بررسی اثر پیش تیمار مایکروویو بر کیفیت خلال‌های خشک سیب‌زمینی با استفاده از روش سطح پاسخ

ناهید جعفری[۱]، سید حمیدرضا ضیاءالحق[۲*]، عبدالرضا محمدی نافچی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان،دامغان، ایران.
۲- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران
۳- دانشیارگروه مهندسی شیمی و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، دامغان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۰۹)

چکیده

در این تحقیق، تأثیر پیش‌تیمار مایکروویو بر ویژگی‌های کیفی و خصوصیات‌حسی خلال‌های سیب‌زمینی خشک‌شده با جریان هوای داغ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور از توان‌ها (۹۰۰-۱۸۰ وات) و زمان‌های (۵-۱ دقیقه) مختلف مایکروویو قبل از خشک کردن نمونه‌ها با هوای داغ استفاده شد. محتوایرطوبت، ظرفیت بازجذب آب، چروکیدگی، قهوه‌ای شدن، شاخص‌های رنگ و خصوصیات حسی (طعم، رنگ، شکل‌ظاهری، استحکام و پذیرش‌کلی) نمونه‌های سیب‌زمینی پس از فرآیند خشک‌کردن ارزیابی شده و از روش سطح‌پاسخ (RSM) جهت تعیین شرایط بهینه پیش‌تیمارمایکروویو، با هدف بالاترین امتیازات خواص فیزیکوشیمیایی و حسی، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش توان و زمان پیش‌تیمار مایکروویو، منجر به افزایش محتوای رطوبت، چروکیدگی،بازجذب آب و تغییر رنگ کلیشد. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که در پیش‌تیمار مایکروویو، تنها امتیاز مربوط به طعم و رنگ نمونه‌هایسیب‌زمینی تحت‌تأثیر توان و زمان مایکروویو قرار گرفتند. بر طبق نتایج حاصل از بهینه‌سازی توسط روش سطح‌پاسخ می‌توان توان۱۸۰ وات و زمان ۳/۵ دقیقه را برای پیش‌تیمار مایکروویو، به‌عنوان شرایط مطلوب معرفی کرد.

کلید واژگان: پیش‌تیمار مایکروویو، خشک‌کردن ترکیبی، فرآورده‌های سیب‌زمینی، روش سطح پاسخ

*مسئول مکاتبات: hziaolhagh@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

۱- مقدمه

سیب‌زمینی چهارمین محصول کشاورزی مهم، بعد از برنج، گندم و ذرت است. سیب‌زمینی یک محصول کشاورزی بسیار مؤثر است و در مقایسه با سایر غلات، در هر واحد سطح خود، وزن خشک، پروتئین و موادمعدنی بیشتری تولید می‌نماید. علاوه بر این که سیب‌زمینی منبعی غنی برای نشاسته است، بسیاری از ترکیبات موجود در سیب‌زمینی از لحاظ اثرات مفید آن‌ها بر سلامت مهم هستند. از این رو، این محصول گیاهی، برای مصرف در رژیم غذایی انسان بسیار مناسب می‌باشد [۱].

خشک‌کردن ترکیبی با مایکروویو، یک روش سریع آبگیری است که از آن می‌توان برای موادغذایی مخصوص، به‌ویژه میوه‌ها و سبزیجات استفاده نمود. استفاده از مایکروویو به‌تنهایی برای خشک کردن، معایبی را به همراه دارد، که از جمله می‌توان به حرارت‌دهی غیریکنواخت، احتمال تخریب حرارتی، و سرعت محدود نفوذ پرتو مایکروویو به داخل محصول اشاره کرد. برای غلبه بر این معایب، می‌توان از سایر روش‌های خشک‌کردن، به‌طور ترکیبی با مایکروویو استفاده نمود [۲].

خشک‌کردن با هوای داغ، یک روش کارآمد برای نگهداری محصولات کشاورزی فسادپذیر می‌باشد. خشک‌کردن موادغذایی تنها با جریان هوای داغ، موجب طولانی‌شدن زمان خشک شدن شده و کارآیی انرژی نیز کم می‌باشد.قرارگیری طولانی‌مدت در دماهای بالای خشک‌کردن ممکن است موجب تخریب پارامترهای کیفی مانند رنگ، موادمغذی، طعم و ظرفیتبازجذب آب محصول گردد [۳و ٤].

واکنش‌مستقیم امواج مایکروویو با مولکول‌های قطبی آب موجب ایجاد حرارت می‌گردد. بنابراین، استفاده از امواج مایکروویو به‌طور معناداری موجب کوتاه‌شدن زمان خشک‌کردن با هوای داغ می‌شود [۵]. در سیستم‌های مایکروویوی که به‌طور مناسب طراحی شده‌اند، ترکیب خشک کردن با هوای داغ و مایکروویو می‌تواند موجب بهبود کیفیت محصول گردد [۲].

نارویرسکا و همکاران(۲۰۰۹)، گزارش کردند که خشک کردن برش‌های کدو حلوایی توسط روش مایکروویو تحت خلاء، سبب ایجاد رنگ جذاب تر و کارایی بیشتری نسبت به سایر روش‌های خشک کردنمی‌شود [٦]. استفاده از امواج مایکروویو به عنوان یک روش کمکی برای خشک کردن محصولات مختلفی مانند پودر سیب‌زمینی [۲]، سیب [۸]، کدو حلوایی [٦] و هویج [۹] استفاده شده است.

با توجه به مزایای گفته شده در بالا، هدف از انجام این پژوهش این است که با استفاده از امواج مایکروویو قبل از خشک کردن نهایی با جریان هوای داغ، بتوانیم خلال‌های سیب‌زمینی با کیفیت مطلوب تولید کرده و مصرف انرژی مورد نیاز برای خشک کردن را کاهش داده سرعت خشک کردن را افزایش دهیم.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش‌آماده سازی نمونه‌ها

سیب‌زمینی‌های رقم اگریا از بازار محلی خریداری شدند و پس از شستشوی کامل، پوست کنده شده و به قطعاتی با اندازه ۰/۵×۰/۵×۳/۵ سانتی‌متر برش داده شدند.تیمارهای مورد استفاده در این پژوهش شامل توان مایکروویو (در سه سطح ۱۸۰، ٥٤٠ و ۹۰۰ وات) و زمان مایکروویو (در سه سطح ۱، ۳ و ۵ دقیقه) بودند که در مجموع با کمک نرم‌افزاردیزاین اکسپرت، ۱۳ تیمار با ۵ تکرار در نقطه مرکزی به شرح جدول ۱ به‌دست آمد. پس از اعمال پیش تیمار مایکروویو (ال جی مدل Wx-400)، نمونه‌ها در داخل آون (مدل شیمادزر و ساخت کشور ژاپن)با دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت جریان هوای ۱/۵m/s تا رسیدن به رطوبت نهایی ۱۰/۲٦ درصد خشک شدند.

Table 1 The samples produced with different microwave powers and times

Sample No.	Microwave power (W)	Microwave time (min)
1	540	3
2	900	5
3	180	5
4	540	3
5	900	1
6	540	1
7	180	3
8	900	3
9	540	3
10	540	3
11	180	1
12	540	5
13	540	3

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

۲-۲- آزمون‌ها

۲-۲-۱- محتوای رطوبت

جهت اندازه‌گیری رطوبت نهایی نمونه‌های سیب‌زمینی خشک‌شده، حدود ۵ گرم از نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ وزن شده و در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. هر نیم ساعت یکبار، نمونه‌ها از آون خارج شده و پس از سرد شدن در دسیکاتور، توزین شده و مجدداً در آون قرار داده شدند. این کار تا زمانی انجام گرفت، که وزن نمونه‌ها در دو توزین متوالییکسان باقی ماند. محتوای رطوبت نمونه‌های سیب‌زمینی، بر حسب درصد، از طریق رابطه ۱ محاسبه گردید[۱۰].

$$\text{درصد رطوبت} = M1\text{-}M2/M0 \times 100$$

رابطه (۱)

که در آن M1، وزن ظرف و نمونه قبل از خشک‌کردن (بر حسب گرم)، M2، وزن ظرف و نمونه بعد از خشک‌کردن (بر حسب گرم) و M0، وزن نمونه اولیه (بر حسب گرم) می‌باشند.

۲-۲-۲- میزان بازجذب آب

برای اندازه‌گیری درصد جذب آب، ٤ تا ۵ گرم از نمونه برداشته شده و در داخل آب مقطر به یک نسبت ۵ تا ۱۰ برابر، ریخته شد. هر نیم ساعت یکبار، نمونه‌ها خارج شده و با کاغذ جاذب، آب آن‌ها گرفته شد و توزین گردید، تا زمانی که به وزن ثابت رسید. میزان بازجذب آب نمونه‌ها، با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شده و بر حسب درصد بیان گردید[۱۱]

$$R= [(M_2\text{-}M_1) /M_2]\times 100$$ رابطه (۲)

که در آنR، میزان آبگیری مجدد،M_1،وزن نمونه قبل از آبگیری (گرم) وM_2، وزن نمونه بعد از آبگیری (گرم) می‌باشند.

۲-۲-۳- میزان چروکیدگی

برای تعیین میزان چروکیدگی از تغییر حجم استفاده شد. به این صورت که از هر نمونه ٤ تا ۵ خلال داخل استوانه مدرج حاوی مقدار مشخصی تولوئن قرار داده شده و با توجه به تغییر حجم ایجاد شده، حجم خلال¬هاتعیین گردید. سپس با استفاده از رابطه ۳، درصد چروکیدگی محاسبه شد [۱۲]:

$$Sh(\%)=[1-(V_f /V_i)]\times 100$$ رابطه (۳)

که در آن Sh، چروکیدگی بر حسب درصد، Vt، حجم در پایان فرآیند خشک‌کردن بر حسب سانتی‌مترمکعب و V0، حجم اولیه نمونه بر حسب سانتیمتر مکعب می‌باشند.

۲-۲-٤-قهوه‌ای شدن بافت

جهت اندازه‌گیری میزان قهوه‌ای شدن، ابتدا ۲/۵ گرم از نمونه با ۲۵ میلی لیتر محلول آبی اسیداستیک -فرم‌آلدئید (نسبت حجمی ۲ به ۱) مخلوط شده و به مدت ۷۲ ساعت نگهداری گردید، تا رنگ آن‌ها استخراج شود. سپس میزان جذب نمونه‌های در طول‌موج ٤۲۰ و ٦۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و اختلاف جذب در این دو طول موج، به عنوان شاخص قهوه‌ای شدن در نظر گرفته شد [۱۳].

۲-۲-۵- تعیین شاخص‌های رنگی

تصویرگیری از نمونه‌های سیب‌زمینی پس از مرحله خشک‌کردن نهایی، با استفاده از اسکنر مسطح مدل HP Scanjet 4010 انجام شد و تصاویر گرفته شده در فرمت JPEG و رزولوشن 200 dpi بدون فشردگی ذخیره شدند. فضای رنگی *L*a*b از سه مولفه *L، *a و *b تشکیل شده است. مولفه *L معادل روشنایی تصویر است که بین صفر معادل مشکی و ۱۰۰ معادل انعکاس کامل نور تغییر می‌کند. مولفه *a بین ۱۲۰- تا ۱۲۰ تغییر می‌کند و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز است. مقادیر *b بین ۱۲۰- تا ۱۲۰ تغییر می‌کند و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی است [۱٤]. با استفاده از پلاگین colour space converterتحت نرم‌افزار ImageJنسخه ۱/۰٤، تصاویر از فضای‌رنگی RGB به *L*a*bتبدیل گردید. پس از تبدیل تصویر به فضای‌رنگی *L*a*b، با انتخاب محدوده مربوط به تصویر سیب‌زمینی، محاسبه و میانگین برای هر مولفه صورت گرفت. برای محاسبه تغییرات کلی رنگ (E) در طی فرآیند خشک‌کردن، از رابطه ٤ استفاده شد [۱۵].

رابطه (٤)

$$\Delta E=\sqrt{(L_0^*-L^*)+(a_0^*-a^*)+(b_0^*-b^*)}$$ رابطه (٤)

۲-۲-٦- ارزیابی حسی

جهت ارزیابی حسی، نمونه‌های سیب‌زمینی پس از بازجذب آب در روغن داغ به مدت تقریبی ۵ دقیقه سرخ شدند. ارزیابی حسی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

نمونه‌های سیب‌زمینی خشک‌شده، با استفاده از سیستم هدونیک پنج‌نقطه ای صورت گرفت و از ارزیاب‌ها خواسته شد تا نمونه‌ها را از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) ارزیابی کنند و بر این اساس به آن‌ها امتیاز دهند. ویژگی‌های حسی مورد بررسی در این تحقیق، شامل رنگ، شکل ظاهری، سفتی، طعم و پذیرش‌کلی بودند.

۲-۳- طرح آماری و روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج حاصل از هر دو مرحله اول و دوم با استفاده از روش آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی (CCD) آنالیز شدند. سپس عمل بهینه‌سازی با استفاده از نرم افزار دیزاین اکسپرت ویرایش ۸،۰،۷،۱ برای هر مرحله انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۱-۳- محتوای رطوبت

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اثرات مستقل قدرت و زمان مایکروویو، از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بر محتوای رطوبت قطعات سیب‌زمینی نداشتند ($p>0.01$)، ولی اثر متقابل این دو معنی‌دار بود($p<0.01$). همان‌طوری که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش قدرت و زمان پیش‌تیمار مایکروویو، محتوای رطوبت نمونه‌های سیب‌زمینی خشک شده با جریان هوای داغ افزایش یافته است. افزایش قدرت مایکروویو، از طریق افزایش انتقال حرارت سبب افزایش سرعت خشک‌کردن می‌شود، افزایش سرعت خشک شدن موجب حرکت مواد جامد به سطح محصول شده [۱۶] و احتمالا در اثر پدیده سخت شدن سطح[1] خروج آب از محصول در مرحله خشک کردن با هوای داغ کاهش یافته و بالاتر بودن رطوبت محصول نهایی درزمان‌ها و توان‌های بالاتر مایکروویو را موجب شده است.

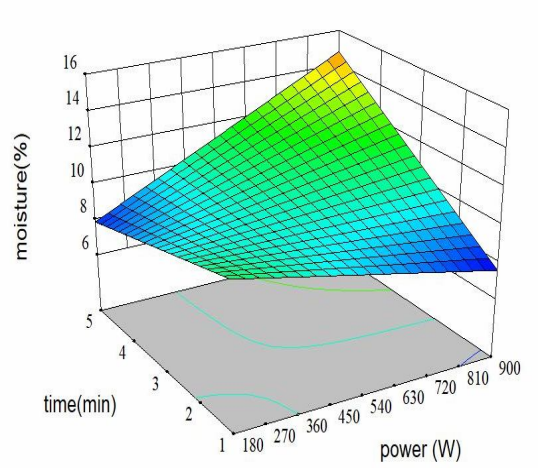

Fig 1 The effect of microwave power and time on the moisture content of potato sticks

۲-۳- بازجذب آب

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که زمان مایکروویو و اثر متقابل زمان و توان مایکروویو از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بر میزان بازجذب آب قطعات سیب‌زمینی داشت ($p<0.05$). همان‌طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش قدرت و زمان پیش‌تیمار مایکروویو، میزان بازجذب آب نمونه‌های سیب‌زمینی به‌تدریج افزایش یافت. کاربرد مایکروویو سرعت بازجذب آب را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد، که علت آن، افزایش خلل‌وفرج در مرحله خشک‌کردن است.

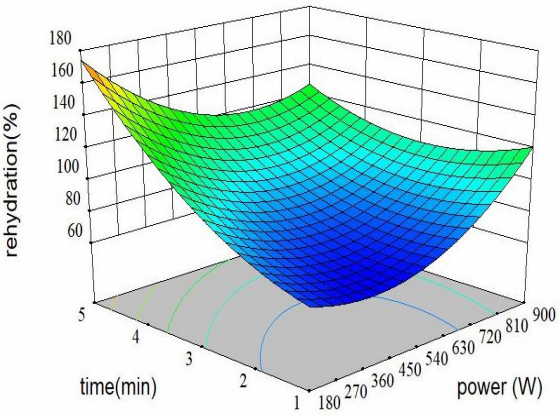

Fig 2 The effect of microwave power and time on the rehydration percent of potato sticks

انرژی مایکروویو در بخش‌های میانی نمونه‌ها به‌سرعت به حرارت تبدیل می‌شود و این خود ایجاد یک فشار درونی را در پی دارد، که به‌طور عمده‌ای بر روی نمونه‌ها اثر می‌گذارد و در

1. Case hardening

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

نهایت منجر به ایجاد بافت پف کرده سلولی در طول تیمار مایکروویو می‌شود. اما دیواره‌سلولی نمی‌تواند تغییر حجم ایجاد شده را نگه دارد و در نهایت ساختار سلولی به حالت ابتدایی نزدیک می‌شود، ولی به هر حال در مقایسه با خشک‌کردن محصول تنها با هوای داغ، ساختار نمونه‌های خشک‌شده توسط مایکروویو، دارای خلل‌وفرج بیشتری است [۱۷].

۳-۳- میزان چروکیدگی

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اثرات مستقل و متقابل توان و زمان مایکروویو، از لحاظ آماری بر میزان چروکیدگی قطعات سیب‌زمینی معنی‌داری بوده است($p<0.05$). همان‌طوری که در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد، با افزایش توان و زمان پیش‌تیمار مایکروویو، میزان چروکیدگی نمونه‌های سیب‌زمینی به‌طور خطی افزایش یافت.

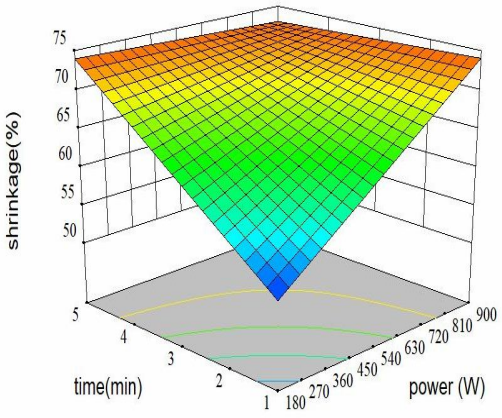

Fig 3 The effect of microwave power and time on the shrinkage percent of potato sticks

یکی از مهم‌ترین تغییرات فیزیکی که در زمان خشک‌کردن موادغذایی همراه با نفوذ رطوبت به خارج از ماده‌غذایی رخ می‌دهد، کاهش حجم یا چروکیدگی است. انتقال همزمان جرم و حرارت در هنگام خشک‌شدن موادغذایی، تنش‌هایی در ساختار سلولی موادغذایی ایجاد می کند که منجر به تغییر شکل و چروکیدگی می شود [۱۸].چروکیدگی موادغذایی ممکن است به دو علت اتفاق افتد. اولاً، به دلیل تبخیر آب موجود در داخل ماده‌غذایی و پرشدن فضای خالی توسط هوا، بافت ماده‌غذایی توانایی حفظ ساختار شبکه موادجامد را نداشته و باعث چروکیدگی می‌شود. ثانیاً، ساختار بیرونی فروریخته و منجر به کاهش حجم پوسته خارجی یا چروکیدگی می‌گردد [۱۹]. چروکیدگی محصول از عیوب مهم حین خشک‌شدن موادغذایی با استفاده از جریان هوای داغ محسوب شده و باعث اُفت خصوصیات کمی و کیفی محصول خشک‌شده می‌شود. در نتیجه، اگر بتوان محصولی متخلخل و با چروکیدگی کمتر تولید کرد، بافت محصول اصلاح شده و جذب آب در طی فرآیند بازجذب آب افزایش می‌یابد [۲۰].با افزایش توان و زمان مایکروویو، آب درون محصول با سرعت بیشتری خارج شده و هوا جایگزین آب می‌شود و لذا محصول چروکیده‌تر می‌گردد. همچنین مایکروویو به ویژه در توان‌های بالا حرارت زیادی تولید می‌کند که این دمای بالای ایجاد شده سبب افزایش میزان چروکیدگی در توان‌ها و زمان‌های بالای مایکروویو شده است. ضیاءالحق (۲۰۰۹) نیز نشان داد که دماهای بالای خشک کردن سبب افزایش میزان چروکیدگی حبه‌های سیب‌زمینی می‌شود[۲۱].

۳-٤- قهوه‌ای شدن

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اثر ساده و توان دوم زمان مایکروویو، از لحاظ آماری بر شاخص قهوه‌ای شدن قطعات سیب‌زمینی معنی‌دار بوده است($p<0.05$)، ولی اثر قدرت مایکروویو از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($p>0.05$). همان‌طوری که در شکل ملاحظه می‌گردد، با افزایش زمان مایکروویو، میزان شاخص قهوه‌ای شدن در ابتدا افزایش و سپس کاهش پیدا کرده است. با افزایش زمان مایکروویو در ابتدا در اثر دمای ایجاد شده قهوه‌ای شدن افزایش یافته است، ولی با بیشتر شدن زمان چون آب بیشتری ازمحصول خارج شده و فعالیت آبی آن کاهش می‌یابد از شدت واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی کاسته شده ست.

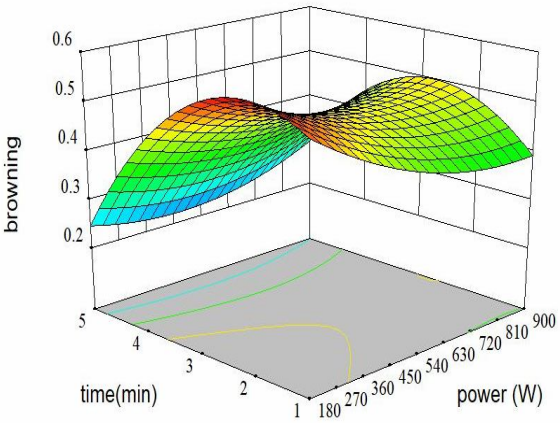

Fig 4 The effect of microwave power and time on the browning of potato sticks

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

۳-۵- شاخص‌های رنگ

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اثر توان مایکروویو، بر هر سه شاخص شدت روشنایی (L*)، شدت قرمزی (a*) و شدت زردی (b*) و همچنین بر تغییرات کلی رنگ (E) معنی‌دار بود ($p<0.05$)، ولی اثر زمان مایکروویو از لحاظ آماری بر هیچ‌یک از این فاکتورها معنی‌دار نبود ($p>0.05$). با افزایش توان مایکروویو، میزان L* نمونه‌های سیب‌زمینی به تدریج کاهش یافت (شکل ۵-A)، ولی میزان قرمزی (شکل ۵-B) و زردی (شکل ۵-C) نمونه‌ها با افزایش توان مایکروویو افزایش پیدا کرد. به همین ترتیب میزان تغییرات کلی رنگ یا شاخص E نیز با افزایش توان مایکروویو افزایش یافت (شکل۵-D). با توجه به این‌که دمای ایجاد شده در طی فرآیند مایکروویوبسیار بالا می‌باشد، احتمالا در این روشپدیده کاراملیزاسیون رخ داده و در نتیجه باعث تیرگی رنگ محصول می‌شود [۲۲].

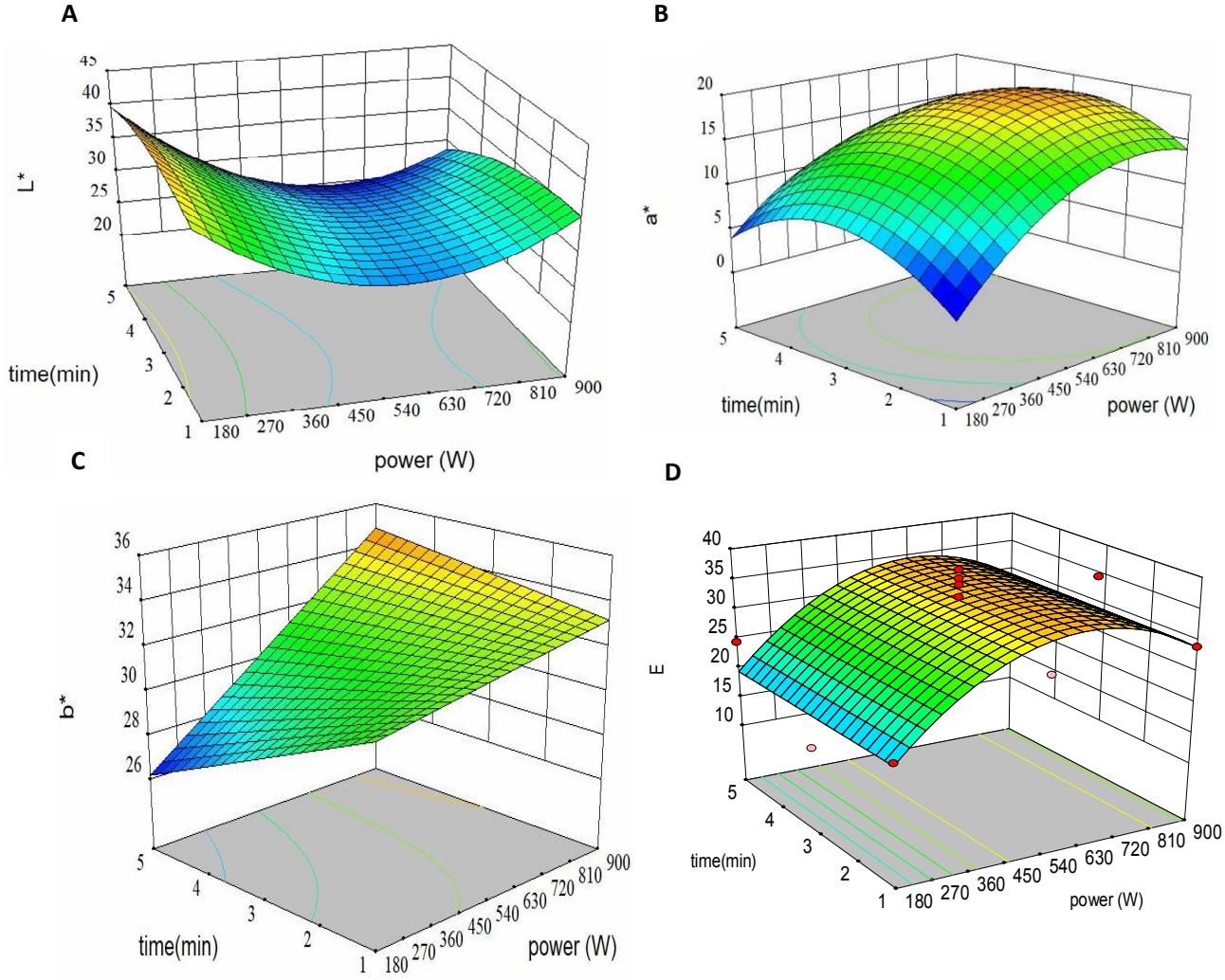

Fig 5 The effect of microwave power and time on the color indices of potato sticks. (A) lightness or L^*, (B) redness or a^*, (C) yellowness or b^* and (D) total color change or E

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

مهریار و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که استفاده از روش مایکروویو برای خشک‌کردن خرما باعث کاهش شدت روشنایی و مولفه‌های قرمزی و زردی گردید[۲۲]. کووالسکا و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که با افزایش قدرت مایکروویو و زمان آن، میزان روشنایی رنگ کاهش یافت و رنگ سیب تیره‌تر شد[۸]. تردتای و ژو (۲۰۰۹) مشاهده کردند با افزایش قدرت مایکروویو، میزان مولفه‌های L^*، a^* و b^* نعناع به‌تدریج افزایش یافت و تغییر کلی رنگ کاهش پیدا کرد [۲۳].

تغییر کلی رنگ یا E، بیانگر تفاوت در میزان رنگ محصول فرآوری‌شده با ماده اولیه قبل از فرآوری می‌باشد و در حقیقت، افزایش تفاوت رنگ محصول با ماده اولیه را نشان می‌دهد. ایجاد رنگ‌های جدید و در نتیجه تغییر مقادیر مولفه‌های رنگی و همچنین شاخص تغییرات کل (E)، ناشی از انجام واکنش‌های شیمیایی رنگ‌زا مثل واکنش‌های میلارد بین قندها و پروتئین ها و تشکیل ملانوئیدین است [۲٤].

۳-٦- ارزیابی حسی

نتایج حاصل از آنالیز آماری داده‌ها نشان داد که اثر متقابل توان و زمان مایکروویو بر امتیاز طعم و اثر متقابل توان دوم زمان در توان مایکروویو بر امتیاز رنگ خلال‌های سیب‌زمینی معنی‌دار بود ($p<0.01$). اثر توان و زمان مایکروویوبر سایر ویژگی‌های حسی مورد بررسی معنی‌داری نبودند.

همان‌طوری که در شکل ٦ ملاحظه می‌گردد، با افزایش زمان و توان مایکروویو، امتیازات مربوط به طعم (شکل ٦-A) و رنگ (شکل٦-B) نمونه‌های خلال سیب‌زمینی افزایش یافته است.

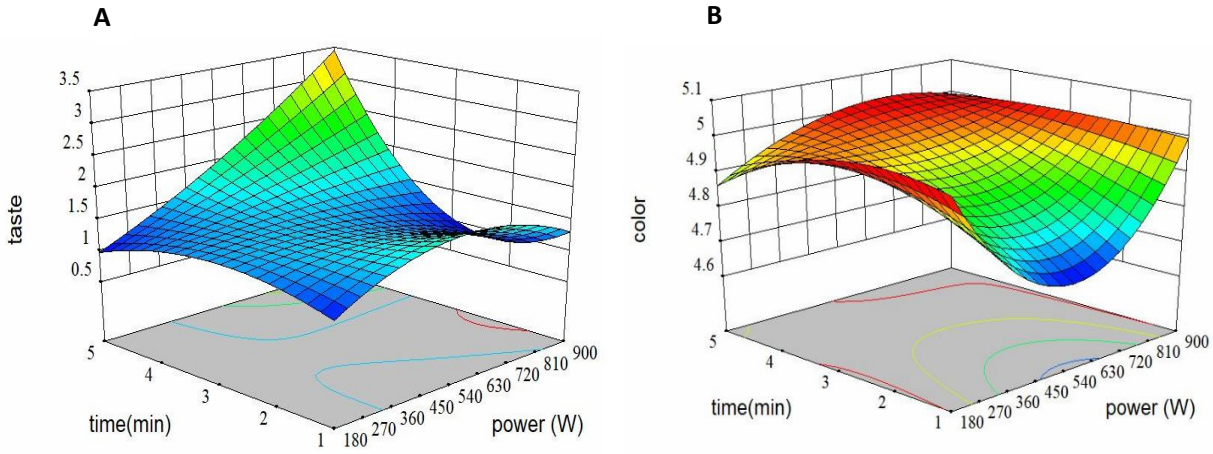

Fig 6 The effect of microwave power and time on the sensory properties of potato sticks. (A), taste score and (B), color score.

۳-۷- بهینه‌یابی

برای پیش‌بینی سطوح متغیرهای مستقل (زمان و توان مایکروویو) از روش بهینه سازی عددی با نرم افزار دیزاین اکسپرت استفاده شد. معیارهای مورد استفاده برای بهینه‌یابی به این صورت تعریف شدند که با استفاده از حداقل زمان و توان مایکروویو، نمونه‌ها بیشترین میزان بازجذب آب و امتیازات حسی و کمترین میزان چروکیدگی، تغییرات رنگ و قهوه‌ای شدن را داشته باشند. بر این اساس، توان ۱۸۰ وات و زمان ۳/۵ دقیقه به عنوان شرایط بهینه برای تولیدخلال‌های خشک سیب‌زمینی به دست آمد.

٤- نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق، شرایط بهینه پیش‌تیمار مایکروویو برای خشک کردن با هوای داغ خلال‌های سیب‌زمینی خشک‌شده به دست آمد. نتایج نشان داد که در پیش‌تیمار مایکروویو، افزایش زمان و توان مایکروویو منجر به افزایش محتوای رطوبت، میزان چروکیدگی و بازجذب آب گردید. با افزایش زمان مایکروویو، میزان قهوه‌ای شدن در ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. افزایش زمان و توان پیش‌تیمار مایکروویو همچنین سبب افزایش شاخص‌های زردی و قرمزی و میزان تغییر کلی رنگ و کاهش شاخص روشناییخلال‌های سیب‌زمینی خشک‌شده گردید. از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

لحاظ ویژگی‌های حسی، زمان و قدرت مایکروویو اثر معنی‌داری بر امتیاز طعم و رنگ قطعات سیب‌زمینی داشته و با افزایش زمان و توان مایکروویو امتیاز مربوط به طعم و رنگ خلال‌های سیب-زمینی افزایش یافت. نتایج به‌دست آمده از بهینه‌سازی توسط روش پاسخ‌سطح شرایط مطلوب برای پیش‌تیمار مایکروویو را قدرت ۱۸۰ وات و زمان ۳/۵ دقیقه تعیین نمود.

۵- منابع

[1] Katan, M. B., De Roos, N. M. 2004. Promises and problems of functional foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44: 369–377.

[2] Feng, H., Tang, J. 1998. Microwave finish drying of diced apples in spouted bed. *Journal of Food Science*, 63(4): 679-683.

[3] Zhang, M., Li, C. L., Ding, X. L. 2005. Effects of heating conditions on the thermal denaturation of white mushroom suitable for dehydration. *Drying Technology*, 23(5): 1119-1125.

[4] Zhang, M., Xu, Y. Y. 2003. Research developments of combination drying technology for fruits and vegetables at home and abroad. *Journal of Wuxi University of Light Industry*, 22(6): 103-106.

[5] Schiffmann, R. F. 1992. Microwave processing in the US food industry. Food Technology, 56: 50-52.

[6] Nawirska, A., Figiel, A., Kucharska, A.Z., SokółŁętowska, A. and Biesiada, A. 2009. Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. Journal of Food Engineering, 94: 14-20.

[7] Mousavian, M., Omidvar, S., Nouei, S. 2008. Study on the Changes in the characteristics of potato powder produced by different microwave powers. 18th National Congress on Food Technology.15-16 Oct. Mashhad, Iran. (In persian)

[8] Kowalska, H., Belka, M. and Lenart, A. 2007. Influence of microwave heating on mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(4B): 317-323.

[9] Gani, G. and Kumar. A. 2013. Effect of drying temperature and microwave power on the physic-chemical characteristics of osmo-dehydrated carrot slices. International Journal of Scientific and Research Publications, 3(11): 2250-3153.

[10] AOAC. 1995. Official Methods of Analysis: Official Method for Moisture. Method No. 925.10. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

[11] Raoult-Wack, AL. 1994. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. Trends of Food Science and Technology, 5: 255-260.

[12] Shakouri, S., Ziaolhagh, H.R., Sharifi-Rad, J., Heydari-Majd, M., Tajali, R., Nezarat, S. and Da Silva, J.A.T., 2015. The effect of packaging material and storage period on microwave-dried potato (Solanum tuberosum L.) cubes. Journal of food science and technology, 52(6), pp.3899-3910.

[13] Ziaolhagh, S. H. R. (1999). Investigation on the quality and shelf life of raisin and dried apricots in different export packages. M.Sc.Thesis. Ferdowsi University of Mashhad.

[14] Tkalcic, M. and Tasic, J.F., 2003. Colour spaces: perceptual, historical and applicational background (Vol. 1, pp. 304-308). IEEE.

[15] Fathi, M., Mohebbi, M. and Razavi, S. M. A. 2011. Application of image analysis and artificial neural network to predict mass transfer kinetics and color changes of osmotically dehydrated kiwifruit. Food and Bioprocess Technology, 4: 1357-1366.

[16] Bondaruk, J., Markowski, M., Blaszczak, W. 2007. Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. Journal of Food Engineering, 81: 164-175.

[17] Askari, G.R., Emam-Djomeh, Z. and Mousavi, S.M. 2006. Effects of combined coating and microwave assisted hot-air drying on the texture, microstructure and rehydration characteristics of apple Slices. Food Science and Technology International, 12(1): 39-46.

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

[19] Panyawong, S. and Devahastin, S. 2007. Determination of deformation of a food

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

product undergoing different drying methods and conditions via evolution of a shape factor. Journal of Food Engineering, (78): 151-161.
[20] Figiel, A. 2010. Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. Journal of Food Engineering, (98): 461-470.
[21Zia alhagh S.H.R.2010. Determination of the optimum conditions for preparing and drying of potato slices. Journal of Food Research (University of Tabriz). 19/1(2):23-36.
[22] Mehryar, A., Sadeghi, M., Razavi, S.J and Forghani, A. 2015. Quality characteristics of three Estameran cultivars of dates affected by different drying methods. Journal of Crop Production and Processing. 5(16): 305-312
[23] Therdthai, N. and Zhou, W. 2009. Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (MenthacordifoliaOpiz ex Fresen). Journal of Food Engineering, 91: 482-489.
[24] Krokida, M.K., Karathanos, V.T. and Maroulis, Z.B. 2000. Effect of osmotic dehydration on color and sorption characteristics of apple and banana. Drying Technology, 18: 937-950.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]

Study on the effect of microwave pre-treatment on the quality of air-dried potato sticks using response surface methodology

Jafari, N. [1], Ziaolhagh, S. H. R. [2*], MohammadiNafchi, A. [3]

1. Masters Student, Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University,Damghan Branch, Damghan, Iran.
2. Assistant professor, Agricultural Engineering Research Department, Semnan (Shahrood)Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrood, Iran.
3. Associate Professor, Food & Chemical Engineering Department, Islamic Azad University,Damghan Branch,Damghan, Iran

(Received: 2018/04/29 Accepted:2019/01/29)

In this research, the effect of microwave pre-treatment on qualitative characteristics and sensory properties of air-dried potato stickswas investigated. Different powers (180-900W) and times (1-5 minutes) of microwave were used before air-drying of samples. The moisture content, rehydration, shrinkage, browning, colour indices and sensory properties (taste, colour, shape, strength, and total acceptance) of potato samples were evaluated after the drying process and the response surface method (RSM) was used to determine the optimal conditions for the microwave treatment. Used for the highest levels of physicochemical and sensory properties. results showed that, with increasing the power and time of the microwave oven resulted in an increase in the moisture content, shrinkage, rehydration and total colour change of the samples. Sensory evaluation results showed that in the microwave pre-treatment, only the scores of the taste and colour of potato sampleswere influenced by the microwave power and time. According to the results of optimization by the surface response method, the power of 180Watts and the time of 3.5 minutes for the microwave pre-treatment were introduced as optimum conditions.

Keywords: Combined drying, Microwave drying, Potato products, Response Surface Methodology

* Corresponding Author E-Mail Address: hziaolhagh@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-02-26]