



## تاثیر روش‌های مختلف برشته کردن بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بادام کوهی

زهرة مختاری<sup>۱</sup>، امان محمد ضیائی فر<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
 ۲. دانشیار، گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۲۰، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۷/۲/۱۵، تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۶)

### چکیده

برشته کردن یکی از روش‌های متداول در فراوری دانه‌های آجیلی جهت بهبود طعم، رنگ، بافت و ظاهر محصول می‌باشد. هدف از این پژوهش، مقایسه روش‌های مختلف برشته کردن بادام کوهی و تعیین شرایط بهینه جهت بهبود ویژگی‌های کیفی و افزایش میزان پذیرش مصرف‌کنندگان می‌باشد. چهار روش مختلف برشته کردن شامل هوای داغ، بخار فوق گرم، سرخ کردن (هر سه روش در بازه دمایی °C ۱۸۰-۱۶۰) و تابش دهی با مادون قرمز در محدوده ۳۰۰-۲۰۰ W مورد آزمایش قرار گرفت. زمان برشته کردن در همه روش‌ها ۱۵، ۲۵ و ۳۵ min بود. محتوای رطوبت، پارامترهای شیمیایی، رنگ و ارزیابی حسی روی بادام کوهی بررسی شد و نتایج نشان داد که با افزایش دما در سه روش هوای داغ، بخار فوق گرم و سرخ کردن و نیز افزایش توان پرتو دهی در روش مادون قرمز، زمان فرایند، مقدار رطوبت نهایی و pH کاهش می‌یابد. بالاترین مقدار رطوبت و pH به ترتیب برای روش‌های برشته کردن با بخار فوق گرم و مادون قرمز حاصل شد. با افزایش دما، توان پرتو دهی و زمان در تمامی روش‌ها، شاخص قهوه‌ای شدن، مواد جامد محلول و رنگ محصول افزایش یافت. روش‌های مختلف برشته کردن بر میزان پارامترهای شیمیایی از جمله pH، مواد جامد محلول و شاخص‌های رنگی اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد ( $p < 0.05$ ). نتایج حاصل از آنالیز حسی نیز نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین امتیاز از نظر پذیرش کلی محصول مربوط به نمونه بادام‌های سرخ شده و اشعه مادون قرمز در توان ۳۰۰ W و زمان ۳۵ min بود. نمونه بهینه با در نظر گرفتن خصوصیات فیزیکوشیمیایی و ارزیابی حسی مغز بادام کوهی تعیین شد. استفاده از روش برشته کردن توسط مادون قرمز با توان ۲۰۰ W و زمان ۱۵ min، روش برشته کردن توسط هوای داغ با دمای °C ۱۶۰ و زمان ۳۵ min و روش برشته کردن توسط سرخ کردن در دمای °C ۱۶۰ و مدت زمان ۲۵ min به ترتیب سه روش مناسب برای برشته کردن مغز بادام کوهی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بادام کوهی، برشته کردن، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی.

## ۱. مقدمه

تا ۶۰ min داری ویژگی‌های کیفی مطلوبی بود [۱۴]. اثر برشته‌کردن با هوای داغ بر تغییرات رطوبت، بافت و ویژگی‌های حسی پسته وارپته اوحدی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از مطالعات وی نشان داد که با افزایش دمای برشته‌کردن میزان رطوبت، سختی و نیروی شکست به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد [۱۱]. شاکراردکانی و همکاران اثر شرایط مختلف برشته‌کردن با هوای داغ (دما ۱۹۰°C - ۹۰ و زمان ۵-۶۵ min) را بر ویژگی‌های فیزیکی پسته کامل و پودر پسته با روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار دادند با افزایش دما و زمان برشته‌کردن میزان روشنایی سطح محصول کاهش یافت [۱۲]. پیتیا و همکاران نیز گزارش دادند که برشته‌کردن دانه قهوه موجب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و حسی محصول شد [۱۳]. رنگ یکی از ویژگی‌های مهم در تعیین میزان کیفیت محصول نهایی می‌باشد. اثر فرایند برشته‌کردن بر رنگ محصول توسط ازدمیر و همکاران [۸] روی فندق، و کاهایوگولا و همکاران [۱۴] روی دانه کنجد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعات محققین نشان داد که روش و شرایط مختلف برشته‌کردن بر رنگ محصول تاثیر معنی‌دار داشت؛ زیرا موجب تغییر در تشکیل پیگمان‌های رنگی روی سطح محصول می‌گردد. یکی از روش‌های جدید که می‌توان برای برشته‌کردن مغزها استفاده نمود، استفاده از پرتوهای مادون قرمز است [۱۵]. با توجه به پژوهش‌های پیشین با استفاده از اشعه مادون قرمز زمان برشته‌کردن کاهش یافت. این روش به‌ویژه برای فراوری محصول به‌خصوص به صورت لایه‌های نازک محصول که در معرض اشعه می‌باشند، مناسب است؛ استفاده از آن در سال‌های اخیر به واسطه پیشرفت در نوع تابنده‌های مادون قرمز رو به افزایش است. در دهه گذشته، پرتوهای مادون قرمز توجه زیادی را به‌عنوان منبع حرارتی برای خشک‌کردن بسیاری از مواد غذایی و محصولات کشاورزی به خود جلب نموده است [۱۸-۱۵]. نتایج حاصل از به‌کارگیری پرتوهای مادون قرمز نشان دهنده بهبود کیفیت محصول خشک و برشته‌شده در مقایسه با هوای داغ می‌باشد. برای مثال، اتلاف کم‌تر ویتامین ث، مواد معطر و طعم [۲۰]، اتلاف کم‌تر بتاکاروتن [۲۱]، حفظ بهتر رنگ [۲۲] و بهبود کیفیت نهایی بادام برشته‌شده [۲۳] گزارش شده است. تنظیم مناسب طول موج پرتوهای، مانع شکل‌گیری پدیده سخت شدن

گیاه بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*) متعلق به خانواده گل سرخیان (*Rosaceae*) یکی از انواع گونه‌های وحشی بادام در مناطق مختلف ایران می‌باشد. بادام کوهی دارای ویژگی‌های فیزیکی متفاوتی از بادام شیرین (*Amygdalus dulcis*) از جمله وزن، اندازه و طعم می‌باشد [۱]. یکی از ویژگی‌های این نوع بادام محتوی چربی بالا (حدود ۵۴ درصد) است. علاوه بر استفاده از بادام در محصولات فنادی و پختی به‌علت طعم مناسب [۲، ۳] در درمان بیماری‌های قلبی، تنفسی، رماتیسم و دیابت مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵، ۶]. بادام به صورت خام و یا برشته استفاده می‌گردد.

برشته‌کردن یک فرایند حرارتی وابسته به دما و زمان است که باعث انجام واکنش‌های شیمیایی و کاهش رطوبت محصول می‌گردد. فرآورده‌های برشته‌شده نسبت به آجیل‌های خام خوشمزه‌تر و لذیذتر می‌باشند. از طرفی برشته‌کردن باعث غیرفعال شدن آنزیم‌ها و کاهش بار میکروبی می‌گردد. هدف اصلی از برشته‌کردن بهبود ویژگی‌های کیفی محصول از جمله آروما، رنگ، بافت، ظاهر و هم‌چنین ویژگی‌های حسی می‌باشد که علت آن به واکنش‌های گرمایی و شیمیایی درون ماده نسبت داده شد [۹، ۱۰].

روش‌های مختلفی برای برشته‌کردن آجیل‌ها گزارش شده که یکی از این روش‌ها غوطه‌ور کردن نمونه در روغن در محدوده دمایی ۱۸۰-۱۰۰°C، به مدت ۳۰-۵ min است. کیتا و همکاران ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مغز گردو برشته‌شده با استفاده از روغن و هوای داغ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که گردو برشته‌شده با استفاده از روغن، بافتی سفت و رنگ تیره‌تری نسبت به روش هوای داغ داشت. علاوه بر این استفاده از دمای بالای روغن موجب ایجاد طعم سوختگی در محصول نهایی شد [۹].

برشته‌کردن با هوای داغ یکی از پرکاربردترین روش‌های برشته‌کردن مغزها است [۸]. مشکل عمده این روش مصرف بالای انرژی و سرعت پایین فرایند می‌باشد. ویژگی‌های کیفی کنجد برشته‌شده با هوای داغ در محدوده دمایی و زمانی ۱۸۰-۱۲۰°C و ۶۰-۳۰ min توسط گایکو و کایا مورد بررسی قرار گرفت. محصول برشته‌شده در دامنه دمایی ۱۷۰-۱۵۵°C و زمان ۴۰

استرکر در طی برشته کردن می‌باشند، کنترل فرایند برشته کردن از لحاظ طعم بسیار دشوار بوده و به دلیل نیاز به ابزار پیچیده و زمان مورد نیاز برای آنالیز، بسیار هزینه‌بر و گران است.

هر ساله مقدار زیادی بادام کوهی در قسمت‌های مختلف ایران به وسیله بومیان آن منطقه جمع آوری و به‌طور معمول با استفاده از روش‌های سنتی بو داده و با توجه به خواص تغذیه‌ای و درمانی آن مورد مصرف قرار می‌دهند. در این روش‌ها به‌علت بالا بودن زمان و دمای فرایند میزان مصرف انرژی افزایش می‌یابد بنابراین استفاده از روش‌های نوین برای کاهش زمان و هزینه فرایند همراه با افزایش کیفیت محصول تولیدی ضروری است. مطالعاتی زیادی روی ویژگی‌های کیفی روغن بادام کوهی انجام شده است [۵]، [۶]، [۳۰]، [۳۱]. هم‌چنین پژوهش‌های بسیاری روی انواع روش‌های برشته کردن بادام انجام شد [۱]، [۲]، [۳۳]، [۳۴]. بنابراین هدف از این پژوهش مقایسه روش‌های مختلف برشته کردن بادام کوهی، بهینه‌سازی و به کارگیری فرایندهای جدید در جهت بهبود کیفیت این محصول از نظر ویژگی‌های ارگانولپتیکی و افزایش میزان پذیرش مصرف کنندگان است.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. آماده‌سازی مغز بادام کوهی

مغز بادام کوهی رقم *Amygdalus scoparia* شیرین شده از منطقه دشت ارژن واقع در استان فارس از بازار محلی خریداری و تا زمان آزمایش در محل خشک نگه‌داری شدند. بعد از سایز-بندی، نمونه‌های با ابعاد یکسان برای انجام آزمایش انتخاب گردید. برای آماده‌سازی نمونه‌ها، مغزهای بادام کوهی به مدت ۳۰min با نسبت وزنی ۱ به ۵ در محلول آب نمک ۲۵٪ (وزنی/حجمی) قرار گرفتند. در طی این مدت نمونه‌ها به آرامی و با سرعت یکنواخت هم زده شدند. در مرحله بعد، نمونه‌ها از آب نمک خارج و توسط فیلتر پارچه‌ای آب نمک سطحی آن‌ها گرفته شد و در ادامه فرایند برشته کردن بر روی مغز بادام کوهی‌ها انجام گرفت. در این مرحله رطوبت مغز بادام کوهی به حدود ۸/۴٪ بر پایه ماده خشک رسید.

### ۲.۲. روش‌های مختلف برشته کردن مغز بادام کوهی

#### ۱.۲.۲. برشته کردن با هوای داغ

فرایند برشته کردن با استفاده از دستگاه برشته‌کن هوای داغ

سطحی طی خشک کردن می‌شود که به‌صورت طبیعی در روش خشک کردن با هوای داغ رخ می‌دهد. عدم تنظیم مناسب شدت پرتو دهی (عامل تعیین کننده دمای محصول)، باعث آسیب یا تخریب مواد غذایی و محصولات کشاورزی حساس به حرارت می‌شود. بازده بهینه با بیشترین جذب پرتو توسط مولکول‌های آب در طول موج‌های بلندتر یعنی منطقه مادون قرمز دور در ارتباط است [۲۴].

بخار فوق گرم برای برشته کردن دانه‌های کاکائو در دماهای ۲۵۰، ۲۰۰ و ۱۵۰°C و محدوده زمانی ۱۰ تا ۵۰ min مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که استفاده از بخار فوق گرم موجب کاهش افت ویژگی‌های شیمیایی محصول از جمله ترکیبات فنلی می‌شود [۲۷]. اثر فرایند برشته کردن با بخار فوق گرم و هوای داغ بر خواص کیفی دانه سویا مطالعه شد. نتایج نشان داد که مقدار رطوبت در محصول برشته‌شده با بخار فوق گرم بیشتر است و محصول در دمای پایین بخار مقدار بیش‌تری رطوبت جذب می‌کند [۲۸].

استفاده از شرایط نامناسب فرایند برشته کردن از جمله دما، زمان و توان منجر به کاهش کیفیت فراورده، کاهش ماندگاری و از دست دادن عطر و طعم خواهد شد. بنابراین بررسی شرایط برشته کردن بر تغییرات شاخص‌های کیفی مانند رنگ و رطوبت در طی فراوری یا نگه‌داری بسیار ضروری است [۲۹]. رنگ ظاهری از دیدگاه مصرف کننده از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی در فراورده‌های غذایی خشک محسوب و نیز به دلیل تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای طی واکنش‌های کاراملیزاسیون و قهوه‌ای شدن در فرایند برشته کردن، تغییرات رنگ به‌عنوان یک شاخص کیفی تجربی برای فرایند در نظر گرفته می‌شود. اما به هر حال انتخاب یک روش برشته کردن تنها بر اساس شاخص‌های رنگی منجر به نقص طعم فراورده خواهد شد [۲۹]. برشته کردن سبب پیشرفت در طعم دانه‌های آجیلی و در نتیجه منجر به افزایش دلپذیری فراورده می‌گردد. مونوساکاریدها و اسیدهای آمینه که پیش‌سازهای اصلی طعم بوده، در واکنش میلارد شرکت کرده و ترکیبات پیرازین را افزایش می‌دهند. آمینواسیدها و مونوساکاریدها از طریق فرایندهای ناشناخته در طی برشته کردن، از پلی پپتیدها و کربوهیدرات‌های پیچیده، آزاد می‌گردند [۲۹]. به دلیل تشکیل انواع فراورده‌های آروماتیک با ساختارهای پیچیده مانند آلدئیدها و پیرازین‌ها که حاصل از واکنش میلارد و

طول فرایند از دبی جریان بخار ثابت ۷۷۰ ml/min استفاده شد. به منظور افزایش دمای بخار آب خروجی از اتوکلاو، دو المنت استفاده از یک ترموستات تنظیم شد. در سقف محفظه برشته‌کن به‌منظور انتقال بخار به درون محفظه یک لوله مسی به شکل مارپیچی قرار داده شد. برای بخار در داخل برشته‌کن تعدادی منفذ با قطر ۱ mm در لوله مسی ایجاد شد. به منظور خروج یکنواخت بخار با دبی و سرعت یکنواخت، مساحت مجموع منافذ برابر مساحت لوله مسی محاسبه شد. به منظور کنترل دما حین فرایند از ترموکوپل نوع K با ضخامت ۱/۳ mm استفاده شد.

#### ۴.۲.۲. برشته‌کردن مغز بادام کوهی با استفاده از روش سرخ

##### کردن

در این روش از سرخ‌کن بوش ساخت کشور آلمان مجهز به ترموکوپل نوع K متصل به یک ترموکنترلر برای تنظیم دمای روغن استفاده شد. نمونه‌های بادام کوهی درون سرخ‌کن حاوی ۲ L روغن غوطه‌ور شده و در دو سطح دمای ۱۶۰ و ۱۸۰°C و سه سطح زمان ۱۵، ۲۵ و ۳۵ min در سه تکرار برشته شد.

#### ۳.۲. اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مغز بادام

##### کوهی برشته‌شده

#### ۱.۳.۲. محتوای رطوبتی نمونه‌های بادام کوهی

محتوی رطوبتی نمونه‌های بادام کوهی اولیه براساس وزن خشک محاسبه شد (معادله ۱ و ۲). بدین ترتیب که ۱۰ g مغز

آزمایشگاهی انجام شد. دمای هوای درون برشته‌کن توسط چهار المنت الکتریکی ۱۰۰۰W گرم و توسط سنسورهای دمایی (ترموکوپل) کنترل شد. از یک فن جهت یکنواخت کردن شرایط دمایی در داخل برشته‌کن استفاده شد.

مغز بادام کوهی در دو سطح دمایی ۱۶۰ و ۱۸۰°C و سه زمان مختلف ۱۵، ۲۵ و ۳۵ min و سه تکرار در برشته‌کن هوای داغ برشته شد. نمونه‌های برشته‌شده بعد از رسیدن به دمای اتاق در بسته بندی‌های پلی پروپیلن تا زمان انجام آزمایش‌ها نگهداری شدند.

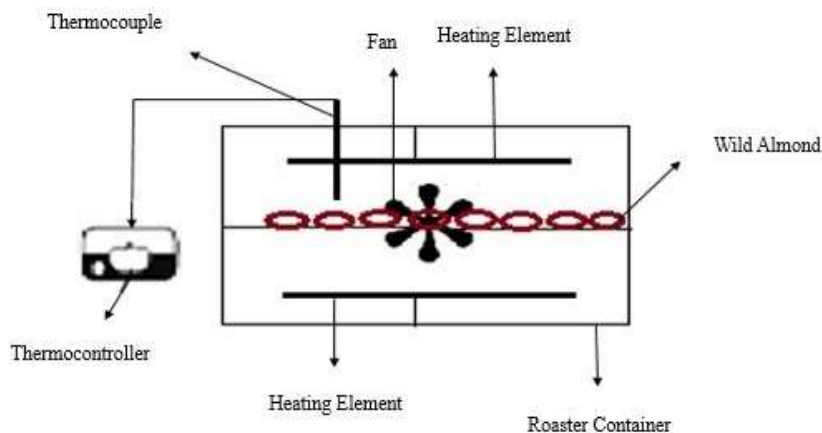
#### ۲.۲.۲. رشته‌کردن مغز بادام کوهی با استفاده از سامانه

##### برشته‌کن مادون قرمز

جهت طراحی برشته‌کن مادون قرمز از سه لامپ هر یک با توان ۵۰۰W نصب شده در بخش بالایی محفظه استفاده گردید. توان‌های مورد نظر توسط دستگاه واریاب تنظیم شدند. فاصله بین لامپ مادون قرمز و نمونه‌ها ۷ cm بود. نمونه آماده شده مغز بادام کوهی درون برشته‌کن قرار گرفته و در دو سطح توان ۲۰۰ و ۳۰۰ W و سه سطح زمان ۱۵، ۲۵ و ۳۵ min در سه تکرار برشته شد.

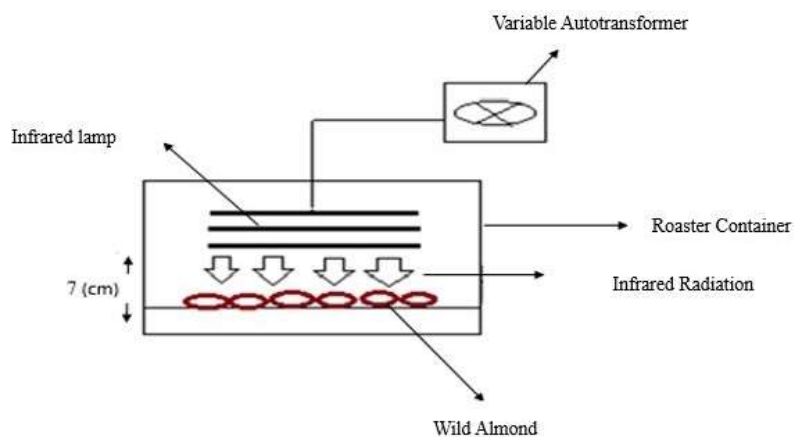
#### ۳.۲.۲. برشته‌کردن مغز بادام کوهی با استفاده از بخار فوق گرم

به‌منظور برشته‌کردن نمونه‌های آماده سازی شده با استفاده از بخار فوق گرم از یک اتوکلاو استفاده شد. پس از ایجاد یک منفذ در سطح فوقانی برشته‌کن با استفاده از یک لوله سیلیکونی نسوز محفظه برشته‌کن به خروجی بخار اتوکلاو متصل گردید. در تمام



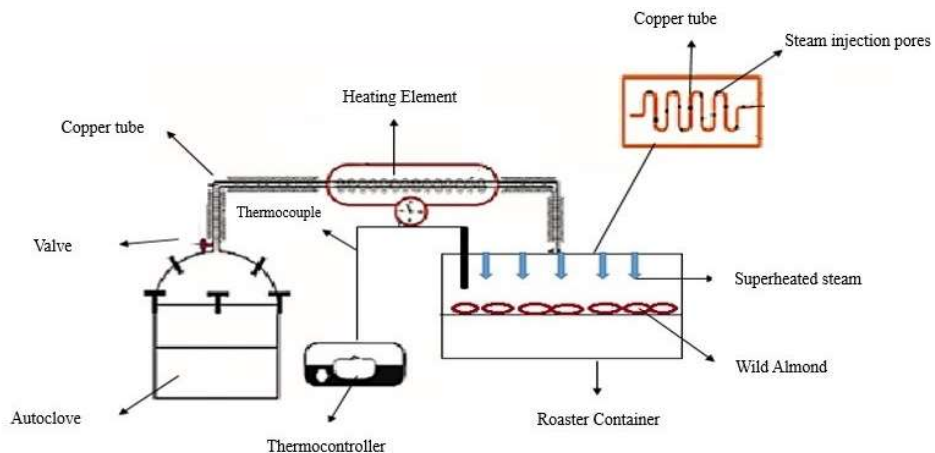
شکل (۱) نمای شماتیک برشته‌کن هوای داغ

Fig. 1 Hot air roaster



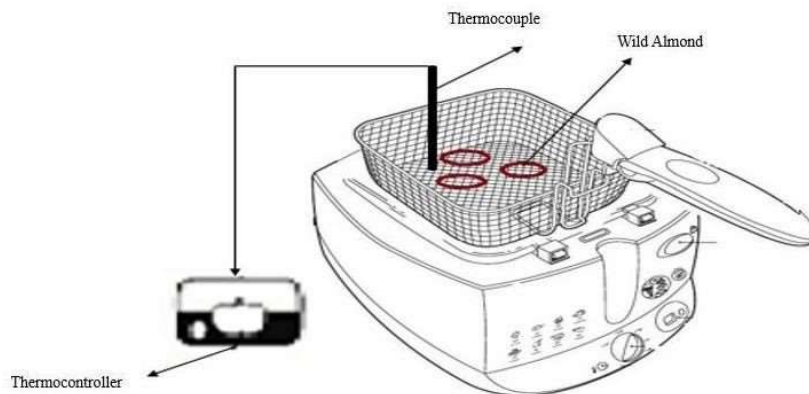
شکل (۲) نمای شماتیک برشته‌کن مادون قرمز

Fig. 2 Infrared roaster



شکل (۳) نمای شماتیک برشته‌کن بخار فوق گرم

Fig. 3 Superheated steam roaster



شکل (۴) نمای شماتیک برشته‌کردن با روش سرخ کردن

Fig.4 The frying roaster

### ۴.۳.۲. شاخص‌های رنگی

به منظور بررسی شاخص‌های رنگی مغز برشته شده از فضای رنگی  $L^* a^* b^*$  استفاده شد. مولفه  $L^*$  نشان دهنده میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از ۰-۱۰۰ معادل سیاه تا سفید خالص متغیر است. مقادیر مولفه  $a^*$  بین منفی ۱۲۰ تا مثبت ۱۲۰ قرار دارد و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز می‌باشد و مقادیر  $b^*$  نیز مانند مولفه  $a^*$  می‌باشد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد است.

جهت ارزیابی شاخص‌های رنگی ( $L^*, a^*, b^*$ ) مغز بادام کوهی با استفاده از اسکنر Scanjet G2710 ساخت شرکت HP آمریکا با وضوح تصویر ۲۰۰ dpi تصویر برداری و سپس آنالیز تصاویر تهیه شده با استفاده از نرم افزار ایمج جی انجام و با تبدیل رنگ تصاویر از حالت RGB به شاخص‌های  $L^*, a^*, b^*$  تغییر یافت. هر یک از پارامترهای  $L^*, a^*, b^*$  در یک تصویر مجزا مشخص شد که در ادامه با فعال کردن قسمت آنالیز نرم افزار، میزان  $L^*, a^*, b^*$  اندازه گیری شد [۷].

از شاخص‌های رنگی به دست آمده تغییر رنگ کلی ( $\Delta E$ ) معادله (۳)، شاخص کروما (C) یا شاخص اشباعیت (SI) معادله (۴) محاسبه گردید.

$$\Delta E = (\Delta L^* + \Delta a^* + \Delta b^*)^{0.5} \quad (3)$$

$$SI = (a^* + b^*)^{0.5} \quad (4)$$

مقادیر اختلاف رنگ نمایانگر تغییرات رنگ نسبت به نمونه خام می‌باشد. شاخص اشباعیت یا کروما نشان دهنده میزان اشباع شدگی و یا شدت رنگ است [۳۹-۳۷].

### ۵.۳.۲. آنالیز حسی

برای بررسی ویژگی‌های حسی مغز بادام کوهی برشته شده از ۳۰ دانشجوی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی گرگان در محدوده سنی ۲۰-۳۰ سال به عنوان ارزیاب استفاده گردید. در این بررسی از مقیاس هیدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده گردید. ویژگی‌های مورد نظر شامل، رنگ، بوی برشته شده گی، طعم و مزه، سفتی و پذیرش کلی امتیاز داده شده توسط پنلیست بود.

بادام کوهی پودر شده درون آون با دمای  $130^\circ\text{C}$  تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد [۳۵].

$$MC (\%wb) = M_0 - M/M_0 \quad (1)$$

$$MC (\%db) = MC (\%wb) \times 100/100 - MC (\%wb) \quad (2)$$

که  $M_0$  وزن اولیه بادام کوهی،  $M$  وزن نهایی،  $MC (\%wb)$  و  $MC (\%db)$  به ترتیب میزان رطوبت بر اساس وزن مرطوب و وزن خشک است.

### ۲.۳.۲. pH و مقدار مواد جامد محلول

اندازه گیری pH در روش‌های تحت بررسی برشته کردن توسط دستگاه pH متر متروم ساخت کشور سوئیس صورت گرفت. برای این کار ۲/۵ g از مغز بادام کوهی پودر شده با ۵۰ ml آب مقطر مخلوط و سپس به مدت ۲ h در دمای  $80^\circ\text{C}$  تحت شرایط فشار محیط نگهداری و به طور مرتب هم زده شد. بعد از این مخلوط مورد نظر با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف و عصاره حاصله برای اندازه گیری pH و مقدار مواد جامد محلول استفاده شد [۳۶].

برای تعیین مقدار ماده جامد محلول، ۱۰ ml از عصاره صاف شده به یک پتری دیش شیشه‌ای تمیز و وزن شده انتقال داده شد و در دمای  $105^\circ\text{C}$  بوسیله آون تا رسیدن به وزن ثابت خشک گردید و مقدار ماده جامد محلول به عنوان نسبتی از وزن جامد عصاره در مقابل وزن نمونه پودر شده بیان شد [۳۶].

### ۳.۳.۲. شاخص قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی

میزان قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی به روش جذب سنجی و با دستگاه اسپکتروفتومتر WPA مدل ۲۰۰۰ S ساخت کمپانی سین تک آمریکا تعیین شد. بدین ترتیب که ۲ g از مغز بادام کوهی پودر شده با ۴۰ ml آب مقطر هموزن و با ۱۰ ml محلول تری کلرو اسید استیک ۱۰٪ مخلوط و به مدت ۲ h در دمای  $30^\circ\text{C}$  نگهداری شد. سپس مخلوط حاصل توسط کاغذ صافی، صاف و ۱ ml از محلول صاف شده به داخل لوله آزمایش منتقل و به میزان سه برابر رقیق گردید. محلول صاف رقیق شده به درون سل دستگاه اسپکتروفتومتر منتقل شده و در طول موج ۴۲۰ nm میزان جذب قرائت و ثبت گردید [۳۷].

به‌علت تامین انرژی بالاتر در دمای  $180^{\circ}\text{C}$  نسبت به دمای  $160^{\circ}\text{C}$  در محصول نسبت داده شد [۴۱]. نتایج مشابهی توسط کایاگلو و کایا [۱۴] و باتاچرا و پراکاش در ارتباط با رطوبت نهایی مغزها گزارش شده است [۴۲]. این پژوهشگران نشان دادند که با افزایش دمای برشته‌کردن رطوبت نهایی دانه کجند و نخود به‌ترتیب به‌طور معنی‌داری در طی فرایند برشته‌کردن کاهش یافت. بین زمان برشته‌کردن و میزان رطوبت در هر سه روش برشته‌کردن هوای گرم، بخار فوق گرم و سرخ کردن رابطه معکوس وجود دارد. با افزایش زمان برشته‌کردن از ۱۵ به ۳۵ min میزان رطوبت نهایی نمونه برشته شده با هوای گرم در  $160^{\circ}\text{C}$  به ترتیب از ۴/۱۲ به ۲/۵۳ کاهش یافت. این میزان کاهش رطوبت با افزایش زمان برای روش‌های برشته‌کردن بخار فوق گرم و سرخ کردن به ترتیب ۵/۳۱ به ۳/۹۹ و ۲/۹۸ به ۱/۶۳ می‌باشد (شکل ۵). با افزایش توان پرتودهی مادون قرمز میزان رطوبت نهایی کاهش یافت ( $p < 0/05$ ). با افزایش توان پرتودهی مادون قرمز از ۲۰۰ به ۳۰۰ W میزان محتوای رطوبت نهایی نمونه از ۰/۹۱ به ۰/۴۶ در مدت زمان ۲۵ min برشته‌کردن کاهش یافت. که به دلیل ایجاد دمای بالاتر در پرتودهی با توان مصرفی بالا و تامین انرژی و حرارت بالاتر می‌باشد. افزایش توان پرتودهی مادون قرمز از طریق افزایش دما منجر به افزایش تحرک مولکول‌های آب و در نتیجه مهاجرت آسان‌تر این مولکول‌ها از بخش‌های داخلی به سطح محصول می‌شود. نتایج مشابهی توسط یوسال و همکاران [۴۳] و یانگ و همکاران [۲۳] در ارتباط با رطوبت نهایی مغز فندق و بادام به‌ترتیب گزارش شده است. این پژوهشگران نشان دادند که با افزایش دما در برشته‌کن هوای گرم، توان و شدت پرتودهی، رطوبت نهایی مغزها به‌طور معنی‌داری در طی برشته‌کردن کاهش یافت ( $p < 0/05$ ).

با مقایسه انواع روش‌های برشته‌کردن در این پژوهش مشخص شد که بالاترین میزان رطوبت مربوط به روش‌های برشته‌کردن با بخار فوق گرم و دمای  $160^{\circ}\text{C}$  در مدت زمان ۱۵ min بود. این در حالی است که میزان رطوبت در برشته‌کردن با هوای داغ نسبت به روش برشته‌کردن با بخار فوق گرم کاهش یافت ( $p < 0/05$ ). این میزان رطوبت در برشته‌کن بخار فوق گرم و هوای گرم به ترتیب ۵/۵۱ و ۴/۱۲ گزارش شد. لی و همکاران به چنین نتایج مشابهی رسیدند. نتایج مطالعات وی حاکی از آن بود که سرعت کاهش مقدار رطوبت در بادام زمینی در حین برشته‌کردن

## ۶.۳.۲. تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۳،۱،۹ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. در این پژوهش از چهار روش برشته‌کردن هوای داغ  $160^{\circ}\text{C}$  و  $180^{\circ}\text{C}$ ، مادون قرمز ۲۰۰ و ۳۰۰ W، سرخ کردن  $160^{\circ}\text{C}$  و  $180^{\circ}\text{C}$  و بخار فوق گرم  $160^{\circ}\text{C}$  و  $180^{\circ}\text{C}$  در سه سطح زمان ۱۵، ۲۵ و ۳۵ min بر پایه طرح کاملاً تصادفی و در قالب آزمون فاکتوریل انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد مقایسه قرار گرفتند و جهت رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده شد.

## ۷.۳.۲. بهینه سازی

تعیین شرایط بهینه فراوری در قالب طرح آماری فاکتوریل و با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت انجام گردید.

## ۳. نتیجه و بحث

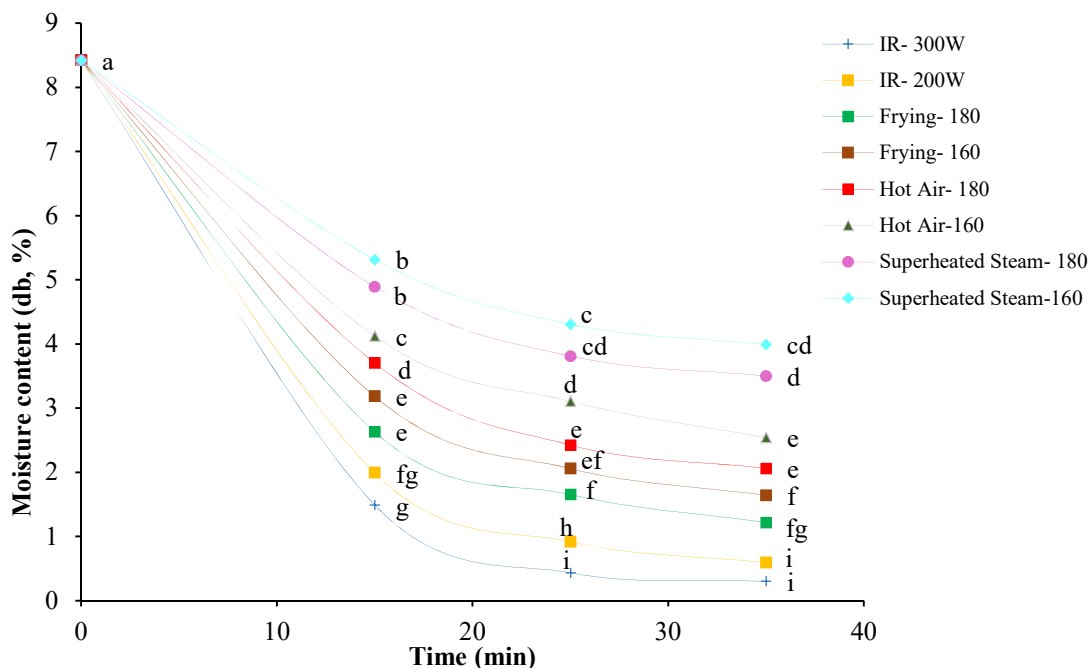
### ۱.۳. ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و هندسی مغز بادام

#### کوهی برشته نشده

ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و هندسی مغز بادام کوهی برشته نشده مورد استفاده برای برشته‌کردن در جدول (۱) گزارش شده است.

### ۲.۳. رطوبت نهایی

یکی از پارامترهای مهم که باید طی فرایند برشته‌کردن کنترل شود؛ میزان رطوبت نهایی مغز برشته‌شده است [۴۰]. این پارامتر تأثیر معنی‌داری بر واکنش‌های اثر گذار بر طعم و مزه هم چون میلارد، کاراملیزاسیون و واکنش‌های شیمیایی در حین فراوری و نگه‌داری دارد، بنابراین اثر مستقیمی بر کیفیت و ماندگاری محصول نهایی دارد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در شکل (۵) نشان داده شده است. اثر دما و زمان بر میزان رطوبت نهایی نمونه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد ( $p < 0/05$ ). با افزایش دما در تمامی روش‌های برشته‌کردن هوای داغ، سرخ کردن و بخار فوق گرم کاهش میزان رطوبت نهایی محصول مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). کاهش رطوبت نهایی محصول با افزایش دمای برشته‌کردن از  $160^{\circ}\text{C}$  به  $180^{\circ}\text{C}$  در سه روش برشته‌کردن



شکل (۵) روش‌های تحت بررسی برشته کردن (بخار فوق گرم، هوای داغ، سرخ کردن و مادون قرمز) بر میزان محتوای رطوبتی بادام کوهی  
 Fig. 5 The effect of roasting methods (superheated steam, hot-air, frying and infrared) on moisture content of wild almond

جدول (۱) برخی از خواص مغز بادام کوهی خام.

Table 1 some the properties of the raw wild almond kernel.

متوسط داده‌ها Average Data	شاخص‌های کیفی Quality Indicators
5.8 (%db)	رطوبت اولیه Initial moisture content
8.4	رطوبت ثانویه* Secondary moisture content
4.86	pH
3.13	مواد جامد محلول (g/100g) Soluble solid
0.019	شاخص قهوه‌ای شدن (abs on 420 nm) Browning index
9.5	طول مغز بادام کوهی Length (mm)
4.63	عرض مغز بادام کوهی Width (mm)
2.43	ضخامت مغز بادام کوهی Thickness (mm)
58.30	میزان روشنایی Lightness value
20	میزان قرمزی یا سبزی Red or Green value
25	میزان زردی یا آبی Yellow or Blue value

\* میزان رطوبت بعد از آماده‌سازی مغز بادام کوهی



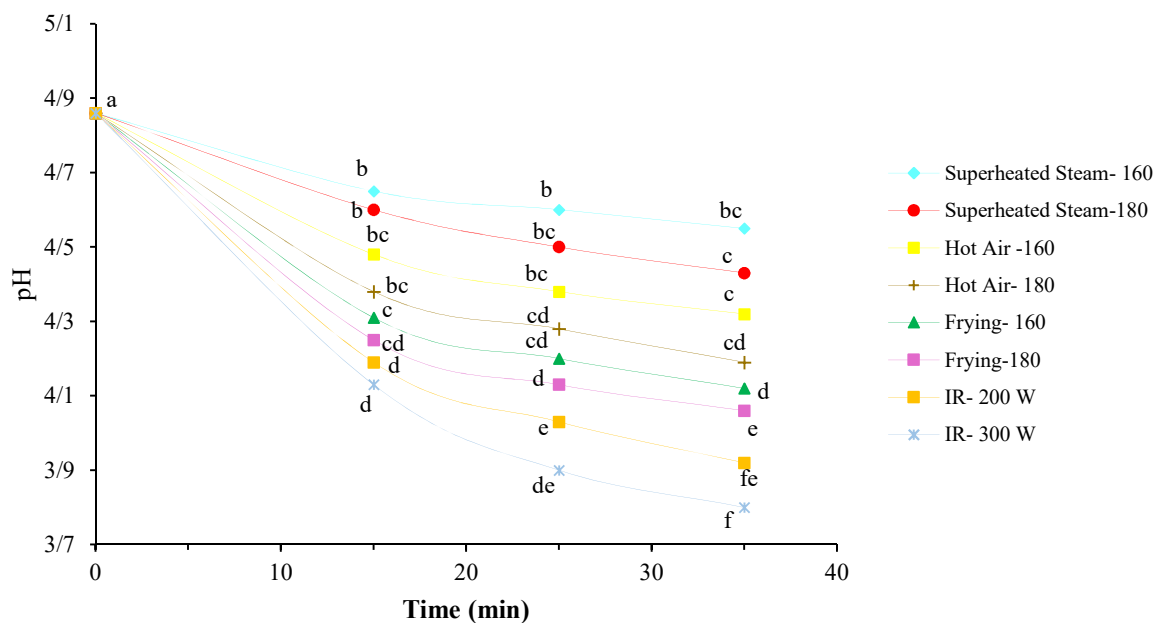
رطوبتی نمونه از ۸/۴۲ (نمونه شاهد) به ۰/۳ کاهش یافت؛ که با سایر روش‌های مختلف برشته کردن در این پژوهش اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد ( $p < 0.05$ ). کیتا و همکاران [۴۵] و شاکرادکانی و همکاران [۱۲] نیز در مورد برشته کردن گردو و پسته به چنین نتایج مشابهی دست یافتند. مطابق گزارش این محققان، استفاده از پرتودهی مادون قرمز با توان و زمان بالا موجب کاهش میزان رطوبت مغزها به مقدار قابل توجهی می‌شود.

### ۳.۳. پارامترهای شیمیایی

#### ۱.۳.۳. میزان pH

همان طور که در شکل (۶) مشخص شده است با افزایش دما و زمان فرایند برشته کردن میزان pH کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). میزان pH در نمونه خام بادام کوهی ۴/۸۶ بود با افزایش دمای برشته کردن در سامانه هوای داغ از ۱۶۰°C به ۱۸۰°C میزان pH از ۴/۳۲ به ۴/۱۹ در مدت زمان ۳۵ min فرایند کاهش یافت. چنین نتایج مشابهی در استفاده از بخار فوق گرم و سرخ کردن برای برشته کردن محصول مشاهده شد که به ترتیب میزان pH از ۴/۵۵ به ۴/۴۳ و ۴/۱۲ به ۴/۰۴ رسید. توان پرتودهی مادون قرمز فرایند موجب تغییرات معنی‌دار در pH مغز بادام کوهی شد. با

با هوای گرم به‌طور چشمگیری بالاتر از بخار فوق گرم است [۴۴]. پراچی وارکورن و همکاران گزارش دادند که در نمونه‌های برشته شده سویا با بخار فوق گرم میزان رطوبت نسبت به نمونه‌های برشته شده با هوای گرم افزایش یافت. که علت آن به کندانس شدن بخار در حین فرایند نسبت داده شد [۲۸]. میزان رطوبت نمونه‌ها با کاهش دمای بخار فوق گرم افزایش یافت این میزان رطوبت از ۳/۸۱ به ۴/۳۰ در مدت زمان ۲۵ min در شکل ۵ نشان داده شده است ( $p < 0.05$ ). چنین نتایج مشابهی توسط پراچی وارکورن و همکاران [۲۸] گزارش شد که علت آن افزایش جذب رطوبت نمونه سویا برشته شده در دمای پایین نسبت به دمای بالا در حین فرایند می‌باشد. میزان رطوبت در نمونه‌های سرخ شده با افزایش دمای روغن از ۱۶۰°C به ۱۸۰°C کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). در این روش میزان رطوبت از ۸/۴۲ به ۱/۲۱ کاهش یافت؛ که از مقدار رطوبت نمونه برشته شده با سامانه مادون قرمز بیش تر و از سامانه هوای داغ و بخار فوق گرم کم تر بود ( $p < 0.05$ ). با افزایش زمان سرخ کردن میزان رطوبت نهایی محصول کاهش یافت ( $p < 0.05$ ). همان طور که در شکل (۵) نشان داده شده است پایین ترین میزان رطوبت مربوط روش برشته کردن با سامانه مادون قرمز و توان ۳۰۰ w و زمان ۳۵ min بود. زیرا محتوای



شکل (۶) اثر روش‌های تحت بررسی فرایند برشته کردن، دما و زمان با میزان pH در بادام کوهی برشته شده

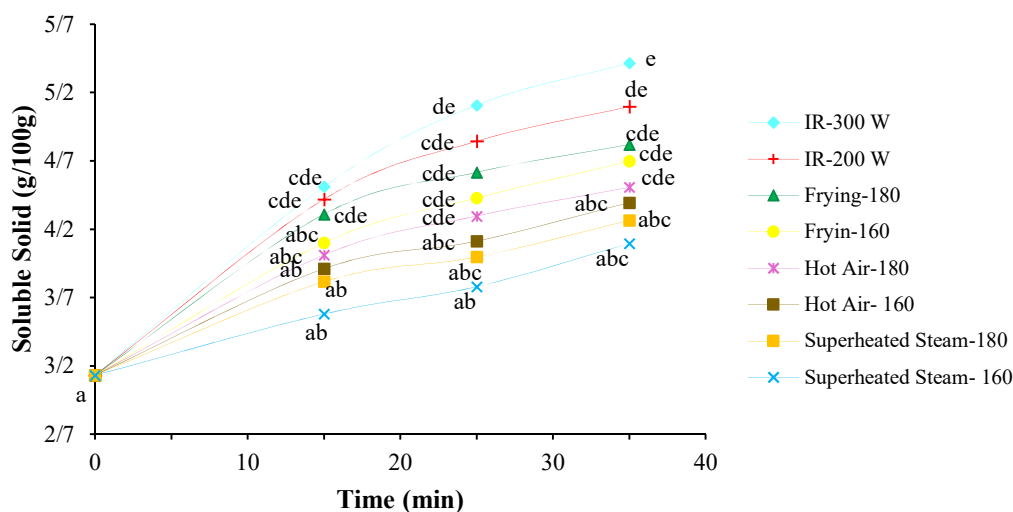
Fig. 6 The effect of roasting methods, temperature and time on pH in roasted wild almond

واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی میلارد میزان ایجاد ترکیبات اسیدی افزایش و در نتیجه pH نمونه با شدت بیش‌تری کاهش یافت.

### ۲.۳.۳. مواد جامد محلول

مواد جامد محلول به‌عنوان تابعی از استخراج مواد محلول در عصاره آب به‌کار گرفته شد. بالاترین استخراج مواد جامد محلول در عصاره آبی در روش پرتودهی مادون قرمز با توان ۳۰۰ w و زمان ۳۵ min بود و کم‌ترین مقدار آن مربوط به روش بخار فوق گرم و دمای ۱۶۰ °C و زمان ۱۵ min بود (شکل ۷). در نتیجه اثر روش‌های تحت بررسی برشته‌کردن، دما و زمان بر مقدار ماده جامد محلول تاثیر معنی‌داری داشت. در روش انتقال حرارت تابشی و با استفاده از پرتودهی مادون قرمز به‌علت بالا بودن شدت واکنش نسبت به سایر روش‌ها موجب تغییر در ساختار ترکیبات پروتئینی و ایجاد ترکیبات محلول درون محصول در طول فرایند برشته‌کردن شد. این نتایج با کوپر و همکاران در مورد اعمال پرتودهی مادون قرمز روی بادام زمینی مطابقت خوبی داشت [۴۸]. در استفاده از بخار فوق گرم به‌دلیل مرطوب بودن فضای برشته‌کن و پایین بودن سرعت انتقال حرارت نسبت به سایر روش‌ها تغییرات شیمیایی در ساختار نمونه با سرعت کم‌تری اتفاق می‌افتد. به همین دلیل میزان مواد جامد محلول کم‌تری از عصاره آبی حاصل می‌گردد. این در حالی است که در سرخ کردن بادام کوهی با استفاده از روغن داغ حرارت به درون محصول با

افزایش توان پرتودهی از ۲۰۰ w به ۳۰۰ میزان pH از ۳/۹۷ به ۳/۸۰ در مدت زمان ۳۵ min کاهش یافت. (p<۰/۰۵). این در حالی است که با افزایش زمان فرایند برشته‌کن مادون قرمز میزان pH از ۴/۱۹ به ۳/۹۷ و از ۴/۱۳ به ۳/۹۸ کاهش یافت. چونگ و همکاران به نتایج مشابهی در ارتباط با کاهش میزان pH در طول فرایند برشته‌کردن دانه ذرت مشاهده کردند [۴۶]. این پژوهشگران نشان دادند که با افزایش دما و زمان فرایند برشته‌کردن، میزان pH به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کم‌ترین میزان pH مربوط به نمونه برشته‌شده در دمای ۱۸۰ °C و زمان ۳۵ min و بیش‌ترین pH مربوط به نمونه برشته در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۱۵ min می‌باشد. اثر استفاده از روش‌های مختلف برشته‌کردن بر میزان کاهش pH در نمونه بادام کوهی در شکل (۶) نشان داده شده است. بیش‌ترین میزان pH در روش برشته‌کردن با سامانه بخار فوق گرم و کم‌ترین مقدار pH در روش پرتودهی با اشعه مادون قرمز به‌دست آمد (p<۰/۰۵). این میزان به‌ترتیب ۴/۶۵ و ۳/۸۰ گزارش شد. این در حالی است که برشته‌کردن بادام کوهی با استفاده از روش سرخ کردن موجب کاهش pH بیش‌تری نسبت به روش سامانه هوای داغ و بخار فوق گرم شد. به‌طور کلی، علت کاهش میزان pH در طول فرایند برشته‌کردن احتمالاً به دلیل انجام واکنش‌های میلارد و ایجاد ترکیبات اسیدی از مواد قندی در طول واکنش‌های شیمیایی مذکور می‌باشد [۴۷]. در روش برشته‌کردن با پرتوهای مادون قرمز به دلیل ایجاد دمای بالا در حین فرایند و



شکل (۷) اثر روش‌های تحت بررسی فرایند برشته‌کردن، دما و زمان با میزان مواد جامد محلول در بادام کوهی برشته‌شده

Fig.7 The effect of roasting methods, temperature and time on soluble solid content in roasted wild almond

بود. اثر دما و زمان بر میزان شاخص قهوه‌ای شدن در روش هوای داغ و بخار فوق گرم معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). اما در روش‌های سرخ کردن از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد ( $p > 0/05$ ). در این پژوهش مشخص شد که با افزایش توان لامپ-های مادون قرمز مقدار بیش‌تری از پیگمان‌های رنگی روی سطح نمونه تشکیل و در نتیجه شاخص قهوه‌ای افزایش یافت ( $p < 0/05$ ). شاخص قهوه‌ای شدن در برشته‌کن مادون قرمز در توان ۲۰۰ وات در هر سه زمان برشته‌کردن در این پژوهش به ترتیب ۰/۰۵۹، ۰/۰۷، ۰/۰۷۶ و در توان ۳۰۰ وات ۰/۰۶۲، ۰/۰۷۶، ۰/۰۸۶ گزارش شد. که علت آن را می‌توان به افزایش سرعت انتقال حرارت نسبت به سایر روش‌ها نسبت داد. به‌طور کلی می‌توان گفت که افزایش توان، دما و زمان در تشکیل بیش‌تر رنگدانه‌های قهوه‌ای تأثیر مثبت دارد. زیرا در پایان فرایند برشته‌کردن مشخص شد که کم‌ترین میزان جذب در طول موج ۴۲۰ nm مربوط به نمونه برشته شده با بخار فوق گرم در دمای  $160^{\circ}\text{C}$  و مدت زمان ۱۵ min بود. بالا بودن مقدار رطوبت در محفظه برشته‌کن با میزان غلظت رنگدانه‌های قهوه‌ای ارتباط معکوس دارد. در همین راستا چونگ و همکاران نیز به نتایج مشابهی در رابطه با برشته‌کردن دانه ذرت دست یافتند و عنوان کردند که فرایند برشته‌کردن منجر به افزایش میزان ترکیبات رنگی گشته و در نتیجه میزان شاخص قهوه‌ای شدن افزایش می‌یابد [۳۷].

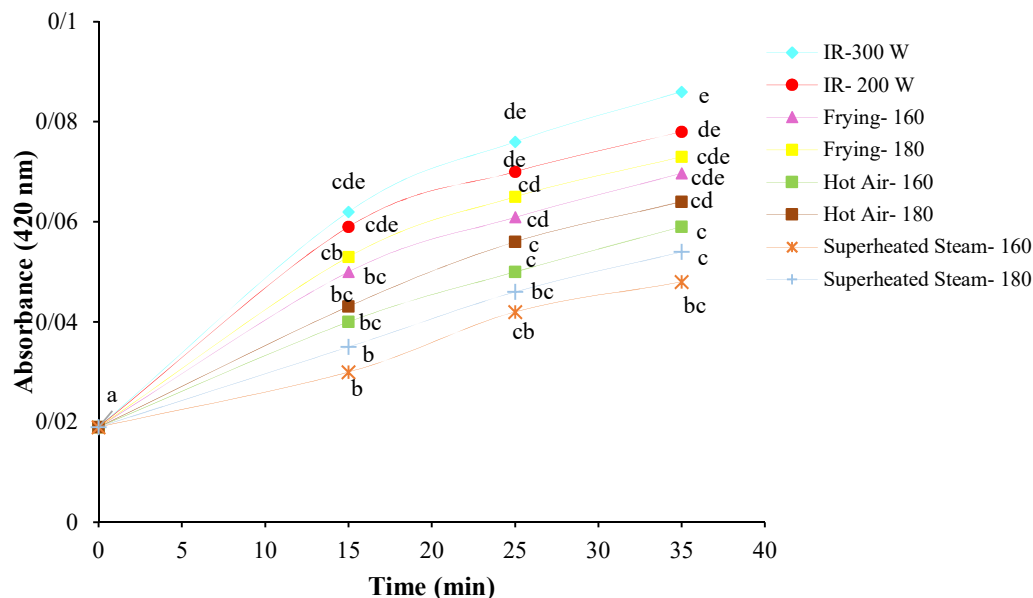
#### ۴.۳.۳. شاخص‌های رنگی

در بین ویژگی‌های فیزیکی مواد غذایی، رنگ به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی ظاهری در درک کیفیت مطرح شده است. مشتری تمایل دارد که رنگ را با طعم، ایمنی، ماندگاری و ارزش تغذیه‌ای مربوط سازد. به‌علت همبستگی بالا با ارزیابی فیزیکی، شیمیایی و حسی کیفیت مواد غذایی، میزان رضایت مندی تحت تأثیر رنگ قرار دارد [۵۱]. این ویژگی در بخش‌های مختلف صنعت غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد از میزان رسیدگی میوه‌ها گرفته تا بررسی اثر فرایند حرارتی، این ویژگی کاربرد دارد [۵۲]. نتایج نشان می‌دهد که افزایش دما و زمان در برشته‌کن هوای داغ، بخار فوق گرم و سرخ کردن و افزایش توان لامپ‌های مادون قرمز در فرایند برشته‌کردن هر سه عوامل مهمی هستند که روی شاخص‌های رنگی و میزان تغییرات رنگ نمونه از لحاظ آماری اختلاف

سرعت بیش‌تری نسبت به هوای داغ انتقال می‌یابد. بنابراین نمونه به سرعت دچار تخریب حرارتی می‌شود و مقدار ماده جامد محلول افزایش می‌یابد. مطابق شکل (۷)، افزایش دما از ۱۶۰ به  $180^{\circ}\text{C}$  در روش‌های برشته‌کردن با هوای داغ، بخار فوق گرم و سرخ کردن میزان مواد جامد محلول روند صعودی داشت ( $p < 0/05$ ). این میزان به ترتیب از ۴/۱۱ به ۴/۲۹ و ۳/۷۸ به ۳/۹۹ و ۴/۲۸ به ۴/۶۱ در مدت زمان ثابت برشته‌کردن ۲۵ min افزایش یافت. افزایش زمان برشته‌کردن از ۱۵ به ۳۵ min در تمام روش‌های برشته‌کردن منجر به افزایش مواد جامد محلول گردید ( $p < 0/05$ ). این افزایش ممکن است ناشی از تغییر ساختار ترکیبات پروتئینی نامحلول و ایجاد ترکیبات پروتئینی محلول در طول فرایند برشته‌کردن باشد [۴۹، ۱۴]. چونگ و همکاران نیز نشان دادند که با افزایش دما و زمان فرایند برشته‌کردن میزان مواد جامد محلول افزایش یافت. این پژوهشگران عنوان کردند که با افزایش دما و زمان فرایند بافت و ساختار دانه ذرت نرم شده و ترکیبات پلیمری نامحلول در دمای‌های بالا از بین می‌روند و در نتیجه مواد جامد محلول افزایش می‌یابد [۴۶].

#### ۳.۳.۳. شاخص قهوه‌ای شدن

شاخص قهوه‌ای شدن به‌عنوان یک پارامتر برای اندازه‌گیری غیرمستقیم ترکیبات رنگی تشکیل شده ناشی از واکنش‌های قهوه‌ای شدن در فرایند حرارتی در نظر گرفته می‌شود [۵۰]. مقایسه میانگین‌ها در شکل (۸) نشان می‌دهد که اثر روش‌های مختلف برشته‌کردن بر میزان شاخص قهوه‌ای شدن نمونه اثر معنی‌دار داشت ( $p < 0/05$ ). طی فرایند برشته‌کردن، دانه‌های بادام کوهی نسبت به نمونه خام و برشته نشده قهوه‌ای‌تر (تیره‌تر) شد؛ که این ویژگی یکی از خصوصیات فرآورده‌های برشته‌شده است. روشن‌ترین رنگ مربوط به بادام‌های برشته‌شده با بخار فوق گرم بود و تیره‌ترین پوسته بادام مربوط به روش مادون قرمز بود. میزان جذب برای نمونه‌های برشته نشده و خام ۰/۰۱۹ بود که با اشعه پرتودهی مادون قرمز با توان ۳۰۰ w به مدت زمان ۳۵ min میزان جذب به ۰/۰۸۶ افزایش یافت. این در حالی است که افزایش میزان جذب نسبت به نمونه خام و برشته نشده در سایر روش‌ها از شدت کم‌تری برخوردار بود. در روش‌های بخار فوق گرم، هوای داغ و سرخ کردن به ترتیب میزان جذب ۰/۰۵۴، ۰/۰۶۴ و ۰/۰۷۴ در دمای  $180^{\circ}\text{C}$  و زمان ۳۵ min برشته‌کردن



شکل (۸) اثر روش‌های تحت بررسی فرایند برشته‌کردن، دما و زمان با میزان جذب در بادام کوهی برشته‌شده  
 Fig. 8 The effect of roasting methods, temperature and time on absorbance content in roasted wild almond

جدول (۲) اثر فرایند برشته‌کردن مغز بادام کوهی (سامانه بخار فوق گرم، هوای داغ و سرخ کردن و مادون قرمز) بر میزان روشنایی (L\*).

Table 2 the effect of roasting process (Superheated steam, Hot-air, Frying and Infrared) on lightness value.

نمونه خام Raw sample	مادون قرمز Infrared		سرخ کردن Frying	هوای گرم Hot-air	بخار فوق گرم Superheated steam	زمان Time (min)	دما Temperature (°C)	پارامتر رنگی Color parameter
	میزان روشنایی (L*)	توان (وات) Power (w)						
58.30 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	0	0	
-	48.28 <sup>cdeb</sup>	200	43.13 <sup>fd</sup>	46.62 <sup>def</sup>	58.01 <sup>a</sup>	15	160	میزان روشنایی (Lightness)
-	41.47 <sup>h</sup>	200	39.82 <sup>hefg</sup>	44.75 <sup>defc</sup>	55.2 <sup>ab</sup>	25	160	
-	37.00 <sup>ghe</sup>	200	36.62 <sup>elgh</sup>	40.95 <sup>ghfc</sup>	50.01 <sup>bcd</sup>	35	160	
-	37.23 <sup>ghe</sup>	300	41.12 <sup>fd</sup>	43.95 <sup>fd</sup>	53.4 <sup>abc</sup>	15	180	
-	32.70 <sup>hi</sup>	300	37.99 <sup>igh</sup>	42.34 <sup>fgd</sup>	51.1 <sup>bcd</sup>	25	180	
-	29.07 <sup>i</sup>	300	34.62 <sup>hige</sup>	40.83 <sup>hefg</sup>	48.11 <sup>dceb</sup>	35	180	

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح 5 درصد است.

برشته نشده ۵۸/۳۰ بود جدول (۲). نمونه برشته‌شده با اشعه مادون قرمز دارای کم‌ترین مقدار روشنایی (۲۹/۳۰۷) بود. این امر احتمالاً به دلیل انجام واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در طول فرایند برشته‌کردن و تولید پیگمان‌های قهوه‌ای می‌باشد این در حالی است که استفاده از بخار فوق گرم با دمای ۱۶۰ °C و مدت زمان ۱۵ min بیش‌ترین میزان روشنایی ۵۸/۰۱ ایجاد کرد؛ که با نمونه برشته نشده و خام از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری

معنی‌داری ایجاد کرد (p < ۰/۰۵) جدول (۲). با مقایسه میانگین فاکتورهای رنگی بادام کوهی مشخص شد که نوع روش برشته‌کردن به‌طور چشمگیری بر میزان قهوه‌ای شدن پوسته تاثیرگذار است (p < ۰/۰۵)؛ زیرا نوع و سرعت انتقال حرارت در روش‌های تحت بررسی متفاوت است. میزان روشنایی بین صفر تا ۱۰۰ تغییر می‌کند و هر چه مقدار آن بزرگ‌تر باشد، نمونه روشن‌تر می‌باشد. در این روش‌ها میزان روشنایی نمونه خام و

واکنش‌های قهوه‌ای شدن میلارد و کاراملیزاسیون می‌باشد [۵۴]. این بدین معنی می‌باشد که با افزایش دما و زمان فرایند، مقدار قرمزی نمونه‌ها افزایش یافت. میزان  $a^*$  در این پژوهش در نمونه خام (شاهد) ۹/۱ گزارش شد با اعمال حرارت (دمای  $160^\circ\text{C}$  و ۱۵ min) این میزان در برشته‌کن بخار فوق گرم، هوای داغ و سرخ کن به ترتیب ۱۷/۴۰، ۱۸/۸۰ و ۱۹ افزایش یافت جدول (۳). تحقیقات چونگ و همکاران نیز بیانگر افزایش میزان  $a^*$  ذرت در طی فرایند برشته‌کردن می‌باشد [۳۷]. برخلاف این نظر، مطالعات ازدمیر و دورس، نشان دهنده کاهش مقدار  $a^*$  در طی فرایند برشته‌کردن فندق می‌باشد [۴۰]. میزان  $b^*$  در این مطالعه در محدوده ۲۳/۸ - ۹/۰۱ گزارش شد. با افزایش دما در روش‌های بخار فوق گرم، هوای داغ، سرخ کردن و توان مادون قرمز و زمان در همه روش‌های مختلف برشته‌کردن مقدار  $b^*$  کاهش یافت و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ( $p < 0.05$ ) جدول (۴). نتایج حاصل از ازدمیر و همکاران نشان داد که مقدار  $b^*$  در طی فرایند برشته‌کردن فندق تغییر معنی‌دار ایجاد نکرد [۸]. شاخص اشباعیت یا کروما نشان دهنده میزان اشباع شدگی و یا شدت رنگ است. با افزایش توان و زمان در فرایند برشته‌کردن مقدار کروما افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). افزایش مقدار  $b^*$  و  $a^*$  در طی زمان فرایند احتمالاً به دلیل اکسیداسیون حرارتی پلی فنول‌ها و همچنین محصولات حاصل از واکنش‌های قهوه‌ای شدن

ایجاد نکرد ( $p > 0.05$ ). استفاده از روغن با دمای بالا در مقایسه با هوای داغ و بخار فوق گرم موجب تشکیل پیگمان‌های قهوه‌ای رنگ بیش‌تری در سطح پوسته بادام کوهی شد ( $p < 0.05$ ). میزان روشنایی بادام کوهی در نمونه برشته‌شده با سرخ کردن، هوای داغ و بخار فوق گرم به ترتیب ۳۴/۶۲، ۴۰/۸۳ و ۴۸/۱۱ گزارش شد (جدول ۲). در این راستا چونگ و همکاران [۳۷]، ازدمیر و همکاران [۸] و مندرس و همکاران [۵۳] نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققان نشان دادند که دمای بالا در طی فرایند برشته‌کردن موجب کاهش میزان روشنایی مغز برشته‌شده و از مقدار  $L^*$  کاسته می‌شود. همچنین دادالی و همکاران به ارتباط بین مقدار رطوبت و رنگ محصول اشاره کردند. نتایج نشان داد که با کاهش میزان رطوبت مغز برشته‌شده قابلیت انعکاس نور محصول تغییر یافته و در نتیجه موجب تغییر رنگ بادام زمینی می‌شود [۳۸].

افزایش توان در برشته‌کن مادون قرمز و زمان تاثیر معنی‌داری بر مقدار  $a^*$  در حین فرایند داشت؛ استفاده از توان بالا در برشته‌کن مادون قرمز به علت ایجاد دما بالای در سطح موجب افزایش مقدار  $a^*$  شد. با بالا بردن توان از ۲۰۰ به ۳۰۰ W میزان  $a^*$  از ۶/۴۶ به ۱۰/۰۷ در مدت زمان ثابت برشته‌کردن (۳۵ min) افزایش یافت (جدول ۳). علاوه بر این افزایش مقدار  $a^*$  طی فرایند برشته‌کردن احتمالاً مربوط به ترکیبات حاصل از

جدول (۳) اثر فرایند برشته‌کردن مغز بادام کوهی (سامانه بخار فوق گرم، هوای داغ، سرخ کردن و مادون قرمز) بر میزان قرمزی یا سبزی ( $a^*$ ).

Table 3 the effect of roasting process (Superheated steam, Hot-air, Frying and Infrared) on  $a^*$  value.

نمونه خام Raw sample	مادون قرمز Infrared		سرخ کردن Frying	هوای گرم Hot-air	بخار فوق گرم Superheated steam	زمان Time (min)	دما Temperature (°C)	پارامتر رنگی Color parameter
	میزان قرمزی یا سبزی ( $a^*$ )	توان (وات) Power (w)						
5.1 <sup>k</sup>	-	-	-	-	-	0	0	
-	11.71 <sup>f</sup>	200	19 <sup>b</sup>	18.40 <sup>bc</sup>	17.1 <sup>d</sup>	15	160	
-	8.63 <sup>n</sup>	200	16 <sup>cd</sup>	15.24 <sup>cd</sup>	16.3 <sup>cd</sup>	25	160	
-	6.46 <sup>i</sup>	200	13.49 <sup>i</sup>	13.63 <sup>eg</sup>	15.36 <sup>cd</sup>	35	160	میزان قرمزی
-	11.93 <sup>f</sup>	300	21 <sup>a</sup>	18.84 <sup>b</sup>	18.2 <sup>bc</sup>	15	180	یا سبزی
-	10.54 <sup>h</sup>	300	18.63 <sup>bc</sup>	16.58 <sup>d</sup>	16.38 <sup>ce</sup>	25	180	( $a^*$ )
-	10.07 <sup>h</sup>	300	14.76 <sup>e</sup>	13.88 <sup>eg</sup>	15.45 <sup>cd</sup>	35	180	

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ است.

روش‌های مختلف میزان کروما در محدوده ۳۰/۳۲ - ۱۱/۰۲ تغییر یافت. نوع روش برشته کردن بادام کوهی در نتیجه تفاوت در سرعت انتقال حرارت و دمای سطح محصول موجب ایجاد تفاوت در میزان کروما در محصول شد ( $p < 0.05$ ). میزان کروما برای چهار روش برشته کردن از جمله پرتودهی مادون قرمز ( $300\text{ W}$ )، سرخ کردن، هوای داغ و بخار فوق گرم با دمای  $180\text{ }^\circ\text{C}$  به ترتیب ۳۰/۳۲، ۲۸/۳۴، ۲۵/۸۰ و ۲۰/۵۰ در مدت زمان ۳۵ min گزارش شد (شکل ۹).

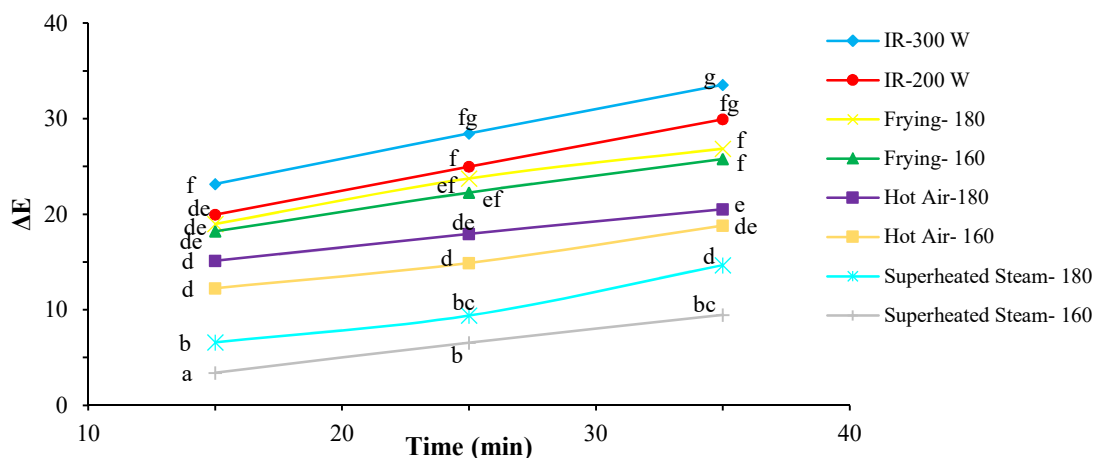
غیر آنزیمی باشد [۵۸]. این بدین معنی است که با گذشت زمان فرایند برشته شدن، مقدار قرمزی و زردی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. کایگلو در برشته کردن پسته [۱۴]؛ چونگ و همکاران [۳۷] در برشته کردن ذرت و کایگلو و کایا [۵۵] در برشته کردن دانه‌های کنجد نیز به نتایج مشابهی در ارتباط با مقدار پارامترهای رنگی مذکور در طی فرایند برشته کردن دست یافتند. با افزایش دما میزان کروما افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). در نمونه خام و برشته نشده میزان کروما ۱۰/۲۹ می‌باشد که با برشته کردن بادام کوهی با

جدول (۴) اثر فرایند برشته کردن مغز بادام کوهی (سامانه بخار فوق گرم، هوای داغ، سرخ کردن و مادون قرمز) بر میزان زردی یا آبی ( $b^*$ ).

Table 4 the effect of roasting process (Superheated steam, Hot-air, Frying and Infrared) on  $b^*$  value.

نمونه خام Raw sample	مادون قرمز Infrared		سرخ کردن Frying	هوای گرم Hot-air	بخار فوق گرم Superheated steam	زمان Time (min)	دما Temperature ( $^\circ\text{C}$ )	پارامتر رنگی Color parameter
	میزان زردی یا آبی ( $b^*$ )	توان (وات) Power (w)						
9.01 <sup>a</sup>	-	-	-	-	-	0	0	
-	16.67 <sup>fc</sup>	200	15 <sup>f</sup>	22.36 <sup>b</sup>	23.8 <sup>b</sup>	15	160	میزان زردی یا آبی ( $a^*$ )
-	13.96 <sup>h</sup>	200	12.94 <sup>g</sup>	20.39 <sup>cd</sup>	21.89 <sup>c</sup>	25	160	
-	11.49 <sup>g</sup>	200	11.29 <sup>g</sup>	18.82 <sup>c</sup>	20.09 <sup>cd</sup>	35	160	
-	13.14 <sup>h</sup>	300	15.1 <sup>fc</sup>	20.70 <sup>cd</sup>	23.06 <sup>b</sup>	15	180	
-	10.48 <sup>ag</sup>	300	12.71 <sup>g</sup>	18.85 <sup>c</sup>	20.57 <sup>cd</sup>	25	180	
-	8.93 <sup>a</sup>	300	13.05 <sup>h</sup>	16.11 <sup>fc</sup>	18.64 <sup>c</sup>	35	180	

حروف مشابه نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ است.



شکل (۹) اثر روش‌های تحت بررسی فرایند برشته کردن، دما و زمان با میزان شاخص اشباعیت (SI) در بادام کوهی برشته شده

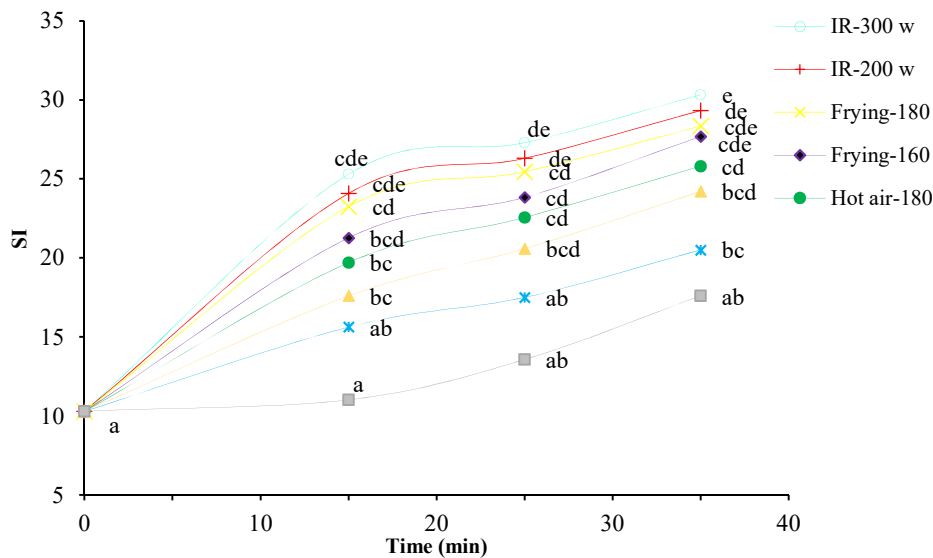
Fig. 9 The effect of roasting methods, temperature and time on chroma index in roasted wild almond

به سزایی داشت؛ زیرا این میزان از ۹/۴۸ به ۱۴/۶۷ افزایش داشت. این در حالی است که با افزایش دما در بادام کوهی سرخ شده از ۲۵/۷۶ به ۲۶/۸۶ و در برشته‌کن هوای داغ از ۱۸/۸۰ به ۲۰/۵۳ در مدت زمان ثابت فرایند ۳۵ min افزایش یافت. چونگ و همکاران نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. این محققان نشان دادند که با افزایش دما طی فرایند برشته شدن ذرت، مقدار  $\Delta E$  به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد. توسعه واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در طی فرایند برشته‌کردن، منجر به افزایش مقدار  $\Delta E$  می‌گردد [۳۷]. این امر ناشی از افزایش مقدار ترکیبات آمینی و هیدروکسیلی و در نتیجه سرعت انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی افزایش می‌یابد [۸].

### ۵.۳.۳. آنالیز حسی

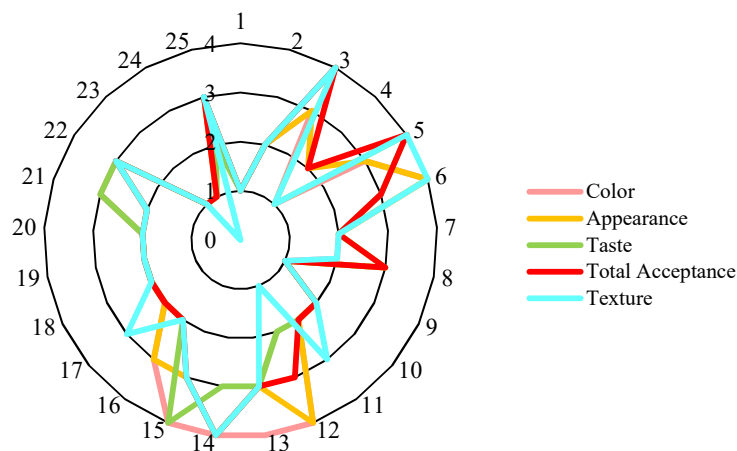
نتایج حاصل از آنالیز حسی در شکل (۱۱) نشان داده شده است. بالاترین و پایین‌ترین امتیاز از نظر رنگ، ظاهر، عطر و طعم به‌ترتیب به نمونه‌های سرخ شده بادام کوهی در روغن و نمونه برشته‌شده با پرتودهی مادون قرمز داده شد؛ روغن موجب بهبود عطر، طعم و براقیت پوسته محصول شد. این در حالی است که استفاده از اشعه مادون قرمز در توان بالا و مدت زمان برشته شدن زیاد ۳۵ min موجب افت ویژگی‌های ارگانولپتیکی محصول شد؛ زیرا نمونه دارای طعم تلخ، بافت بسیار شکننده و پوسته با رنگ

یک شاخص اصلی برای بررسی تغییرات رنگ در طی فرایند برشته‌کردن، اندازه‌گیری مقدار  $\Delta E$  می‌باشد. این شاخص نشان دهنده تفاوت کلی شاخص‌های رنگی اندازه‌گیری شده رنگ بین نمونه خام و نمونه برشته‌شده است [۵۵، ۱۴]. اثر روش‌های تحت بررسی برشته‌کردن بر تغییرات رنگ ( $\Delta E$ ) پوسته تأثیر به سزایی داشت ( $p < 0.05$ ). بالاترین و پایین‌ترین مقدار شدت رنگ در این فرایند سامانه مادون قرمز با توان ۳۰۰ W و زمان ۳۵ min و بخار فوق گرم  $160^\circ\text{C}$  و ۱۵ min می‌باشد. این مقدار به ترتیب ۳۳/۴۵ و ۳/۴۲ گزارش شد (شکل ۱۰). در سامانه مادون قرمز با افزایش توان میزان سرعت واکنش‌های قهوه‌ای به‌علت ایجاد دمای بالا افزایش یافته و در نتیجه شاخص قهوه‌ای شدن افزایش می‌یابد. کم‌ترین مقدار آن در برشته‌کن بخار فوق گرم بود. در طی فرایند برشته شدن، واکنش‌های شیمیایی نظیر میلارد، کاراملیزه شدن، پلیمریزه شدن و تجزیه شدن ترکیباتی مانند قندها و پروتئین‌ها توسعه یافته و رنگ محصول برشته‌شده را تحت تأثیر قرار می‌دهند و از این طریق منجر به افزایش شدت رنگ می‌گردد [۵۶]. افزایش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی در برشته شدن مغز ناشی از واکنش میلارد توسط سوویسی همکاران گزارش شد [۵۷]. افزایش دما و زمان موجب افزایش شدت رنگ بادام کوهی در انواع روش‌های برشته‌کردن شد ( $p < 0.05$ ). افزایش شدت رنگ با افزایش دما از  $160^\circ\text{C}$  به  $180^\circ\text{C}$  در برشته‌کن بخار فوق گرم تأثیر



شکل (۱۰) اثر روش‌های تحت بررسی فرایند برشته‌کردن، دما و زمان با میزان شدت رنگ ( $\Delta E$ ) در بادام کوهی برشته‌شده

Fig. 10 The effect of roasting methods, temperature and time on  $\Delta E$  in roasted wild almond



شکل (۱۱) اثر روش‌های تحت بررسی برشته‌کردن بر ارزیابی حسی بادام کوهی برشته‌شده (نمونه‌های ۱ تا ۶، ۷ تا ۱۲، ۱۳ تا ۱۸ و ۱۹ تا ۲۴ به ترتیب مربوط به روش‌های برشته‌کردن با بخار فوق گرم، هوای داغ، سرخ کردن و اشعه مادون قرمز و نمونه ۲۵ مربوط به نمونه خام و برشته نشده می‌باشد)

**Fig. 11** The effect of roasting methods on sensory evaluation of roasted wild almond

(Samples 1 to 6, 7 to 12, 13 to 18, 19 to 24 are related to superheated steam, hot-air, frying and infrared roasting and raw sample is 25)

#### ۴. نتیجه گیری

برشته‌کردن یکی از مهم‌ترین فرایندهای حرارتی در جهت بهبود ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و ارگانولپتیکی مغزهای آجیلی می‌باشد. بادام کوهی یکی از انواع بادام‌های بومی در مناطق مختلف ایران به دلیل ارزش تغذیه‌ای و درمانی به‌طور سنتی مورد مصرف قرار می‌گیرد. در این پژوهش هدف بهینه‌سازی روش‌های مختلف برشته‌کردن در جهت بهبود ویژگی‌های کیفی محصول و افزایش میزان پذیرش مصرف‌کنندگان می‌باشد. با افزایش دما، زمان و توان در روش‌های تحت بررسی برشته‌کردن موجب کاهش مقدار رطوبت و pH و افزایش میزان تیرگی و مواد جامد محلول شد. در ارزیابی حسی بالاترین امتیاز به بادام کوهی برشته‌شده با روغن داده شد. بهینه‌سازی نتایج نشان داد که استفاده از برشته-کن مادون قرمز با توان ۲۰۰w و زمان ۱۵ min، هوای داغ با دمای ۱۶۰°C و زمان ۳۵ min و سرخ کردن در دمای ۱۶۰°C و مدت زمان ۲۵ min به ترتیب سه روش مناسب برای برشته‌کردن مغز بادام کوهی می‌باشد.

سیاه بود. استفاده از اشعه مادون قرمز برای برشته‌کردن بادام کوهی در توان ۲۰۰w و کم‌ترین زمان ۱۵ min توصیه می‌شود. استفاده از بخار فوق گرم در دمای پایین موجب افزایش رطوبت در محصول نهایی شد ( $p < 0.05$ ). در نتیجه بافت محصول نرم، سطح پوسته محصول کمی چروکیده و میزان پذیرش کلی کاهش یافت. با افزایش دمای بخار کیفیت نهایی محصول بهبود یافت. برشته‌کردن با هوای داغ در دمای پایین ۱۶۰°C و زمان ۲۵ min دارای بافت ترد، عطر و طعم قابل قبول و امتیاز بالاتری از نظر پذیرش کلی بود؛ استفاده از دمای بالای هوای داغ موجب تیره شدن سطح پوسته و ایجاد کمی طعم تلخی در محصول شد. به‌طور کلی استفاده از روش سرخ کردن برای بادام کوهی دارای بالاترین امتیاز از نظر پذیرش کلی بود. اگرچه این نمونه از لحاظ خواص تغذیه-ای به‌علت جذب روغن توصیه نمی‌شود اما دارای خواص ارگانولپتیکی مناسبی نسبت به سایر روش‌ها بود.

#### منابع

[2] Agila, A. and S. Barringer. (2012). Effect of roasting conditions on color and volatile profile including HMF level in sweet almonds (*Prunus dulcis*). *J. Food Sci.*, 77(4).

[1] Hojjati, M., L. Lipan, and Á.A. (2016). Carbonell-Barrachina, Effect of roasting on physicochemical properties of wild almonds (*Amygdalus scoparia*). *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 93(9), 1211-1220.



- [16] Mujumdar, A.S. (1995). Handbook of industrial drying, revised and expanded. Vol. 1. CRC Press.
- [17] Abe, T. and Afzal, T. (1997). Thin-layer infrared radiation drying of rough rice. *J. Agric. Eng. Res.*, 67(4), 289-297.
- [18] Afzal, T. and Abe, T. (1998). Diffusion in potato during far infrared radiation drying. *J. Food Eng.* 37(4), 353-365.
- [19] Mongpraneet, S., T. Abe, and Tsurusaki, T. (2002). Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions *J. Food Eng.* 55(2), 147-156.
- [20] Niibori, F. and Motoi, S. (1988). Evaporation of vegetables used by infrared rays. *Food Process.*, 23, 38-42.
- [21] Mogi, T., Ito, T., and Yamamoto., I. (1990). Research and development of rapid drying technique for vegetables by use of heating combination with far infrared rays and infrared rays. *Tech. Rep. Jpn. Food Ind. Cent.*
- [22] Itoh, K. (1986). Drying of vegetable by far infrared radiation. *Shokuhin Kikai Souchi.*, 23, 45-53
- [23] Yang, J., Bingol, G., Pan, Z., Brandl, T., McHugh, T., Wang, H., (2010). Infrared heating for dry-roasting and pasteurization of almonds. *J. Food Eng.*, 101(3), 273-280.
- [24] Kudo, Y., C. Nindo, and Bekki, E. (1995). Studies on sun drying of raw rough rice, Drying characteristics and heat balance in plane surface bed, *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.*, 57(4), 17-25.
- [25] Hebbar, H.U. and Rastogi, N. (2001). Mass transfer during infrared drying of cashew kernel. *J. Food Eng.*, 47(1), 1-5.
- [26] Hebbar, U.H., and Ramesh, M. (2005). Optimisation of processing conditions for infrared drying of cashew kernels with testa. *J. Sci. Food Agric.*, 85(5), 865-871.
- [27] Zzaman, W., Bhat, R., Zainul Abedin, Md., Tajul, A., Yang. (2013). Comparison between superheated steam and convectional roasting on changes in the phenolic compound and antioxidant activity of cocoa beans. *Food Sci. Technol. Res.*, 19(6), 949-956.
- [28] Prachayawarakorn, S., P. Prachayawasin and S. Soponronnarit. (2006). Heating process of soybean using hot-air and superheated-steam fluidized-bed dryers. *LWT-Food Sci. Technol.*, 39(7), 770-778.
- [29] Özdemir, M. (2001). Mathematical Analysis of Color Changes and Chemical Parameters of Roasted Hazelnuts (PhD Thesis), stanbul Technical University. Institute of Science and Technology, Department of Food Engineering, Istanbul.
- [3] Sang, S., Cheng, C., Fu, H., Shieh, D., Bai, N., Lapsley, K., Stark, R., Rosen, R., & Ho.C. (2002). New type sesquiterpene lactone from almond hulls (*Prunus amygdalus Batsch*). *Tetrahedron Lett.*, 43(14), 2547-2549.
- [4] Hashemnia, M., Z. Nikousefat, & M. Yazdani-Rostam. (2015). Antidiabetic effect of *Pistacia atlantica* and *Amygdalus scoparia* in streptozotocin-induced diabetic mice. *Comp. Clin. Pathol.*, 24(6), 1301-1306.6.
- [5] Farhoosh, R. and J. Tavakoli. (2008). Physicochemical properties of kernel oil from *Amygdalus scoparia* growing wild in Iran. *J. Food Lipids.*, 15(4), 433-443.
- [6] Moayedi, A. Rezaei. K., Moini. S., & Keshavarz. B. (2011). Chemical compositions of oils from several wild almond species. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 88(4), 503-508
- [7] Purlis, E. and Salvadori, V. O. 2009. modelling the browning of bread during baking. *Food Res. Int.*, 42, 865-870.
- [8] Özdemir, M. and O. Devres. (2000). Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *J. Food Eng.*, 44(1), 31-38.
- [9] Kita, A. and Figiel, A. (2007). Effect of roasting on properties of walnuts. *Pol. J. Food Nut. Sci.*, 57(2), 89-94.
- [10] Hojjati, M., Calín-Sánchez, A., Razavi, SH. (2013). Effect of roasting on colour and volatile composition of pistachios (*Pistacia vera* L.). *Int. J. Food Sci. Technol.*, 48(2), 437-443.
- [11] Nikzadeh, V. and N. Sedaghat. (2008). Physical and sensory changes in pistachio nuts as affected by roasting temperature and storage. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 4(4), 478-483.
- [12] Shakerardekani, A., Karim R, Mohd Ghazali, H., Chin N L. (2011). Effect of roasting conditions on hardness, moisture content and colour of pistachio kernels, *Int. Food Res. J.*, 18, 723-729.
- [13] Pittia, P., Dalla Rosa, M., and Lerici, C. (2001). Textural changes of coffee beans as affected by roasting conditions. *LWT-Food Sci. Tech.*, 34(3), 168-175.
- [14] Kahyaoglu, T. and S. Kaya, (2006). Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *J. Food Eng.*, 75(2), 167-177.
- [15] Chakraborty, R., Bera, M., Mukhopadhyay, P., & Bhattacharya, P. (2011). Prediction of optimal conditions of infrared assisted freeze-drying of aloe vera (*Aloe barbadensis*) using response surface methodology. *Sep. Pur. Technol.*, 80(2), 375-384.

- [43] Uysal, N., G. Sumnu, and S. Sahin, (2009). Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut. *J. Food Eng.*, 90(2), 255-261.
- [44] Lee, C. and A. Resurreccion, Predicting sensory attribute intensities and consumer acceptance of stored roasted peanuts using instrumental measurements. (2006). *J. Food Qual.*, 29(4), 319-338.
- [45] Kita, A. and A. Figiel, A. (2006). The effect of roasting on the texture of walnuts. *Acta Agrophysica.*, 7(1), 87-97.
- [46] Chung, H.S., S.K. Chung, and K.S. Youn. (2011). Effects of roasting temperature and time on bulk density, soluble solids, browning index and phenolic compounds of corn kernels. *J. Food Process. Preserv.*, 35(6), 832-839.
- [47] Park, M.-H., K.-C. Kim, and J.-S. Kim. (1993). Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *J. Ginseng Res.*, 17(3), 228-231.
- [48] Kopper, R.A., Odum, N. J., Sen, M., Helm, R. M., Stanley, J. S., Burks, A. W. (2005). Peanut protein allergens: the effect of roasting on solubility and allergenicity. *Int. Arch. Allergy Immunol.*, 136(1), 16-22.
- [49] Deshpande, S. and A. Aguilar. (1975). Effects of roasting temperatures and gamma irradiation on the content of chlorogenic acid, caffeic acid and soluble carbohydrates of coffee. *Int. J. Appl Radiat Isot.*, 26(11), 656-661.
- [50] Trugo, L.C. and R. Macrae, (1986). An investigation of coffee roasting using high performance gel filtration chromatography. *Food Chem.*, 19(1), 1.
- [51] Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D. and Moyano, P. (2006). Development of a computer vision system to measure the color of potato chips. *Food Res. Int.*, 39(10), 1092-1098.
- [52] Briones, V. and Aguilera, J.M. (2005). Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food Res. Int.*, 38(1), 87-94.
- [53] Mendes, L.C., Menezes, H.C., Aparecida, M. Silva, A.P. (2001). Optimization of the roasting of robusta coffee (*C.canephora conillon*) using acceptability tests and RSM. *Food Qual. Prefer.*, 12(2), 153-162.
- [54] Bagheri, H., Kashaninejad, M., Ziaifar, A.M., Aalami, M., (2016). Novel hybridized infrared-hot air method for roasting of peanut kernels. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 37, 106-114.
- [55] Kahyaoglu, T. (2008). Optimization of the pistachio nut roasting process using response surface methodology and gene expression programming. *LWT-Food Sci.*, 41(1), 26-33.
- [30] Givianrad, M., Saber-Tehrani, M., and Mohammadi, S.J. (2013). Chemical composition of oils from wild almond (*Prunus scoparia*) and wild pistachio (*Pistacia atlantica*). *Grasas y aceites.*, 64(1), 77-84.
- [31] Balvardi, M., Rezaei, K., Mendiola, JA. Ibáñez, E. (2015). Optimization of the aqueous enzymatic extraction of oil from Iranian wild almond. *J. Am. Oil Chem., Soc.* 92(7), 985-992.
- [32] Garcia-Pascual, P., Mateos, M., Carbonell, V., Salazar, D. (2003). Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds. *Bioprocess Eng.*, 84(2), 201-209.
- [33] Yang, J., Pan, Z., Takeoka, G., Mackey, B., Bingol, G., Brandl, MT., Garcin, K., McHugh, TH., Wang, H. (2013). Shelf-life of infrared dry-roasted almonds. *Food Chem.*, 138(1), 671-678.
- [34] Vázquez-Araújo, L., Verdu A, Navarro P, Martínez-Sánchez, F., Carbonell-Barrachina, Á.A. (2008). Investigation of aromatic compounds in toasted almonds used for the manufacture of turrón. *Eur. Food Res. Technol.*, 227(1), 243-254.
- [35] Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A. & Tabil, L. G. (2007). Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. *J. Food Eng.*, 78, 98–108.
- [36] Jeon, E.-J., Kim, K. Y., Lee, J. E., Waje, C. & Kwon, J. H. (2008). Monitoring of roasting conditions for the functional properties of lateral root of red ginseng. *J. Food Preserv.*, 15(3), 396-404.
- [37] Chung, H.-S., Kim, J. K., Moon, K. D., & Youn, K. S. (2014). Changes in color parameters of corn kernels during roasting. *Food Sci. Biotechnol.*, 23(6), 1835-1829.
- [38] Dadali, G., E. Demirhan, & Özbek. B. (2007). Color change kinetics of spinach undergoing microwave drying. *Drying Technol.*, 25(10), 1713-1723.
- [39] McDaniel, K.A., White, B. L., Dean, L. L., Sanders, TH. & Davis, JP. (2012). Compositional and mechanical properties of peanuts roasted to equivalent colors using different time/temperature combinations. *J. Food Sci.*, 77(12).
- [40] Özdemir, M. and Devres, Y.O. (1999) The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *J. Food Eng.*, 42(4), 225-2. 33.
- [41] Doymaz, İ., (2012). Drying of pomegranate seeds using infrared radiation. *Food Sci. Biotechnol.*, 21(5), 1269-1275.
- [42] Bhattacharya, S. and M. (1997). Prakash, Kinetics of roasting of split chickpea (*Cicer arietinum*). *Int. J. Food Sci. Technol.*, 32(1), 81-84.



[56] Krysiak, W., R. Adamski, and Żyżelewicz, D. (2013). Factors affecting the color of roasted cocoa bean. *J. Food Qual.*, 36(1), 21-31.

[57] Siewsee, N., Lasekan, O., Kharidah, M., Sulaiman, R, and Norhayati, H. (2014). Effect of roasting conditions on color development and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR-ATR) analysis of Malaysian-grown tropical almond nuts (*Terminalia catappa* L.). *Chemistry Central J.*, 8.

[58] Saklar, S., Katnas, S. and Ungan, S. (2001). Determination of optimum hazelnut roasting conditions. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 36(3), 271-281.