

(مقاله پژوهشی)

تأثیر فراصوت و آنزیم بری بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کدوی سرخ شده با روش سطح پاسخ

آیسان علیپور^۱، نارملا آصفی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۶

چکیده

محصولات غذایی سرخ شده به دلیل ویژگی های لذت بخش حسی از محبوبیت بالایی بین مصرف کنندگان برخوردار می باشند. با این حال، محتوای بالای روغن این محصولات، تهدیدی برای سلامت مصرف کنندگان به شمار می آید. استفاده از پیش تیمارهای آنزیم بری و فراصوت می تواند میزان جذب روغن را در تولید محصولات سرخ شده کاهش دهد. در این پژوهش تأثیر پیش تیمارهای آنزیم بری (۲ و ۴ دقیقه و زمان صفر برای نمونه شاهد)، دما (۱۳۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد) و زمان سرخ کردن (۴، ۵ و ۶ دقیقه) بر میزان رطوبت، جذب روغن، چروکیدگی، سفتی و اندازه گیری رنگ (L^* , a^* , b^*) به روش پردازش تصویر کدو طی فرآیند سرخ کردن عمیق با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بکارگیری پیش تیمار فراصوت و آنزیم بری با جلوگیری از خروج رطوبت میزان جذب روغن و سفتی نمونه ها را کاهش می دهد. با افزایش زمان و دمای سرخ کردن میزان چروکیدگی افزایش پیدا کرد و اثر پیش تیمارهای آنزیم بری و فراصوت در کاهش میزان چروکیدگی در سطح احتمال $P < 5\%$ معنی دار بود. سفتی بافت نمونه با افزایش زمان سرخ کردن رفتار دو گانه از خود نشان داد و در دماهای میانی سرخ کردن کمترین سفتی بافت مشاهده شد. در طی فرآیند سرخ کردن با افزایش زمان و دما فاکتور روشنایی (L^*) کاهش یافت و اعمال پیش تیمارهای آنزیم بری و فراصوت مانع کاهش فاکتور روشنایی (L^*) در نمونه ها شد. شرایط بهینه پیش تیمار فراصوت، آنزیم بری، دما و زمان سرخ کردن در نمونه های سرخ شده کدو تحت شرایط عمیق به ترتیب ۴۰ دقیقه، ۳/۹۴ دقیقه، ۱۶۳/۱۹ درجه سانتی گراد و ۴ دقیقه تعیین گردید.

واژه های کلیدی: کدو، سرخ کردن عمیق، فراصوت، آنزیم بری، روش سطح پاسخ.

۱- مقدمه

کدو با تولید سالانه ۲۷۰۰۰ تن در ایران از نظر علم گیاهشناسی یک میوه تابستانی است اما از نظر پخت و پز به عنوان یک سبزی در نظر گرفته می‌شود که ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و برای سلامتی مفید است. کدو به عنوان یک منبع خوب ویتامین C، ویتامین A (به دلیل داشتن سطوح بالای کاروتنوئیدها مانند بتاکاروتن)، منیزیم، پتاسیم، مس، فیبر، فولات، فسفر و ریبولین شناخته می‌شود. یکی از روش‌های فرآوری کدو سبز، سرخ کردن است و با توجه به اینکه کدو حاوی بیش از ۹۵ درصد آب است، در طی فرآیند سرخ کردن رطوبت زیادی را از دست می‌دهد و روغن زیادی جذب می‌کند (۳). سرخ کردن عمیق^۱، یک روش پخت غذا شامل غوطه‌وری ماده غذایی در روغن خوراکی در دمای بالاتر از نقطه جوش آب برای مدت زمان معین می‌باشد (۱۱). غذاهای سرخ شده به دلیل عطر، طعم و بافت مطلوب از پذیرش بالایی نزد مصرف کنندگان برخوردار می‌باشند (۲۲). مصرف غذاهای سرخ شده با توجه به میزان بالای روغن در این محصولات سبب ایجاد مشکلاتی از جمله افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی، چاقی می‌شود (۲۴). در نتیجه پژوهشگران همواره در جستجوی راه حلی جهت کاهش میزان روغن محصولات سرخ شده بوده‌اند. در طی سالیان گذشته روش‌های مختلفی از جمله پیش‌فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی شامل پیش خشک کردن و پیش پخت نمودن، بهینه‌سازی شرایط فرآیند (مانند تنظیم دما و زمان، سطحی و عمیق بودن سرخ کردن) و بهبود فرمولاسیون ماده غذایی به منظور کاهش جذب روغن طی سرخ کردن توسعه یافته است (۶). از جمله پیش‌فرآیندها مورد استفاده جهت کاهش جذب روغن می‌توان به پیش‌تیمار آنزیم‌بری و امواج فراصوت اشاره کرد. فرآیند آنزیم‌بری شامل حرارت دادن با آب یا بخار داغ تا حدود ۹۵ درجه سانتی‌گراد است که جهت غیر فعال کردن آنزیم‌های طبیعی موجود در سبزی‌ها و میوه‌ها انجام می‌شود. پیش‌تیمار آنزیم -

بری در سبزی‌ها و میوه‌های مختلف به منظور بهبود رنگ، بافت و کاهش جذب روغن به کار برده می‌شود (۱۴). از طرف دیگر، امروزه استفاده از امواج فراصوت به منظور بهینه‌سازی فرآیند و بهبود کیفیت مواد غذایی گسترش یافته است. نتایج حاصل از استفاده از پیش‌تیمار فراصوت نشان داده‌اند که این پیش‌تیمار از طریق انقباض و انبساط‌های پی در پی باعث ایجاد کانال‌های میکروسکوپی در ماده غذایی شده و خروج آب از داخل محصول را تسهیل می‌کنند (پدیده کاویتاسیون). انتظار می‌رود به دلیل شباهت فرآیندها خشک کردن و سرخ کردن، استفاده از پیش‌تیمار فراصوت قبل از فرآیند سرخ کردن، باعث افزایش ضریب انتشار موثر رطوبت و کاهش زمان فرآیند شده و در نتیجه خصوصیات کیفی مواد غذایی بهبود یابد (۱۹). همچنین برخی نظریه‌ها بیان می‌کنند که حجم کل روغن جذب شده برابر مقدار آب جدا شده از ماده غذایی در هنگام سرخ کردن می‌باشد. بنابراین امواج فراصوت با کاهش رطوبت اولیه محصول میزان جذب روغن را در طی فرآیند سرخ کردن عمیق کاهش می‌دهد (۳۱). دهقان نیا و همکاران (۱۳۹۷) تاثیر امواج فراصوت و آنزیم‌بری روی چروکیدگی قطعات سیب زمینی طی سرخ کردن بررسی نمودند. نتایج نشان استفاده از پیش‌تیمارهای آنزیم‌بری و فراصوت به جز امواج فراصوت به مدت ۴۰ دقیقه، باعث کاهش چروکیدگی نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد شدند (۴). در پژوهشی ریماک^۲ - برانسیس^۲ و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که پیش‌تیمارهای آنزیم‌بری و غوطه‌وری در کربوکسی متیل سلولز موجب کاهش میزان جذب روغن سیب زمینی سرخ شده می‌شود (۳۲). رزاق‌پور و همکاران (۱۳۹۲) نیز بیان کردند که پیش‌تیمارهای فراصوت و آنزیم‌بری موجب کاهش میزان جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق قطعات سیب زمینی شده است (۲). نظر به مطالب ذکر شده پیش‌تیمار آنزیم‌بری و امواج فراصوت می‌توانند روش مناسبی به منظور کاهش میزان جذب روغن در طی فرآیند سرخ کردن

از آن نمونه‌ها فوراً از داخل روغن خارج شده و به آرامی به وسیله کاغذ جاذب، روغن سطحی آن‌ها جدا شد و برای انجام آزمایشات تا دمای اتاق سرد شدند.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری رطوبت

به منظور اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌ها از روش موجود در استاندارد ملی ایران (شماره ۷۵۹، ۱۳۹۵) استفاده شد.

۲-۲-۳- اندازه‌گیری روغن

تعیین میزان جذب روغن به روش سوکسله انجام شد. ابتدا نمونه‌های خشک شده، ابتدا به وسیله هاون چینی خرد شد و سپس ۳-۵ گرم از نمونه‌های خشک و خرد شده در کارتوش حاوی حلال قرار گرفت و در نهایت استخراج روغن با استفاده از پترلیوم اتر به مدت ۶ ساعت انجام شد. بعد از استخراج، کارتوش‌های حاوی نمونه طی دو مرحله، ابتدا در معرض هوای اتاق به مدت ۱ ساعت و سپس در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار گرفتند تا رطوبت و باقیمانده حلال تبخیر شود. میزان روغن بر مبنای وزن خشک از رابطه زیر محاسبه شد:

$$FC(ab) = \frac{FC_1 - FC_2}{FC_1} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این رابطه FC_1 و FC_2 به ترتیب وزن نمونه قبل و بعد از سوکسله گذاری هستند (۳۷).

۲-۲-۴- ارزیابی رنگ به روش پردازش تصویر

به منظور ارزیابی رنگ، نمونه‌ها در محفظه‌ای با زمینه‌ای به رنگ سفید قرار گرفت و تصویر برداری با استفاده از دوربین دیجیتال (Canon, PowerShot SX60 HS، ساخت ژاپن) انجام گرفت. سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugging شاخص‌های (L^* , a^* , b^*) محاسبه شدند (۲).

۲-۲-۵- سنجش بافت

برای تجزیه و تحلیل مشخصات بافت از روش TPA (Texture profile analysis) با استفاده از دستگاه آنالیز

عمیق کدو باشند، با این وجود بررسی پیشینه پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد تا کنون پژوهشی در این زمینه صورت نگرفته است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی اثر پیش تیمارهای آنزیم‌بری و امواج فراصوت بر خواص کیفی و میزان جذب روغن کدو سرخ شده تحت شرایط عمیق و همچنین بهینه‌سازی شرایط سرخ کردن با بهره‌گیری از پیش تیمارهای ذکر شده می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

کدو سبز که از بازار محلی تبریز خریداری شد و روغن مورد استفاده مخلوطی از روغن‌های آفتابگردان، سویا و پنبه دانه (روغن مایع مخصوص سرخ کردنی، روغن بهار) و مواد شیمیایی مورد نیاز محصولات شرکت مرک آلمان بود.

۲-۲- روش اجرای طرح

۲-۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

ابتدا کدوها از مواد اضافی جدا شده و با آب تمیز و سرد شستشو گردید سپس پوست‌گیری شده و به صورت دستی به شکل حلقه‌هایی با ضخامت یک سانتی‌متر برش داده شدند. به منظور آنزیم‌بری نمونه‌ها در آب داغ با دمای ۹۷ درجه سانتی‌گراد (به مدت صفر (نمونه شاهد) ۲ و ۴ دقیقه) قرار گرفتند (۱۵). جهت اعمال تیمار فراصوت از حمام فراصوت (Ultrasonic cleaner، ساخت هنگ‌هنگ) (فرکانس ۴۰ کیلوهرتز در مدت زمان‌های ۲۰ و ۴۰ دقیقه و نمونه شاهد) استفاده شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها و اعمال پیش تیمارها، فرآیند سرخ کردن در سرخ کن (Moulinex, model F18-RA، ساخت فرانسه) مجهز شده به کنترل کننده دما (ترموکنترلر) دارای ترموکوپل نوع K که دمای روغن سرخ کردن را در دماهای مورد نظر کنترل می‌کرد، انجام شد. بدین منظور ابتدا میزان مشخص روغن در داخل سرخ کن ریخته شد. سپس برش‌های کدوها در دما (۱۳۰، ۱۵۵ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان (۴، ۵ و ۶ دقیقه) مشخص سرخ شدند. پس

سطحه، ۲۹ تیمار مختلف ارائه داد. که سطوح متغیرهای مستقل در جدول ۱ ذکر شده است. نمونه‌های کدو بر اساس شرایط مشخص شده در طرح آزمون سرخ شد و از نقطه نظر ویژگی‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه یک مدل چند جمله‌ای درجه دوم (رابطه ۵) با داده‌های تجربی برازش شد:

رابطه (۵)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^8 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^8 \beta_{1i} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^8 \beta_{ij} X_i X_j + s_{ij}$$

که Y پاسخ (میانگین خطای مطلق) و β_0 ، β_i ، β_{ii} و β_{ij} ضرایب رگرسیونی به ترتیب برای عرض از مبدا، خطی، درجه دوم و برهم‌کنش‌ها بوده و X_i و X_j متغیرهای مستقل می‌باشند. تحلیل سطح پاسخ و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Design Expert نسخه ۹ انجام شد. به منظور بهینه‌سازی شرایط سرخ کردن، حد بالا و پایین و مطلوب هر یک از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده (پاسخ‌ها) و اهمیت آن‌ها تعیین شد سپس با روش بهینه‌سازی عددی نرم‌افزار Design Expert مقادیر بهینه متغیرهای مستقل تعیین گردید.

بافت (Stable Micro Systems, Goldalming, UK) ساخت انگلستان) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری سختی نمونه‌های سرخ شده از پروپ نیم دایره به قطر ۳ میلیمتر استفاده شد. نمونه‌ها به قطر ۴ و ضخامت ۱ سانتی‌متر تحت سرعت ۶۰ میلی‌متر در دقیقه تا عمق ۵ میلی‌متر مورد آزمون نفوذ قرار گرفت. سفتی نمونه‌ها به عنوان حداکثر نیروی لازم برای برش بر حسب نیوتون بدست می‌آید (۳).

۲-۲-۶- ارزیابی میزان چروکیدگی

به منظور اندازه‌گیری میزان چروکیدگی، در مرحله اول حجم اولیه و نهایی نمونه‌های مختلف قبل و پس از سرخ کردن با به کارگیری تکنیک جابجایی حلال (تولون) با استفاده از پیکنومتر شیشه‌ای و مطابق با معده شماره ۲ محاسبه شد:

$$V = \frac{M + M_1 - M_2}{\rho} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این رابطه V ، M ، M_1 ، M_2 و ρ به ترتیب حجم ظاهری اولیه یا سرخ شده (سانتی‌متر مکعب)، وزن نمونه (گرم)، وزن پیکنومتر خالی و حلال (گرم)، وزن پیکنومتر حاوی نمونه و حلال (گرم) و دانسیته تولون (کیلوگرم بر متر مکعب) می‌باشد. در مرحله بعد با استفاده از حجم ظاهری حاصله از رابطه ۲، میزان چروکیدگی نمونه‌های سرخ شده از رابطه زیر (معادله ۳) محاسبه شد:

$$S = \frac{V_0 - V_F}{V_0} \times 100 \quad \text{معادله (۳)}$$

که در این رابطه S ، V_0 و V_F به ترتیب درصد چروکیدگی، حجم ظاهری نمونه تازه (سانتی‌متر مکعب) و حجم ظاهری نمونه پس از سرخ شدن (سانتی‌متر مکعب) می‌باشد (۴۱).

۲-۳-۲- روش تجزیه و تحلیل آماری

به منظور مطالعه تاثیر چهار فاکتور دمای سرخ کردن (درجه سانتی‌گراد)، زمان سرخ کردن (دقیقه)، زمان آنزیم بری (دقیقه) و زمان تیمار فراصوت (دقیقه) بر روی خصوصیات مختلف کدو سرخ شده تحت شرایط عمیق از طرح باکس بنکن^۱ استفاده شد. طرح باکس بنکن با استفاده از ۴ فاکتور ۳

جدول ۱- سطوح متغیرهای مختلف مورد بررسی

سطح مربوطه		متغیر مستقل	
۱۳۰	۱۵۵	۱۸۰	دمای سرخ کرن (درجه سانتی‌گراد)
۴	۵	۶	زمان سرخ کردن (دقیقه)
۰	۲	۴	زمان آنزیم بری (دقیقه)
۰	۲۰	۴۰	زمان تیمار فراصوت (دقیقه)

۳- نتایج و بحث

۳-۱- رطوبت

شده و همچنین هر چه زمان بیشتر باشد فرصت بیشتری برای خروج مقدار رطوبت نیز وجود دارد که در نتیجه محتوای رطوبتی کمتر می‌شود. مشابه با نتایج این پژوهش کروکید^۳ و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که افزایش دما در زمان یکسان سرخ کردن منجر به کاهش بیشتر محتوای رطوبت نمونه‌ها می‌شود به دلیل اینکه با افزایش دما تبخیر رطوبت سریعتر صورت گرفته و در زمان کمتری به رطوبت تعادلی می‌رسد (۲۵). همچنین یافته‌های این پژوهش در تطابق با نتایج به دست آمده توسط بودزاک^۴ و سروگا^۵ (۲۰۰۵) و براوو^۶ و همکاران (۲۰۰۹) بود (۱۲، ۱۳). با توجه به نمودارهای سه‌بعدی (شکل ۱) با افزایش زمان آنزیم‌بری میزان رطوبت نمونه‌ها افزایش پیدا کرد. به نظر می‌رسد که در آماده‌سازی با روش آنزیم‌بری با آب داغ انسداد یا کاهش مجاری موئینگی مانع از خروج رطوبت فرآورده در حال سرخ شدن شده است. که در تطابق با نتایج پژوهش بینگول^۶ و همکاران (۲۰۱۲) بود (۱۰). بر پایه بخشی دیگری از نتایج (شکل ۱) با افزایش زمان پیش تیمار فراصوت میزان رطوبت افزایش پیدا کرد. مطابق با این نتایج حسن بایگی و همکاران (۱۳۹۵) در تاثیر امواج فراصوت بر میزان رطوبت سیب زمینی سرخ شده گزارش کردند که بکارگیری امواج فراصوت تاثیر دو گانه بر میزان رطوبت دارد به گونه‌ای که در شدت و زمان پایین موجب

نتایج تجزیه و تحلیل آماری اثر دما، زمان، آنزیم بری و فراصوت بر میزان جذب روغن نمونه‌های کدو سبز سرخ شده تحت شرایط عمیق در جدول ۲ نشان داده شده است. میزان مقادیر F و P پارامتر فقدان برازش^۱ رای معادله پیش‌بینی رطوبت به ترتیب برابر ۲/۹۰ و ۰/۱۵۲ بوده است (جدول ۲) که تاییدی بر مناسب بودن مدل محاسباتی محسوب می‌شود. همچنین با توجه به نزدیک بودن R^2 به ۱ (جدول ۲)، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که معادله ریاضی تعریف شده بین متغیر وابسته رطوبت و متغیر مستقل (دما، زمان، فراصوت و آنزیم‌بری) به خوبی توانسته است ارتباط بین متغیرهای مورد آزمون را نشان دهد. تمامی متغیرهای مستقل اثر خطی معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بر رطوبت کدو سبز سرخ شده تحت شرایط عمیق داشت (جدول ۲). در تفسیر نتایج جدول تجزیه واریانس، مقدار مثبت ضریب رگرسیونی نشان‌دهنده تاثیر افزایشی متغیر مستقل بر روی پارامتر مورد بررسی است درحالی که ضریب منفی تاثیر مخالفی دارد. این موضوع در نمودارهای رویه‌های سه‌بعدی^۲ ارائه شده نیز بخوبی نمایان است (شکل ۱). بر اساس نتایج این پژوهش با افزایش دما و زمان سرخ کردن میزان رطوبت کاهش پیدا کرد (شکل ۱)، زیرا با افزایش دما میزان بیشتری از رطوبت از محصول خارج

3-Krokida

4 Budžaki and Šeruga

5 Bravo

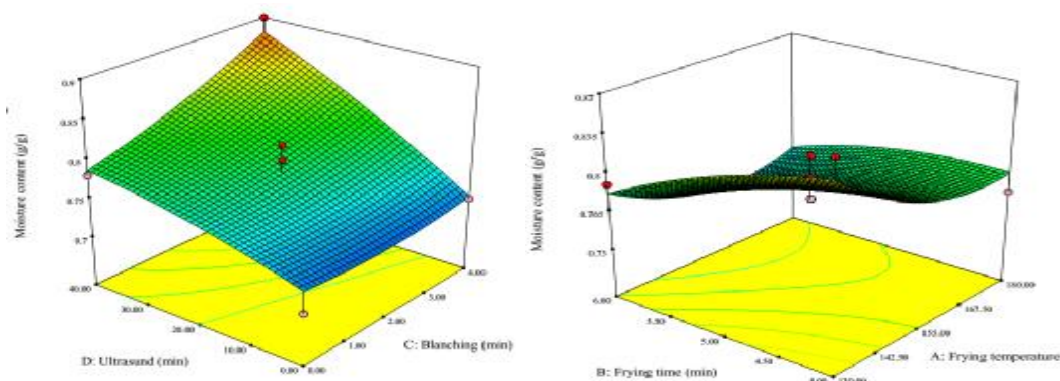
6 Bingol

1-Lack-of-Fit

2-Response Surface plots

افزایش رطوبت خواهد شد در حالی که در شدت و زمان های

طولانی تاثیر عکس دارد (۱).



شکل ۱- نمودارهای رویه سه بعدی برهمکنش متغیرهای مستقل بر میزان رطوبت نمونه های کدو سرخ شده به روش عمیق

جدول ۲- نتایج تجزیه و تحلیل ضرایب رگرسیون مدل های چند جمله ای برای پاسخ های مختلف

ضرایب	رطوبت	روغن	چروکیدگی	سختی	فاکتور روشنایی L*	فاکتور قرمزی a*	فاکتور زردی b*	
مدل	۰/۷۸ [°]	۰/۶۳ [*]	۵۵/۸۰ [*]	۱/۴۶ ^{**}	۱۶/۷۳ [*]	۱۲/۰۶ [*]	۲۲/۷۱	
اثر خطی								
X ₁	-۰/۰۲۲	-۰/۰۳۹	۵/۰۸	۰/۲۴ ^{**}	-۰/۹۹	۲/۳۵	-۱/۶۳ ^{**}	
X ₂	-۰/۰۲۵ [°]	۰/۰۳۷	۵/۱۷	-۰/۰۵ [*]	-۱/۰۴	۲/۳۳	-۰/۹۵ ^{**}	
X ₃	۰/۰۲۵ [°]	-۰/۰۳۶	-۴/۸۳	-۰/۰۹ ^{**}	۱/۰۸	-۲/۰۸	-۰/۵۵ ^{**}	
X ₄	۰/۰۵۲ ^{**°}	-۰/۰۸۰ ^{**}	-۱۱/۵۸ ^{**}	-۰/۱۳ ^{**}	۲/۳۵ ^{**}	-۵/۰۸ ^{**}	-۰/۶۵ [*]	
اثر متقابل								
X ₁ X ₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
X ₁ X ₃	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
X ₁ X ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
X ₂ X ₃	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
X ₂ X ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
X ₃ X ₄	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
اثر درجه دوم								
X ₁ ^۲	ns	ns	ns	۰/۲۲ ^{**}	ns	ns	-۰/۷۳	
X ₂ ^۲	ns	ns	ns	۰/۲۱ ^{**}	ns	ns	۱/۴۳ ^{**}	
X ₃ ^۲	ns	ns	ns	۰/۰۷ [*]	ns	ns	Ns	
X ₄ ^۲	ns	ns	ns	۰/۱۶ ^{**}	ns	ns	Ns	
R ^۲	۰/۸۵۲	۰/۹۰۴	۰/۸۹۱۴	۰/۹۸۲۰	۰/۸۴۲۴	۰/۸۹۱۶	۰/۹۳۰۳	
Adj-R ^۲	۰/۷۰۴	۰/۷۰۹	۰/۶۸۲۸	۰/۹۶۴۱	۰/۶۸۴۷	۰/۶۸۳۲	۰/۸۶۰۶	
احتمال عدم برازش	۰/۱۵۸۲	۰/۱۲۳۶	۰/۱۵۴۴	۰/۷۷۷۱	۰/۱۲۴۶	۰/۰۸۰۴	۰/۰۵۱۱	

ن ستاره (p ≤ ۰/۰۵)، * (p ≤ ۰/۰۱)، ** (p ≤ ۰/۰۰۱) و ns در سطح ۹۵ درصد معنی دار نمی باشد. X₁ و X₂، X₃ و X₄ به ترتیب متغیرهای مستقل دما، زمان، آنزیم پری و فراصوت می باشند.

۳-۲- جذب روغن

نتایج جدول ۲ نشان از قابلیت اطمینان بالای مدل رگرسیون در پیش‌بینی میزان روغن تیمارهای مختلف کدو سرخ شده تحت شرایط عمیق دارد. در واقع مقادیر نزدیک به ۱ ضریب تعیین (R^2) نشان دهنده این است که تغییرات میزان روغن تیمارهای مختلف کدو سبز سرخ شده تحت شرایط عمیق تا حد بسیار بالایی به وسیله تغییر شرایط فرایند سرخ کردن قابل توضیح است. از سوی دیگر، معنی‌دار نبودن آماری ($p > 0.05$) فاکتور فقدان برازش نشان دهنده این است که مدل موجود مدل مناسبی است و نیاز به تغییر مدل برای توضیح تغییرات پارامترهای یاد شده نمی‌باشد. جذب روغن در فرآیند سرخ کردن یک پدیده سطحی مهم است. جایگزینی آب، مرحله سرد کردن و عوامل فعال سطحی سه مکانیسم مهم برای تشریح فرآیند سرخ کردن عمیق هستند. جذب روغن عمدتاً در مرحله سرد کردن روی می‌دهد. هنگامی که آب ماده غذایی تبخیر می‌شود روغن جایگزین آن می‌شود. بنابراین مقدار رطوبت یک فاکتور مهم در تعیین میزان جذب روغن در فرآیند سرخ کردن عمیق است (۷). همانطور که در شکل مشاهده می‌شود (شکل ۲) میزان روغن با افزایش مدت زمان سرخ کردن افزایش می‌یابد زیرا هنگامی که ماده غذایی وارد روغن می‌شود رطوبت به سرعت از ماده غذایی خارج می‌شود (۲۸). بر طبق یافته‌های این پژوهش میزان جذب روغن با افزایش دما روند کاهشی از خود نشان داد (شکل ۲). دلیل این پدیده را این گونه می‌توان تفسیر کرد که در دماهای بالا تغییرات بافتی و تشکیل پوسته سریع‌تر اتفاق می‌افتد که ممکن است پوسته به عنوان یک عامل مانع در برابر خروج رطوبت عمل کند و یا با کاهش تخلخل بافت محصول از جایگزین شدن روغن جلوگیری کند (۳۸). در پژوهش‌های مختلف در ارتباط با تاثیر دما بر محتوای روغن نتایج متفاوتی گزارش شده است. ترونکوزو و پدرسچی (۲۰۰۹) و دوران^۱ و همکاران

(۲۰۰۷) گزارش کردند که با افزایش دمای سرخ کردن محتوای روغن کاهش می‌یابد (۱۸، ۳۸). در حالی که میراندا^۲ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که دمای سرخ کردن اثر معنی‌داری بر محتوای روغن نمونه‌ها ندارد (۲۶). همان طور که ذکر شد تیمار آنزیم بری موجب کاهش جذب روغن شد (شکل ۲) که این موضوع را می‌توان به انسداد یا کاهش مجاری موئینی نسبت داد که موجب مانع خروج رطوبت فرآورده در حال سرخ شدن شده است و در نتیجه آن روغن کمتری جذب شده است. این نتایج مشابه با نتایج مویانو و پدرسچی^۳ (۲۰۰۶) بود (۲۷). همچنین بر اساس بخش دیگر از نتایج پیش تیمار فراصوت موجب کاهش محتوای روغن شد (شکل ۲). در این زمینه امواج فراصوت باعث ایجاد انبساط و انقباض‌های متوالی (اثر اسفنجی) در ماده غذایی می‌شوند. نیروهای درگیر در این مکانیزم فیزیکی بر کشش سطحی که سبب حفظ رطوبت در داخل ماده غذایی می‌شوند، غلبه کرده و با تشکیل کانال‌های ریز میکروسکوپی سبب تسهیل خروج رطوبت از ماده غذایی (از طریق این کانال‌ها) می‌شود. در اثر ایجاد کانال‌ها، ساختار میکروسکوپی ماده غذایی متخلخل تغییر می‌کند و در نهایت سبب کاهش لایه مرزی انتشار و افزایش انتقال جرم می‌شود. انبساط و انقباض‌های متوالی سبب تشکیل حباب (کاویتاسیون^۴) شده و انفجار این حباب‌ها باعث ایجاد فشار موضعی می‌گردد و در نهایت سهولت خروج رطوبت را به همراه خواهد داشت (۳۵). می‌توان کاهش جذب روغن در حین فرایند را به بالا بودن فشار بخار داخل ماده غذایی نسبت داد که از ورود روغن به درون کدو جلوگیری می‌کند. همچنین استفاده از امواج فراصوت در فرایند سرخ کردن از طریق افزایش ضریب انتشار موثر رطوبت و کاهش زمان سرخ کردن، باعث کاهش جذب روغن می‌شود (۲). نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج فرناندز^۵ و همکاران

2-Miranda

3- Moyano and Pedreschi

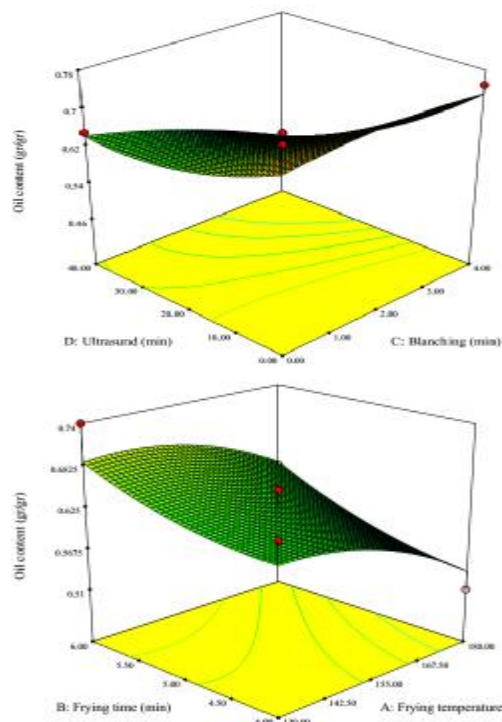
4- Cavitation

5 Fernandes

1-Durán

شده تحت شرایط عمیق دارند. چروکیدگی طی سرخ کردن ارتباط بسیار نزدیکی با میزان تغییرات انتقال جرم دارد؛ به این صورت که با افزایش زمان سرخ کردن با توجه به افزایش خروج رطوبت میزان چروکیدگی بیشتر می شود (۲۳). این نتیجه در تطابق نتایج به دست آمده توسط تایو و بایک^۳ (۲۰۰۷) بود (۳۶). در بررسی تاثیر دما بر میزان چروکیدگی مشاهده شد که دماهای بالای سرخ کردن باعث افزایش چروکیدگی می گردد (شکل ۳)؛ به دلیل اینکه در دماهای بالای سرخ کردن، میزان خروج رطوبت بیشتر از دماهای پایین می باشد. این یافته ها با نتایج حاصل از پژوهش های بایک و میتال^۴ (۲۰۰۵) و ضیایی فر و همکاران (۲۰۱۰) همخوانی داشت (۹، ۳۹). بررسی نتایج نشان می دهد که به طور کلی میزان چروکیدگی با میزان خروج رطوبت ارتباط مستقیم دارد و با کاهش محتوای رطوبت چروکیدگی افزایش می یابد. این نتایج مطابق نتایج به دست آمده توسط یام سانگسونگ و موریرا^۵ (۲۰۰۲) و ضیایی فر و همکاران (۲۰۱۰) بود (۳۸، ۳۹). همانطور که ذکر شد هر عاملی که روی میزان خروج رطوبت موثر باشد، چروکیدگی را تحت الشعاع قرار می دهد (۲۱). کاهش میزان چروکیدگی توسط امواج فراصوت را نیز می توان به شکل گیری کانال های ریز میکروسکوپی و ایجاد حالت اسفنجی که باعث تسهیل خروج رطوبت و آسیب کمتر به لوله های موین می شود نسبت داد که در نتیجه چروکیدگی کاهش می یابد (۱۹). همچنین، تشکیل زود هنگام پوسته ای سفت در اثر خروج سریعتر رطوبت، احتمالاً دلیل دیگر برای توجه کاهش چروکیدگی در استفاده از فراصوت به عنوان پیش تیمار در فرآیند سرخ کردن باشد. همانگونه که در قسمت نتایج رطوبت ذکر شد اعمال پیش تیمار آنزیم بری موجب کاهش خروج رطوبت محصول می شود که در نتیجه آن چروکیدگی در طی فرایند سرخ کردن کاهش می یابد (شکل ۳).

گامبل^۱ و همکاران (۱۹۸۷)، اوچان^۲ و همکاران (۲۰۰۳) و پدرسچی و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت (۲۰، ۲۹، ۳۰).



شکل ۲- نمودارهای رویه سه بعدی برهمکنش متغیرهای مستقل بر میزان روغن نمونه های کدو سرخ شده به روش عمیق ۳-۳- چروکیدگی

نتایج تجزیه آماری اثر دما، زمان، آنزیم بری و فراصوت بر میزان چروکیدگی نمونه های کدو سبز سرخ شده تحت شرایط عمیق در جدول ۲ ارائه شده است. بالا بودن ضریب تعیین (R^2) و معنی دار نبودن پارامتر فقدان برازش مدل پیشگویی تغییرات میزان چروکیدگی تایید کننده بر قابل اطمینان بودن مدل رگرسیونی در توضیح تغییرات فاکتور چروکیدگی کدو سبز سرخ شده به موازات تغییر شرایط فرایند سرخ کردن می باشد. نگاهی به نتایج نشان می دهد که تمامی متغیرها اثر خطی معنی داری ($p \leq 0.05$) بر میزان چروکیدگی کدو سرخ

3-Taiwo & Baik

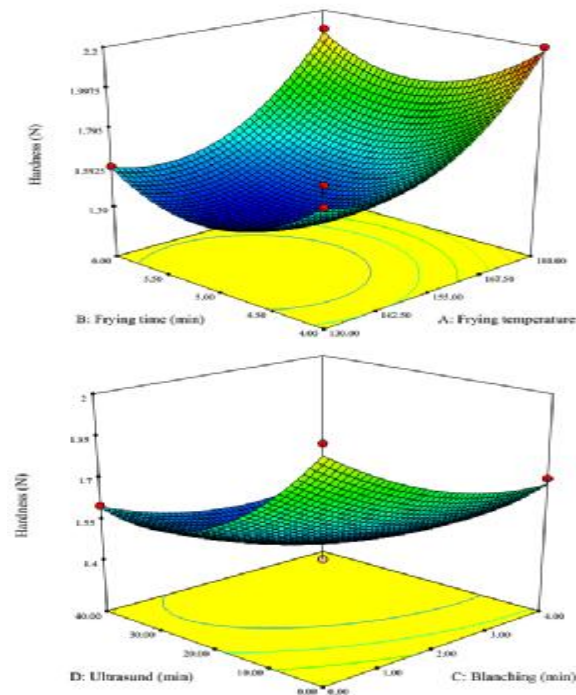
4- Baik & Mittal

5-Yamsaengsung and Moreira

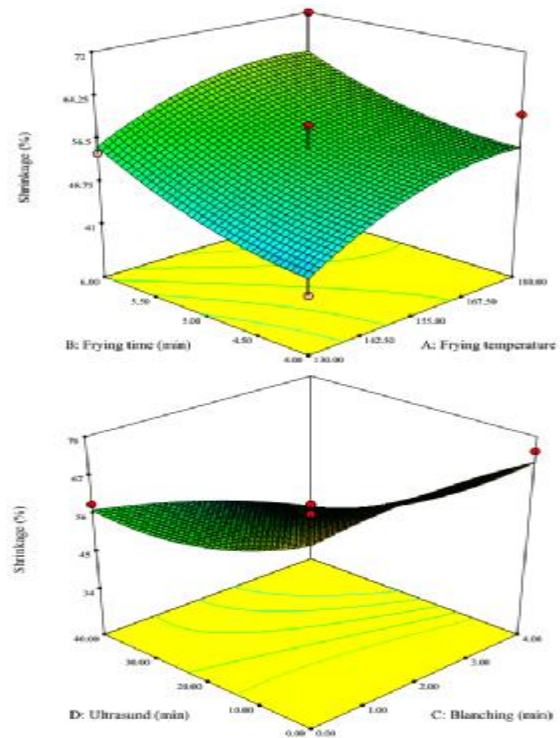
1-Gamble

2-Ouchon

بافت نمونه‌ها افزایش می‌یابد که این امر به دلیل تشکیل پوسته و کاهش میزان رطوبت نمونه‌هاست (۳). نتایج مشابهی توسط محبی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش شده است (۳). همچنین مطابق شکل ۴ با افزایش دمای سرخ کردن میزان سفتی نمونه‌ها افزایش پیدا کرد زیرا هر چه دما بالاتر می‌رود تشکیل پوسته سریعتر اتفاق می‌افتد و بافت سفت‌تر می‌شود که با نتایج گزارش شده توسط راسل^۱ (۲۰۰۱) مطابقت دارد (۳۳). آریاس مندز^۲ و همکاران (۲۰۱۳) نیز اظهار نمودند با افزایش دمای سرخ کردن، می‌توان به بهبود و افزایش سفتی بافت نمونه‌ها کمک کرد (۸). همانطور که در قسمت نتایج مربوط به رطوبت ذکر گردید پیش‌تیمار آنزیم‌بری و فراصوت موجب حفظ رطوبت در محصول گردید که به موجب آن میزان سفتی کاهش پیدا کرد (شکل ۴).



شکل ۴- نمودارهای رویه سه بعدی برهمکنش متغیرهای مستقل بر میزان سفتی نمونه‌های کدو سرخ شده به روش عمیق



شکل ۳- نمودارهای رویه سه بعدی برهمکنش متغیرهای مستقل بر چروکیدگی نمونه‌های کدو سرخ شده به روش عمیق

۳-۴- سختی بافت

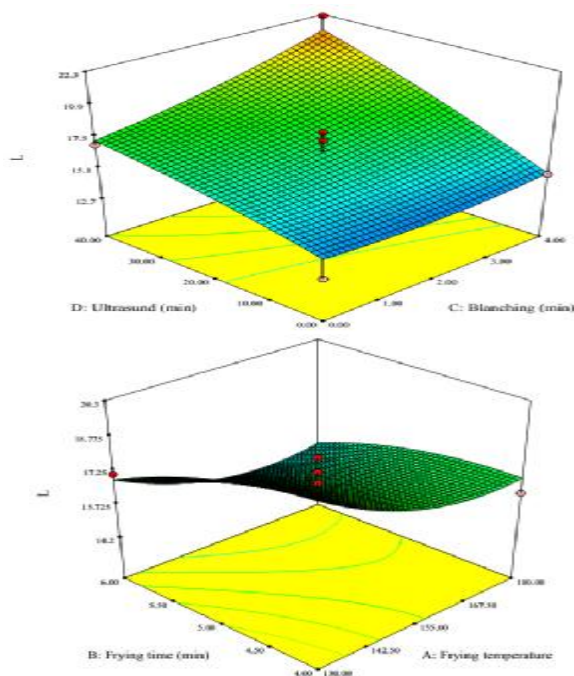
میزان سختی محصول یکی از مهمترین پارامترهای است که از سوی مصرف کننده مورد توجه قرار می‌گیرد. نتایج تجزیه آماری داده‌های حاصل از ارزیابی سفتی تیمارهای مختلف کدو سبز سرخ شده طی فرآیند سرخ کردن عمیق تحت تاثیر پارامترهای دما، زمان، آنزیم‌بری و فراصوت در جدول ۲ ارائه شده است. بالا بودن ضریب تعیین و معنی‌دار نبودن آماری فاکتور فقدان برازش در مورد مدل رگرسیونی (جدول ۲) نشان از صحت پیش‌گویی مدل‌ها دارد. همانطور که در شکل مشخص است (شکل ۴) طی فرایند سرخ کردن سفتی نمونه‌ها تا دقیقه ۵ کاهش یافت که این امر به دلیل از دست دادن بیشتر رطوبت و جذب سریع روغن در دقایق ابتدایی سرخ کردن است که باعث نرم شدن بافت می‌شود اما بعد از دقیقه ۵ سفتی

۳-۵- نتایج تجزیه آماری تیمارهای مختلف بر آزمون

پردازش تصویر

۳-۵-۱- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر فاکتور (L^*)

نتایج تحلیل آماری داده‌های حاصل از ارزیابی فاکتور روشنایی (L^*) تیمارهای مختلف کدو تحت تاثیر پارامترهای دما، زمان، آنزیم‌بری و فراصوت در جدول ۲ ارائه شده است. بالا بودن ضریب تعیین و معنی‌دار نبودن آماری ($p > 0.05$) فاکتور فقدان برازش در مورد مدل رگرسیونی روشنایی نشان از صحت پیش‌گویی مدل‌ها دارد. یافته‌های آماری حکایت از آن دارد که تمامی متغیرهای مستقل زمان، دما، آنزیم‌بری و فراصوت تاثیر خطی معنی‌داری بر فاکتور روشنایی دارند ($p \leq 0.05$). همانگونه که در شکل ۵ مشخص است با افزایش زمان سرخ کردن فاکتور روشنایی کاهش پیدا کرد. کاهش فاکتور روشنایی در نتیجه افزایش زمان در تطابق با نتایج رویز و سوسا-مورالس^۱ (۲۰۰۳) و تان و میتال^۲ (۲۰۰۶) بود (۳۷، ۳۸). همچنین افزایش دمای سرخ کردن منجر به کاهش فاکتور روشنایی شد (شکل ۵). به عبارتی دیگر با افزایش دما و زمان سرخ کردن رنگ نمونه تیره‌تر شدند که اساساً با واکنش مایلارد همبستگی دارد (۱۷). لازم به ذکر است که از لحاظ دیداری افزایش a^* و کاهش L^* منجر به ایجاد رنگ طلایی مطلوب در مواد غذایی سرخ شده می‌شود (۳۴). همانگونه که در نمودارهای سه‌بعدی به وضوح مشخص می‌باشد اعمال پیش‌تیمارهای آنزیم‌بری و فراصوت موجب افزایش فاکتور روشنایی شده است (شکل ۵) که این موضوع می‌تواند به محتوای رطوبت بالاتر این نمونه‌ها نسبت داد. در تطابق با نتایج این پژوهش، محبی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند که پیش‌تیمار مایکروویو با افزایش محتوای رطوبت نمونه‌ها موجب افزایش فاکتور روشنایی خواهد شد (۳).



شکل ۵- نمودارهای رویه سه بعدی برهمکنش متغیرهای مستقل بر میزان روشنایی نمونه‌های کدو سرخ شده به روش عمیق

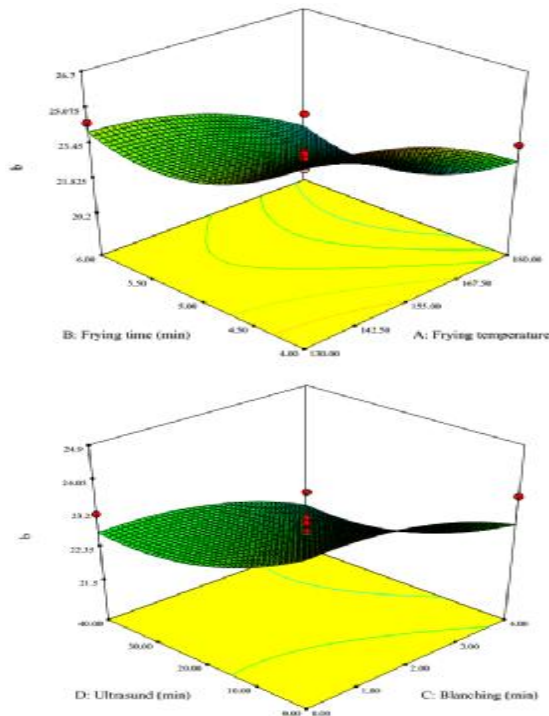
۳-۵-۲- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر فاکتور (a^*)

نتایج حاصل از آنالیز پارامتر قرمزی تیمارهای مختلف کدو سبز در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که همانند سایر پارامترهای مورد بررسی، مدل پیشگویی پارامتر قرمزی دارای ضریب تعیین بالایی می‌باشند و فاکتور عدم برازش آن معنی‌دار نمی‌باشد ($p > 0.05$) که این موارد نشان از صحت این مدل دارد. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن پارامتر a^* افزایش پیدا کرد. در واقع افزایش فاکتور قرمزی یک پدیده نامطلوب در مورد محصولات سرخ کرده است و باعث کاهش بازار پسنندی این محصولات می‌شود. همچنین با افزایش دما، پارامتر a^* نیز روند افزایشی را از خود نشان داد که این افزایش چشمگیر پارامتر a^* طی فرآیند سرخ کردن ناشی از واکنش مایلارد می‌باشد (۲۵، ۱۵). همانطور که مشاهده می‌گردد (شکل ۶)

1- Velez-Ruiz and Sosa-Morales

2- Tan and Mittal

مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن این پارامتر کاهش می‌یابد. با افزایش درجه حرارت نیز این پارامتر کاهش پیدا کرد. به طور کلی طی سرخ کردن با افزایش درجه حرارت سرعت واکنش‌های مایلارد به طور مشخصی افزایش پیدا می‌کند و به عبارتی دیگر به ازای ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش در دمای سرخ کردن سرعت واکنش‌های مایلارد ۲-۳ برابر می‌شود. دوئیک و همکاران (۲۰۱۰) نیز به نتایج مشابهی طی سرخ کردن هویج در حلاء دست یافته‌اند (۱۷). یافته‌ها نشان می‌دهد که اعمال پیش تیمارهای فراصوت و آنزیم‌بری نیز موجب کاهش این پارامتر شد.

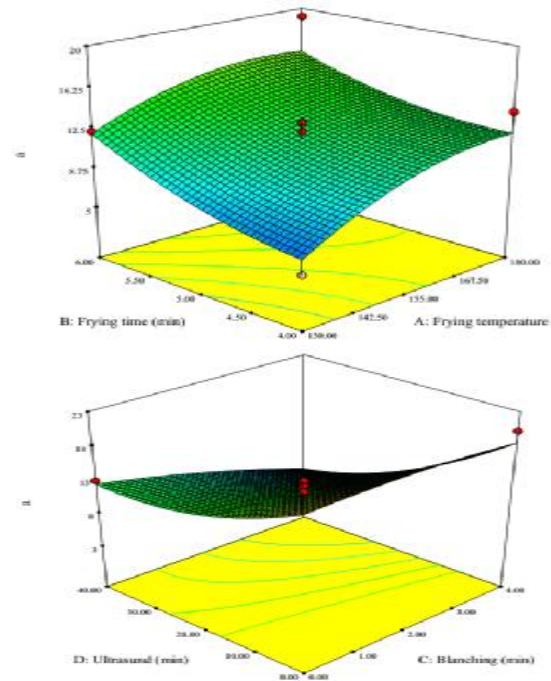


شکل ۷- نمودارهای رویه سه بعدی برهمکنش متغیرهای مستقل بر میزان زردی نمونه‌های کدو سرخ شده به روش عمیق

۳-۶- بهینه‌سازی و تأیید آماری مدل‌های رگرسیونی

به منظور بهینه‌سازی شرایط فرآیند سرخ کردن کدو سبز تحت تأثیر پارامترهای دما، زمان، آنزیم‌بری و فراصوت حد بالا و پایین و مطلوب هر یک از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

پیش تیمار آنزیم‌بری و فراصوت توانسته‌اند به گونه موفقیت‌آمیزی موجب کاهش فاکتور قرمزی شوند.



شکل ۶- نمودارهای رویه سه بعدی برهمکنش متغیرهای مستقل بر میزان قرمزی نمونه‌های کدو سرخ شده به روش عمیق

۳-۵-۳- بررسی اثر پارامترهای مختلف بر فاکتور (b*)

یافته‌های آماری اثر پارامترهای دما، زمان، آنزیم‌بری و فراصوت بر پارامتر رنگی b* در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی پارامترهای ضریب تعیین و فقدان برازش نشان دهنده قابل اعتماد بودن مدل پیشگویی پارامتر رنگی b* دارد. بررسی نتایج نشان می‌دهد که تمامی متغیرهای مستقل اثر خطی معنی‌داری ($p \leq 0.05$) بر این پارامتر دارند. همان طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود با افزایش زمان سرخ کردن پارامتر رنگی b* کاهش پیدا می‌کند. دلیل این امر می‌تواند ناشی از انجام واکنش‌های قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی مایلارد باشد که باعث کاهش رنگ زرد نمونه‌ها شده است. مصرف کنندگان محصولات سرخ شده تمایل دارند این محصولات دارای رنگ زرد و با پوسته طلایی باشند اما همانطور که

آن با نتایج پیشگویی شده توسط مدل‌ها مقایسه گردید (جدول ۳). عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵٪ بین نتایج پیشگویی شده و نتایج به دست آمده از تیمار پیشنهادی، صحت پیشگویی مدل‌ها را به خوبی اثبات نمود.

(پاسخ‌ها) و اهمیت آن‌ها تعیین شد. نتایج حاصل از بهینه‌سازی نشان داد که شرایط بهینه فرآیند سرخ کردن عمیق بدین صورت می‌باشد: دما: ۱۶۳/۱۹ درجه سانتی‌گراد، زمان: ۳/۹۴ دقیقه، آنزیم‌بری: ۴ دقیقه و فراصوت ۴۰ دقیقه. تیمار پیشنهادی با شرایط یکسان همانند سایر تیمارها تولید و نتایج حاصل از

جدول ۳- تائید آماری مدل در پیش‌گویی شرایط بهینه سرخ کردن کدو

p-Value	مقدار بدست		پارامتر
	آمده ^a	بینی شده	
۰/۱۱۲	۰/۸۸±۰/۰۲	۰/۸۹	رطوبت (گرم/گرم ماده خشک)
۰/۲۰۲	۰/۴۶±۰/۰۲	۰/۴۵	روغن (گرم/گرم ماده خشک)
۰/۱۲۳	۳۶/۲۱±۰/۰۵۹	۳۵/۶۵	چروکیدگی (%)
۰/۳۰۶	۱/۸۵±۰/۰۳	۱/۸۷	سفتی (N)
۰/۰۸۹	۲۲/۱۰ ± ۰/۹۱	۲۱/۳۸	فاکتور روشنی
۰/۱۱۰	۳/۸۸±۰/۱۲	۳/۹۶	فاکتور قرمزی
۰/۰۹۱	۲۴/۵۲±۰/۸۵	۲۳/۶۰	فاکتور زردی

a مقادیر بدست آمده میانگین سه تکرار می‌باشد

قرمزی روند افزایشی را در پیش گرفت. اعمال پیش تیمارهای آنزیم‌بری و فراصوت موجب افزایش روشنی نمونه‌ها شد. در پایان شرایط بهینه سرخ کردن با بکارگیری پیش تیمار فراصوت اینگونه تعیین شد: دما: ۱۶۳/۱۹ درجه سانتی‌گراد، زمان: ۳/۹۴ دقیقه، آنزیم‌بری: ۴ دقیقه و فراصوت ۴۰ دقیقه.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش تاثیر متغیرهای مختلف زمان، دما، آنزیم‌بری و فراصوت بر ویژگی‌های کیفی کدو سبز سرخ شده تحت شرایط فرآیند عمیق سرخ کردن مورد بررسی قرار گرفت. با افزایش زمان سرخ کردن میزان رطوبت کاهش که در نتیجه آن جذب روغن افزایش پیدا کرد. نتایج نشان داد که می‌توان با به بکارگیری پیش تیمار فراصوت و آنزیم‌بری با جلوگیری از خروج رطوبت میزان جذب روغن نمونه‌ها را کاهش داد. با افزایش زمان و دمای سرخ کردن میزان چروکیدگی افزایش پیدا کرد که پیش تیمارهای آنزیم‌بری و فراصوت در زمینه کاهش میزان چروکیدگی نیز موثر واقع شدند. سفتی بافت نمونه با افزایش زمان سرخ کردن رفتار دو گانه از خود نشان داد و در دماهای میانی سرخ کردن کمترین سفتی بافت مشاهده شد در حالی که افزایش دما همواره موجب افزایش سفتی شد. در طی فرایند سرخ کردن پارامترهای رنگی روشنایی و زردی روند کاهشی داشتند در حالی که پارامتر

۵- منابع

۱. حسنی بایگی، ن.، شرایعی، پ. و جلالی، ح. ۱۳۹۵. تاثیر آنزیم‌بری به همراه امواج فراصوت و آنزیم آسپارژیناز بر کاهش میزان آکریل آمید سیب زمینی سرخ شده. نوآوری در علوم و فناوری غذایی، جلد ۸، شماره ۳، ۱۱۵-۱۲۷.
۲. بیدلی، ن.، مهدی‌نیا، ع.، بصیری، ش.، معرفی مناسب‌ترین روش خشک‌کردن و بسته‌بندی آلو با استفاده از ارقام موجود در استان خراسان. ۱۳۹۳.

- infrared dry-blanching as pretreatment. *Food Chemistry*, 132(2):686-692.
11. Bravo, J., Sanjuán, N., Ruales, J. and Mulet, A. 2009. Modeling the dehydration of apple slices by deep fat frying. *Drying Technology*, 27(6): 782-786.
 12. Budžaki, S. and Šeruga, B. 2005. Moisture loss and oil uptake during deep fat frying of "Kroštula" dough. *European Food Research and Technology*, 220(1): 90-95.
 13. Califano, A. N. and Calvelo, A. 1988. Adjustment of surface concentration of reducing sugars before frying of potato strips. *Journal of Food Processing and Preservation*, 12(1): 1-9.
 14. Chen, C. L., Li, P. Y., Hu, W. H., Lan, M. H., Chen, M. J. and Chen, H. H. 2008. Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC. *Food Hydrocolloids*, 22(7): 1337-1344.
 15. de Souza Silva, K., Caetano, L. C., Garcia, C. C., Romero, J. T., Santos, A. B. and Mauro, M. A. 2011. Osmotic dehydration process for low temperature blanched pumpkin. *Journal of Food Engineering*, 105(1): 56-64.
 16. Durán, M., Pedreschi, F., Moyano, P. and Troncoso, E. 2007. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of food Engineering*, 81(1): 257-265.
 17. Fernandes, F. A., Gallão, M. I. and Rodrigues, S. 2009. Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration. *Journal of Food Engineering*, 90(2): 186-190.
 18. Gamble, M. H., Rice, P. and Selman, J. D. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from cv Record UK tubers. *International Journal of Food Science & Technology*, 22(3): 233-241.
 19. Garcia, M. A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M. and Zaritzky, N. 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(4): 391-397.
- گزارش نهایی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.
۳. محبی، م، حسن پور، ن. و شکرالهی، ب. ۱۳۹۴. ارزیابی تاثیر پیش تیمار مایکروویو و دمای سرخ کردن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی کدوی سرخ شده به روش عمیق. *مجله علوم و صنایع غذایی*، جلد ۱۲، شماره ۴۷، ۸۵-۷۵.
 ۴. دهقان نیا، ج، رزاق پور، ا و قنبرزاده، ب. ۱۳۹۷. تاثیر امواج فراصوت و آنزیم بری روی چروکیدگی قطعات سیب زمینی طی سرخ کردن. *نشریه علوم و صنایع غذایی*، جلد ۱۵، شماره ۷۵، ۲۹۱-۳۰۲.
 5. Abtahi, M. S., Hosseini, H., Fadavi, A., Mirzaei, H. and Rahbari, M. 2016. The optimization of the deep-fat frying process of coated zucchini pieces by response surface methodology. *Journal of Culinary Science & Technology*, 14(2): 176-189.
 6. Adedeji, A. A., Ngadi, M. O. and Raghavan, G. S. V. 2009. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of food Engineering*, 91(1): 146-153.
 7. Akdeniz, N., Sahin, S. and Sumnu, G. 2006. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering*, 75(4): 522-526.
 8. Arias-Mendez, A., Warming, A., K.Datta, A. and Balsa-Canto, E. 2013. Quality and safety driven optimal operation of deep-fat frying of potato chips. *Journal of Food Engineering*, 119: 125-134.
 9. Baik, O. D. and Mittal, G. S. 2005. Heat and moisture transfer and shrinkage simulation of deep-fat tofu frying. *Food Research International*, 38(2):183-191.
 10. Bingol, G., Zhang, A., Pan, Z. and McHugh, T. H. 2012. Producing lower-calorie deep fat fried French fries using

29. Rimac-Brnčić, S., Lelas, V., Rade, D. and Šimundić, B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 64(2): 237-241.
30. Rossell, B. J. 2001. Factors affecting the quality of frying oils and fats: Improving quality. Cambridge, UK: CRC Press. pp. 115-336.
31. Salvador, A., Sanz, T. and Fiszman, S. M. 2008. Performance of methyl cellulose in coating batters for fried products. *Food Hydrocolloids*, 22(6): 1062-1067.
32. Shamaei, S., EMAM-DJOMEH, Z. A. H. R. A. and Moini, S. 2012. Ultrasound-assisted osmotic dehydration of cranberries: effect of finish drying methods and ultrasonic frequency on textural properties. *Journal of Texture Studies*, 43(2): 133-141.
33. Taiwo, K. A. and Baik, O. D. 2007. Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural properties of fried sweet potatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 40(4): 661-668.
34. Tan, K. J., and Mittal, G. S. 2006. Physicochemical properties changes of donuts during vacuum frying. *International Journal of Food Properties*, 9(1): 85-98.
35. Troncoso, E. and Pedreschi, F. 2009. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6): 1164-1173.
36. Vélez-Ruiz, J. F. and Sosa-Morales, M. E. 2003. Evaluation of physical properties of dough of donuts during deep-fat frying at different temperatures. *International Journal of Food Properties*, 6(2): 341-353.
37. Yamsaengsung, R. and Moreira, R. G. 2002. Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying: Part I: Model development. *Journal of food engineering*, 53(1): 1-10.
20. Guallar- Castellón, P., Rodríguez-Artalejo, F., Fornés, N. S., Banegas, J. R., Etxezarreta, P. A., adults from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition—. *The American journal of clinical nutrition*, 86(1): 198-205.
21. Kawas, M. L. and Moreira, R. G. 2001. Characterization of product quality attributes of tortilla Ardanaz, E. et al. 2007. Intake of fried foods is associated with obesity in the cohort of Spanish chips during the frying process. *Journal of Food Engineering*, 47(2): 97-107.
22. Kennedy, E. T., Bowman, S. A. and Powell, R. 1999. Dietary-fat intake in the US population. *Journal of the American College of Nutrition*, 18(3): 207-212.
23. Krokida, M. K., Oreopoulou, V. and Maroulis, Z. B. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44(1): 39-46.
24. Moyano, P. C. and Pedreschi, F. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices:: Effect of pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3): 285-291.
25. Ngadi, M. O., Wang, Y., Adedeji, A. A. and Raghavan, G. S. V. 2009. Effect of microwave pretreatment on mass transfer during deep-fat frying of chicken nugget. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1): 438-440.
26. Ouchon, P. B., Aguilera, J. M. and Pyle, D. L. 2003. Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food science*, 68(9): 2711-2716.
27. Pedreschi, F., Travisany, X., Reyes, C., Troncoso, E. and Pedreschi, R. 2009. Kinetics of extraction of reducing sugar during blanching of potato slices. *Journal of Food Engineering*, 91(3): 443-447.
28. Pinthus, E. J., Weinberg, P. and Saguy, I. S. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. *Journal of Food science*, 58(1): 204-205.29.

38. Ziaiiifar, A. M., Courtois, F. and Trystram, G. 2010. Porosity development and its effect on oil uptake during the frying process. *Journal of Food Process Engineering*, 33(2):191-212.

(Original Research Paper)
**Evaluation of Ultrasound and Blanching Pretreatment on
Physicochemical Properties of Deep Fat Fried Zucchini**

Aysan Ali pour¹, Narmela Asefi^{2*}

1- MSc Student of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received:27/11/2018

Accepted:05/03/2019

Abstract

Deep-fat fried foods have great popularity owing to their desirable sensory properties. However, negative impressions toward fried foods have been created due to their high fat absorption. Pretreatments such as thermal blanching or ultrasonication could aid the production of fried foods with less fat and desirable quality attributes. The present study was therefore aimed at exploring the effects of blanching (0-4 min) and ultrasonication (0-40 min) pretreatments on the moisture, oil absorption, shrinkage, hardness and color parameters of zucchini fried at different temperatures (130-180 °C) for different times (4-6 min) using response surface methodology. The results of the statistical analysis revealed that as the frying process prolonged, moisture content decreased and fat absorption increased. However, higher process temperature led to both lower moisture content and fat absorption. It was observed that the blanching and Ultrasonication pretreatments both resulted in lower fat absorption due possibly to their decreasing effect on the moisture loss during frying. As expected, while frying at a higher temperature and longer duration caused greater shrinkage, the pretreatments affected it conversely. Hardness had a U-shaped relationship with frying duration, i.e. the softest texture was obtained at the middle levels of frying time. However, frying temperature steadily increased product hardness. As well, the blanching and ultrasonication pretreatments were accompanied by decreased in hardness. The results showed that while an increase in temperature and duration of the frying process was concomitant with the lower lightness of the sample, the pretreated samples experienced a lower decrease in these color parameters. In conclusion, the optimum frying condition was found to be blanching for 3.94 min, ultrasonication for 40 min, the frying temperature of 163.19 °C and a frying time of 4 min.

Keywords: Deep-fat frying, Blanching, Ultrasonication, Zucchini, RSM

*Corresponding Author: n.asefi@iaut.ac.ir