مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هجدهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحات ۸۸-۷۵

تأثیر پیش تیمار مایکروویو بر خصوصیات کیفی خلال سیب زمینی طی سرخ کردن عمیق

فاطمه مطوری[۱]، محمدامین مهرنیا[۲]، حسین جوینده[۳]، محمد حجتی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
پست الکترونیکی: Mehrnia@asnrukh.ac.ir

۳- استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۴

چکیده

سابقه و هدف: خلال سیب‌زمینی سرخ شده با وجود دارا بودن مقدار زیاد روغن و اثرات سوء آن بر سلامتی یکی از محصولات پرطرفدار در صنعت غذا می‌باشد. از این رو، کاهش جذب روغن در خلال‌های سیب‌زمینی، هدفی مهم در فرآوری آن می‌باشد. در این پژوهش به بررسی اثر استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو بر جذب روغن و خواص کیفی خلال سیب‌زمینی طی سرخ کردن عمیق پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: سیب‌زمینی پس از خریداری تا ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایشات در سردخانه بالای صفر درجه (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. پیش‌تیمار مایکروویو با توان‌ها (۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات) و زمان‌های (۲، ۴ و ۶ دقیقه) اعمال گردید و فرآیند سرخ کردن در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. در نهایت محتوای رطوبت، میزان جذب روغن، مؤلفه‌های رنگی، سختی بافت، چروکیدگی و آزمون حسی نمونه‌ها ارزیابی گردید.

یافته‌ها: اعمال پیش‌تیمار مایکروویو تأثیر معنی‌دار بر محتوای رطوبت، روغن جذب شده، شاخص‌های رنگی و سختی بافت داشت ($P<۰/۰۵$) و بر چروکیدگی خلال‌های سیب‌زمینی بی‌تأثیر بود ($P>۰/۰۵$). در بین تیمارهای مختلف، بیشترین تغییرات در توان ۵۰۰ وات و زمان ۶ دقیقه در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد (۸/۱۰۵ و ۱۱ درصد) مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که در توان‌ها و زمان‌های بالاتر شدت کاهش جذب روغن افزایش یافت و می‌توان گفت استفاده از مایکروویو، پیش‌تیمار مناسب، آسان و در دسترس برای کاهش محتوای روغن و بهبود خواص کیفی خلال سیب‌زمینی می‌باشد.

واژگان کلیدی: جذب روغن، خلال سیب‌زمینی، سرخ کردن عمیق، مایکروویو

• مقدمه

سیب‌زمینی با نام علمی سولانوم توبرسوم از خانواده سیب‌زمینیان، گیاهی تتراپلوئید بوده که به عنوان یکی از منابع غذایی پرمصرف در رژیم غذایی دارای اهمیت می‌باشد و در رتبه چهارم پس از برنج، گندم و ذرت قرار دارد. این ماده غذایی قرن‌ها در آمریکا و جهان جزء اصلی رژیم غذایی بود و طی سال‌های اخیر، به ویژه در کشورهای آسیایی مصرف آن افزایش چشمگیری داشته است (۱). سیب‌زمینی بسیار مغذی و منبع خوبی از کربوهیدرات، ویتامین‌ها (A، B و C)، مواد معدنی و پروتئین بوده و ۱۶-۲۲٪ ماده خشک موجود در آن تأمین‌کننده انرژی می‌باشد (۲). چربی‌ها و روغن‌ها، ترکیبات نامحلول با منشاء حیوانی یا گیاهی هستند و با بهبود طعم، رنگ، بافت و بوی غذا در دهان تأثیر زیادی در طعم مطبوع غذاها دارند (۳). فرآیند حرارتی از مهم‌ترین روش‌های نگهداری مواد غذایی است و سرخ کردن به عنوان یکی از روش‌های حرارتی، باعث بهبود ویژگی‌های کیفی محصول می‌گردد (۴) فرنچ فرایز (French fries) یا خلال سیب‌زمینی سرخ شده به قطعاتی از سیب‌زمینی با سطح مقطع ۱ سانتی‌متر مربع و طول ۵-۷ سانتی‌متر که در روغن داغ سرخ شده باشند، گفته می‌شود (۲) که یکی از محبوب‌ترین محصولات غذایی در جهان می‌باشد که به دلیل طعم و بافت خاص سبب جلب نظر مصرف‌کنندگان

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

می‌گردد (۵). سرخ کردن عمیق یا غوطه‌وری قطعات ماده غذایی در روغن داغ (دمای ۱۵۰-۱۹۰ درجه سانتی‌گراد) در تماس با هوا بوده که به طور گسترده در صنایع غذایی و تهیه غذا در خانه انجام می‌گیرد (۶). مقدار روغن مصرفی برای تولید محصولات سرخ شده از عوامل مهم و تأثیرگذار در کیفیت ماده غذایی است. با افزایش روغن علاوه بر بالا رفتن هزینه‌های تولید، خصوصیات بافتی محصول نیز دچار تغییر کرده و گریسی می‌شود و طبق توصیه‌های سازمان بهداشتی در خصوص سلامت مصرف‌کنندگان، مصرف زیاد روغن با بروز بیماری‌های قلبی و عروقی، دیابت، فشار خون بالا، سرطان و چاقی مرتبط می‌باشد (۷). جذب روغن یک مکانیسم پیچیده است؛ ساختار اولیه محصول، تبادلات مختلف بین محصول و محیط گرمایش، تغییرات خواص محصول و روغن عواملی هستند که سبب پیچیده تلقی شدن پدیده جذب روغن می‌شوند (۸). همچنین جذب روغن طی سرخ کردن محصولات در روغن زیاد تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله کیفیت روغن، درجه حرارت و مدت زمان سرخ کردن، ترکیب آن، نسبت ماده غذایی به حجم روغن، نسبت سطح به حجم غذا، تخلخل و روش‌های پیش‌تیمار (مانند خشک کردن و بلانچینگ) قرار می‌گیرد (۹). تحقیقات در زمینه کاهش جذب روغن طی سرخ کردن عمیق در سال‌های اخیر افزایش یافته و تقاضا برای تولید محصولاتی که مقدار کمی روغن جذب می‌کنند و سلامت مصرف‌کنندگان را در اولویت قرار دهند، وجود دارد (۷). جذب چربی تابعی از سطح غذا می‌باشد و خواص سطحی غذا برای جذب چربی مهم است. یکی از پارامترهای متداول برای کاهش جذب چربی در سطح، میزان رطوبت است در نتیجه پیش خشک کردن یک روش معمول برای کاهش جذب چربی است (۱۰). مایکروویو اشکال متفاوتی از انرژی تابشی بوده که متعلق به طیف الکترومغناطیس (فرکانس ۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰۰ گیگاهرتز) است (۱۱) و امروزه اجاق‌های مایکروویو از متداول‌ترین تجهیزات خانگی محسوب می‌شوند. با هدف دستیابی به روشی آسان و در دسترس برای کاهش جذب روغن، در محصولات سرخ کردنی، در این پژوهش اثر پیش تیمار مایکروویو با توان‌های مختلف بر خصوصیات خلال سیب‌زمینی سرخ شده در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، مورد بررسی قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

سیب‌زمینی رقم آگریا از بازار محلی خریداری شد و تا شروع آزمایشات در سردخانه بالای صفر درجه سانتی‌گراد قرار گرفته و ۲۴ ساعت قبل از شروع آزمایش در دمای محیط قرار گرفتند. از روغن مخصوص سرخ کردنی بهار جهت سرخ کردن، محلول n-هگزان با خلوص ۹۵٪ (شرکت مرک آلمان) و تولوئن (کشور هند) نیز برای انجام آزمایشات مربوطه خریداری شدند. پس از شسته شدن و پوست‌گیری سیب‌زمینی‌ها با استفاده از دستگاه برش دستی، خلال‌هایی با اندازه تقریباً مساوی تهیه گردید. برای حذف نشاسته سطحی، خلال‌ها به مدت ۳ دقیقه درون آب مقطر غوطه‌ور و پس از آبکشی، رطوبت اضافی توسط کاغذ رطوبت‌گیر حذف شد. مطابق جدول ۱. در هر مرحله نمونه‌ها تحت اثر توان‌ها (۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات) و زمان‌های (۲، ۴ و ۶ دقیقه) مایکروویو قرار گرفتند (پاناسونیک ۴۴ لیتر مدل NN-ST75YW ساخت ژاپن). پس از آماده‌سازی، نمونه‌ها در دستگاه سرخ‌کن (مدل F28233 شرکت دلونگی ایتالیا با ظرفیت مخزن روغن ۱/۵ لیتر با قابلیت تنظیم درجه حرارت و زمان) با دمای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در زمان ثابت ۱۵۰ ثانیه سرخ شدند. مقدار ۱۰۰-۱۲۰ گرم خلال سیب‌زمینی در سرخ‌کن قرار گرفته و بعد از طی شدن زمان موردنظر از سرخ‌کن خارج گردید. سپس روغن سطحی با کاغذ جاذب روغن گرفته شد و بعد از خنک شدن در دمای محیط، آزمایشات بر روی نمونه‌ها انجام شد.

محتوای رطوبت

محتوای رطوبت نمونه‌های سرخ شده سیب‌زمینی طبق رابطه ۱ از طریق خشک کردن خلال‌ها در آون (Binder سری HR-200 ساخت آلمان) در دمای ۱ ±۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت و میزان رطوبت بر مبنای درصد بیان می‌شود (۱۲). در فرمول زیر، w محتوای رطوبت، m_0 وزن ظرف، m_1 وزن اولیه نمونه قبل از قرارگیری در آون و m_2 وزن ثانویه نمونه بعد از قرارگیری در آون می‌باشد.

$$w = \left(1 - \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}\right) \times 100 \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

محتوای روغن

برای اندازه‌گیری روغن خلال‌های سیب‌زمینی از روش سوکسله استفاده شد (۱۳). بدین منظور نمونه‌ها آسیاب شده و سپس مقدار مشخص از نمونه (۰/۱± ۱ گرم) توزین و در کاغذ صافی قرار داده شدند. استخراج روغن با استفاده از حلال ان-هگزان به مدت ۱ ساعت انجام گرفت. جهت حذف حلال باقی‌مانده هر نمونه ۱ ساعت در آون و سپس در دسیکاتور خنک شده و توزین گردید. میزان روغن از رابطه ۲ و بر مبنای درصد محاسبه شد.

$$\text{درصد روغن} = \frac{x_2 - x_3}{x_1} \times 100 \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

x_1: وزن نمونه

x_2: وزن نمونه + کاغذ صافی + روغن

x_3: وزن نمونه + کاغذ صافی

بررسی رنگ

رنگ خلال‌های سرخ شده‌ای که تحت تأثیر امواج مایکروویو قرار گرفته و سپس سرخ شدند با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

(کونیکا مینولیتا مدل CR-400، ساخت ژاپن) طبق ۳ مؤلفه سنجیده می‌شود. مؤلفه L* بیانگر شاخص روشنایی (۰: بعد سیاهی، ۱۰۰: بعد سفیدی)، مؤلفه a* جهت بیان بعد قرمز-سبز (+a: قرمزتر، -a: سبزتر) و مؤلفه b* بیانگر بعد زرد-آبی (+b: زردتر، -b: آبی‌تر) می‌باشند.

سختی بافت

میزان سختی بافت خلال‌ها یک ساعت بعد از سرخ کردن توسط دستگاه بافت‌سنج (TA-XT-plus، ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. از پروب به قطر ۶ میلی‌متر با سرعت حرکت پروب ۲ میلی‌متر بر ثانیه استفاده و حداکثر نیروی لازم بر حسب کیلوگرم بر ثانیه، به عنوان میزان سفتی درنظر گرفته شد (۱۴).

چروکیدگی

به دست آوردن چروکیدگی، با به کارگیری تکنیک جابه‌جایی حلال تولوئن انجام می‌پذیرد. بدین صورت که، حجم ظاهری اولیه و نهایی نمونه‌ها، قبل و بعد از سرخ شدن و از طریق رابطه‌ی ۳ محاسبه شد (۱۵).

$$V = \frac{M+M_1-M_2}{\rho}$$ (رابطه ۳)

M: وزن نمونه (گرم)، M_1: وزن ظرف و حلال (گرم)، M_2: وزن ظرف حاوی نمونه و حلال (گرم)، ρ: دانسیته تولوئن (کیلوگرم بر مترمکعب)

سپس با استفاده از رابطه۴، میزان چروکیدگی در هر لحظه تعیین می‌شود:

$$S(t) = \frac{V_O-V_t}{V_O} \times 100$$ (رابطه ۴)

S: چروکیدگی، V_O: حجم ظاهری نمونه تازه (سانتی‌مترمکعب)، V_t: حجم ظاهری نمونه پس از سرخ شدن (سانتی‌متر مکعب)

ارزیابی حسی

ارزیابی رنگ، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی خلال‌های سیب‌زمینی سرخ کرده با استفاده از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام گرفت. نمونه‌ها پس از اختصاص کد، جهت ارزیابی فاکتورهای مورد نظر تست هدونیک ۵ نقطه‌ای بین ۸ ارزیاب زن و مرد با بازه سنی ۲۲-۳۰ سال تقسیم شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش در قالب فاکتوریل انجام گرفته و تأثیر متغیرهای مستقل توان در ۴ سطح (۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ وات)، زمان مایکروویو در ۳ سطح (۲، ۴ و ۶ دقیقه) و دمای سرخ کردن در ۲ سطح (۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) برر سی گردید. تمام آزمون‌ها با ۳ تکرار انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین‌ها از آنالیز واریانس یک طرفه و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ و رسم نمودارها با Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام پذیرفت.

جدول ۱. تیمارهای آزمایش و علائم اختصاری مورد استفاده

ردیف	تیمار	علامت اختصاری
۱	کنترل ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد	C160
۲	کنترل ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد	C180
۳	توان ۲۰۰، زمان ۲ دقیقه	P_2T_2
۴	توان ۲۰۰، زمان ۴ دقیقه	P_2T_4
۵	توان ۲۰۰، زمان ۶ دقیقه	P_2T_6
۶	توان ۳۰۰، زمان ۲ دقیقه	P_3T_2
۷	توان ۳۰۰، زمان ۴ دقیقه	P_3T_4
۸	توان ۳۰۰، زمان ۶ دقیقه	P_3T_6
۹	توان ۴۰۰، زمان ۲ دقیقه	P_4T_2
۱۰	توان ۴۰۰، زمان ۴ دقیقه	P_4T_4
۱۱	توان ۴۰۰، زمان ۶ دقیقه	P_4T_6
۱۲	توان ۵۰۰، زمان ۲ دقیقه	P_6T_2
۱۳	توان ۵۰۰، زمان ۴ دقیقه	P_6T_4
۱۴	توان ۵۰۰، زمان ۶ دقیقه	P_6T_6

• یافته‌ها

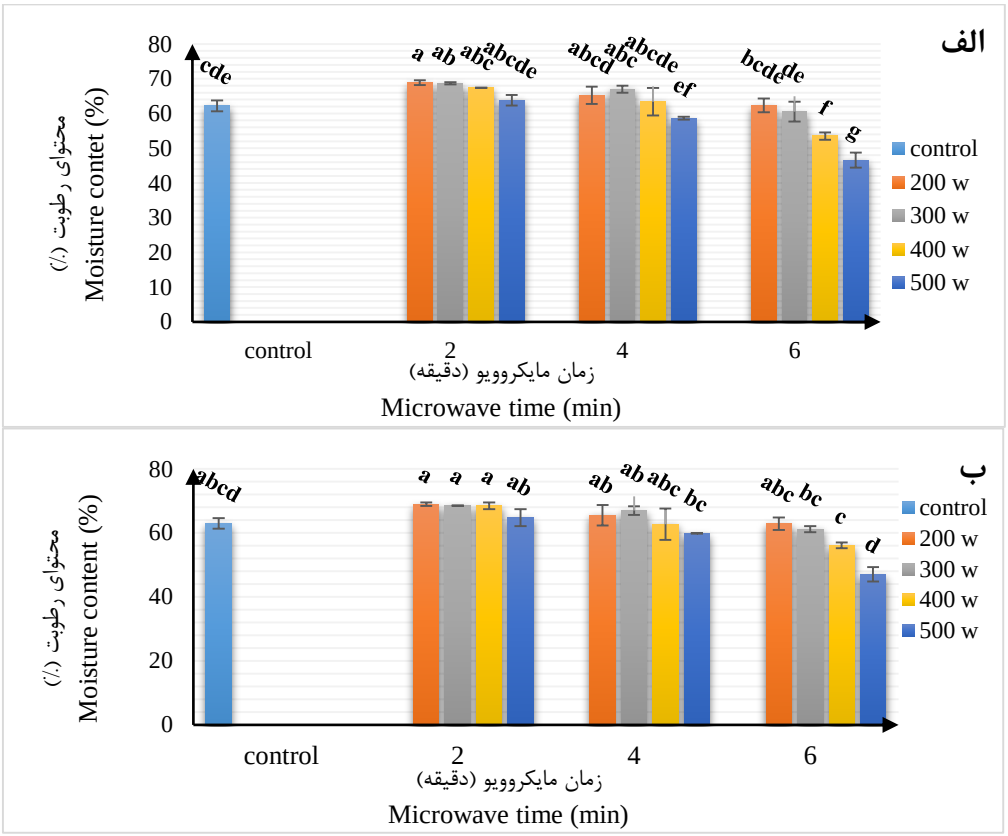
تأثیر شرایط فرآیند بر خصوصیات خلال سیب زمینی

نتایج حاصل از ارزیابی میزان رطوبت نمونه‌های سرخ شده سیب‌زمینی در شکل ۱ (الف) و (ب) نشان داده شده است. تأثیر توان و زمان مایکروویو بر میزان رطوبت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) و دمای سرخ کردن بر این پارامتر تأثیری نداشت ($P>۰/۰۵$). میزان رطوبت در نمونه شاهد، P_3T_6، P_4T_6، P_5T_4 و P_5T_6 در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر با ۶۲/۱۸، ۶۰/۴۹، ۵۳/۵۲، ۵۸/۶۳ و ۴۶/۵۴ درصد) بوده که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار داشتند ($P<۰/۰۵$). به علاوه در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار میان نمونه شاهد (۶۲/۹۵ درصد) و تیمار P_5T_6 (۴۲/۰۲درصد) مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$).

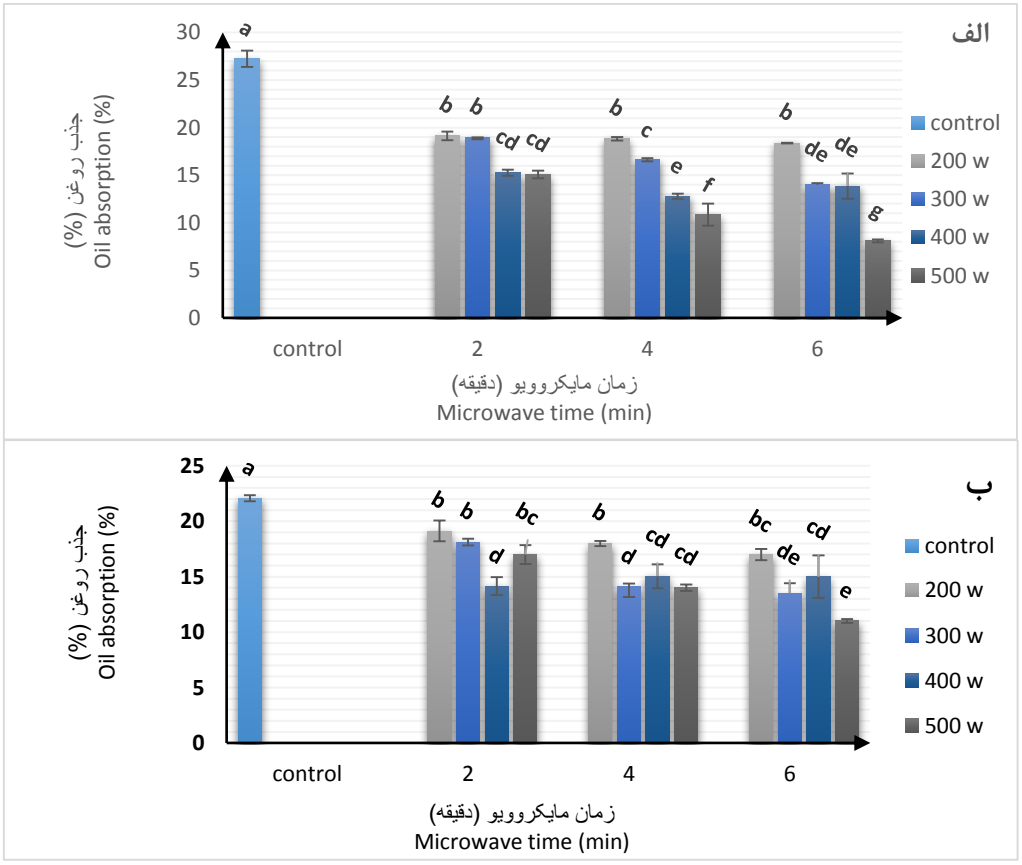
جذب روغن

نتایج مربوط به درصد جذب روغن در دو دمای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲ (الف) و (ب) آورده شده است. اثر توان و زمان مایکروویو بر پارامتر جذب روغن در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده ($P<۰/۰۵$) و دما تأثیری بر این پارامتر نداشت ($P>۰/۰۵$). میان نمونه شاهد و تمام نمونه‌های پیش‌تیمار شده در هر دو دما اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P<۰/۰۵$). در پژوهش حاضر، بیشترین اثر توان و زمان به ترتیب مربوط به P_4T_6 و P_5T_6 است. کمترین میزان جذب روغن در P_5T_6 در دمای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شده است که به ترتیب برابر با ۸/۱۰۵ و ۱۱ درصد می‌باشد و نسبت به نمونه شاهد (۲۷/۲۲۵ و ۲۲/۰۷۵ درصد) حدوداً ۵۰ درصد میزان جذب روغن را کاهش داده است. اثر متقابل توان-زمان و نیز توان-دما بر جذب روغن معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) اما کاهش یا افزایش دما و متقابلاً افزایش یا کاهش زمان پیش‌تیمار مایکروویو تأثیری بر پارامتر مذکور نداشت و تأثیر متقابل توان-زمان-دما وجود نداشت ($P>۰/۰۵$).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]



شکل ۱. اثر توان‌ها و زمان‌های متفاوت مایکروویو بر محتوای رطوبت در دمای الف. ۱۶۰، ب. ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد
*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می‌باشد.



شکل ۲. اثر توان‌ها و زمان‌های متفاوت مایکروویو بر جذب روغن در دمای الف. ۱۶۰، ب. ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد
*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می‌باشد.

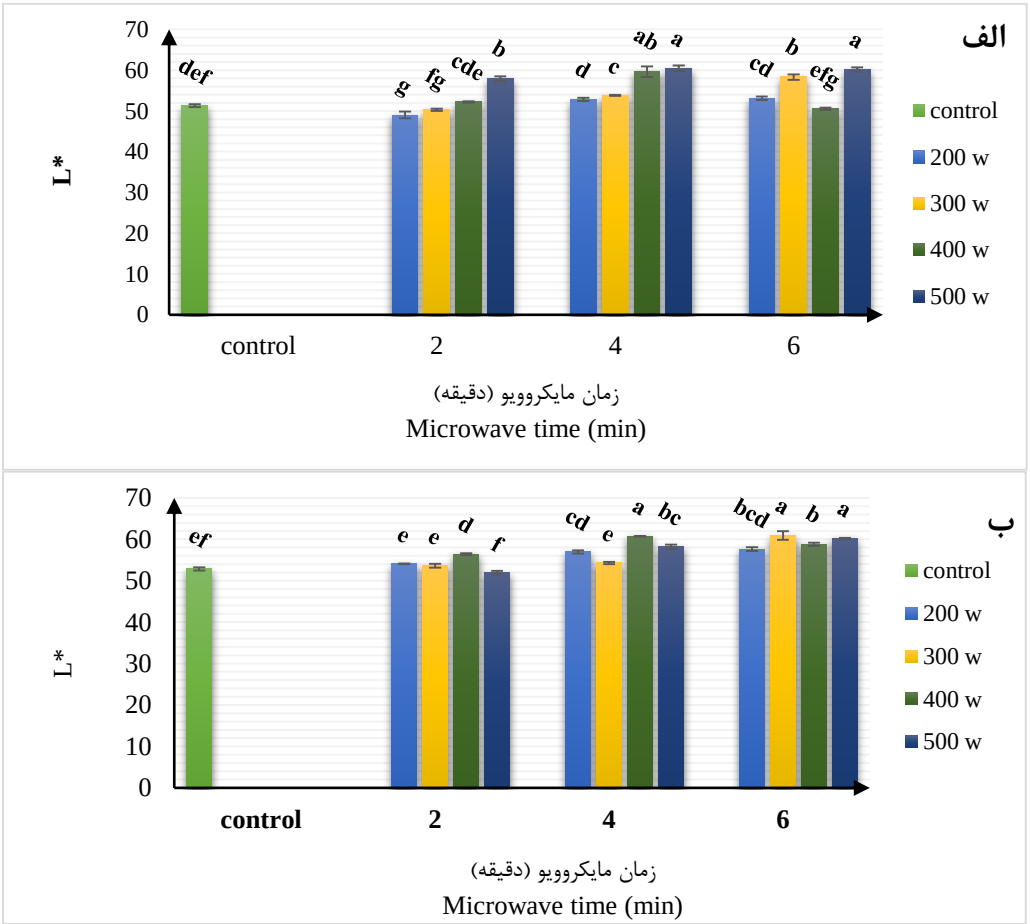
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

بررسی رنگ

سنجش رنگ محصولات غذایی با استفاده از ۳ مؤلفه مورد بررسی قرار می‌گیرد. L^* مؤلفه بیان کننده میزان روشنایی رنگ محصول می‌باشد. همانطور که در شکل ۳ (الف) و (ب) مشخص است تأثیر توان و زمان اعمال پیش‌تیمار مایکروویو و دمای سرخ کردن بر میزان روشنایی معنی‌دار است ($P<۰/۰۵$). توان‌ها و زمان‌های بالا موجب افزایش میزان روشنایی محصول شد. بیشترین میزان روشنایی متعلق به P_5T_2، P_5T_4 و P_5T_6 و بعد از آن به ترتیب مربوط به P_4T_4 و P_3T_6 است. اثر متقابل توان-زمان، توان-دما، زمان-دما و توان-زمان-دما نیز بر این پارامتر معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$).

a^*بیانگر میزان مؤلفه قرمز-سبز است. شکل ۴ (الف) و (ب) نشان می‌دهد میان نمونه شاهد و تمام تیمارها به جز تیمارهای P_2T_6، P_5T_4 و P_5T_6 در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($P<۰/۰۵$) و نمونه شاهد سبزتر از سایرین است اما در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف معنی‌دار میان شاهد و همه تیمارها بود. تأثیر توان و زمان اعمال پیش‌تیمار مایکروویو و دمای سرخ کردن بر پارامتر a^* معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). همچنین با افزایش توان و متقابلاً افزایش زمان مایکروویو، این پارامتر نسبت به نمونه شاهد تفاوت بیشتری را نشان داد. بنابراین می‌توان گفت اعمال پیش‌تیمار مایکروویو موجب کاهش a^* شد.

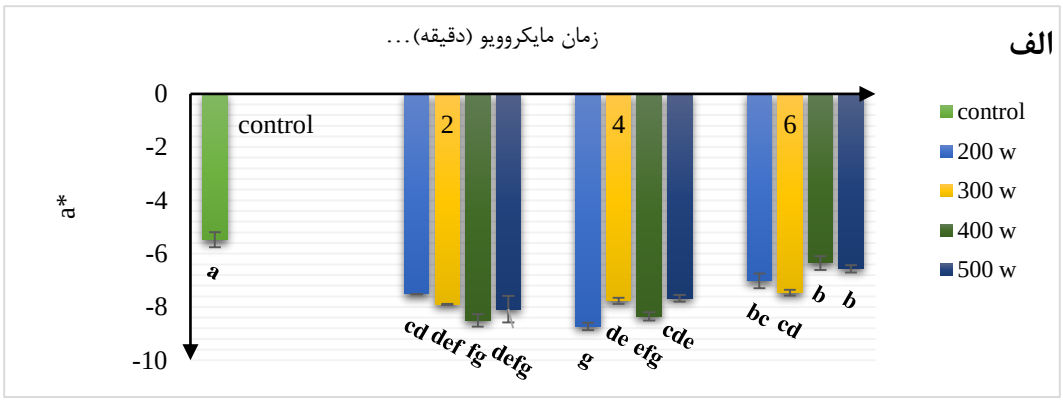
b^*بیانگر میزان زرد-آبی بودن است مطابق با شکل ۵ (الف) و (ب) بین نمونه شاهد و نمونه‌های تیمار شده با مایکروویو در هر دو دمای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($P<۰/۰۵$) که نشان از افزایش میزان زردی خلال سیب‌زمینی سرخ شده بعد از اعمال پیش‌تیمار مایکروویو بود. بیشترین میزان زردی در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد در تیمارهای P_5T_4 و P_5T_6 و سپس تیمار P_4T_4 مشاهده شد که به ترتیب برابر با ۲۷/۸۶، ۲۶/۹۹ و ۲۵/۵۸ بود.

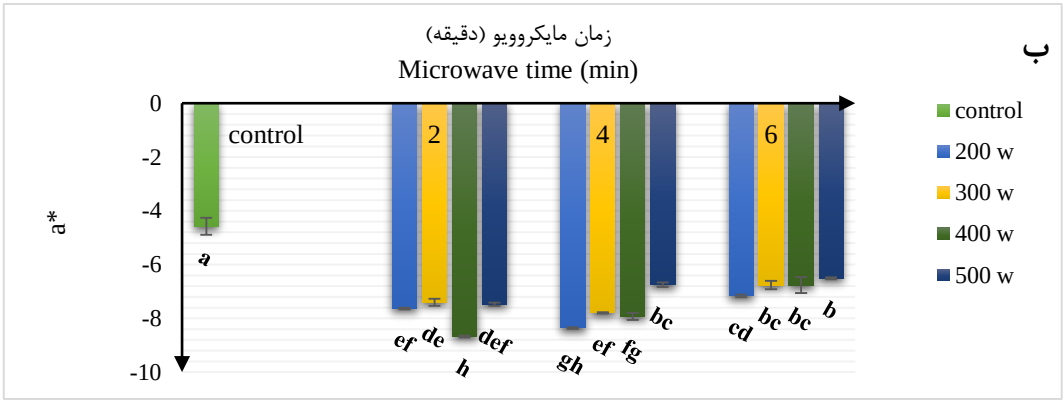


شکل ۳. اثر توان‌ها و زمان‌های متفاوت مایکروویو بر L^* در دمای الف. ۱۶۰، ب. ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می‌باشد

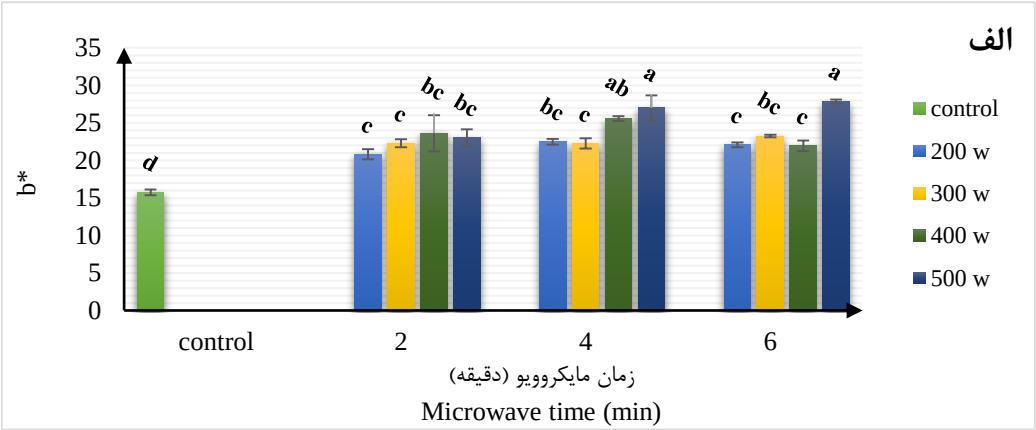
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

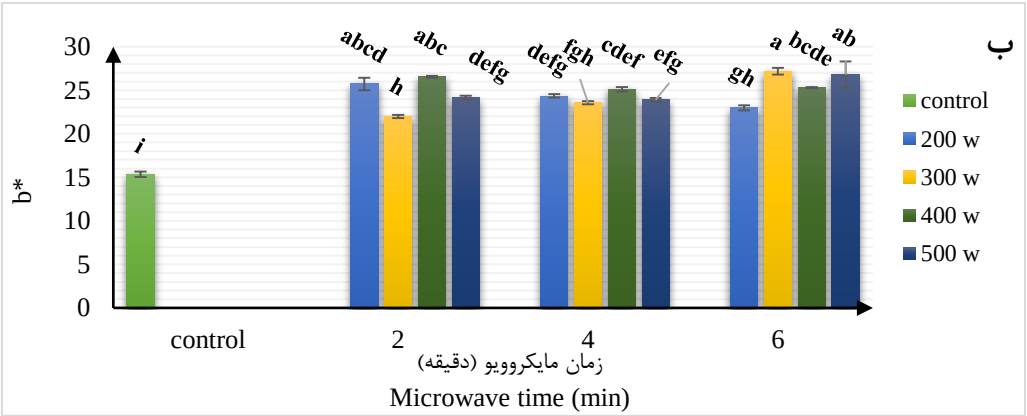




شکل ۴. اثر توان‌ها و زمان‌های متفاوت مایکروویو بر a* در دمای الف. ۱۶۰، ب. ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می‌باشد.





شکل ۵. اثر توان‌ها و زمان‌های متفاوت مایکروویو بر b* در دمای الف. ۱۶۰، ب. ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می‌باشد.

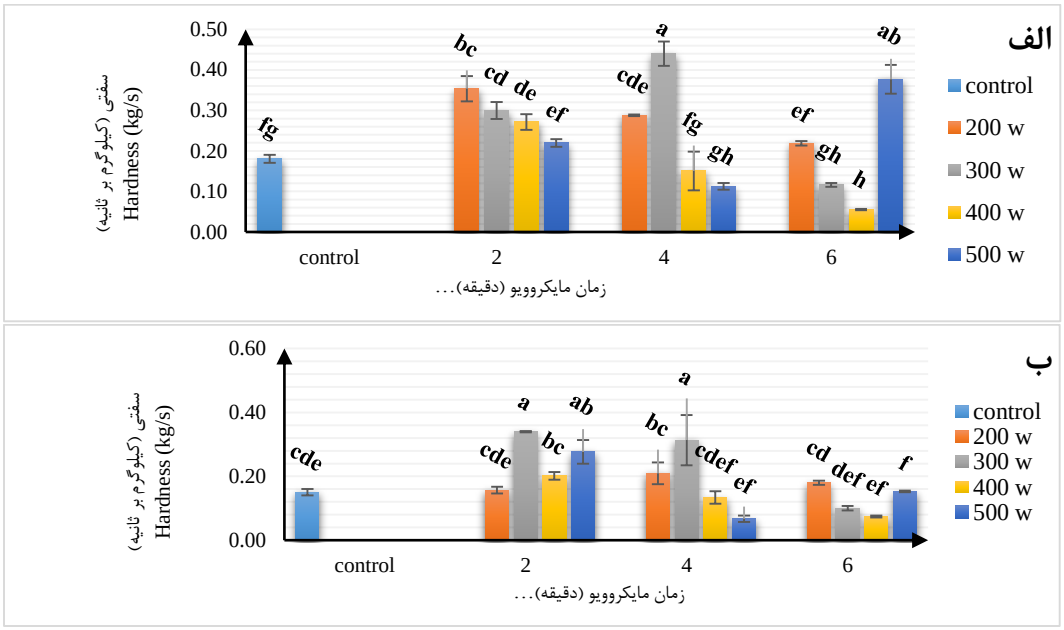
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

بافت

اثرات توان و زمان‌های مایکروویو در شکل ۶ (الف) و (ب) آورده شده است و نتایج تفاوت معنی‌دار میان تیمارها را نشان می‌دهد ($P<۰/۰۵$)، همچنین تأثیر توان و زمان اعمال پیش‌تیمار مایکروویو و دمای سرخ کردن بر پارامتر مذکور مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد بیشترین تفاوت میان نمونه شاهد و تیمارهای P_3T_4 سپس P_5T_6 و P_2T_2 مشاهده شد. همچنین در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، شاهد با تیمارهای P_3T_4 و P_3T_6 و P_2T_6 تفاوت زیادی نشان داد.

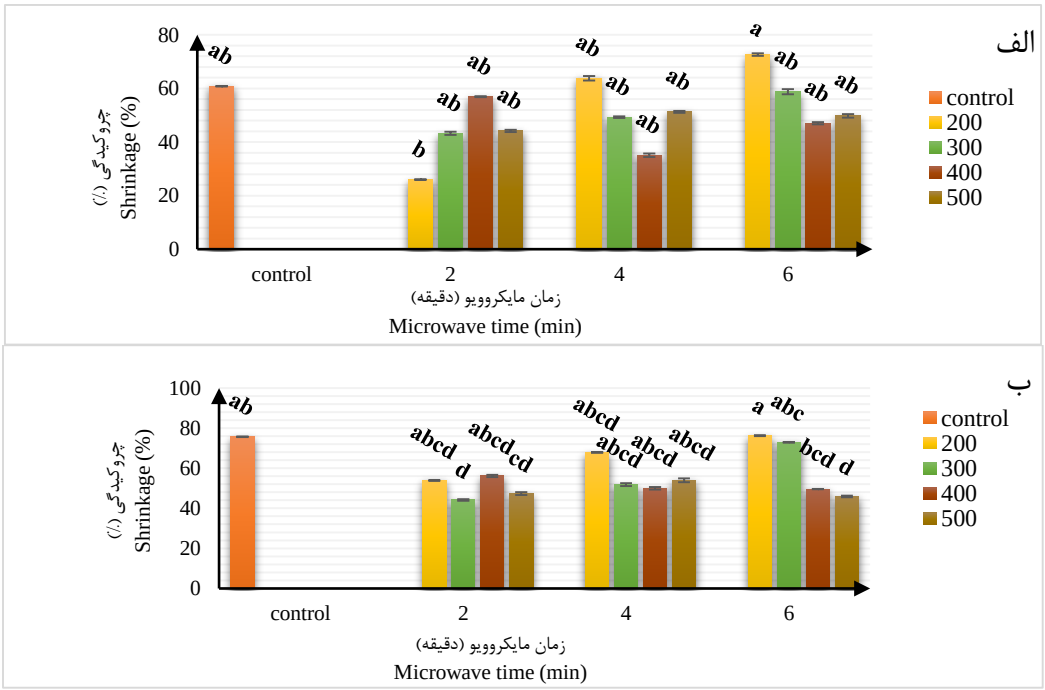
چروکیدگی

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها در شکل ۷ (الف) و (ب) آورده شده است. اثر توان مایکروویو، زمان مایکروویو و دمای سرخ کردن بر میزان چروکیدگی معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$). همانطور که در نمودار ملاحظه می‌شود، در توان‌ها و زمان‌های مختلف روند چروکیدگی متفاوت بوده است. در توان ۲۰۰ وات در همه زمان‌ها میزان چروکیدگی افزایش یافته، اما P_3T_2 و P_3T_6 چروکیدگی نسبت به زمان ۴ دقیقه مقدار کمتری را نشان داد. همچنین در P_4T_4 و P_5T_4 چروکیدگی بیشتر بود.



شکل ۶. اثر توان‌ها و زمان‌های متفاوت مایکروویو بر سفتی بافت در دمای الف. ۱۶۰، ب. ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می باشد.



شکل ۷. اثر توان‌ها و زمان‌های مایکروویو بر چروکیدگی در دمای الف.۱۶۰، ب.۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی رنگ، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی تیمارها در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که مشخص است توان و زمان مایکروویو و دمای سرخ کردن بر تمام ویژگی‌های گفته شده از نظر آماری تأثیر معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$).

• بحث

محتوای رطوبت

همان‌طور که انتظار می‌رفت، استفاده از پیش‌تیمار مایکروویو سبب کاهش محتوای رطوبت سیب‌زمینی گردید و تفاوت در تیمارهای مختلف معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). طبق مطالعات هاشمی شهرکی و همکاران (۲۰۱۲) افزایش قدرت و زمان مایکروویو، دما و زمان سرخ کردن باعث کاهش رطوبت سیب‌زمینی سرخ شده شد و توان مایکروویو مؤثرترین عامل در میزان رطوبت بود (۱۶). Ngadi و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیان کردند اعمال پیش‌تیمار مایکروویو بر روی ناگت مرغ تأثیر قابل توجهی بر کاهش رطوبت داشت (۱۷) و مطابق با نتایج پژوهش حاضر بود. عمرانی خیابانیان (۱۳۹۵) و محبی و همکاران (۱۳۹۴) به ترتیب میزان رطوبت قطعات بادمجان و کدو را اندازه‌گیری کرده و بیان نمودند افزایش دما باعث بالا بودن محتوای رطوبت نهایی شد (۱۹، ۱۸). دلیل آن تغییرات بافتی و تشکیل زودتر پوسته بوده و پوسته به عنوان مانعی در برابر خروج بیشتر رطوبت عمل خواهد کرد. بنابراین استفاده از روش‌هایی مانند هوای داغ، مایکروویو، انرژی مادون قرمز یا آبگیری اسمزی سبب کاهش رطوبت اولیه و نهایی محصول نسبت به نمونه شاهد (پیش‌تیمار نشده) می‌شود (۲۰). به لحاظ آماری اثر متقابل توان-زمان بر محتوای رطوبت معنی‌دار است و با افزایش توان و زمان پیش‌تیمار، رطوبت آزاد موجود جهت حذف طی سرخ کردن کاهش یافته و در نهایت منجر به کاهش رطوبت نهایی محصول می‌گردد.

جدول ۲. ارزیابی حسی نمونه‌ها در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد

تیمار	دما	رنگ	عطر و طعم	بافت	پذیرش کلی
P_2T_2	۱۶۰	۱/۱±۰/۱۴۱۴۲^{h}	۱±۰^{f}	۱±۰/۱۴۱۴۲^{g}	۱±۰^{g}
	۱۸۰	۱/۴±۰^{e}	۱/۴±۰^{g}	۱±۰^{f}	۱/۵±۰/۱۴۱۴۲^{g}
P_2T_4	۱۶۰	۲±۰/۲۸۲۸۴^{fg}	۱/۸±۰/۵۶۵۶۹^{ef}	۱/۹±۰/۱۴۱۴۲^{efg}	۱/۹±۰/۱۴۱۴۲^{ef}
	۱۸۰	۲/۶±۰^{cde}	۲/۹±۰/۱۴۱۴۲^{de}	۲/۷±۰/۱۴۱۴۲^{cd}	۲/۴±۰/۲۸۲۸۴^{ef}
P_2T_6	۱۶۰	۳/۳±۰/۱۴۱۴۲^{d}	۴/۳±۰/۱۴۱۴۲^{a}	۳/۵±۰^{bcd}	۳/۵±۰/۴۲۴۲۶^{bc}
	۱۸۰	۳/۷±۰/۱۴۱۴۲^{abc}	۴/۴±۰^{ab}	۴/۱±۰/۱۴۱۴۲^{b}	۳/۹±۰/۱۴۱۴۲^{bc}
P_3T_2	۱۶۰	۱/۴±۰/۲۸۲۸۴^{gh}	۲/۲±۰/۵۶۵۶۹^{h}	۱/۶±۰/۵۶۵۶۹^{efg}	۲/۵±۰/۱۴۱۴۲^{de}
	۱۸۰	۲/۳±۰/۷۰۷۱۱^{de}	۳±۰^{de}	۲/۲±۰/۵۶۵۶۹^{de}	۲/۸±۰/۲۸۲۸۴^{de}
P_3T_4	۱۶۰	۳/۵±۰/۴۲۴۲۶^{cd}	۴/۲±۰/۲۸۲۸۴^{a}	۴±۰/۵۶۵۶۹^{ab}	۴/۵±۰/۱۴۱۴۲^{a}
	۱۸۰	۴±۰^{ab}	۴/۶±۰/۵۶۵۶۹^{ab}	۴/۳±۰/۴۲۴۲۶^{ab}	۴/۹±۰/۱۴۱۴۲^{a}
P_3T_6	۱۶۰	۳/۶±۰^{cd}	۳/۲±۰/۸۴۸۵۳^{bc}	۳±۰/۵۶۵۶۹^{cd}	۳/۵±۰/۴۲۴۲۶^{bc}
	۱۸۰	۴±۰^{cd}	۳/۴±۰/۵۶۵۶۹^{cd}	۳/۲±۰/۵۶۵۶۹^{c}	۳/۳±۰/۱۴۱۴۲^{cd}
P_4T_2	۱۶۰	۳/۴±۰^{cd}	۳/۹±۰/۱۴۱۴۲^{ab}	۳/۶±۰/۲۸۲۸۴^{bc}	۳/۵±۰/۴۲۴۲۶^{bc}
	۱۸۰	۳/۶±۰/۸۴۸۵۳^{bc}	۴/۶±۰/۲۸۲۸۴^{ab}	۴/۲±۰/۲۸۲۸۴^{b}	۳/۸±۰/۵۶۵۶۹^{bc}
P_4T_4	۱۶۰	۴/۱±۰/۱۴۱۴۲^{bc}	۲/۹±۰/۱۴۱۴۲^{cd}	۴/۲±۰/۱۴۱۴۲^{ab}	۳/۸±۰/۲۸۲۸۴^{b}
	۱۸۰	۴/۴±۰/۲۸۲۸۴^{ab}	۳/۲±۰/۲۸۲۸۴^{d}	۴/۷±۰/۱۴۱۴۲^{ab}	۴±۰/۲۸۲۸۴^{b}
P_4T_6	۱۶۰	۳/۱±۰/۴۲۴۲۶^{de}	۱/۷±۰/۱۴۱۴۲^{ef}	۲/۵±۰/۱۴۱۴۲^{def}	۲/۸±۰^{cd}
	۱۸۰	۳/۳±۰/۷۰۷۱۱^{bcd}	۲/۱±۰/۱۴۱۴۲^{f}	۲/۹±۰/۴۲۴۲۶^{cd}	۲/۸±۰/۲۸۲۸۴^{de}
P_5T_2	۱۶۰	۳/۲±۰/۲۸۲۸۴^{d}	۴/۵±۰/۱۴۱۴۲^{a}	۴/۷±۰/۸۴۸۵۳^{a}	۴/۷±۰/۴۲۴۲۶^{a}
	۱۸۰	۴/۱±۱/۲۷۲۷۹^{ab}	۵±۰^{a}	۵±۰^{a}	۵±۰^{a}
P_5T_4	۱۶۰	۴/۵±۰/۱۴۱۴۲^{ab}	۱/۵±۰/۱۴۱۴۲^{ef}	۲/۵±۰^{def}	۱/۹±۰/۱۴۱۴۲^{ef}
	۱۸۰	۴/۵±۰/۷۰۷۱۱^{ab}	۲/۴±۰/۵۶۵۶۹^{f}	۲/۷±۰/۱۴۱۴۲^{cd}	۲/۳±۰/۱۴۱۴۲^{ef}
P_5T_6	۱۶۰	۵±۰^{a}	۱/۵±۰/۲۸۲۸۴^{ef}	۲/۶±۰/۱۴۱۴۲^{de}	۱/۹±۰/۱۴۱۴۲^{ef}
	۱۸۰	۵±۰^{a}	۱/۲±۰^{g}	۱/۸±۰/۲۸۲۸۴^{e}	۱/۹±۰/۴۲۴۲۶^{fg}
C	۱۶۰	۲/۵±۰/۷۰۷۱۱^{ef}	۱/۶±۰/۵۶۵۶۹^{ef}	۱/۵±۰^{fg}	۱/۶±۰/۵۶۵۶۹^{fg}
	۱۸۰	۴/۲±۰/۲۸۲۸۴^{ab}	۴±۰^{bc}	۳/۲±۰/۲۸۲۸۴^{c}	۴/۱±۰/۱۴۱۴۲^{b}

* نتایج حاصل از میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار آورده شده است.

*حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان نمونه‌ها می‌باشد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

جذب روغن

رطوبت اولیه از ویژگی‌های مهم تأثیرگذار بر جذب روغن بوده و رطوبت زیاد باعث افزایش از دست رفتن رطوبت حین سرخ کردن می‌گردد از طرفی، برخی نظریه‌ها بیان می‌کنند حجم کل روغن جذب شده برابر با مقدار آب جدا شده از ماده غذایی در هنگام سرخ کردن می‌باشد (۱۹ و ۲۱) بنابراین از یک محصول خام مرطوب، طی سرخ کردن عمیق بسته به ترکیب اولیه و ضخامت آن، محصولی با چربی تقریباً بالا تولید می‌شود (۸). بنابراین مطابق با نتایج، خلال‌هایی که تحت تأثیر توان و زمان بالاتر مایکروویو قرار گرفته بودند محتوای رطوبتی کمتر و به تبع آن از میزان روغن کمتری برخوردار بودند. از طرفی، جذب روغن توسط ساختار پوسته کنترل می‌شود که طی سرخ کردن موجب کاهش یا افزایش جذب روغن خواهد شد. از مکانیسم‌های مهم و مؤثر در جذب روغن به جایگزینی آب، اثر فاز سرد شدن و عوامل فعال سطحی می‌توان اشاره کرد. آب ماده غذایی طی فرآیند سرخ شدن به صورت بخار خارج شده و طی وقوع این پدیده در ماده غذایی فشار ایجاد می‌گردد و به دنبال آن نفوذ و مکش جذب روغن به داخل ماده غذایی رخ می‌دهد (۲۲) بیشترین میزان جذب روغن طی مرحله سرد کردن اتفاق می‌افتد؛ با خروج محصول از سرخ‌کن و شروع سرد شدن، کندانس شدن بخار آب داخل محصول و کاهش فشار داخلی روی می‌دهد و روغن در نتیجه مکش حاصل از خلأ، از سطح به درون ماده غذایی نفوذ می‌کند (۲۳)؛ بنابراین کاهش رطوبت غذا قبل از سرخ کردن عمیق، به طور مؤثری جذب روغن را کاهش می‌دهد. روغن تنها در مناطقی که آب آن تبخیر شده نفوذ می‌کند، بنابراین نفوذ روغن تنها در نواحی که دما به طور قابل توجهی بالاست (در پوسته) رخ می‌دهد (۲۴). پژوهش‌های مختلفی بر روی محصولاتی مانند بادمجان، ناگت مرغ و سیب‌زمینی انجام گرفته و نتایج حاکی از آن بود که پیش‌تیمار مایکروویو بر انتقال جرم مؤثر بوده و پیش‌پخت با مایکروویو موجب تولید محصولی با کمترین مقدار جذب روغن گردید و با افزایش زمان پیش‌پخت، رطوبت آزاد کاهش یافته و به تبع از آن جذب روغن نیز کمتر شد (۲۵، ۱۷، ۹). آیت‌الله‌زاده شیرازی و همکاران (۱۴۰۰) جذب روغن قطعات هویج را بعد از اعمال توان ۲ و ۵ وات بر گرم مایکروویو طی مدت زمان ۱۰ و ۱۵ دقیقه بررسی نمودند و نتایج حاکی از آن بود در تمام دماها (۱۵۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد) با افزایش زمان از ۲ به ۴ دقیقه محتوای روغن نمونه‌ها افزایش یافته و نمونه‌های تیمار شده از محتوای روغن کمتری برخوردار بودند و افزایش دما منجر به کاهش جذب روغن گردید (۲۶). برخی پژوهشگران نشان دادند با افزایش دمای فرآیند به دلیل تغییرات بافتی و تشکیل سریع‌تر پوسته از میزان جذب روغن کاسته می‌شود (۳۰-۲۶، ۲۱، ۱۹، ۱۸). بعضی دیگر میزان روغن نهایی را با محتوای رطوبت و خروج رطوبت طی سرخ کردن و کاهش آن مرتبط دانستند (۳۲، ۳۱) و بعضی دیگر نتیجه گرفتند بالا بودن محتوای رطوبت ماده غذایی سبب افزایش خروج رطوبت طی سرخ کردن و ایجاد ساختاری متخلخل می‌گردد. طی گذشت زمان، رطوبت سطحی کاهش یافته و با توجه به اینکه در ابتدای فرآیند، سرعت خروج رطوبت و محتوای رطوبت نمونه‌ها بالا است، خارج شدن رطوبت سبب افزایش تخلخل و در نهایت جذب بیشتر روغن می‌گردد (۳۳، ۲۴). علاوه بر موارد گفته شده، پایین بودن دمای سرخ کردن یا پر کردن بیش از حد سرخ‌کن نیز از دلایل دیگر جذب روغن اضافی می‌باشد (۳۴).

بررسی رنگ

ویژگی‌های بصری محصول در پذیرش نهایی آن از سوی مصرف‌کنندگان تأثیر به سزایی دارد؛ رنگ یکی از شاخص‌های اولیه کیفی فرآورده‌های سرخ شده می‌باشد. طبق نتایج به دست آمده اعمال پیش‌تیمار مایکروویو بر رنگ خلال‌های سیب‌زمینی مؤثر بود. محبی و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند تیمار مایکروویو، دما و زمان سرخ کردن بر پارامترهای رنگی کدوی سرخ شده اثر دارد به طوری که افزایش زمان و دمای سرخ کردن سبب کاهش b^* و L^* و افزایش a^* به دلیل وقوع واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی نظیر مایلارد گردید و توان‌های بالا منجر به افزایش L^* شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۱۹).

بافت

در خصوص اثر توان‌ها و زمان‌های مختلف مایکروویو بر بافت خلال‌های سیب‌زمینی نتایج متفاوتی حاصل شد. در توان و زمان‌های حداقل (۲ دقیقه) خام بودن و سفتی بافت خلال سیب‌زمینی دلیلی بر زیاد بودن نیرو و فشار وارده بر محصول است و در توان‌ها و زمان‌های بالاتر عدد نشان داده شده ناشی از ترد و سخت بودن بافت می‌باشد. به علاوه عدد سختی کم در بعضی از تیمارها نشان می‌دهد که بعد از انجام پیش‌تیمار، نمونه‌ها نسبتاً پخته می‌شوند و بعد از طی کردن مرحله سرخ شدن بافت تردی زیادی نداشته است. در توان‌ها و زمان‌های بالا کم بودن سفتی بافت ناشی از حالت پفکی ایجاد شده بعد از اعمال پیش‌تیمار مایکروویو است که بافت و ساختار درونی ماده غذایی را تغییر داد. در برخی از نمونه‌های پیش‌تیمار شده که تحت تأثیر توان‌ها و زمان‌های بالای مایکروویو قرار گرفته بودند، ترک‌های ریز سطحی ایجاد شد. بنابراین می‌توان گفت، با وجود بیشتر شدن سختی، افزایش توان و زمان مایکروویو باعث تغییر

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

منافذ و حتی سطح ماده غذایی می‌شود. اثرات سطوح مختلف قدرت مایکروویو و انواع روغن‌های مختلف بر بافت سیب‌زمینی توسط Murail Naik و همکاران (۲۰۱۷) مایکروویو را بر بافت سیب‌زمینی بررسی نموده و نشان دادند مقادیر سختی با افزایش زمان سرخ کردن و سطح توان مایکروویو افزایش یافت (۳۵). هاشمی شهرکی و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند نیروی وارده بر بافت (F_{max})، با افزایش قدرت مایکروویو، زمان مایکروویو، زمان و دمای سرخ کردن، افزایش می‌یابد و تأثیر زمان سرخ کردن نسبت به سایرین بیشتر بود (۱۶). همچنین بعضی مطالعات نشان دادند افزایش دما منجر به افزایش سختی سیب‌زمینی گردید (۱۹، ۵). همچنین Moyano و Prdreschi (۲۰۰۶) بیان کردند که در ابتدای سرخ کردن به دلیل نرم شدن بافت سیب‌زمینی که در اثر ژلاتینه شدن نشاسته رخ می‌دهد، نیروی مورد نیاز جهت سوراخ کردن بافت کمتر است در حالی که به تدریج و با گسترش فرآیند سرخ کردن پوسته سفت‌تر شد (۲۷).

چروکیدگی

تنش‌های بوجود آمده در ساختار سلولی محصول حین انتقال همزمان جرم و حرارت طی خشک کردن موجب تغییر شکل و چروکیدگی می‌شود (۳۷، ۳۶). تبخیر آب موجود در داخل ماده غذایی و پر شدن فضای خالی با هوا (عدم توانایی بافت در حفظ ساختار مواد جامد) و فرو ریختن ساختار بیرونی از دلایل ایجاد چروکیدگی می‌باشند. با افزایش توان و زمان مایکروویو خروج رطوبت از ماده غذایی با سرعت بیشتری انجام می‌گیرد و هوا جایگزین آب می‌شود بنابراین محصول چروکیدگی بیشتری خواهد داشت که مطابق با پژوهش جعفری و همکاران (۱۳۹۸) بود (۱۵). چروکیدگی به صورت پدیده‌ای سطحی شروع می‌شود؛ زیرا خروج رطوبت ماده غذایی در اثر فرآیند سرخ کردن، ابتدا در سطح آن رخ داده و با پیشرفت فرآیند، به داخل نمونه پیشروی می‌کند (۳۸). دهقان نیا و همکاران (۱۳۹۴) چروکیدگی قطعات سیب‌زمینی پیش‌تیمار شده با فراصوت و مایکروویو را بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که میزان چروکیدگی نمونه‌های شاهد سرخ شده، با افزایش زمان سرخ کردن در دماهای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، افزایش یافت. به علاوه، اعمال پیش‌تیمار مایکروویو با توجه به کاهش شدید محتوای رطوبتی نمونه‌ها، باعث کاهش شدید حجم و چروکیده شدن محصول قبل از فرآیند گردید و با افزایش توان پیش‌تیمار مایکروویو از ۳ به ۶ وات بر گرم، چروکیدگی به میزان بیشتری افزایش یافت (۳۸).

ارزیابی حسی

در این پژوهش، به کارگیری پیش‌تیمار مایکروویو بر روی ویژگی‌های موردنظر اثرگذار بود ($P<0/05$). با افزایش توان و زمان رنگ محصول بهبود یافت و افزایش دما در تمام نمونه‌ها منجر به بهتر شدن رنگ محصول شد. همچنین، افزایش توان در زمان ثابت ۲ دقیقه باعث کاهش طعم روغنی محصول گردید و تیمار P_5T_2 بیشترین امتیاز را دریافت نمود. به علاوه افزایش دما و تشکیل سریع‌تر پوسته، از نفوذ روغن به بافت درونی جلوگیری کرده و بر عطر و طعم محصول تأثیر می‌گذارد. تغییر در ساختار و بافت ماده غذایی می‌تواند از جنبه‌های منفی این پیش‌تیمار باشد؛ در تیمارهای P_4T_6 و P_5T_6 در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد بافت محصول متخلخل‌تر شد و در برخی تیمارها نیز نقاط تیره رنگ (تاول سطحی) مشاهده گردید. پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد نمونه‌هایی که تحت تأثیر توان بالا و زمان پایین قرار گرفتند، بیشترین پذیرش را دارا بودند؛ به گونه‌ای که تیمارهای P_5T_2 و P_4T_4 به دلیل مطلوبیت تمام ویژگی‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد داشتند ($P<0/05$). دهقان‌نیا و همکاران (۱۳۹۷) بیان کردند اعمال پیش‌تیمار مایکروویو در زمان‌های پایین فرآیند موجب ایجاد رنگ مطلوب نمونه‌ها گردید. همچنین، چروکیدگی زیاد، کیفیت ظاهری محصول را کمتر نمود ولی خروج بیشتر رطوبت و افزایش سفتی با افزایش زمان فرآیند باعث بهبود بافت محصول شد (۲۵).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد اثر متغیرهای مورد بررسی شامل: توان مایکروویو، زمان مایکروویو و دمای سرخ کردن بر همه پارامترها یکسان نبوده است. توان و زمان مایکروویو بر محتوای رطوبت، روغن جذب شده، شاخص‌های رنگی و سختی بافت مؤثر بوده و بر چروکیدگی محصول تأثیری نداشت و نیز دمای سرخ کردن بر محتوای رطوبت، میزان روغن و چروکیدگی اثر معنی‌دار نداشته و بر سایر موارد اثرگذار بود. به طور کلی، پیش‌تیمار مایکروویو با کاهش رطوبت اولیه می‌تواند جذب روغن را کاهش دهد و شدت کاهش جذب روغن در توان‌ها و زمان‌های بالاتر بیشتر بود. بنابراین می‌توان گفت پیش‌تیمار مایکروویو، روشی مؤثر در کاهش جذب روغن و بهبود برخی ویژگی‌های کیفی ماده غذایی می‌باشد.

تقدیر و تشکر

این مقاله از پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد استخراج شده است. لذا بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش ما را یاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

• References

1. Burlingame, B., Mouille, B, and Charrondiere, R. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis,* 2009; 22:494-502.
2. Daraei Garmekhani A, Mirzaei H, Kashaninezhad M, and Maghsoudlou Y. Use of hydroclloids as edible covers to produse low fat potato chips. *J Agric Sci Natur Resour,* 2008; 15(6):170-5 [in Persian].
3. Mallakian Sh & Jalali M. The effect of microwave and ultrasonic methods in food oil consumption. 2016. *https://www.researchgate. Net/publication/343336540*
4. Torabi R, Hojjati M, Barzegar M, and Jooyandeh H. Effect of Hydrocolloid Coating in Preventing Acrylamide Formation and Reducing Oil Uptake in Potato Chips. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 2017; Vol. 12, No. 1.[in Persian]
5. Kita A and Lisinska G. The influence of oil type and frying temperatures on the texture and oil content of French fries. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2005; 85: 2600-2604. DOI: 10.1002/jsfa.2319.
6. Bouchon, P. Understanding Oil Absorption during Deep-Fat Frying. Chapter 15. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2009; V 57. Pp:209-234.
7. Karimi, N., Esmaeilzadeh kenari, R. Functionality of Coating with Salep and Basil Seed Gum for Deep Fried Potato Strips. *Journal of the American Oil Chemists* Society. 2015. DOI 10.1007/s11746-015-2762-9.
8. Ziaiifar AM, Achir N, Courtois F, Trezzani I and Trystram G. Review of mechanisms, conditions and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science and Technology,* 2008; 43: 1410-1423.
9. Karazhian H, and Daliri N. Effect of microwave pretreatment on mass transfer kinetics of eggplant (*Solanum melongena L.*) during deep frying process. *Journal of Innovation in food science and technology.* 2016; 103-111. [In Persian].
10. Mellema, M, Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods, *Trends Food Science Technology.* 2003; 14, 364–373.
11. Lima F, Vieira K, Santos M and Mendes de Souza P. Effects of Radiation technologies on Food Nutritional Quality. Chapter 7. *Descriptive Food Science.* 2018. Pp: 138-152.
12. AOAC. Official methods of analysis, 16 td ed., Washington, DC: *Association of official analytic*. 1995.
13. AOAC. Official method of analysis, 18 ed., Washington, DC: *Association of Official Analytic Chemists.* 2005.
14. Reis, F. R., de Oliveria, A. C., Gadelha, G. G. P., de Abreu, M. B., Soares, H. I.2017. Vaccum Drying for Extending Litchi Shelf-life: Vitamin C, Total Phenolics, Texture and Shelf-life Assessment. *Plant Foods for Human Nutrition,* 2017. 1-6.
15. Jafari, N., Ziaolhagh, S.H.R., and Mohammadi Nafchi, A. Study on the effect of microwave pre-treatment on the quality of air-dried potato sticks using response surface methodology. *JFST.* 2019. No. 86, Vol 16. Pp: 189-197. [in Persian]
16. Hashemi Shahraki M, Ziaiifar A.M, Kashaninejad S.M, and Ghorbani M, Optimization of pre-fry microwave drying of French fries using response surface methodology and genetic algorithms. *Journal of food Processing Preservation*. 2012. Pp: 1-16.
17. Ngadi MO, Wang Y, Adedeji AA and Raghavan GSV. Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT-Food Science and Technology* 2009. 42(1): 438-440.
18. Omrani Khiabanian N, and Safari A. The effect of osmotic dehydration pretreatment on reducing the oil content of eggplant slices in the frying process. 2016 [in Persian].
19. Mohebi M, Hasanpour N, and Shokrolahi yancheshmeh B. Evaluation of microwave pretreatment and frying temperature on physicochemical properties of deep fat fried zucchini. *Journal of research and innovation in food science and technology*. 2014; Vol. 12, No. 47.
20. Daliri N, Zeynali F, and Smaiili M. Effect of pretreatments of Blanching & Microwave on quality characteristics of Zucchini slice *(Cucurbita pepo. L)* during deep frying process. *Iranian Food Science and Technology.* 2015. Vol 11, No 1. [In Persian].
21. Sahin S and Sumnu G. Advances in deep-fat frying of foods. *Tylor & Francis Group, New York.* 2009.
22. Motamedzadegan A, and Mirarab Razi S. The effect of basil gum and crees seed gum coating on oil uptake and qualitative characteristics of fried carrot. *Journal of Food Researches*. 2021. Vol. 31, No. 3.
23. Primo-Martín, C., & van Deventer, H. Deep-fat fried battered snacks prepared using super-heated steam (SHS): *Crispness and low oil content. Food Research International*. 2011. 44(1), pp. 442-448.
24. Aghajani N, Gohari Ardabili A, and Daraei Garmakhany A. Response Surface Optimization of the Oil Absorption and Sensory Attributes of Fried Carrot Chips under the Effect of Aleo Vera Gel concentration, Frying Time and Temperature. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology.* 2018; Vol. 13, No. 3. [in Persian]
25. Dehghannya J, Bagheri-Darvish-Mohammad H, and Ghanbarzadeh B. Influence of potato processing with ultrasound and microwave pretreatment on oil uptake during frying. *Food industry research.* 2018; Pp: 161-182.[in Persian]
26. Ayatollahzadeh Shirazi M, Movahhed S. Shahab Lavasani A, Ahmadi Chenarbon H, and Rajaei P. Effect of microwave pre-treatment and frying conditions on acrylamide formation and oil uptake in fried carrot pieces. *Iranian Journal of Food Science and Technology.* 2021; Vol. 18, No. 112. [in Persian]
27. Moyano PC and Pedreschi F. Kinetics of oil uptake during frying of potato slice: Effect of pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology* 2006; 39: 285-291.
28. Troncoso E and Pedreschi F. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. *LWT-Food Science and Technology,* 2009; 42: 1164-1173.
29. Soorgi M, Mohebbi M, Mosavi SM and Shahidi F. The effect of methylcellulose, temperature, and microwave pretreatment on kinetic of mass transfer during deep fat frying of chicken nuggets. *Food Bioprocess and Technology*. 2012. 5: 1521-1530.
30. Duran M, Pedreschi F, Moyano P and Troncoso E. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of Food Engineering.* 2006. www.elsevier.com/locate/jfoodeng.
31. Miranda, M., & Aguilera, J.M. Structure and texture properties of fried potato products. *Food Reviews International,* 2006; 22, 173-201.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

32. Moreira, R.G. Deep-fat frying of foods, in food processing operations modeling: Design an analysis. *New York: Marcel Dekker*. 2002.

33. Alizade Zinab, S., Dehghanniya, J., Khiabani, P.M. The effect of blanching and oral hydrocolloids on reducing oil absorption during fragmenting potato frying. *Quaterly Journal of New Technologies of Food*. 2012.

34. Orthoefer FT, Gurkin S, Liu K. Dynamics of frying. In Perkins, E.D., Erickson, M.D editors. Deep frying chemistry. *Nutrition and practical applications. Champaign.* 1996. Illinois 223-245.

35. Murali Naik K, Lakshmi Bala K and Srinivas D. Study on optimization of microwave frying of potato slices. *International Journal of Pure & Applied Bioscience* 2014; 5(4): 1207-1218.

36. Koc, B., Eren, I., and Ertekin, F.K. Modeling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *Journal of Food Engineering.* 2008; (85): 340-349.

37. Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E., and Barrufet, M.A. Deep-Fat Frying: *Fundamentals and Applications. Aspen Publishers Inc., MD.* 1999.
Dehghannya, J., Bagheri-Darvish-Mohammad, H., and Ghanbarzadeh, B. Shrinkage kinetic modeling of potato strips pretreated with ultrasound and microwave during deep-fat frying process. *Journal of research and innovation in food science and technology.* 2015; Pp: 182-196. [In Persian]

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]

Effects of Microwave Pretreatment on Qualitative Characteristics of French Fries during Deep Fat Frying

Matori F[1], Mehrnia MA[2], Jooyandeh H[3], Hojjati M[3]*

1. *MSc Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran*
2. **Corresponding author: Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.*
   Email: mehrnia@asnrukh.ac.ir
3. *Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran*

Received 28 Jan, 2023 **Accepted 25 May, 2023**

Background and Objectives: Potato fried, despite their large proportions of oil and adverse effects on health, are one of the most popular products in the food industry. Therefore, decreasing oil absorption during frying can be an important goal of French fries processing. In this study, effects of microwave pretreatment on oil absorption and qualitative characteristics of potato fries during deep frying were investigated.

Materials & Methods: Potatoes were stored in refrigerators at temperatures higher than zero (4 ℃) for 24 h before beginning the experiments. Microwave pretreatment was used with powers of 200, 300, 400 and 500 W and times of 2, 4 and 6 min and the frying process was carried out at temperatures of 160 and 180 ℃. Furthermore, moisture content, oil absorption, color component, texture hardness and, shrinkage of the samples were assessed as well as sensory evaluation of the samples.

Results: Microwave pretreatment included significant effects on moisture content, absorbed oil, color indices and texture hardness of the samples ($p < 0/05$) with no effects on shrinkage ($p > 0/05$). Of various treatments, the greatest effect was observed with the power of 500 W for 6 min at 160 and 180 ℃ (8.105 and 11%).

Conclusion: Results showed that at higher powers and times, the intensity of decreases in oil absorption increased. It can be concluded that use of microwave is an appropriate, easy available pretreatment to decrease oil content and improve quality characteristics of potato fries.

Keywords: Oil absorption, Potato fries, Deep frying, Microwave

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-06-23]