, 359-371.
- [26] Seiedlou, S., Ghasemzadeh H.R., Hamdami, N., Talati, F. and Moghaddam, M. 2010. Convective drying of apple Mathematical modeling and determination of some quality parameters, International Journal of Agriculture and Biology, 12(2), 171-178.
- [27] Pittia, P., Rosa, M.D. and Lerisi, C.R. 2001. Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. Lebensmittel-Wissenschaftund Technologie, 34, 168-171.
- [28] Demir A.D. and Cronin, K. 2004. The thermal kinetics of texture change and the analysis of texture variability for raw and roasted hazelnuts. International Journal of Food Science and Technology, 39, 371-383.
- [29] Nuri Mohsenin, N. 1986. Physical properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Breach Science Publishers, New York, US, Chapter 8: 481-599.
- [31] Souti, M., Sahari M.A. and Emam jomeh, Z. 2003. Improving the Dehydration of Dried Peach by Applying Osmotic Method. Iranian, Journal of Agricultural Science and Technology, 34, 2, 283-291.
- [32] Aslnezhadi, S., Peighambaroust, S.H. and Olad Ghaffari, A. 2015. Effect of osmotic pretreatment on quality characteristics of edible button mushroom during air drying. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 25 (4), 613-621.
- [33] Akbarian, M., Ghanbarzadeh, B., Deghannya, J. and Sowti, M. 2013. The Optimization of Osmotic Solution and Investigation of Osmotic Dehydration Effects on Textural and Color Properties of Quince Treated by Polysaccharide Based Active investigation of thin layer plums drying simultaneously pretreated with ultrasound and osmotic dehydration, Research and Innovation in Food Science and Technology, 4 (1), 35-52.
- [14] Shamaee, S. and Emam Djome, Z. 2010. The Effect of Pre-Treatments in Combination with Hot Air, Vacuum and Hot-a Microwave Drying Methods the Progress of the Drying Process, and Textural, and Colour and Rehydration Rate on Button Mushroom (*Agaricus bisporus*) Iranian Food Science and Technology Research Journal, 6 (3), 193-201.
- [15] Tunde-Akintunde, T. 2010. Effect of pretreatment on drying time and quality of chilli pepper. Journal of Food Processing and Preservation, 34 (4), 595- 608.
- [16] Tao, Y., Wang, P., Wang, Y., Kadam, S.U., Han, Y., Wang, J. and Zhou, J. 2016. Power ultrasound as a pretreatment to convective drying of mulberry (*Morus alba L.*) leaves: Impact on drying kinetics and selected quality properties. Ultrasonic Sonochemistry, 31, 310-318.
- [17] Dias da Silva, G., Pimenta Barros, Z.M., Batista de Medeiros, R.A., Oliveira de Carvalho, C.B., Brandão, S.C.R. and Azoubel, P.M. 2016. Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. LWT- Food Science and Technology, 74, 114-119.
- [18] Adiletta, G., Russo, P., Senadeera, W. and Di Matteo, M. 2016. Drying characteristics and quality of grape under physical pretreatment, Journal of Food Engineering, 172, 9-18.
- [19] Rashidian, M., Basiri, A., Mizani, M. and Ebrahimi abyaneh, M. 2011. The effect of drying methods Asgari seedless grapes on alteration of color of raisin, Iranian Journal of Food Science and Technology, 8, 57-65.
- [20] Esmaeili Adabi, M., Motevali, A., Nikbakht, A.M. and Khoshtaghaza, M.H. 2013. Investigation of some pretreatments on energy and specific energy consumption drying of black mulberry. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 19 (1), 89-105.
- [21] Okos, M.R., Narsimhan, G., Ingh, R. K. and Weitmauer, A. C. 1992. Food dehydration. In D. R. Heldman and D. B. Lund (Eds.), Hand book of food engineering (pp. 339-382). New York: Marcel Dekker.

- texture of apple slices at various water activities. *Food Research International*, 28 (1), 83-86.
- [40] Emam jomeh, Z., Tahmasbi, M., Pirouzifard, M.K.H. and Asgari, G.H.R. 2008. Study on the effect of osmotic pretreatment on the structural and microstructural properties, *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 39, (1), 133-139.
- [41] Soleimani, J. and Asefi, N. 2012. The effect of osmotic pretreatment on the density of hot-air-dried carrot. *Journal of Food Hygiene*, 1 (4), 37-44.
- [42] Heydari, M.M. and Nassiri, S.M. 2016. Study on Textural Properties of Pear Fruit during Drying in a Cabinet Dryer. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 12 (2), 214- 225.
- [43] Yousefi, G., Emam djomeh, Z., karami, Z. and Poormohammadi, K. 2015. Modeling and optimization of the effect of osmo-ultrasonic pretreatment followed by hot air drying of black cherry fruit, *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 45 (2), 141-151.
- [44] Fernandes, F.A.N., Gallao, M.I. and Rodrigues, S. 2008. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *LWT*, 41, 604-610.
- [45] Janjai, S., Lamlert, N., Intawee, P., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Bala, B.K. and Müller, J. 2008b. Finite element simulation of drying of mango. *Biosystems Engineering*, 99, 523-531.
- Coatings. *Iranian Food Science and Technology*, 9 (2), 165-174.
- [34] Zou, K., Teng, J., Huang, L., Dai, X. and Wei, B. 2013. Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. *LWT- Food Science and Technology*, 51, 253-259.
- [35] 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. *Ultrasonic Sonochemistry*, 17: 598-604.
- [36] Eshraghi, E., Kashaninejad, M., Maghsoudlou, Y., Beiraghi Toosi, S. and Alami, M. 2012. Studying the Effect of Osmosis-Ultrasonic Compound Pre-treatment on Drying Kiwi Fruit Sheets *Iranian Food Science and Technology*, 7 (4), 273-279.
- [37] Hosseini, M., Mansoori, Y., Mostaan, A. and Rajaei, A. 2014. Effect of Ultrasonic, Microwave, Chemical, and Osmotic Pre-Treatments on Quality Indexes (Texture, Color, and Rehydration Ratio) of Dried Button Mushroom Slices in Hot Air Drying, *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2 (7), 2294-2300.
- [38] Ziabakhsh Deylami, M., Abdul Rahman, R., Tan, C.P., Bakar, J. and Olusegun, L. 2016. Effect of blanching on enzyme activity, color changes, anthocyanin stability and extractability of mangosteen pericarp: A kinetic study. *Journal of Food Engineering*, 178, 12-19.
- [39] Beveridge, T. and Weintraub, S.E. 1995. Effect of blanching pretreatment on color and

## Effect of the various pretreatment on color change and texture characteristics in drying of apple slice

Motevali, A. <sup>1\*</sup>, Hashemi, S. J. <sup>1</sup>

1. Department of Mechanics of Biosystem Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(Received: 2016/10/03 Accepted:2017/02/19)

Nowadays, fruit chips production is one of the growing industries in Iran and other countries all over the world. In this This study was conducted to investigate the effect of various pretreatment including osmotic pretreatment (at three levels concentration of sucrose 30, 50 and 70%), ultrasound (at three levels 15, 30 and 45 min), hot water or blanching (70, 80 and 90 °C) and microwave (90, 180 and 360 W) on drying of apple slice in hot air dryer at three levels of temperature (45, 55 and 65 °C) and constant air velocity. The results showed that the highest color changes of dried samples in control and blanching pretreatments were, respectively, 30.17 and 20.75 and the lowest color changes occurred in microwave and osmotic pretreatments were 5.33 and 10.13, respectively. Also, the minimum and maximum fracture forces were found for ultrasonic (4.4 N) and blanching pretreatments (13.9 N), respectively. The results showed that, in all treatments, raising drying temperature caused decrease in color changes while increase in the hardness in the texture of the dried product.

**Keywords:** Color change, Texture, Hot air dryer, Various pretreatments

---

\* Correspponding Author E-Mail Address: a.motevali@sanru.ac.ir