



## کاربرد فناوری حرارتی اهمیتیک در پوست گیری میوه گلابی خاردار (*Opuntia stricta*): تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر عملکرد پوست گیری

صبا ناظمی<sup>۱</sup>، محبوبه کشیری<sup>۲\*</sup>، امان محمد ضیایی فر<sup>۳</sup>، مهران اعلمی<sup>۴</sup>، حبیب ا. میرزایی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۲</sup> استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۴</sup> دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۰۶

### چکیده

**سابقه و هدف:** آپونتیا (*Opuntia stricta*) با نام متداول گلابی خاردار یکی از گونه های کاکتوس می باشد که به سبب پوشش خار در سطح خارجی پوست میوه و مشکلات ناشی از حذف فیزیکی به روش سنتی، مصرف تازه خوری این میوه غنی از ترکیبات مغذی را محدود نموده است. از طرفی با توجه به نگرانی های زیست محیطی پوست گیری میوه با قلیا بخار معایبی را به همراه دارد. بر این اساس هدف از این تحقیق استفاده بررسی پیش تیمار حرارتی اهمیتیک (شدت میدان الکتریکی (۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ ولت بر متر)، غلظت نمک سدیم کلرید (۰/۰۱ الی ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) بر افت وزنی، ضخامت پوست، ترکیبات فنولی کل، اسید آسکوربیک و شاخص های رنگی  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  میوه گلابی خاردار مورد مطالعه قرار گرفت.

**مواد و روش ها:** فرایند پوست گیری با استفاده از دستگاه گرمادهی اهمیتیک (شدت میدان الکتریکی ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک سدیم کلرید ۰/۰۱ الی ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر هر یک در سه سطح تا رسیدن به دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد مطابق اعمال شد. افت وزنی بر اساس تغییرات قبل و بعد از لایه برداری به عنوان درصد از دست دادن وزن محاسبه شد رنگ میوه های تحت تیمار از تصاویری گرفته شده از دوربین کانون با استفاده از نرم افزار ایمیج جی در فضای رنگی آر- جی- بی ارزیابی گردید. ترکیبات فنولی کل پوست میوه گلابی خاردار بر اساس روش رنگ سنجی انجام شد

**یافته ها:** با اعمال پیش فرایند حرارتی اهمیتیک (شدت میدان و غلظت نمک کلرید سدیم) ضخامت پوست جدا شده از میوه در مقایسه با نمونه شاهد کاهش معنی دار یافت. درصد افت وزنی میوه گلابی خاردار به ترتیب مربوط به پیش تیمار اهمیتیک در شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر نمک سدیم کلرید ( $8/2 \pm 0/57$  درصد) بود که در مقایسه با نمونه شاهد ۶۸ درصد کاهش نشان داد. در شدت میدان الکتریکی ۴۵۰۰ ولت بر متر با کاهش غلظت نمک کلرید سدیم سهولت پوست گیری کاهش معنی داری در سطح آماری ۵ درصد مشاهده شد. در بین پیش تیمارهای اهمیتیک بیشترین و کمترین مقدار اسید آسکوربیک به ترتیب به شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر و شدت میدان ۱۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر تعلق داشت.

**نتیجه گیری:** بهترین تیمار اهمیتیک با شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک سدیم کلرید ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر، مقادیر به دست آمده برای افت وزنی  $8/2 \pm 0/57$  درصد، محتوای اسید آسکوربیک  $1/1 \pm 0/005$  میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر و

\*مسئول مکاتبه: Mkashiri@gau.ac.ir ; kashiri.m@gmail.com

ترکیبات فنولی کل  $14/52 \pm 0/8$  میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بود.

واژه‌های کلیدی: گلابی خاردار (*Opuntia*)، پوست‌گیری، حرارت‌دهی اهمیت

### مقدمه

گیاه کاکتوس از خانواده کاکتاسه‌ها می‌باشد (۱) که برخی از گونه‌های آن در مناطق جنوب ایران و سواحل دریای مازندران رشد می‌نمایند (۲). میوه این گیاه با نام‌های انجیر هندی و انجیر بربری (۳) به‌عنوان میوه درجه اول در بعضی از کشورها مورد علاقه مردم می‌باشد. سه گونه خوراکی کاکتوس شامل سان‌پدرو (*Sanpedro*)، هودیا (*Hoodia*) و اپونتیا (*Opuntia*) می‌باشد. گونه اپونتیا علاوه بر مصارف غذایی و صنعتی به‌عنوان یک منبع دارویی به‌شمار می‌رود. در حقیقت خواص ویژه این میوه سبب افزایش تقاضای مصرف آن در بازار بین‌المللی توجیه می‌کند (۴). بتالائین از ترکیبات فعال استخراجی شده از این گونه می‌باشد (۵). براساس گزارش محققان ترکیبات استخراجی به‌عنوان آنتی‌اکسیدان قادر به دام انداختن رادیکال‌های آزاد و نقش محافظت از بدن در برابر آلودگی محیط زیستی و بیماری‌ها ایفا کند (۶). علاوه بر حضور ترکیبات فنولی، ویتامین C، ویتامین E، پلی‌ساکارید و فیبر در این گیاه حائز اهمیت می‌باشد (۷، ۱۱).

اخیرا چگونگی تولید و عرضه میوه جات آماده به مصرف تازه<sup>۱</sup> توجه ویژه شده است. در همین راستا سطح خاردار اپونتیا یکی از دلایل محدودیت مصرف آن تلقی می‌گردد که خارزدایی متداول این میوه روش دستی (با استفاده از چاقو) می‌باشد (کبررا و همکاران، ۲۰۱۵). بر این اساس از نظر تولیدکنندگان خارزدایی محصولات و تکنیک جدید بسیار حیاتی و مهم تلقی می‌گردد. فرایندهای پوست‌گیری شامل

مجموعه‌ای از فرایندهای بیوشیمیایی (تجزیه شیمیایی پوست میوه) و فرایندهای فیزیکی (جداسازی پوست با حداکثر بهره‌وری از تجهیزات) و حرارت‌دهی می‌باشد. از روش‌های متداول پوست‌گیری می‌توان به پوست‌گیری با دست یا مکانیکی، بخار یا آب داغ، قلیا یا شیمیایی و آنزیم‌ها اشاره کرد (۱۲). علی‌رغم برخی از محدودیت کاربرد روش پوست‌گیری با آنزیم نظیر زمان طولانی فرآوری (۱۳) نوگوچی و همکاران (۲۰۱۵) پوست‌گیری آنزیمی برای برخی از میوه‌جات مناسب‌تر از پوست‌گیری مکانیکی معمولی گزارش کردند (۱۴). علاوه بر روش‌های فوق پوست‌گیری بخار با قلیا، پوست‌گیری با بخار تحت فشار، برای افزایش کارایی پوست‌گیری روش‌های سنتی مورد توجه قرار گرفته است (۱۵، ۱۶). قلیا و بخار از روش‌های معمول در پوست‌گیری بسیاری از صنایع می‌باشند که هر یک به ترتیب مصرف آب فراوان و مشکلات محیط زیستی را به همراه دارد (۱۳، ۱۷، ۱۸). لازم به ذکر است با توجه به نگرانی‌های زیست محیطی و روش‌های جدید نظیر به امواج اولتراسونیک، مادون‌قرمز، پالس الکتریک و اهمیت مورد توجه قرار گرفته است (۱۳). که مورد اخیر در مقایسه با روش گرمایشی معمول (گرما از خارج با استفاده از یک سطح داغ منتقل می‌شود) قادر به جابجایی یکنواخت گرما در سرتاسر جرم مواد غذایی است. موفقیت گرمادهی اهمیت به میزان تولید و سرعت انتقال گرما در سامانه و هدایت الکتریکی مواد غذایی، بستگی دارد (۱۹). با تغییرات میدان الکتریکی و غلظت نمک‌های مختلف کارایی پوست‌گیری تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۰). از متداول‌ترین کاربردهای گرمادهی اهمیت می‌توان به

۱. Fresh Cut

الی ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی-لیتر)، بر خواص فیزیکوشیمیایی میوه گلابی خاردار بود.

### مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل میوه گلابی خاردار (رقم *Opuntia stricta* (تهیه شده از گلخانه ای در غرب مازندران)، اسید گالیک (سیگما، آمریکا)، متانول (کیمیا پارس، ایران)، فولین سیوکالتو سدیم (سیگما، آمریکا)، کربنات سولفات سدیم (مرک، آلمان)، دی اکسید سلنیوم (مرک، آلمان)، اسید بوریک (مبتکران شیمی، ایران) اسید کلریدریک (کیمیا پارس، ایران)، پتاسیم یدات، نشاسته (مرک، آلمان)، پتاسیم یدید (مرک، آلمان) بودند.

**پیش تیمار حرارتی - پوست گیری:** فرایند پوست گیری با استفاده از دستگاه گرمادهی اهمیک (محفظه شیشه‌ای متصل به منبع انرژی با دامنه ۱۰۵ تا ۳۱۵ و دو الکتروود که از زیر محفظه عبور کرده اند. در این تحقیق محدوده شدت میدان الکتریکی ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک سدیم کلرید ۰/۰۱ الی ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر هر یک در سه سطح تا رسیدن به دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مطابق اعمال شد (انگاسری و همکاران، ۲۰۱۶). پوست میوه تحت تیمار گرمادهی اهمیک با دست جدا در آون در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک و با آسیاب دستی پودر و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی و در فریزر ۱۵- نگهداری شدند (۲۳).

**ارزیابی تاثیر پیش فرایند حرارتی اهمیک بر خواص میوه گلابی خاردار**

**ارزیابی پیش فرایند حرارتی اهمیک بر درصد افت وزنی میوه گلابی خاردار:** درصد افت وزنی مطابق رابطه ۱ با تغییرات قبل و بعد از لایه‌برداری به‌عنوان درصد از دست دادن وزن محاسبه شد (۲۴).

رابطه ۱

$100 \times \text{وزن اولیه} / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد افت وزن}$

پوست‌گیری گوجه‌فرنگی (۲۰) و پوست‌گیری پرتقال اشاره کرد (۲۱). بر اساس گزارش پورتالاس و همکاران (۲۰۱۶) تسهیل پوست‌گیری میوه‌ها و سبزیجات با استفاده از میدان‌های الکتریکی پالسی (۴ کیلو وات بر سانتی‌متر) انجام پذیرفت (۲۲). ونگسا (۲۰۰۴) پوست‌گیری گوجه‌فرنگی طی فرایند گرمادهی اهمیک در غلظت‌های مختلف نمک سدیم کلرید (۰/۰۳-۰/۰۱ درصد) و شدت میدان الکتریکی (۹۶۸۰-۶۴۵۰ ولت بر متر) مورد بررسی قرار و دستاورد قابل قبولی سهولت پوست‌گیری بالاتر از ۴ حاصل گردید (۲۰). در همین راستا استفاده از روش‌های تلفیقی نظیر پوست‌گیری قلیا-اهمیک نشان داد که بهترین شرایط غلظت‌های ۰/۰۱ درصد نمک سدیم کلرید و ۰/۵ درصد سود در شدت میدان الکتریکی ۱۲۱۰ و ۱۶۱۰ ولت بر متر گردید بر اساس گزارش این محققان بیشترین وزن از دست رفته (۳۵/۴ درصد) با کمترین سهولت پوست‌گیری (۲) با افزایش شدت میدان الکتریکی به ۴۸۴۰ ولت بر متر و در غلظت‌های ۰/۰۱ درصد نمک سدیم کلرید و ۰/۰۱ درصد بود (۲۰). بر اساس گزارش محققان پوست‌گیری اهمیک می‌تواند سبب کاهش مشکلات محیطی ناشی از پوست‌گیری قلیا را به دلیل عدم استفاده از قلیایی در فرایند و تنها یک غلظت بسیار کمی از نمک کلرید سدیم (۰/۰۱ تا ۰/۰۳ گرم نمک کلرید سدیم) در زمانی نسبتاً کوتاه (تقریباً ۱ دقیقه) با کیفیت قابل مقایسه از میوه پوست‌کننده با روش قلیایی گردد (ونگسا انگاسری و ساستری، ۲۰۰۹). با توجه به اهمیت بهبود پوست‌گیری قلیا کاهش اثرات زیست و معرفی روش جایگزین مناسب برای خارزدایی و پوست‌گیری از میوه آپونتیا هدف از این مطالعه بررسی اثرات شدت میدان الکتریکی (۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ ولت بر متر)، غلظت نمک سدیم کلرید ۰/۰۱

ارزیابی پیش فرایند حرارتی اهمیت بر خواص پوست میوه گلابی خاردار

تعیین ضخامت پوست میوه تحت تیمار: ضخامت پوست میوه (میلی متر) با ارزیابی قطر قبل و بعد از لایه برداری میوه گلابی خاردار با استفاده از کولیس با حساسیت ۰/۲ میلی متر انجام شد (۲۴).

کیفیت پوست گیری میوه تحت پیش فرایند حرارتی اهمیت: براساس گزارش ونگ و همکاران (۲۰۱۸) کیفیت پوست گیری با توجه به دشواری در حذف پوست به پنج گروه شامل حذف پوست بسیار دشوار است (گروه ۱)، برداشتن پوست در بیشتر مناطق مشکل است (گروه ۲)، حذف پوست به طور متوسط دشوار است و مشکلات در برخی مناطق ممکن است وجود داشته باشد (گروه ۳)، حذف پوست با کمی تلاش ممکن است؛ قطعه بزرگ پوست می تواند هموار شود (گروه ۴)، حذف پوست بسیار آسان است و قطعه بزرگ پوست می تواند به سرعت و به آرامی برداشته شود (گروه ۵) (۲۴).

بازدهی پوست گیری میوه گلابی خاردار: میوه قبل و بعد پوست گیری وزن گردید و درصد بازدهی از رابطه ۴ محاسبه شد (۲۴).

رابطه ۴

$$100 \times \frac{\text{وزن میوه قبل پوست گیری}}{\text{وزن میوه بعد پوست گیری}} = \text{درصد بازدهی پوست گیری}$$

زمان پوست گیری از میوه گلابی خاردار: زمان پوست گیری با استفاده از یک کرونومتر آنالوگ برای تعیین کارایی هر یک از روش های لایه برداری مورد استفاده قرار گرفت. نتایج بر اساس در ثانیه گزارش گردید (۲۷).

ترکیبات فنولی پوست میوه گلابی خاردار: ترکیبات فنولی پوست میوه با هدف چگونگی اثربخشی پیش تیمار اهمیت و سهولت جداسازی و تاییدی برای

ارزیابی پیش فرایند حرارتی اهمیت بر رنگ میوه گلابی خاردار: به منظور ارزیابی رنگ میوه های تحت تیمار از تصاویری گرفته شده از دوربین کانون با استفاده از نرم افزار ایمیج جی در فضای رنگی آر-جی-بی استفاده و شاخص های  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ارزیابی شدند.

ارزیابی پیش فرایند حرارتی اهمیت بر درصد فشردگی میوه گلابی خاردار: استحکام میوه مطابق روش انگاسری و همکاران (۲۰۱۶) براساس فشردگی سازی دستی تعیین شد. در این روش وزنه ۵۰۰ گرمی با ابعاد  $6 \times 4/7$  سانتی متر به مدت ۱۰ ثانیه قرار داده شد و درصد فشردگی سازی طی زمان با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۲۰).

رابطه ۲

$$100 \times \frac{\text{ارتفاع قبل فشردگی}}{\text{ارتفاع بعد فشردگی}} = \text{درصد فشردگی}$$

ارزیابی پیش فرایند حرارتی اهمیت بر محتوی اسید آسکوربیک میوه گلابی خاردار: ۱ میلی لیتر عصاره میوه گلابی خاردار به بالن حجمی ۲۵۰ میلی لیتری انتقال و با ۵۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شد. پس از افزودن یک میلی لیتر محلول شاخص نشاسته ۱ درصد، محلول حاصل از آن با محلول ید تا ظهور رنگ آبی تیره تیترا شد. میزان میلی گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه بر اساس رابطه ۳ محاسبه شد (۲۵، ۲۶).

رابطه ۳

$$0/88 \times \text{حجم معرف مصرفی} = \text{میزان اسید آسکوربیک (میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر نمونه)}$$

ارزیابی پیش فرایند حرارتی اهمیت بر مواد کل جامد محلول میوه: مواد جامد محلول در آب (SS) با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال (AB)، کالیبره شده در برابر ساکارز اندازه گیری و به صورت درصد بیان شد (۲۴).

استفاده در این پژوهش در جدول ۱ آورده شده است. وزن میوه مورد بررسی  $11/69 \pm 1/75$  گرم بود. بر اساس گزارش برخی از محققان مختلف وزن میوه گلابی خاردار در گونه های مختلف حدود ۷-۳۵ (۲۹) و ۱۵۸-۱۰ گرم (۳۰) تعیین شده است. مواد جامد محلول میوه گلابی خاردار در این تحقیق  $7/6 \pm 0/01$  بود که در مقایسه با گونه های گلابی خاردار با رنگ بنفش کمتر بود (۳۱). کهدورا و همکاران (۲۰۱۷) درصد رطوبت میوه گلابی خاردار جنس آپونتیا گونه *O. microdasys (Lehm)* و *O. macrohiza (Engelm)* را بیش از ۸۷ درصد گزارش کردند (۲۹) که این نتایج می تواند بیانگر تاثیر گونه و منطقه کشت بر ویژگی های میوه تولیدی قلمداد گردد.

محتوی اسید آسکوربیک در عصاره میوه گلابی خاردار در این تحقیق  $11/41 \pm 0/01$  میلی گرم بر گرم تعیین گردید که در مقایسه با میوه های گلابی خاردار بنفش کمتر بود (۳۲). لازم به ذکر است محتوی اسید آسکوربیک در این میوه به طور قابل توجهی بالاتر از متوسط محتوی اسید آسکوربیک برخی از میوه های معمولی مانند هلو، انگور و سیب بوده است. بر این اساس این میوه به صورت تازه و فراوری شده آماده به مصرف مورد توجه قرار گیرد. شاخص رنگی  $a^*$ ،  $L^*$  و  $b^*$  میوه گلابی خاردار در این تحقیق به ترتیب  $25/3 \pm 0/03$ ،  $47/63 \pm 2/73$  و  $15/59 \pm 0/03$  بود که از حیث شاخص قرمزی مشابه گزارش ملگار و همکاران (۲۰۱۷) در خصوص گونه *O. ficus indica sanguigna* بود (۳۲).

کاهش ترکیبات فنولی متصل به پوسته در تیمارهای اثربخش مورد ارزیابی قرار گرفت. در همین راستا ۲ گرم پوست نمونه جدا شده از میوه طی دو مرحله هر مرتبه با ۱۰ میلی لیتر متانول ۵۰ درصد عصاره گیری و سپس مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه در سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ گردید. در ادامه ۲۵۰ میکرو لیتر عصاره استخراج شده با ۱/۵ میلی لیتر فولین سیوکالتو (۱۰ درصد) مخلوط و ادامه پس بعد از سپری شد ۵ دقیقه، ۱/۵ میلی لیتر سدیم کربنات ۶ درصد اضافه در جای تاریک قرار داده شد. پس از سپری شدن زمان لازم، جذب نور در طول موج ۷۶۰ نانومتر در مقابل شاهد اندازه گیری و مقدار ترکیبات فنولی کل بر اساس میلی گرم اسید گالیک در هر ۱۰۰ گرم ماده خشک مطابق روش چگوئی و همکاران (۲۰۱۵) تعیین گردید (۲۸).

### تجزیه و تحلیل آماری

شدت میدان الکتریکی (۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ ولت بر متر) و غلظت نمک سدیم کلرید (۰/۰۱ تا ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) بر پارامترهای مورد آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی به منظور به ارزیابی پیش تیمار حرارتی اهمیت بر پوست گیری میوه گلابی خاردا بررسی شد. مقایسه میانگین ها در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن و به کمک نرم افزار SAS صورت گرفت.

### نتایج و بحث

ارزیابی خواص فیزیکوشیمیایی میوه گلابی خاردار: خواص فیزیکوشیمیایی میوه گلابی خاردار مورد

جدول ۱- خواص فیزیکوشیمیایی میوه گلابی خاردار

Table 1. Physico-chemical properties of prickly pear fruit

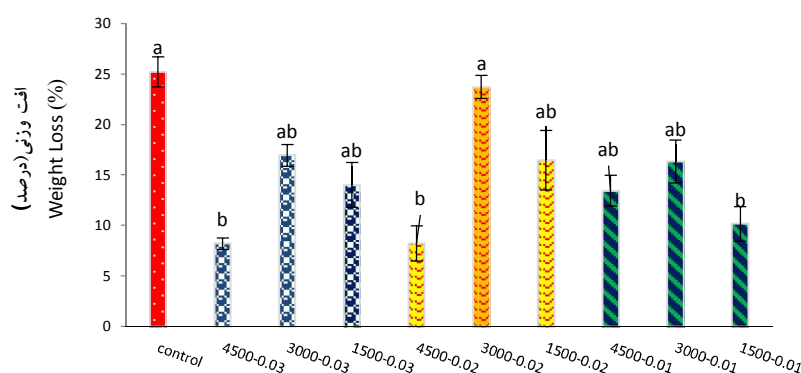
وزن (گرم) Weight (gr)	فشردگی Compression index (%)	مواد جامد محلول TSS (%)	رطوبت (درصد) Moisture (%)	اسید آسکوربیک Ascorbic acid (mg/100g)	L*	a*	b*
--------------------------	---------------------------------	----------------------------	------------------------------	--	----	----	----

+15.59±0.03	+47.63±2.7	25.3±0.03	1.141±0.01	76.6±1.6	7.6±0.1	25.66±1.2	11.69±1.
-------------	------------	-----------	------------	----------	---------	-----------	----------

بود. بررسی تاثیر غلظت نمک و شدت میدان الکتریکی نشان داد که کمترین درصد افت وزنی میوه گلابی خاردار متعلق به پیش تیمار اهمیتیک در شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر نمک سدیم کلرید (۵۷/۲±۸ درصد) بود که در مقایسه با نمونه شاهد ۶۸ درصد کاهش داشت. مقایسه درصد افت وزنی در غلظت‌های نمک مختلف با شدت‌های میدان متفاوت نشان داد که با کاهش شدت میدان و غلظت نمک کلرید سدیم، وزن از دست رفته افزایش یافت که علت این پدیده به الکتروپوریشن به‌عنوان مکانیسم اصلی گرمایش اهمیتیک و افزایش نفوذ و پوست‌گیری میوه و تسهیل و افزایش انتقال جرم نسبت داد. نتایج به دست آمده از این تحقیق با یافته‌های انگاسری و ساستری (۲۰۱۶) مطابقت داشت (۳۳).

بررسی تأثیر پیش تیمار اهمیتیک بر عملکرد پوست‌گیری میوه گلابی خاردار: خار یکی از بخش‌های مهم گیاه با عملکرد بیولوژیکی از جمله حفظ آب و انتقال آن به داخل است که جداسازی این بخش طی فرایندهایی نظیر پوست‌گیری به منظور افزایش تمایل مصرف کنندگان به استفاده از این میوه سلامت بخش با خواص تغذیه‌ای ضرورت دارد.

بررسی تأثیر پیش فرایند حرارتی اهمیتیک بر افت وزنی میوه گلابی خاردار: پوست‌گیری با روش دستی یکی از متداول‌ترین روش‌ها محسوب می‌شود که نسبت به روش‌های نوین از سهولت پوست‌گیری کمتر و افزایش افت پوست‌گیری بیشتر است. همان‌طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود درصد افت وزنی و زمان پوست‌گیری به روش دستی به ترتیب ۲۶/۳۰±۱/۴۶ درصد و ۴۰/۵۷±۰/۴۸ ثانیه



شکل ۱- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر افت پوست‌گیری

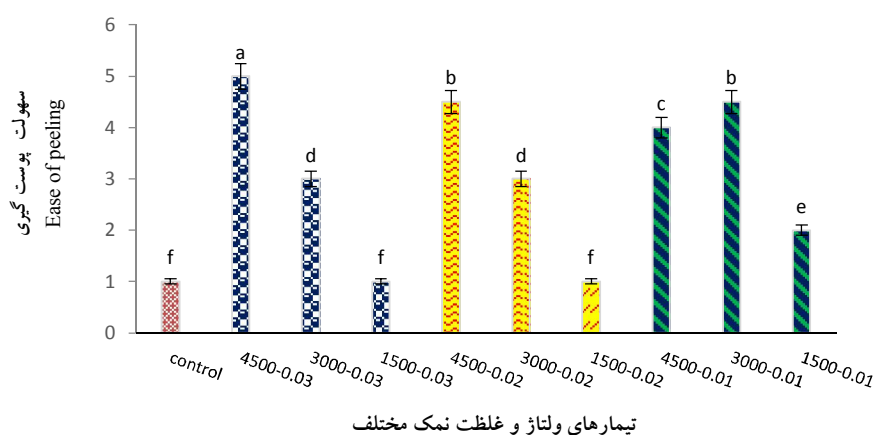
Figure 2. Effect of electric field strength and NaCl concentration on weight loss

مصرف می‌تواند بسیار مفید واقع گردد. میزان سهولت پوست‌گیری به روش دستی به دلیل پوشانده بودن سطح از خار موجب دشواری مصرف می‌شود و کمترین میزان (۱) را به خود اختصاص داده است. نتایج بررسی تأثیر پارامترهای فرایند حرارتی اهمیتیک بر سهولت پوست‌گیری میوه گلابی خاردار در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده

بررسی تأثیر پارامترهای پیش فرایند حرارتی اهمیتیک بر سهولت پوست‌گیری میوه گلابی خاردار: سهولت پوست‌گیری یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی عملکرد محسوب می‌شود. هر چه سهولت پوست‌گیری افزایش یابد مطلوب تر خواهد بود. به عبارتی در فرایند پوست‌گیری یافتن روشی با بیشترین سهولت پوست‌گیری برای تولید میوه آماده به

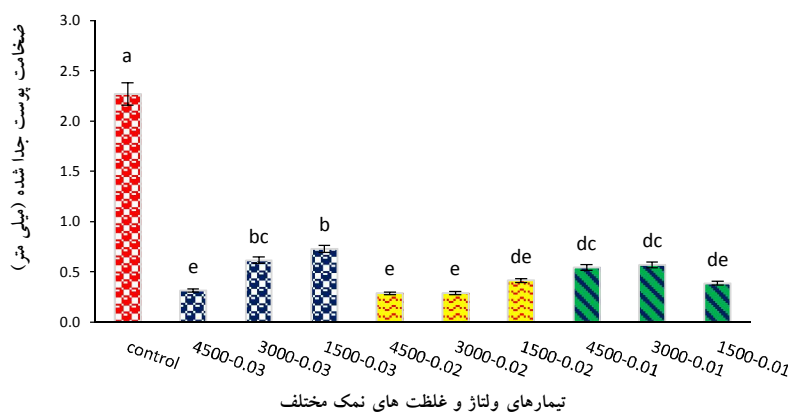
پایین شرط لازم قابل پذیرش بودن را دارا نبوده‌اند. بررسی نتایج امتیازدهی نشان داد که در شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر با کاهش غلظت نمک کلرید سدیم سهولت پوست‌گیری کاهش معنی داری در سطح آماری ۵ درصد نشان داد که از این حیث با نتایج انگاسری و ساستری (۲۰۱۵) مبنی بر افزایش ولتاژ و غلظت در دستیابی به ویژگی‌های مطلوب‌تر در محصول مطابقت داشت (۳۴).

می‌شود، غلظت نمک کلرید سدیم و شدت میدان الکتریکی تأثیر به‌سزایی در سهولت پوست‌گیری میوه طی فرایند داشته است که دلیل این امر را می‌توان به تاثیر شرایط گرمایی و الکتریکی، تغییرات بیوشیمیایی ناشی که منجر به تغییرات فیزیکی در پوسته و در نتیجه سهولت پوست‌گیری می‌شود (۳۳). لازم به ذکر است کسب امتیاز بالاتر از ۴ در فرایند پوست‌گیری شرط لازم قابل پذیرش بودن تلقی می‌گردد (۲۴). بر این اساس در غلظت‌های مختلف در شدت میدان‌های



شکل ۲- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر سهولت پوست‌گیری

Figure 2. Effect of electric field strength and NaCl concentration on ease of peeling



شکل ۲- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر ضخامت پوست

Figure 2. Effect of electric field strength and NaCl concentration on thickness of peel

پوست جدا شده از میوه می‌تواند شاخصی از عملکرد پوست‌گیری باشد. نتایج بررسی تأثیر پارامترهای

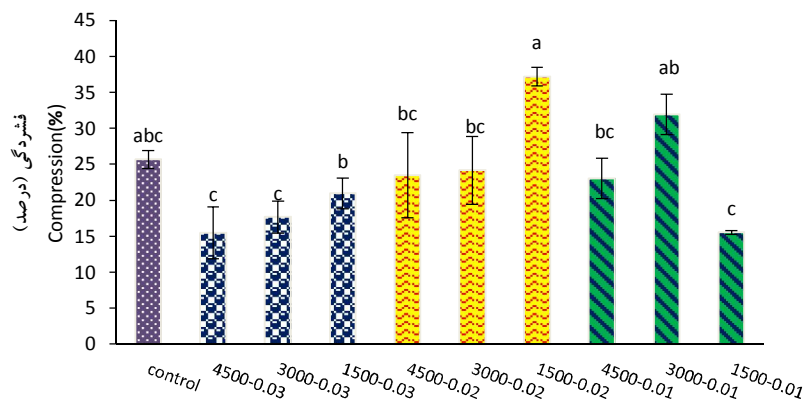
بررسی تأثیر پارامترهای پیش فرایند حرارتی اهمیت بر ضخامت پوست میوه گلابی خاردار: ضخامت



فرایند در شکل ۴ نشان داده شده است. درصد فشردگی میوه در محدوده ۲۵/۶۶-۱۵/۴۶ درصد بود. کمترین درصد فشردگی میوه در کمترین شدت میدان (۱۵۰۰ ولت بر متر) و غلظت نمک کلرید سدیم (۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) مشاهده شد. در همین راستا انگاسری و ساستری (۲۰۱۵) افزایش دمای فرایند (گرمایش اهمیت) و تحرک مایع درون سلولها (انبساط هوا درون میوه) در افزایش فشار درونی گزارش کردند داشت (۳۴). بر این اساس می توان بیان داشت احتمالاً کم بودن تحرک مایع درون سلولی در شدت میدان ۱۵۰۰ ولت بر متر و در مقابل سرعت بالای رسیدن به دمای جوش در شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر شرایط فشردگی میوه تحت تاثیر قرارداد است.

فرایند اهمیت در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می شود، با اعمال پیش فرایند اهمیت (شدت میدان و غلظت نمک کلرید سدیم) ضخامت پوست جدا شده از میوه در مقایسه با نمونه شاهد کاهش معنی دار نشان داد ( $p < 0/05$ ). کمترین ضخامت پوست جدا شده به ترتیب به بیشترین غلظت نمک کلرید سدیم و شدت میدان ( $0/3063 \pm 0/06$  میلی متر) بود که در مقایسه با نمونه کنترل ( $2/26 \pm 0/2$  میلی متر) ۹۸ درصد کمتر بود که این می تواند بیانگر کارایی اثر پیش تیمار اهمیت بر فرایند پوست گیری میوه گلابی خاردار تلقی گردد.

تأثیر پارامترهای پیش فرایند حرارتی اهمیت بر درصد فشردگی میوه گلابی خاردار: درصد فشردگی معیاری برای تخریب بافت میوه فرایند پوست گیری محسوب می گردد. نتایج درصد فشردگی میوه تحت



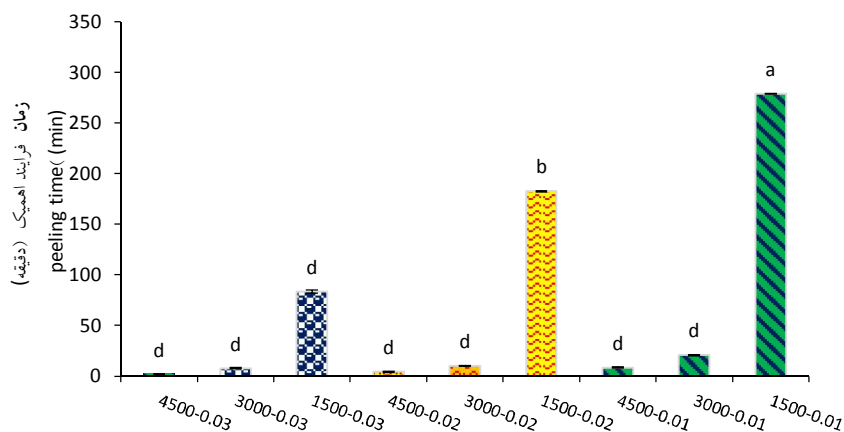
شکل ۴- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر سفتی میوه گلابی خاردار

Figure 4. Effect of electric field strength and NaCl concentration on firmness of fruit

بیشترین شدت میدان (۴۵۰۰ ولت بر متر) و بیشترین غلظت نمک کلرید سدیم (۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) مشاهده شد و همچنین بیشترین مدت زمان پوست گیری مربوط به شدت میدان ۱۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم (۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) بود ( $16720 \pm 26/45$  ثانیه).

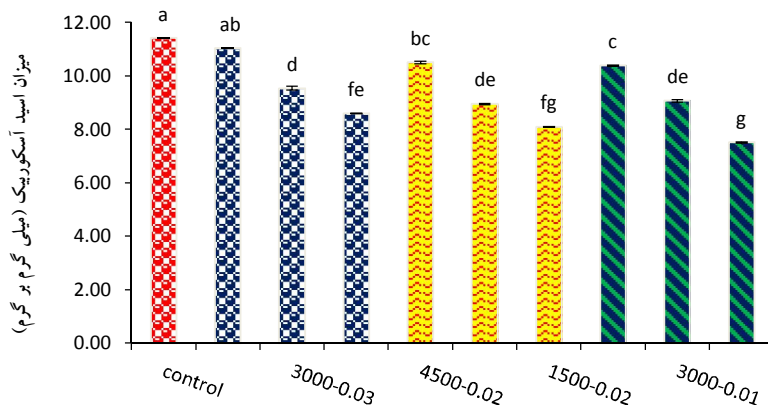
تأثیر پارامترهای فرایند اهمیت بر زمان پوست گیری میوه گلابی خاردار: همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است در غلظت های یکسان با افزایش شدت میدان و غلظت نمک مدت زمان لازم برای پوست گیری میوه کاهش که از این حیث با گزارش انگاسری و ساستری (۲۰۱۶) مطابقت داشت (۳۳). کمترین زمان پوست گیری ( $118 \pm 5/19$  ثانیه) در





شکل ۵- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر زمان پوست گیری

Figure 5. Effect of electric field strength and NaCl concentration on time of peeling



شکل ۶- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر مقدار اسید آسکوربیک میوه گلابی خاردار

Figure 6. Effect of electric field strength and NaCl concentration on ascorbic acid content

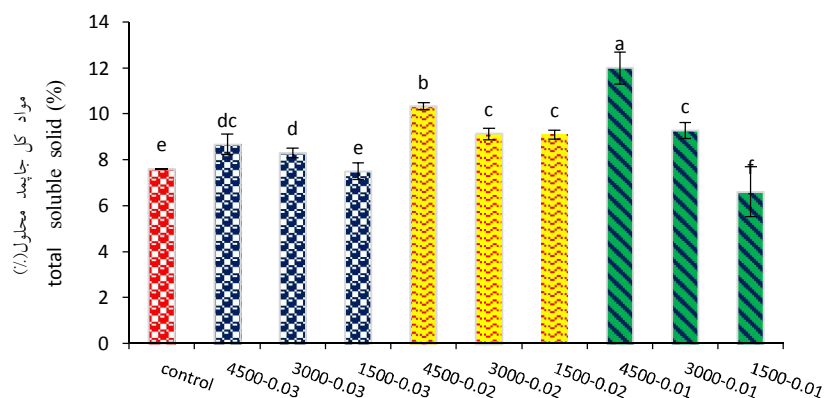
آسکوربیک میوه گلابی خاردار در شکل ۶ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده با کاهش شدت میدان و کاهش غلظت نمک کلرید سدیم میزان محتوی اسید آسکوربیک کاهش نشان داد. بیشترین و کمترین محتوی اسید آسکوربیک در بین تیمارهای اهمیک به ترتیب به شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر (۱۱/۰۲±۰/۰۰۵ میلی گرم بر گرم عصاره میوه) و شدت میدان ۱۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر تعلق داشت که دلیل این امر را می توان بر اساس شکل ۶ به کاهش

تأثیر پارامترهای پیش فرایند اهمیک بر محتوی اسید آسکوربیک میوه گلابی خاردار: با عنایت به گسترش عرضه محصولات آماده به مصرف گلابی خاردار دستیابی به حداکثر محتوی اسید آسکوربیک می تواند مورد استقبال تولیدکنندگان و مصرف کنندگان قرار گیرد که این امر می تواند وابسته به شرایط بهینه فرایندهای حرارتی قرارگیرد. محتوی اسید آسکوربیک میوه گلابی خاردار در روش دستی ۱۱/۴۱±۰/۰۱ میلی گرم بر گرم عصاره میوه تعیین گردید (شکل ۶). نتایج بررسی پارامترهای اهمیک بر محتوی اسید

جامد محلول مربوط به تیمار با شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک سدیم کلرید ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر بود ( $12 \pm 0/45$  درصد). بر اساس گزارش محققان با افزایش شدت میدان در حرارت‌دهی اهمیت پکتین موجود در میانه لاملای و لایه‌های عمیق‌تر را تخریب و سبب افزایش میزان مواد جامد محلول محصول تحت فرایند گردید (ونگسا و ساستری، ۲۰۱۶) (۳۳). نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد با کاهش میزان غلظت نمک سدیم کلرید میزان مواد جامد محلول افزایش یافت که دلیل این امر بر اساس گزارش ونگ و همکاران به فضای متخلخل بین سلولی و خروج محتویات از سلول‌های پارانشیم و شار مواد جامد محلول نسبت داد (ونگ و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین با افزایش شدت میدان و افزایش مدت زمان حرارت‌دهی پوست‌گیری و افزایش زمان فرایند میزان ماده جامد محلول افزایش می‌یابد که با گزارش نیز انگاسری و ساستری (۲۰۱۶) و ونگ و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت (۲۴، ۳۳).

زمان رسیدن به دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم و افزایش شدت میدان مرتبط دانست. نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج مرکالی و همکاران (۲۰۱۲) مبنی بر کاهش محتوای اسید آسکوربیک در ولتاژهای پایین مطابقت داشت (۳۵). مقایسه نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان بیان داشت محتوای اسید آسکوربیک در تیمار تحت شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر قابل رقابت با نمونه دستی (کنترل) است.

**تأثیر پارامترهای فرایند اهمیت بر مواد جامد محلول میوه گلابی خاردار:** میزان ماده جامد محلول در میوه‌های می‌تواند بسیار مرتبط با میزان رضایت و پذیرش مصرف‌کننده می‌باشد که در این بین میوه‌های حاوی قند بالا مانند میوه گلابی خاردار جزو این دسته به شمار می‌آید. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود مواد جامد محلول اندازه‌گیری شده در نمونه کنترل دارای  $7/6 \pm 0$  درصد بود. بیشترین میزان مواد



شکل ۷ تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر مواد جامد محلول در آب میوه گلابی خاردار

Fig 6. Effect of electric field strength and NaCl concentration on total soluble solid

کمترین و بیشترین شاخص روشنایی به ترتیب مربوط به تیمار با شدت میدان ۳۰۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۲ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر ( $19/34 \pm 0/58$ ) و تیمار با شدت میدان ۳۰۰۰ ولت بر

**تأثیر پارامترهای فرایند اهمیت بر شاخص‌های رنگی میوه و پوست گلابی خاردار:** نتایج بررسی تاثیر پارامترهای فرایند اهمیت بر شاخص  $L^*$  میوه گلابی خاردار در جدول ۲ نشان داده شده است.

بهبود عملکرد پوست‌گیری خواهد داشت به طوری که با کاهش ضخامت و افت وزنی شاخص روشنایی افزایش معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد نشان داد. بر اساس نتایج به دست آمده کمترین و بیشترین میزان روشنی به ترتیب مربوط به نمونه کنترل (۲۵/۹۹±۲/۴۴) و تیمار با شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۴۷±۲/۴۱) بود. مقایسه تیمارها نشان داد با کاهش غلظت نمک کلرید سدیم و افزایش شدت میدان شاخص روشنایی پوست میوه افزایش یافت. بیشترین و کمترین اختلاف رنگی پوست مربوط به پیش‌فرایند با شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر و میزان غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۲ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۲۶/۲۸±۲/۰) پیش‌فرایند با شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر شدت میدان با غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۳ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۳/۱۶±۱/۱۸) اختصاص داشت.

#### تأثیر پارامترهای فرایند اهمیت بر ترکیبات فنولی

کل پوست میوه گلابی خاردار: در فرآیند پوست‌گیری کاهش ضخامت پوست جدا شده می‌تواند درکی مبنی بر کاهش چسبندگی پالپ میوه به پوست و در نتیجه حامل مقدار ترکیبات فنولی کل کمتر باشد. بر این اساس ترکیبات فنولی کل در پوست میوه گلابی خاردار اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی تأثیر پارامترهای فرایند اهمیت در شکل ۹ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، میزان ترکیبات فنولی کل پوست نمونه کنترل (۹/۷۴±۱/۶۳) میلی‌گرم بر حسب گالیک اسید در ۱۰۰ گرم) در مقایسه با نمونه‌های تحت تیمار کمتر بود. فرایند حرارتی در افزایش دسترسی به گروه‌های دارای هیدروکسیل آزاد ناشی از آزادسازی ترکیبات فلاوونوئیدها و تیول‌های نقش موثری ایفا نماید. بر این اساس ارزیابی ترکیبات فنولی کل پوست نمی‌تواند در ارزیابی عملکرد

متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۲۵/۸±۰/۲۹) بود. کمترین و بیشترین شاخص قرمزی ( $a^*$ ) به ترتیب مربوط به تیمار با شدت میدان ۱۵۰۰ ولت بر متر و غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۲ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۳۸/۴۵±۰/۵۴) و نمونه کنترل (۴۸/۱۴±۲/۱۲) بود که از مقایسه نتایج تیمارها با نمونه کنترل می‌توان دریافت که فرایند اهمیت سبب کاهش شاخص قرمزی ( $a^*$ ) میوه گردید که دلیل این امر بر اساس گزارش مرکالی و همکاران (۲۰۱۴) می‌تواند ناشی از تضعیف تدریجی آنتوسیانین‌ها و کاروتنوئیدها قلمداد گردد (۳۵).

اختلاف رنگ نشان‌دهنده تفاوت کلی پارامترهای رنگی اندازه‌گیری شده نمونه کنترل و نمونه تحت تیمار است که می‌توان به‌عنوان یک شاخص اصلی در بررسی تغییرات رنگ طی فرآیند پوست‌گیری تلقی گردد (۳۶). بیشترین میزان اختلاف رنگی کل میوه تحت تیمار اهمیت با نمونه کنترل در میوه مربوط به تیمار با شدت میدان ۱۵۰۰ ولت بر متر و میزان غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر (۱۰/۳۴±۰/۸) بود که حاکی از آن است که با افزایش مدت زمان حرارت دهی اهمیت بیشترین میزان تخریب حاصل شده است و کمترین اختلاف (۴/۹۲±۰/۱۵) به تیمار با شدت میدان ۴۵۰۰ ولت بر متر با غلظت نمک کلرید سدیم ۰/۰۱ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اختصاص داشت که نشانگر آن بود که در بالاترین شدت میدان همراه با کمترین غلظت نمک کلرید سدیم کمترین تغییر در رنگ میوه رخ داده است.

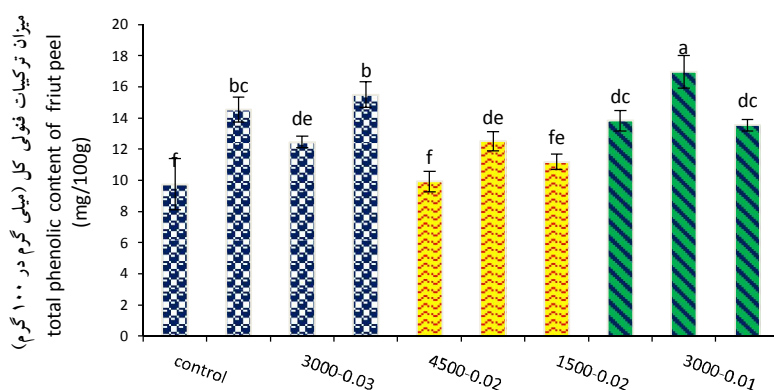
نتایج بررسی تأثیر پارامترهای فرایند اهمیت بر شاخص  $L^*$  پوست میوه در جدول ۲ نشان داده شده است. با مقایسه ضخامت پوست طی تیمارهای اهمیت (شکل ۳) و درصد افت وزنی (شکل ۱) می‌توان بیان داشت شاخص روشنایی رابطه مستقیمی با

پوست گیری موثر واقع گردد. در بررسی اثر پارامترهای موثر بر پوست میوه تحت تیمار اهمیک از روند تغییرات متفاوتی مشاهده شد.

جدول ۲- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر شاخص‌های رنگی پوست و میوه گلایی خاردار

Table 2. Effect of electric field strength and NaCl concentration on colour index of peel and fruit

ΔE	b*	a*	L*	پارامترهای اهمیک		
				Ohmic parameters		
				شدت میدان الکتریکی electric field strength (V/m)	غلظت نمک NaCl Concentration on (% w/v)	
	22.07±	40.35	40.35	control	control	
19.71 ±1.9 <sup>a</sup>	22.07±1.35	50.32±2.21	25.99±1.02	315		
16.96±3.6	8.12±4.36	47.57±2.01	42.61±2.14	210	0.03	
26.28±2.0	14.05±	42.28±1.78	33.22±3.14	105		
10.45±7.3	16.99±1.47	44.75±2.45	32.36±1.87	315		میوه
16.01±7.39	15.75±2.23	50.98±3.01	41.05±2.13	210	0.02	Fruit
16.89±2.0	31.87±4.21	54.22±2.25	36.97±1.99	105		
17.66±1.19	17.97±1.24	55.23±1.96	37.83±3.28	315		
22.9±1.25	21.48±1.08	48.91±5.3	47.00±1.9	210	0.01	
16.45±2.04	19.79±2.14	50.22±2.69	38.22±4.12	105		
	21.77 ±1.98 <sup>a</sup>	40.35±1.02 <sup>c</sup>	36.61 ± <sup>d</sup>	control	control	
19.71±1.41	22.07±1.28 <sup>a</sup>	50.32±2.9 <sup>abc</sup>	25.99 ±2.5 <sup>ab</sup>	315		
16.93±3.6	18.12±1.74 <sup>a</sup>	47.57±2.2 <sup>bc</sup>	42.61 ±1.8 <sup>ab</sup>	210	0.03	
26.28±2.0	14.05±1.05 <sup>a</sup>	42.28±1.18 <sup>a</sup>	33.22±1.01 <sup>a</sup>	105		
10.45±7.3	16.99±1.02 <sup>a</sup>	44.75±1.52 <sup>abc</sup>	32.36 ±3.01 <sup>cd</sup>	315		پوست
16.10±7.39	15.75±4.2 <sup>a</sup>	50.98 ±2.0 <sup>abc</sup>	41.05 ±2.2 <sup>bc</sup>	210	0.02	Peel
16.89±2.0	31.87±5.9 <sup>a</sup>	54.22 ±1.13 <sup>ab</sup>	36.97±2.41 <sup>bc</sup>	105		
17.66±10.09	17.97±1.74 <sup>a</sup>	55.23±1.25 <sup>abc</sup>	37.83 ±2.20 <sup>cd</sup>	315		
22.9±10.09	21.48±1.25 <sup>a</sup>	48.91 ±4.12 <sup>ab</sup>	47.0 ±1.25 <sup>bc</sup>	210	0.01	
16.45±2.04	19.79±1.78 <sup>a</sup>	50.22 ±2.41 <sup>abc</sup>	38.28 ±3.01 <sup>bc</sup>	105		



شکل ۸- تأثیر شدت میدان الکتریکی و غلظت نمک بر برترکیبات فنولی کل پوست میوه

Figure 8. Effect of electric field strength and NaCl concentration on total phenolic content of fruit peel

### منابع

1. Ali, N., and El-Mohamedy, R. 2011. Eco-friendly and protective natural dye from red prickly pear (*Opuntia Lasiantha* Pfeiffer) plant, Journal of Saudi chemical society 15(3): 257-261.
2. Ayvaz, H.A.M., and Santos, L.E. 2016. Rodriguez-Saona, Understanding tomato peelability, Comprehensive Reviews in

- Food Science and Food Safety, 15(3): 619-632.
3. Behera, K., Sahoo, S., and Prusti, A. 2010. Biochemical quantification of diosgenin and ascorbic acid from the tubers of different *Dioscorea* species found in Orissa, Libyan Agri. Res Cent. J. Int. 1(2):123-127.
  4. Bessey, O.A., and King, C. 1933. The distribution of vitamin C in plant and animal tissues, and its determination, Journal of Biological Chemistry, 103: 687-698.
  5. Chahdoura, H., Barreira, J.C., Adouni, K., Mhadhebi, L., Calhelha, R.C., Snoussi, M., Majdoub, H., Flamini, G., Ferreira, I.C., and Achour, L. 2017. Bioactivity and chemical characterization of *Opuntia macrorhiza* Engelm. seed oil: potential food and pharmaceutical applications, Food & function, 8(8):2739-2747.
  6. Chavez-Santoscoy, R., Gutierrez-Uribe, J., and Serna-Saldívar, S. 2009. Phenolic composition, antioxidant capacity and in vitro cancer cell cytotoxicity of nine prickly pear (*Opuntia* spp.) juices, Plant Foods for Human Nutrition, 64(2) : 146-152.
  7. Chougui, N., Djerroud, N., Naraoui, F., Hadjal, S., Aliane, K., Zeroual, B., and Larbat, R. 2015. Physicochemical properties and storage stability of margarine containing *Opuntia ficus-indica* peel extract as antioxidant, Food chemistry, 173: 382-390.
  8. Fellows, P.J. 2009. Food processing technology: principles and practice, Elsevier.
  9. Fernández-López, J.A., Almela, L., Obón, J.M., and Castellar, R. 2010. Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits, Plant Foods for Human Nutrition, 65(3): 253-259.
  10. Garcia, E. and Barrett, D.M. 2006. Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes, peelability and yield, Journal of food processing and preservation 30(1): 20-36.
  11. Jiménez-Aguilar, D.M., Escobedo-Avellaneda, Z., Martín-Belloso, O., Gutiérrez-Uribe, J., Valdez-Fragoso, A., García-García, R., Torres, J.A., and Welti-Chanes, J. 2015. Effect of high hydrostatic pressure on the content of phytochemical compounds and antioxidant activity of prickly pears (*Opuntia ficus-indica*) beverages, Food engineering reviews, 7(2):198-208.
  12. Khatabi, O., Hanine, H., Elothmani, D., and Hasib, A. 2016. Extraction and determination of polyphenols and betalain pigments in the Moroccan prickly pear fruits (*Opuntia ficus indica*), Arabian Journal of Chemistry, 9: S278-S281.
  13. Kyanbakht, S, and Hossein, F.H. 2008. Effect of cactus fruit (*Opuntia ficus-indica* L.) on blood glucose concentration in streptozotocin-induced diabetic rats. Journal of Medicinal Plants (In persian) 25: 71-78.
  14. Lee, S.-P. S.-K. and Lee, Y.-D. 2000. Ha, Alcohol fermentation of *Opuntia ficus* fruit juice, Journal of Food Science and Nutrition 5(1): 32-36.
  15. Leizeron, S., Shimoni, E. 2005. Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ohmic heating, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(10): 4012-4018.
  16. Liew, S.Q., Chin, N.L., and Yusof, Y.A. 2014. Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels, Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2(231): e236.
  17. Mata, A. Ferreira, J.P., Semedo, C., Serra, T., Duarte, C.M.M., and Bronze, M.R. 2016. Contribution to the characterization of *Opuntia* spp. juices by LC-DAD-ESI-MS/MS, Food Chemistry 210: 558-565.
  18. Melgar, B., Dias, M.I., Ciric, A., Sokovic, M., Garcia-Castello, E.M., Rodriguez-Lopez, A.D., Barros, L., Ferreira, I. 2017. By-product recovery of *Opuntia* spp. peels: Betalainic and phenolic profiles and bioactive properties, Industrial Crops and Products, 107:353-359.
  19. Mohamad, N.S., Sulaiman, R., Lai, O., and Hussain, N. 2017. Comparison between conventional and alternative peeling methods on peeling efficiencies

- of Malaysian'Chok Anan'mango (*Mangifera indica* L.) fruit, *International Food Research Journal*, 24(5).
20. Moussa-Ayoub, T.E., El-Samahy, S.K., Rohn, S., and Kroh, L.W. 2011. Flavonols, betacyanins content and antioxidant activity of cactus *Opuntia macrorhiza* fruits, *Food Research International*, 44(7): 2169-2174.
  21. Noguchi, M., Ozaki, Y., Azuma, J.-i. 2015. Recent progress in technologies for enzymatic peeling of fruit, *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 49(4): 313-318.
  22. Pan, Z., Li, X., Bingol, G., McHugh, T., and Atungulu, G. 2009. Development of infrared radiation heating method for sustainable tomato peeling, *Applied Engineering in Agriculture*, 25(6): 935-941.
  23. Puértolas, E., Saldaña, G., Raso, J., and Miklavcic, D. 2016. Pulsed electric field treatment for fruit and vegetable processing, *Handbook of electroporation*. Springer, Cham., 1-2.
  24. Rock, C., and Yang, W.R. 2012. Goodrich-Schneider, H. Feng, Conventional and alternative methods for tomato peeling, *Food Engineering Reviews*, 4(1):1-15.
  25. Saberian, H., Hamidi-Esfahani, Z., Ahmadi Gavlighi, H., and Barzegar, M. 2017. Optimization of pectin extraction from orange juice waste assisted by ohmic heating, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 117:154-161.
  26. Saenz, C. 2000. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes, *Journal of Arid Environments* 46(3): 209-225.
  27. Stintzing, F.C., Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C.C., Bunch, R., and Felker, P. 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(2): 442-451.
  28. Verón, H.E., Di Risio, H.D., Isla, M.I. and Torres, S. 2017. Isolation and selection of potential probiotic lactic acid bacteria from *Opuntia ficus-indica* fruits that grow in Northwest Argentina, *LWT* 84: 231-240.
  29. Wang, W., Wang, L., Feng, Y., Pu, Y., Ding, T., Ye, X., and Liu, D. 2018. Ultrasound-assisted lye peeling of peach and comparison with conventional methods, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47: 204-213.
  30. Wongsan-Ngasri, P. 2004. Ohmic heating of biomaterials: peeling and effects of rotating electric field, *The Ohio State University*.
  31. Yahia, E.M., and Mondragon-Jacobo, C. 2011. Nutritional components and anti-oxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.), *Food Research International* 44(7): 2311-2318.
  32. Zapata, S., and DUFOUR, J.P. 1992. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC, *Journal of food science* 57(2): 506-511.
  33. Wongsan-Ngasri, P., and Sastry, S.K. 2016. Tomato peeling by ohmic heating with lye-salt combinations: Effects of operational parameters on peeling time and skin diffusivity, *Journal of food engineering*, 186: 10-16.
  34. Wongsan-Ngasri, P., and Sastry, S.K. 2015. Effect of ohmic heating on tomato peeling, *LWT-Food Science and Technology*, 61(2): 269-274.
  35. Mercali, G.D., Schwartz, S., Marczak, L.D.F., Tessaro, I.C., and Sastry, S. 2014. Ascorbic acid degradation and color changes in acerola pulp during ohmic heating: Effect of electric field frequency, *Journal of Food Engineering* 123: 1-7.
  36. Wang, M.S., Zeng, X.A., Brennan, C.S., Brennan, M.A., and Han, Z. 2016. Effects of pulsed electric fields on the survival behaviour of *Saccharomyces cerevisiae* suspended in single solutions of low concentration, *International Journal of Food Science & Technology*, 51(1): 171-179.





## Application of Ohmic heating on peeling of prickly pear fruit (*Opuntia stricta*): Effects of electric field strength and NaCl concentration on performance of peeling

S. Nazemi<sup>1</sup>, M. Kashiri<sup>2\*</sup>, A.M. Ziaifar<sup>3</sup>, M. Alami<sup>4</sup>, H. Mirzae<sup>3</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, Department of Food Science and Technology,  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

<sup>2</sup>Assistant professor, Department of Food Science and Technology,  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

<sup>3</sup>Associate professor, Department of Food Process Engineering,  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

<sup>4</sup>Associate professor, Department of Food Science and Technology,  
Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 2019/03/27; Accepted: 2019/09/28

### Abstract

**Introduction:** Cactus prickly pear is a plant of the cactus (*Opuntia stricta*), some species of this plant used in this research grow in the regions of southern Iran and the coastal seas of Mazandaran. It is very important to peel in the process of producing products from prickly pear fruit. Optimum heating and infrared irradiation can be used as a suitable and effective method in the pretreatment process with the aim of reducing the consumption of chemicals and harming the environment and increasing the quality of the product.

**Methods:** In this study, using the precursor of ohmic compared to the control sample, the effect of field intensity (1500 to 4500 V / m) and the concentration of sodium chloride (0.01-0.03 g / 100 milliliters) and the effect of three The variable power of the device (350 to 850 watts), the distance between sample and IR radiation source (10 to 30 millimeters), and the IR radiation time (45 to 125 seconds) were inflamed irradiation on weight loss, skin thickness, and total phenolic compounds, The amount of ascorbic acid and colorimetric indices L \*, a \* and b \* were studied in Barbed Pear Fruit. Color determination with IM software, ascorbic acid content was determined by iodometric method, thickness with micrometer and phenolic compounds by Folin-Sioukalto method. Hand-peeled prickly pear was considered as a control sample.

**Results:** With increasing field strength and increasing salt concentration of sodium chloride, more favorable results were obtained. The best ohmic treatment with a field strength of 4500 V / m and a concentration of sodium chloride 0.03 g / 100 ml, the values obtained for weight loss  $8.2 \pm 0.57$ , ascorbic acid content of  $1.1 \pm 0.005$  Milligrams per 100 milliliters and total phenolic compounds totaling  $14.52 \pm 0.8$  mg gallic acid per 100 grams, and also the optimum conditions for baking pears with infrared irradiation is 652.2 W, 45 seconds and 4 cm intervals. In these conditions, the values obtained for each response with the highest degree of utility (0.754) were as follows: weight loss 12.15%, total phenolic compounds totaling 13.354 mg Gallic acid de 100 g, the content of ascorbic acid in 100 ml mg 0.9823.

**Conclusion:** Prickly pear peeled with ohmic and infrared heaters showed significantly higher ascorbic acid content in fruits than fruit juices, more phenolic compounds in the skin and less weight loss. Also, the best treatment for optimum infrared temperature was more suitable.

**Keywords:** Opuntia pear, peeling, ohmic heating, infrared

\*Corresponding author; kashiri.m@gmail.com, (Mkashiri@gau.ac.ir)



