

اثر پوشش مالتودکستریز بر خواص خلال سیب زمینی سرخ شده با استفاده از روش سطح پاسخ

مریم خضری پورعرب^۱، محمد حجتی^{۲*}، وحید سمواتی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۷)

چکیده

استفاده از پوشش‌های خوراکی روش مناسبی برای کاهش مقدار روغن جذب شده در مواد غذایی است. در این پژوهش اثر مالتودکستریز به عنوان یک پوشش دهنده در سه غلظت (۱، ۳ و ۵ درصد) و همچنین زمان غوطه‌وری در محلول پوشش دهنده (۲ و ۴ دقیقه)، دمای سرخ کردن (۱۷۰، ۱۸۰ و ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان سرخ کردن (۵، ۶ و ۷ دقیقه) بر میزان رطوبت، کاهش جذب روغن، رنگ، سختی و ویژگی‌های حسی خلال‌های سیب زمینی سرخ شده با استفاده از روش سطح پاسخ بررسی شد. یافته‌ها نشان داد که اثر متغیرهای مورد بررسی بر میزان رطوبت، پارامترهای رنگی، سختی و میزان چربی خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده معنی دار ($p < 0/01$) بود. با افزایش دما و زمان سرخ کردن محتوی رطوبت کاهش ولی میزان جذب روغن و سختی افزایش یافت. نتایج نشان داد که خلال‌های سیب زمینی سرخ شده‌ای که با مالتودکستریز پوشش داده شده بودند از میزان روغن کمتری برخوردار بودند بطوریکه استفاده از پوشش مالتودکستریز، میزان روغن را تا ۱/۹۳ درصد کاهش داد. خلال‌های پوشش داده شده با مالتودکستریز (محلول ۵٪ و ۲ دقیقه غوطه‌وری) که در ۱۷۰ درجه به مدت ۶ دقیقه سرخ شده بودند کمترین مقدار روغن (۱۹/۹٪) را داشتند. همچنین، ویژگی‌های رنگی و حسی خلال‌های سیب زمینی سرخ شده پوشش داده شده با مالتودکستریز تفاوتی با خلال‌های بدون پوشش نداشتند. بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان مالتودکستریز را به عنوان یک ماده پوشش دهنده ارزان قیمت و مناسب جهت کاهش روغن خلال سیب زمینی سرخ شده در نظر گرفت.

کلید واژگان: سرخ کردن عمیق، خلال سیب‌زمینی، هیدروکلوئید، جذب روغن

* مسئول مکاتبات: hojjati@ramin.ac.ir

۱- مقدمه

پلیمری بلند زنجیر، به خصوص مشتقات سلولزی ژله‌ای تشکیل می‌دهند که می‌توانند در سرخ کردن برای کاهش جذب چربی استفاده شوند [۹]. امین‌لاری و همکاران (۲۰۰۵) از پوشش پروتئینی سدیم کازئینات، کنسانتره پروتئین آب پنیر و پروتئین سفیده تخم‌مرغ جهت پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی استفاده کرده و کاهش ۱۲ تا ۱۴/۵ درصدی جذب روغن را در خلال‌های سرخ شده مشاهده نمودند [۱۰]. سینگ تانگ و تانگ کاو (۲۰۰۹) با استفاده از پیش‌تیمار آنزیم‌بری و پوشش‌های خوراکی کلسیم کلرید، آلژینات و پکتین، تا میزان ۳۸ درصد جذب روغن در چیپس‌های موز سرخ شده را کاهش دادند [۱۱]. هیو و همکاران (۲۰۱۵) با پوشش تهیه شده از ۱ درصد پکتین و غلظت ۰/۰۵ مولار کلسیم کلرید، میزان جذب چربی را در حدود ۳۰ درصد در سیب‌زمینی سرخ شده کاهش دادند [۱۲]. علیزاده زیناب و همکاران (۱۳۹۲) تاثیر آنزیم‌بری و هیدروکلوئیدهای پکتین و کربوکسی متیل سلولز را در کاهش جذب روغن در قطعات سیب زمینی سرخ شده بررسی و مشاهده کردند که تلفیق پیش‌تیمار آنزیم‌بری و پوشش‌دهی باعث کاهش بیشتری در جذب روغن شد [۱۳]. طی چند دهه اخیر مالتودکسترین به دلیل ظرفیت ایجاد احساس دهانی شبیه به چربی و میزان انرژی کمتر به عنوان یکی از جایگزین‌های چربی در صنعت غذا مطرح شده است [۱۴]. با توجه به ضرورت تولید محصولات کم چرب به منظور حفظ و ارتقاء سطح سلامت جامعه و جلب رضایت مصرف‌کنندگان و تولید کالری کمتر، در این پژوهش اثر پوشش خوراکی تشکیل شده از مالتودکسترین بر کاهش میزان جذب روغن و کیفیت خلال سیب زمینی سرخ شده بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه مواد پژوهش

سیب‌زمینی‌ها (واریته آگریا) از بازار شهر اهواز خریداری و تا شروع آزمایشات در سردخانه با دمای ۸-۶ درجه سانتی‌گراد و در تاریکی نگهداری شدند. از روغن مخصوص سرخ‌کردنی بهار (ترکیبات این روغن شامل روغن آفتابگردان، سویا، پالم اولئین، کانولا) ساخت ایران استفاده شد. مالتودکسترین با معادل دکستروز ۴۰ از شرکت سپاهان اصفهان تهیه گردید.

در سال‌های اخیر با گسترش زندگی صنعتی، مصرف غذاهای آماده و سرخ شده، افزایش چشمگیری یافته است. غذاهای سرخ شده سرشار از روغن بوده که عامل بروز مشکلاتی نظیر چاقی، بیماری‌های قلبی، دیابت و سرطان می‌باشند. با توجه به نگرانی‌های موجود نسبت به ابتلا به بیماری‌های قلبی و عروقی در اثر مصرف محصولات با محتوای روغن بالا، کاهش جذب روغن محصولات سرخ شده مورد توجه می‌باشد. سیب‌زمینی سرخ شده در میان اسنک‌ها (غذاهای میان وعده) سهم بازار قابل توجهی در بین مصرف‌کنندگان به ویژه جوانان به خود اختصاص داده است [۱۵]. سرخ کردن عمیق در روغن^۱ یک فرایند پخت خشک است که بطور اساسی شامل غوطه‌ور کردن عمیق قطعات و تکه‌های ماده غذایی در روغن گیاهی داغ می‌باشد [۳] و برای تهیه غذاهای خوش‌طعم که دارای بخش داخلی نرم و مرطوب همراه با پوسته ترد و شکننده هستند استفاده می‌شود [۴]. جهت کاهش جذب روغن و بهبود بخشیدن به خصوصیات کیفی و فیزیکی سیب‌زمینی‌های سرخ شده از پیش تیمارهایی مانند آنزیم‌بری، خشک کردن، آبگیری اسمزی، میکروویو، امواج فراصوت و پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شود [۵]. طی پیش‌تیمار آنزیم‌بری که به منظور بهبود رنگ، بافت و کاهش جذب روغن در خلال‌های سیب‌زمینی به کار برده می‌شود، نشاسته سطحی ژلاتینه شده و این پدیده موجب صاف شدن سطح و پرشدن منافذ درون سلولی ناشی از انبساط سلولی می‌گردد، بنابراین میزان جذب روغن در فرآیند سرخ کردن کاهش می‌یابد [۶]. استفاده از پوشش قبل از سرخ کردن لایه‌ای یک شکل و یکنواخت را در اطراف سیب‌زمینی ایجاد می‌کند و باعث می‌شود که محصولات سرخ شده تردی خود را با ممانعت از انتقال رطوبت از داخل ماده غذایی به پوسته و یا جذب رطوبت از محیط به داخل پوسته حفظ کنند، علاوه بر این عطر و طعم ماده غذایی بهبود می‌یابد [۷] و [۸]. تمایل به استفاده از هیدروکلوئیدها به عنوان پوشش دهنده به دلیل خصوصیت ممانعت‌کنندگی مناسب در برابر اکسیژن، دی اکسید کربن و چربی‌ها بیشتر است. بسیاری از هیدروکلوئیدهای

1. Deep Fat Frying

اعداد سه رقمی کدگذاری شدند و در شرایط یکسان در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند [۱۶].

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

آنالیز آماری نمونه‌ها با استفاده از روش سطح پاسخ و با نرم افزار Design Expert (version 9) انجام گرفت. از طرح باکس بنکن (BBD^2) با ۴ متغیر در ۳ سطح و ۵ تکرار در نقطه‌ی مرکزی استفاده گردید. با کاربرد آنالیز رگرسیون شاخص‌های اندازه‌گیری شده در قالب یک چند جمله‌ای درجه دوم بر طبق معادله زیر مدل‌سازی شدند:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{44} X_4^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{14} X_1 X_4 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{24} X_2 X_4 + \beta_{34} X_3 X_4$$

که در آن Y پاسخ‌های مختلف و β_0 ضرایب ثابت مدل‌ها است. $(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}, \beta_{44}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}, \beta_{23}, \beta_{24}, \beta_{34})$ به ترتیب نشان دهنده اثر خطی، درجه دوم و برهمکنش مدل پیشنهادی به وسیله آنالیز چندگانه رگرسیون می‌باشد. (X_1) : دمای سرخ کردن، (X_2) : زمان سرخ کردن، (X_3) : غلظت پوشش و (X_4) : زمان غوطه‌وری (متغیرهای مستقل می‌باشند).

آنالیز داده‌های حاصل از ارزیابی حسی توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ و آزمون دانکن انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی اثر متغیرهای مورد آزمایش

نتایج حاصل از تاثیر زمان آنزیم‌بری، دمای سرخ کردن، زمان سرخ کردن، غلظت محلول پوشش دهنده و زمان غوطه‌وری خلال‌ها در محلول جهت پوشش‌دهی بر خصوصیات موردنظر خلال‌های سیب‌زمینی در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به این جدول نمونه بدون پوشش که در دمای $180^\circ C$ به مدت ۷ دقیقه سرخ شده، کمترین میزان رطوبت (۵۱/۹۹٪)، کمترین شدت روشنایی (۴۲/۵۱) و بیشترین میزان چربی (۳۸/۶۴٪) را نشان داد. نمونه پوشش داده شده در محلول ۳٪ به مدت ۲ دقیقه

۲-۲- روش آماده‌سازی نمونه‌ها و پوشش‌دهی

خلال‌های سیب زمینی با ابعاد $6 \times 1 \times 1$ توسط دستگاه برش نایسر دایسر مدل ۲۰۱۴ ساخت کشور چین تهیه گردیده و جهت آنزیم‌بری در آب $85^\circ C$ به مدت $3/5$ دقیقه غوطه‌ور شدند و پس از خنک شدن در دمای محیط به منظور پوشش‌دهی در محلول‌های ۱، ۳ و ۵ درصد مالتودکسترین به مدت ۲ و ۴ دقیقه غوطه‌ور شده و در $3^\circ C$ (دمای $170^\circ C$ ، $180^\circ C$ و $190^\circ C$) و ۳ زمان (۵، ۶ و ۷ دقیقه) سرخ شدند (سرخ‌کن خانگی دلونگی، ساخت ایتالیا).

۲-۳- اندازه‌گیری میزان رطوبت

جهت اندازه‌گیری محتوای رطوبت، نمونه‌ها در آون با دمای $105^\circ C$ تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند [۱۵].

۲-۴- اندازه‌گیری میزان روغن جذب شده

میزان روغن جذب شده توسط روش سوکسله و با استفاده از حلال پترولیوم اتر (مرک آلمان) تعیین شد [۱۵].

۲-۵- ارزیابی رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ سنج (Konica Minolta مدل CR-400) ساخت کشور ژاپن اندازه‌گیری شد. جهت بیان میزان رنگ از پارامترهای هانتر برحسب سفیدی-سیاهی (L) lightness، قرمزی-سبزی (a^* redness) و زردی-آبی (b) yellowness استفاده شد.

۲-۶- ارزیابی بافت

سختی بافت خلال‌های سیب‌زمینی با آزمون برش توسط دستگاه بافت سنج (مدل TA-XT-plus) ساخت کشور انگلستان و پروب A/WEG مخصوص خلال سیب‌زمینی سرخ شده به قطر 0.2 میلی‌متر با سرعت حرکت پروب 10 میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد و حداکثر مقاومت به نفوذ در بافت (F_{max}) اندازه‌گیری گردید.

۲-۷- ارزیابی حسی

برخی ویژگی‌های حسی خلال سیب‌زمینی سرخ شده شامل رنگ، شکل ظاهر، بافت، بو، طعم و پذیرش کلی در چهارچوب آزمون هدونیک ۱۱ نقطه‌ای توسط ۱۰ ارزیاب زن آموزش دیده در محدوده سنی ۲۸-۲۰ سال ارزیابی شد. نمونه‌ها بطور تصادفی با

میزان سختی بافت (۰/۴۸ گرم) را داشت. نمونه پوشش داده شده در محلول ۵٪ به مدت ۲ دقیقه و آماده شده در دمای C ۱۷۰° به مدت ۶ دقیقه، کمترین میزان جذب چربی (۱۹/۹٪) را نشان داد.

و سپس سرخ شده در دمای C ۱۷۰° به مدت ۵ دقیقه، بیشترین میزان رطوبت (۷۱/۹۸٪)، بیشترین شدت روشنایی (۵۷/۸۶)، میزان قرمزی (۲/۹۷-)، کمترین شدت زردی (۱۶/۱۵) و کمترین

جدول ۱ تیمارهای تصادفی آزمایش (پوشش مالتودکسترین) بر اساس متغیرهای مستقل در طرح باکس بنکن

ردیف	دمای سرخ کردن (درجه سانتی‌گراد)	زمان سرخ کردن (دقیقه)	غلظت محلول (درصد)	زمان غوطه‌وری (دقیقه)	رطوبت (درصد)	L*	a*	b*	سختی (گرم)	چربی (درصد)
۱	۱۷۰	۶	۵	۲	۶۴/۷۶	۵۲/۸۷	-۲/۰۳	۲۰/۵۶	۰/۵۵	۱۹/۹
۲	۱۸۰	۶	۳	۲	۶۱/۹۲	۵۳/۲۷	-۱/۵۹	۲۱/۶۲	۰/۶	۲۱/۱۷
۳	۱۹۰	۶	۵	۲	۵۹/۴۳	۴۹/۴۳	-۰/۹۷	۲۳/۱۷	۰/۶۹	۲۳/۷۵
۴	۱۸۰	۵	۳	۰	۶۸/۸۹	۵۴/۷	-۲/۱۹	۱۸/۱۹	۰/۵۲	۲۳/۹۴
۵	۱۷۰	۶	۳	۴	۶۶/۱۳	۵۳/۰۵	-۲/۲۵	۱۹/۳	۰/۵۳	۲۰/۹۳
۶	۱۷۰	۷	۳	۲	۵۷/۶۵	۵۰/۳۶	۰/۹۵	۲۳/۲۷	۰/۶۶	۲۱/۴۶
۷	۱۹۰	۷	۳	۲	۵۲/۷۶	۴۳/۰۶	۲/۱۴	۲۸/۵۵	۰/۹۲	۲۶/۰۵
۸	۱۷۰	۶	۳	۰	۶۱/۲۱	۵۰/۶۷	-۱/۴۹	۲۲/۵۴	۰/۵۸	۳۴/۲۷
۹	۱۸۰	۶	۳	۲	۶۱/۳۸	۵۴/۵۹	-۱/۴۸	۲۲/۸۷	۰/۶۲	۲۱/۶۹
۱۰	۱۸۰	۶	۱	۰	۵۸/۵۸	۴۷/۳۲	-۰/۹۳	۲۴/۶۵	۰/۶۴	۳۵/۷۹
۱۱	۱۸۰	۷	۵	۲	۵۶/۶۵	۴۸/۹۷	۱/۱۹	۲۳/۵۸	۰/۷۵	۲۲/۴
۱۲	۱۸۰	۶	۳	۲	۶۱/۷۴	۵۳/۷۷	-۱/۳۴	۲۱/۴۲	۰/۶۱	۲۲/۱
۱۳	۱۸۰	۵	۳	۴	۶۸/۳۲	۵۵/۶۹	-۲/۷۳	۱۶/۱۹	۰/۴۹	۲۵/۶۱
۱۴	۱۹۰	۶	۱	۲	۵۷/۵۳	۴۷/۷۹	-۰/۰۳	۲۵/۲۲	۰/۷۳	۲۴/۰۶
۱۵	۱۸۰	۶	۵	۰	۵۹/۹۴	۴۸/۵۶	-۱/۱۵	۲۳/۴۷	۰/۶۳	۳۵/۱۸
۱۶	۱۸۰	۷	۱	۲	۵۳/۵۴	۴۵/۹۱	۱/۵۷	۲۵/۵	۰/۷۸	۲۵/۹
۱۷	۱۸۰	۷	۳	۴	۵۷/۷۶	۴۹/۳۴	۱/۱۳	۲۲/۴۷	۰/۷۴	۲۱/۴۳
۱۸	۱۷۰	۵	۳	۲	۷۱/۹۸	۵۷/۸۶	-۲/۹۷	۱۶/۱۵	۰/۴۸	۲۱/۱۵
۱۹	۱۸۰	۵	۵	۲	۶۸/۹۴	۵۶/۰۲	-۲/۶	۱۶/۶۵	۰/۵	۲۱/۰۲
۲۰	۱۸۰	۷	۳	۰	۵۱/۹۹	۴۲/۵۱	۱/۷۸	۲۶/۴۵	۰/۸	۳۸/۶۴
۲۱	۱۸۰	۶	۱	۴	۶۱/۲۱	۴۹/۴۴	-۱/۵	۲۲/۱۳	۰/۶۲	۲۴/۳۸
۲۲	۱۸۰	۶	۵	۴	۶۳/۹۱	۵۲/۵۸	-۱/۶۸	۱۹/۳۸	۰/۵۷	۲۰/۷۷
۲۳	۱۸۰	۵	۱	۲	۶۹/۰۱	۵۴/۷۹	-۲/۲۶	۱۸/۳۵	۰/۵	۲۴/۰۷
۲۴	۱۹۰	۶	۳	۰	۵۷/۱۶	۴۵/۲۲	۰/۰۹	۲۶/۸۷	۰/۷۵	۳۷/۰۹
۲۵	۱۷۰	۶	۱	۲	۶۳/۰۵	۵۱/۹۷	-۱/۶۱	۲۱/۲۳	۰/۵۶	۲۱/۶۹
۲۶	۱۹۰	۶	۳	۴	۶۰/۲۱	۴۹/۴۳	-۱/۰۵	۲۲/۸۴	۰/۶۷	۲۳/۹۸
۲۷	۱۸۰	۶	۳	۲	۶۱/۸۹	۵۲/۹۵	-۱/۴۲	۲۱/۷۲	۰/۶۲	۲۳/۲
۲۸	۱۸۰	۶	۳	۲	۶۰/۸۳	۵۳/۸۴	-۱/۳۲	۲۱/۱۷	۰/۶۲	۲۲/۵۷
۲۹	۱۹۰	۵	۳	۲	۶۶/۹۲	۵۴/۹۲	-۲/۰۸	۱۸/۲۴	۰/۵	۲۲/۴۹

۳-۲- آنالیز واریانس مدل سطح پاسخ و بررسی

کارآمدی مدل

مقادیر عددی تعیین کننده در پذیرش یا رد فرض آماری مورد نظر به وسیله P-Value مشخص می‌شود. مهم‌ترین قسمت در جدول تحلیل آماری در بخش آنالیز واریانس، پارامتری به نام آزمون ضعف برازش Lack of Fit می‌باشد. این پارامتر نشان دهنده مناسب بودن یا نامناسب بودن مدل می‌باشد. ضریب تبیین

R^2 به عنوان نسبت تغییرات توصیف شده توسط مدل به تغییرات کل بیان می‌شود که معیاری از درجه تناسب برازش می-باشد. برای یک مدل با برازش خوب، مقدار R^2 بایستی حداقل ۰/۸ باشد. همچنین ضریب تغییرات (CV) نیز بیانگر خطاها در انجام آزمایشات است و هر چه این عدد پایین‌تر باشد دقت و تکرارپذیری آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۲ ضرایب رگرسیون مدل‌های چند جمله‌ای برای پاسخ‌های مختلف پوشش مالتودکسترین

پارامتر	رطوبت	*L	*a	*b	سختی	چربی
مدل						
۰β	**۶۱/۵۵	**۵۳/۶۸	**۱/۴۳	**۲۱/۷۶	**۰/۶۲	**۲۲/۱۵
اثر خطی						
۱β	**۲/۵۶	**۲/۲۴	**۰/۶۳	**۱/۸۲	**۰/۰۷	**۱/۵
۲β	**۶/۹۸	**۴/۴۹	**۱/۹۷	**۳/۸۴	**۰/۱۴	**۰/۶۳
۳β	**۰/۸۹	**۰/۹۳	**۰/۲۱	**۰/۸۶	**۰/۰۱	**۰/۰۷
۴β	**۱/۶۵	**۱/۷۱	**۰/۳۵	**۱/۶۶	**۰/۰۲	**۶/۴۸
اثر متقابل						
۱۲β	ns	**۱/۰۹-	ns	*۰/۸	**۰/۰۵	*۰/۸۱
۳β1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
۴β1	**۰/۴۷	ns	ns	ns	ns	ns
۲۳β	**۰/۸	ns	ns	ns	ns	ns
۱۴β	**۱/۵۹	**۱/۴۶	ns	ns	ns	**۲/۲۲
۳۴β	ns	ns	ns	ns	ns	ns
اثر درجه دوم						
۱۱β	ns	**۱/۵۳	*۰/۱۶	**۰/۷۴	*۰/۰۱	ns
۲۲β	**۰/۷۱	**۰/۵۹	**۰/۸۲	**۱/۰۵	**۰/۰۱	**۰/۸۷
۳۳β	ns	**۱/۶۵	ns	ns	ns	ns
۴۴β	*۰/۴۳	**۲/۵۵	ns	ns	ns	**۶/۸۵
F value(Model)	۳۱۳/۴۷	۸۹/۹۴	۱۸۴/۱۹	۶۲/۹۹	۱۳۵/۳۰	۱۲۷/۹
P value(Model)	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
Lack of Fit	ns۰/۷	ns۰/۶۱	ns۰/۱۶	ns۰/۷۵	ns۰/۲۹	ns۰/۶۸
۲R	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹
C.V	۰/۶۶	۱/۱۶	۱۷/۳۷	۲/۵۷	۲/۰۶	۲/۷۹

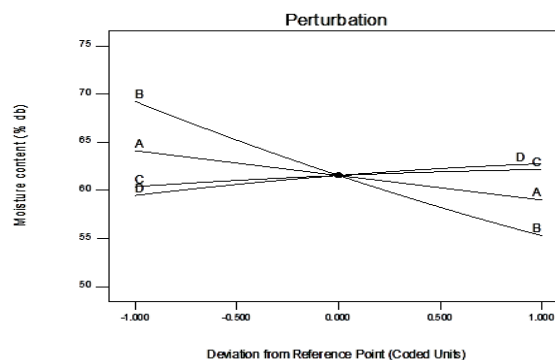
ns: در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نیست. *: در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است. **: در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است.

۳-۴- بررسی رنگ خلال‌های سرخ شده

یکی از مهم‌ترین فاکتورهای پذیرش فرآورده‌های سرخ شده رنگ ظاهری این محصولات می‌باشد. شکل ۲ اثر متغیرهای مورد بررسی بر پارامترهای L^* ، a^* و b^* نمونه‌ها را نشان می‌دهد. آنالیز واریانس نشان داد که تیمارهای اعمال شده بر پارامترهای رنگی خلال سیب‌زمینی سرخ شده برای هر سه پوشش مورد نظر اثر معنی داری ($p < 0/01$) داشت. با توجه به شکل ۲ پوشش-دهی سبب کاهش فاکتور روشنایی و افزایش میزان قرمزی و زردی محصول شده است به این علت که سرخ کردن در دمای بالا باعث کاراملیزاسیون پوشش مالتودکسترین شده و رنگ نمونه‌ها تیره گردیده است. با افزایش زمان و دمای سرخ کردن فاکتور روشنایی روند کاهشی را از خود نشان داد و دو پارامتر قرمزی و زردی محصول افزایش یافت که با نتایج رومانی و همکاران (۲۰۰۹) و پدرسچی و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت [۱۷ و ۱۸]. بطور کلی طی سرخ کردن با افزایش درجه حرارت سرعت واکنش‌های مایلارد بطور مشخصی افزایش پیدا می‌کند و کاهش روشنایی و افزایش میزان زردی و قرمزی خلال‌ها با افزایش دما و زمان سرخ کردن، اساسا با واکنش مایلارد همبستگی دارد [۲۱]. در واقع افزایش فاکتور قرمزی یک پدیده نامطلوب در مورد محصولات سرخ کرده است و باعث کاهش بازارپسندی این محصولات می‌شود [۲۲]. روند مشابهی در افزایش میزان شاخص قرمزی در محصولات سرخ شده مختلف گزارش گردیده است اما در این میان روند تغییرات شاخص زردی با زمان سرخ کردن در محصولات مختلف، متفاوت گزارش شده است [۲۳، ۲۴، ۲۵ و ۲۶]. هاشمی شهرکی و همکاران (۲۰۱۴) نیز با بررسی تغییرات رنگی خلال‌های سیب-زمینی سرخ شده در طی فرآیند سرخ کردن، کاهش شاخص روشنایی محصول و افزایش شاخص‌های قرمزی و زردی محصول در برابر افزایش دما و زمان سرخ کردن را مشاهده کردند [۲۷].

۳-۳- بررسی میزان رطوبت خلال‌های سرخ شده

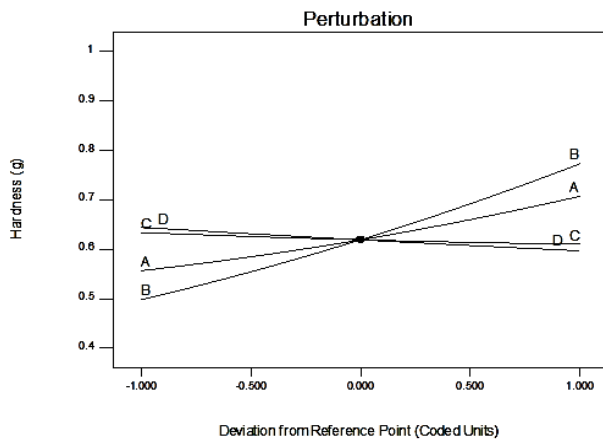
شکل ۱ اثر متغیرهای مورد بررسی بر میزان رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی را نشان می‌دهد با توجه به این شکل با افزایش دما (A) و زمان (B) سرخ کردن خلال‌ها، میزان رطوبت خلال‌های سرخ شده کاهش یافت که با نتایج پدرسچی و همکاران (۲۰۰۹) و رومانی و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت [۱۷ و ۱۸]. زمان غوطه‌وری خلال‌ها (D) در محلول پوشش‌دهنده کمترین تاثیر را در میزان رطوبت خلال‌ها داشت و با افزایش زمان غوطه‌وری خلال‌ها در محلول و غلظت محلول مالتودکسترین (C)، میزان رطوبت خلال‌های سرخ شده افزایش یافت و کمترین مقدار حفظ رطوبت مربوط به نمونه‌های فاقد پوشش بودند. حفظ بیشتر رطوبت در محصول پوشش داده شده در حین سرخ کردن ناشی از خاصیت سدکنندگی مواد هیدروکلوئیدی می‌باشد که با قرار گرفتن روی سطح بیرونی خلال‌های سیب‌زمینی مانع خروج رطوبت داخل بافت بر اثر سرخ کردن می‌شوند [۱۹]. توانایی مواد هیدروکلوئیدی در نگهداری آب ناشی از ایجاد پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب در پوشش می‌باشد [۲۰]. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود تاثیر غلظت محلول پوشش و زمان غوطه‌وری بر میزان رطوبت خلال‌های سرخ شده تقریبا یکسان است زیرا به دلیل تغییرات ارگانولپتیکی نمی‌توان زمان زیادی خلال‌ها را درون محلول غوطه‌ور کرد.



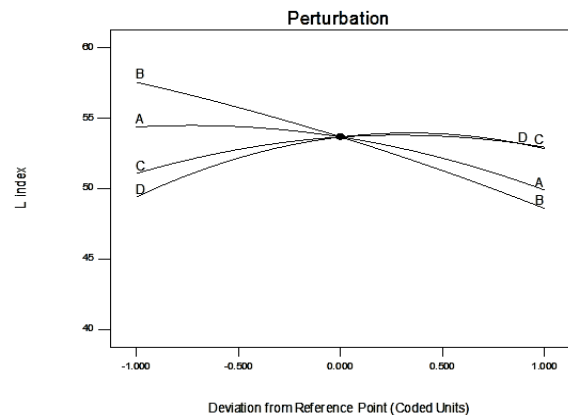
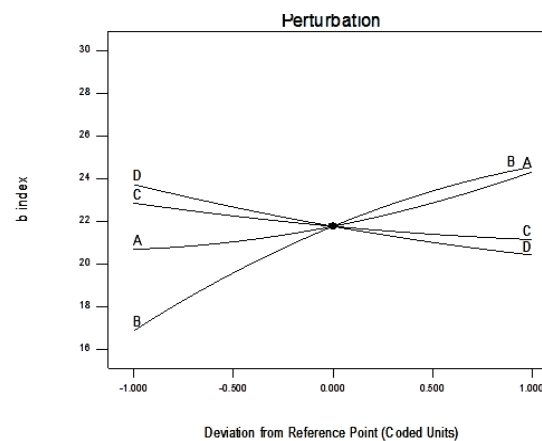
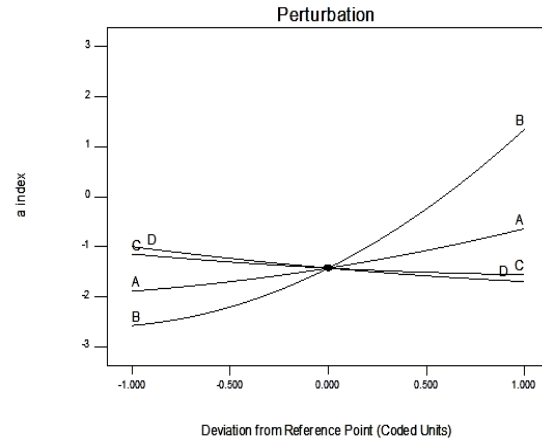
شکل ۱ اثر متغیرهای مورد بررسی بر میزان رطوبت خلال‌های سیب-زمینی. (A) زمان سرخ کردن، (B) دمای سرخ کردن، (C) غلظت مالتودکسترین، (D) زمان غوطه‌وری خلال‌ها در مالتودکسترین

۳-۵- بررسی سختی بافت خلال‌های سرخ شده

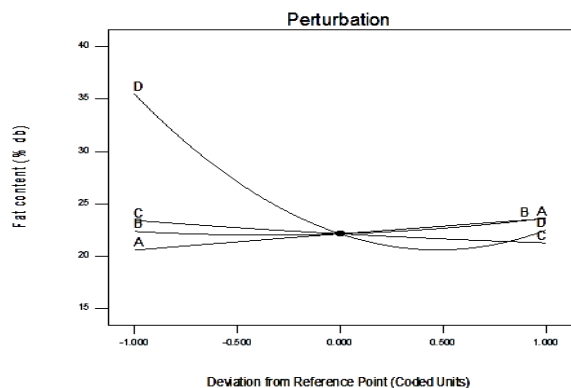
میزان سختی محصول یکی از مهم‌ترین پارامترهای حسی است که از طرف مصرف‌کننده مورد توجه قرار می‌گیرد. شکل ۳ اثر متغیرهای مورد بررسی بر میزان سختی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. آنالیز واریانس نشان داد که تیمارهای اعمال شده بر سختی بافت خلال‌ها اثر معنی داری ($p < 0/01$) داشتند. با توجه به شکل ۳ زمان غوطه‌وری در محلول جهت پوشش‌دهی خلال‌های سیب-زمینی بیشترین تاثیر را بر میزان سختی خلال‌های سرخ شده داشت و با افزایش زمان غوطه‌وری خلال‌ها در محلول و افزایش غلظت محلول پوشش‌دهنده، پوشش‌دهی کامل‌تر و یکنواخت‌تری صورت گرفت و با خواص سدکنندگی خوبی که پوشش مالتودکسترین از خود نشان داد مانع خروج رطوبت نمونه گشته و میزان سختی بافت خلال‌ها کاهش یافت. در محصولات با نشاسته بالا نظیر سیب‌زمینی قسمت عمده تغییرات بافتی مربوط به ژلاتینه شدن نشاسته در طی حرارت‌دهی می‌باشد [۲۸]. با افزایش دما و زمان سرخ کردن میزان سختی نمونه‌ها افزایش پیدا کرد زیرا هرچه دما بالاتر رود تشکیل پوسته سریعتر اتفاق افتاده، بافت سفت‌تر می‌شود. آریاس مندز و همکاران (۲۰۱۳) نیز اظهار نمودند با افزایش دما و زمان سرخ کردن، می‌توانند به بهبود و افزایش سختی بافت نمونه‌ها کمک کرد [۲۹].



شکل ۳ اثر متغیرهای مورد بررسی بر سختی بافت خلال‌های سیب-زمینی



شکل ۲ اثر متغیرهای مورد بررسی بر پارامترهای رنگی خلال‌های سیب‌زمینی. (A) زمان سرخ کردن، (B) دمای سرخ کردن، (C) غلظت مالتودکسترین، (D) زمان غوطه‌وری خلال‌ها در مالتودکسترین



شکل ۴ اثر متغیرهای مورد بررسی بر میزان چربی خلال‌های سیب‌زمینی

۷-۳- بهینه‌سازی فرآیند پوشش دهی

جهت بهینه‌سازی فرآیند پوشش دهی خلال سیب‌زمینی سرخ شده محصول شرکت پریس تهران از بازار تهیه شد، شاخص‌های رنگی و سختی آن با دستگاه اندازه‌گیری گردید و نرم‌افزار با توجه به نتایج حاصله بهینه‌سازی را انجام داد. مقدار چربی کمینه در نظر گرفته شد. در شرایط بهینه ارائه شده توسط مدل، آزمون-های تجربی با ۳ تکرار در آزمایشگاه انجام گرفت و نتایج حاصل از آن با نتایج پیش‌بینی شده توسط مدل مقایسه گردید. مقایسه مقادیر تجربی با مقادیر پیش‌بینی شده با روش سطح پاسخ، نشان-دهنده همبستگی بسیار خوب بین نتایج بدست آمده و مقادیر تجربی بود. جدول ۳ شرایط بهینه‌سازی، مقادیر تجربی و پیش-بینی شده را نشان می‌دهد.

جدول ۳ پاسخ‌های بهینه‌سازی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خلال سرخ شده سیب‌زمینی (پوشش مالتودکسترین)

پیش‌بینی شده	تجربی	میانگین	انحراف معیار	تفاوت معنی‌دار	میانگین	انحراف معیار	تفاوت معنی‌دار	میانگین	انحراف معیار	تفاوت معنی‌دار	میانگین	انحراف معیار
پیش‌بینی شده	تجربی	میانگین	انحراف معیار	تفاوت معنی‌دار	میانگین	انحراف معیار	تفاوت معنی‌دار	میانگین	انحراف معیار	تفاوت معنی‌دار	میانگین	انحراف معیار
۱/۰۰	۱/۰۰	۱۸۰/۶	۰/۵۵	۱۹/۸۷	-۱/۸۱	۵۴/۱۷	۶۴/۸۹	۳/۰۷	۴۳/۴	۶/۰۹	۱۷۱/۴۳	
		۱۸۱۹±۰/۵	۰/۵۴±۰/۰۹	۱۹۳۶±۰/۴	-۱/۳۱±۰/۰۹	۵۴/۰۹±۰/۰۹	۶۴/۲۹±۰/۷					

معنی‌داری بر رنگ و شکل ظاهری خلال‌های سرخ شده نداشت زیرا با توجه به نتایج، این دو فاکتور بیشتر تحت تاثیر دما و زمان سرخ کردن می‌باشند و نمونه‌های مورد ارزیابی در دما و مدت زمان مشابهی سرخ شدند. پوشش دهی بر قابلیت پذیرش کلی خلال سیب‌زمینی در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود و خلال

۶-۳- بررسی میزان روغن جذب شده

آنالیز آماری نتایج نشان داد که استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث کاهش معنی‌داری در میزان جذب روغن نمونه‌های خلال سیب‌زمینی می‌شود ($P < 0/01$) بطوریکه بیشترین مقدار چربی مربوط به نمونه‌های فاقد پوشش (۳۸/۶۴٪) بود. شکل ۴ اثر متغیرهای مورد بررسی بر میزان چربی خلال‌های سرخ شده سیب‌زمینی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل مدت زمان غوطه‌وری خلال‌ها در محلول‌ها (D) بیشترین تاثیر را در میزان چربی خلال‌ها داشت و با افزایش زمان غوطه‌وری خلال‌ها درون محلول مالتودکسترین مقدار چربی خلال‌های سرخ شده کاهش یافته است. دلیل این امر می‌تواند ممانعت از ورود روغن به ماده غذایی در اثر ایجاد پوسته توسط پوشش مالتودکسترین همچون پوشش‌های هیدروکلوئیدی در سطح ماده غذایی باشد [۳، ۲۰ و ۳۰]. تاثیر غلظت محلول پوشش‌دهنده بر میزان چربی جذب شده توسط نمونه‌ها تقریباً ناچیز بود. با افزایش دما و مدت زمان سرخ کردن میزان چربی خلال‌ها افزایش یافت زیرا با افزایش دما و زمان سرخ کردن رطوبت بیشتری از محصول خارج شده و محصول تمایل به جذب روغن بیشتری دارد [۷ و ۳۱].

۸-۳- ارزیابی حسی خلال‌های سیب‌زمینی

جدول ۴ مقایسه میانگین ارزیابی حسی نمونه‌های خلال سیب-زمینی را نشان می‌دهد. اثر پوشش بر طعم، بو و بافت خلال‌های سیب‌زمینی در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی‌دار بود و پوشش دهی سبب کاهش طعم و بوی روغنی نمونه‌ها شد. پوشش دهی اثر

بهبود خواص حسی خلال‌های سیب‌زمینی شد و از نظر رنگ و شکل ظاهری محصولی مشابه نمونه‌های خلال سیب‌زمینی سرخ شده بدون پوشش تولید کرد.

پوشش داده شده امتیاز پذیرش بالاتری کسب کرد. پوشش‌دهی خلال سیب‌زمینی با مالتودکسترین هیچ گونه اثر منفی و نامطلوبی بر خواص حسی خلال نداشت. پوشش‌دهی علاوه بر کاهش میزان جذب روغن در خلال‌ها، حتی در بعضی نمونه‌ها باعث

جدول ۴ مقایسه میانگین ارزیابی حسی نمونه‌های خلال سیب‌زمینی پوشش داده شده و بدون پوشش

نمونه	ویژگی	رنگ	شکل ظاهر	بافت	بو	طعم	پذیرش کلی
بدون پوشش	۷/۳۵ ^a	۸/۱۲ ^a	۴/۱۶ ^a	۴/۵۲ ^a	۴/۲۵ ^a	۵/۰۸ ^a	
پوشش‌دار	۶/۷۸ ^a	۷/۳۷ ^a	۷/۲۴ ^b	۸/۲۴ ^b	۷/۶۵ ^b	۷/۶۷ ^b	

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از پوشش‌دهی خلال سیب‌زمینی نشان داد که مواد هیدروکلوئیدی به دلیل خاصیت سدکنندگی و ظرفیت بالای اتصال با آب منجر به کاهش اتلاف رطوبت نمونه‌ها در طی فرآیند سرخ کردن شده و با توجه به نقش کنترل‌کنندگی آب در میزان جذب روغن، میزان روغن در همه نمونه‌های پوشش‌دهی شده کمتر از نمونه‌های بدون پوشش بود. همچنین با افزایش دما و زمان سرخ کردن میزان رطوبت و روشنی رنگ نمونه‌ها کاهش و میزان قرمزی، سختی و میزان روغن افزایش یافتند.

میزان رطوبت و روشنی خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده‌ای که با ۳٪ مالتودکسترین پوشش داده شده بودند نسبت به نمونه بدون پوششی که در دما و مدت زمان مشابه سرخ شده بود به ترتیب ۱۷/۵۹ و ۱۴/۱۸ درصد افزایش داشتند در حالیکه در همان شرایط میزان سختی بافت آن‌ها ۱۷/۲۴ درصد کاهش داشت. همچنین میزان روغن خلال سیب‌زمینی سرخ شده‌ای که با ۵٪ مالتودکسترین پوشش داده شده بود نسبت به نمونه بدون پوشش ۴۱/۹۳ کاهش یافت.

مدل‌های پیشنهادی بدست آمده با روش سطح پاسخ به خوبی توانستند داده‌های آزمایشی میزان رطوبت، کاهش میزان روغن جذب شده، سختی بافت و تغییر رنگ خلال‌ها را برازش کنند ($R^2 > 0.9$). بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان مالتودکسترین را به عنوان یک ماده پوشش‌دهنده ارزان و مناسب جهت کاهش روغن خلال سیب‌زمینی سرخ شده در نظر گرفت.

۵- تشکر و قدردانی

نویسندگان از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان جهت تامین هزینه‌های انجام این پایان‌نامه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

۶- منابع

- [1] Jokar, M., Aminlari, M., Ramezani, R., Mazlumi, M. T. 2006. Production low-fat potato chips with hydrocolloid coating. *Journal of Nutrition and Food Technology*. 1 (3), 9-17. (In Persian)
- [2] Hashemi shahraki, M., Ziyaiefar, A. M., Kashaninejad, M., Ghorbani, M. 2014. Optimize the application of centrifugal force to reduce oil absorption using Response Surface and Genetic Algorithm. *Journal of Food Science and Technology Research*. 10 (1), 15-26. (In Persian)
- [3] Moyano, P.C., Rioseco, V.K., Gonzalez, P.A. 2002. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries. *Journal of Food Engineering*. 54, 249-255.
- [4] Garciaa, M. A., Ferreroa, C., Be'rtolaa, N., Martinoa, M., Zaritzkya, N. 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 3, 391-397.
- [5] Pedreschi, F., Moyano P. 2005. Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato

- [16] Arias-Mendez, A., Warning, A., K.Datta, A., Balsa-Canto, E. 2013. Quality and safety driven optimal operation of deep-fat frying of potato chips. *Food Engineering*. 119, 125-134.
- [17] Baik, O. D., Mittal G. S. 2003, Kinetics of tofu color changes during deep-fat frying. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 36(1), 43-48.
- [18] Dueik, V., Robert, P., Bouchon, P. 2010. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*. 119, 1143- 1149.
- [19] Hashemi shahraki, M., Ziaifar A. M., Kashaninejad M., Ghorbani M. 2014. Optimization of pre-fry microwave drying of french fries using response surface methodology (RSM) and genetic algorithms. *Journal of Food Processing and Preservation*. 38, 535-550.
- [20] Hua, X., Wang, K., Yang, R., Kang, J., Yang, H. 2015. Edible Coating from Sunflower Head Pectin to Reduce Lipid Uptake in Fried Potato Chips. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie Food Science and Technology*. 62(2), 1220-1225.
- [21] Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., Marinos-Kouris, D. 2001. Deep fat Frying of Potato Strips Quality Issues. *Drying Technology*. 19(5), 879-935.
- [22] Kozo, T., Tsukasa, S., Toshio, T. 2002. Oil absorption retarder. Patent 6497910.
- [23] Meilgaard, M. C., Carr, B.T., Civille, G.V. 2007. Sensory evaluation techniques. CRC press, 4th Ed., CRC press, Boca Raton, FL.
- [24] Mohebi, M., Hasanpoor, N., Shokrolahi yancheshme, B. 2015. Evaluate the effects of microwave pretreatment temperature and frying on the physicochemical characteristics of deep fried squash. *Journal of Food Science and Technology*. 47 (12), 75-85. (In Persian)
- [25] Ngadi, M., Li Y., Oluka S. 2007. Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 40, 1784-1791.
- [26] Pedreschi, F., Travisany, X., Reyes, C., Troncoso, E., Pedreschi, R. 2009. Kinetics of extraction of reducing sugar during blanching of potato slices. *Journal of Food Engineering*. 91, 443-447.
- chips. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie Food Science and Technology*. 38(6), 599-604.
- [6] Beyki, H., Hamdami, N. 2013. Oil absorption kinetics, remove moisture and texture changes during the frying potatoes. *Journal of Food Research*. 23 (4), 471-480. (In Persian)
- [7] Alipoor, M., Kashani nejad, M., Maghsudlu., Y., Jaafari, M. 2009. Effect of carrageenan, oil temperature and frying time on oil uptake in fried potato products. *Journal of Food Science Research*. 5(1), 21-27. (In Persian)
- [8] Ballard, T. 2003. Application of Edible Coating in Maintaining Crispness of Breaded Fried Foods. MS. Thesis submitted to the Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. North Carolina.
- [9] Daraie garme khani, A., Mirzaie, H., Maghsudlu, Y., Kashani nejad, M. 2009. Hydrocolloid material impact on oil absorption and quality properties during the half-fried potatoes. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*. 16 (3), 1-13. (In Persian)
- [10] Aminlari, M., Ramezani, R., Khalili, M.H. 2005. Production of protein-coated low-fat potato chips. *Journal of Food Science and Technology International*. 11, 177-181.
- [11] Singthong, J., Thongkaew, C. 2009. Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie Food Science and Technology*. 42, 1199-1203.
- [12] Akdeniz, N., Sain, S., Sumnu, G. 2006. Functionality of batters containing different gums for deep fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering*. 75(4), 522-526.
- [13] Alizade zeynab, S., Dehghan niya, J., Soti khiyabani, M. 2013. The effect of food on the absorption of hydrocolloids, blanched and sliced potatoes frying in oil. *Journal of Food Science and New Technologies*. 1 (1), 21-36. (In Persian)
- [14] Andersson, A., Gekas, V., Lind, I., Oliveira, F., Oste, R. 1994. Effect of preheating on potato texture. *Food Science and Nutrition*. 34, 229-251.
- [15] A.O.A.C. 2005. Official methods of analysis, 18 ed., Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists.

- quality aspects of deep-fat frying of pork meat. *Journal of Food Engineering*. 77, 731-738.
- [30] Vélez-Ruiz, J. F., 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, 341-353.
- [31] Williams, P. A., Phillips, G. O. 2000. Gum arabic, in Phillips, G. O., and Williams, P. A., editors, *Handbook of hydrocolloids*: 155–168, Woodhead Publishing.
- [27] Raftani Amiri, Z., Mahmudi, M. J., Alimi, M. 2013. Maltodextrin impact on the quality of fat as an alternative to low-fat yogurt. *Journal of Food Research*, 23 (1), 133-142. (In Persian)
- [28] Romani, S., Rocculi, P., Mendoza, F., Dalla Rosa, M. 2009. Image characterization of potato chip appearance during frying. *Journal of Food Engineering*. 93, 487–494.
- [29] Sosa-Morales, M. E., Orzuna-Espíritu R., Vélez-Ruiz J. F. 2006. Mass, thermal and

Effect of maltodextrin coating on properties of French fries using Response Surface Methodology

Khezripour arab, M.¹, Hojjati, M.^{2*}, Samavati, V.³

1. M.Sc. Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran.

(Received: 2016/05/31 Accepted: 2016/08/28)

The use of edible coatings is a suitable method to reduce oil uptake in fried foods. In this study the effect of maltodextrin as a coating in three levels concentration (1, 3, 5%) and also immersion times of strips in coating solutions (2 and 4 minutes), temperatures (170, 180, 190 °C), and time of frying (5, 6, 7 minutes) on moisture, oil uptake reduction, color, crispiness and organoleptic characteristics of french fries were determined, using Response Surface Methodology. The findings showed that the effects of experimental variables on moisture content, color parameters, hardness and oil content of french fried were Significant ($p < 0.01$). The moisture content decreased with increasing temperature and frying time, but the amount of oil absorption and hardness increased. Results indicated that French fries coated with maltodextrin resulted better product in oil uptake, as maltodextrin reduced oil uptake of French fried up to 41.93%. Potato strips coated with maltodextrin (5% solution and 2 min immersion), and fried in 170°C for 6 min showed the lowest oil content (19.9%). Additionally, color and sensory properties in French fries that were prepared with maltodextrin coating were not significantly different than French fries without coating. According to the results of this study, maltodextrin can be considered as suitable and cheap coating material to reduce oil uptake of French fried

Key words: Deep fat frying, Potato strip, Hydrocolloid, Oil uptake

* Corresponding Author E-Mail Address: hojjati@ramin.ac.ir