مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌یابی اثر صمغ‌های پکتین و کربوکسی متیل سلولز بر جذب روغن، خواص بافتی و تغییرات رنگ خلال نیمه سرخ شده سیب‌زمینی (فرنچ فرایز) با استفاده از روش سطح پاسخ

امیر دارائی گرمه خانی[1*]، نرجس آقاجانی[2]، محسن دلوی اصفهان[3]

۱- استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده فنی و منابع طبیعی تویسرکان، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۲-استادیار، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی بهار، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، جهرم، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

کلمات کلیدی:

خلال نیمه سرخ شده سیب‌زمینی،

پوشش خوراکی،

مواد هیدروکلوئیدی،

جذب روغن.

DOI: 10.52547/fsct.18.116.39

* مسئول مکاتبات:

amirdaraey@bacu.ac.ir

چکیده

محصولات سرخ شده سیب‌زمینی به دلیل خواص کیفی، طعم و بافت مطلوب بسیار محبوب هستند اما میزان چربی بالای آن‌ها باعث ایجاد نگرانی در جامعه شده است. استفاده از پوشش‌های خوراکی قبل از سرخ کردن در کاهش جذب روغن موثر است. در این تحقیق اثر غلظت‌های مختلف صمغ پکتین و کربوکسی متیل سلولز (CMC) به عنوان پوشش (۰، ۰/۷۵ و ۱/۵٪) بر جذب روغن و خواص کیفی فرنچ فرایز بررسی و با روش سطح پاسخ بهینه یابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت صمغ‌های پکتین و CMC میزان رطوبت نمونه‌ها روند صعودی داشت اما میزان جذب روغن، اتلاف رطوبت طی سرخ کردن و میزان نیروی لازم برای برش فرنچ فرایز تولیدی کاهش یافت. نتایج رنگ سنجی نشان داد که با افزایش غلظت صمغ CMC (تا غلظت ۱/۲٪) میزان روشنایی (L) و اختلاف رنگ (ΔE) فرنچ فرایز تولیدی افزایش یافت اما استفاده از غلظت‌های بالاتر از ۱/۲ ٪ صمغ CMC موجب کاهش شاخص‌های رنگی L و ΔE محصول شد. نتایج نشان داد که استفاده از صمغ‌های پکتین و CMC، موجب افزایش شاخص‌های رنگی a و b فرنچ فرایز تولیدی شد. پوشش دهی خلال‌های سیب‌زمینی با غلظت ۰/۶۹ ٪ صمغ پکتین و غلظت ۱/۴۹٪ صمغ CMC به عنوان شرایط بهینه فرآیند پوشش دهی خلال سیب زمینی بوده و با شرایط مذکور پارامترهای کیفی فرنچ فرایز تولیدی به صورت بهینه حفظ می‌شود. استفاده از صمغ‌های پکتین و CMC می‌تواند منجر به تولید فرنچ فرایز کم چرب با ویژگی‌های کیفی مناسب بدون تأثیر نامطلوب بر خواص کیفی محصول شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

۱- مقدمه

سیب‌زمینی با نام علمی *سولانوم توبرزوم* از جنس سولانوم از خانواده سولاناسه است که پس از گندم، ذرت و برنج از مهم‌ترین محصولات کشاورزی به شمار می‌رود [۱]. بر اساس آمار سازمان خواربار جهانی[1]، ایران با تولید ۵/۱ میلیون تن رتبه ۱۳ جهان را دارا می‌باشد که استان همدان با ۱۷/۳۱ درصد از تولید سیب‌زمینی کشور، مقام اول را به خود اختصاص داده است. علی رغم تولید بالای سیب‌زمینی در کشور چیزی حدود ۱۰ تا ۳۰ درصد سیب‌زمینی تولیدی به صورت ضایعات از دسترس مصرف کننده خارج می‌شود که نبود امکانات سردخانه گذاری و صنایع تبدیلی کافی از دلایل عمده بروز این حجم بالای ضایعات می‌باشد. از سیب‌زمینی می‌توان به صورت تازه خوری، به عنوان خوراک دام، تهیه محصولات سرخ شده (چیپس و خلال نیمه سرخ شده)، تهیه نشاسته، تولید پودر و آرد سیب‌زمینی و ... استفاده نمود [۱]. فرآورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی شامل چیپس و خلال سرخ شده می‌باشد که معمولاً به صورت نیمه سرخ شده فرآیند می‌شود و در محل مصرف سرخ کردن نهایی روی آن انجام می‌شود و فرنچ فرایز[2] نیز نامیده می‌شود که در بین جوامع مطلوبیت زیادی دارند. امروزه تولید غذاهای آماده افزایش روز افزونی داشته و تمایل عموم جامعه به مصرف این گونه غذاها به دلیل فقدان زمان کافی جهت تهیه آن‌ها توسط خود مصرف کننده نیز افزایش یافته که این افزایش از یک طرف و از سوی دیگر افزایش بیماری‌هایی مانند چاقی، دیابت، بیماری‌های قلبی و عروقی و ... در بین جامعه، باعث ایجاد نگرانی در متولیان بهداشت و سلامت عمومی جامعه گردیده است که کارشناسان یکی از عوامل بروز این مشکلات و بیماری‌ها را بالا بودن مقدار چربی در جیره غذایی افراد، به خصوص در این نوع محصولات و خطرات ناشی از پلیمریزاسیون روغن‌ها در حین فرآیند می‌دانند. میزان بالای روغن مصرفی نه تنها برای مصرف کننده مفید نمی‌باشد بلکه از لحاظ مالی و اقتصادی به نفع تولید کنندگان، نیز نمی‌باشد، ولی از سوی دیگر میزان چربی یکی از پارامترهای بسیار مهم در محصولات سرخ شده می‌باشد و به دلیل اینکه اکثر ترکیبات و عوامل موثر در ایجاد طعم و مزه، محلول در چربی هستند نقش عمده‌ای در پذیرش و گرایش مردم به این محصولات دارد به طوری که محصولات با درصد پایین روغن سفت و سخت و نامطلوب بوده و داری طعم مناسبی نیز نمی‌باشند. در مقابل محصولات با میزان بالای چربی علاوه بر دارا بودن بافت و ظاهر چسبنده و چرب، برای تولیدکنندگان پر هزینه بوده و برای سلامتی مصرف‌کنندگان نیز مفید نمی‌باشد، بنابراین دلایل خط مشی کلی صنعت غذایی در کشورهای مختلف به سمت تولید غذاهای عاری از چربی یا کم چربی با دارا بودن عطر و طعم مشابه با محصول طبیعی می‌باشند و برای این منظور از روش‌های مختلفی استفاده می‌کنند، که استفاده از افزودنی‌های مجاز به عنوان پوشش‌دهنده یکی از این موارد می‌باشد، لذا در این تحقیق اثر برخی مواد هیدروکلوئیدی در کاهش جذب روغن و کیفیت فرنچ فرایز بررسی شد.

سرخ کردن عمیق یک فرآیند پخت خشک می‌باشد که شامل غوطه‌ور کردن عمیق قطعات و تکه‌های ماده غذایی در روغن گیاهی داغ می‌باشد [۲] و به طور گسترده برای تهیه غذاهای طعم دار و خوش طعم استفاده می‌شود که دارای بخش داخلی نرم و مرطوب همراه با پوسته ترد و شکننده هستند [۳]. در حین فرآیند سرخ کردن انتقال حرارت و جرم به طور هم‌زمان رخ داده و خواص فیزیکوشیمیایی و حسی ماده غذایی تغییر می‌کند. هدف اصلی فرآیند سرخ کردن عمیق حفظ عطر و طعم در یک پوسته ترد و شکننده به وسیله غوطه‌ور کردن ماده غذایی در روغن داغ می‌باشد [۲].

به طور کلی خواص کیفی محصولات سرخ شده سیب‌زمینی شامل ظاهر، رنگ، عطر و طعم، بافت و جذب روغن می‌باشند [٤] که عوامل متعددی نظیر رقم سیب‌زمینی، شرایط انبارداری، میزان ماده خشک، وزن مخصوص غده‌ها، مقدار نشاسته و قندهای احیاء کننده موجود در سیب‌زمینی و نیز شرایط سرخ کردن (دما و زمان سرخ کردن) و تیمارهای قبل از سرخ کردن (خشک کردن مقدماتی، پوشش¬دهی کردن و بلانچینگ)

1. Food Agricultural Organization
2. French Fries

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

کیفیت محصولات سرخ شده سیب‌زمینی را تحت تأثیر قرار می‌دهند [۶-۵].

مقدار روغن یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی محصولات سرخ شده می‌باشد. به طوری که محصولات با میزان روغن کم، بافتی سخت و نامطلوب دارند و در مقابل بالا بودن مقدار روغن منجر به تولید یک محصول روغنی و بدون مزه شده و برای فرآیند کنندگان نیز گران قیمت می‌باشد [۷]. با افزایش آگاهی مصرف کنندگان تقاضا برای محصولات غذایی کم چرب افزایش پیدا کرده است؛ بنابراین مقدار روغن و چربی محصولات غذایی باید مورد توجه قرار گیرد. میزان جذب روغن ارتباط مستقیمی با مقدار تبخیر و اتلاف آب ماده غذایی در حین فرآیند سرخ کردن دارد به طوری که مواد غذایی با افت رطوبت بالاتر، میزان جذب روغن بالاتری نیز خواهند داشت [۸]. نظریات مختلفی بیان می‌کنند که مقدار روغن جذب شده در حین سرخ کردن برابر مقدار آب جدا شده از ماده غذایی است [۹] و توسط عوامل مختلفی نظیر کیفیت روغن، دما و مدت زمان سرخ کردن، ترکیب ماده غذایی (میزان رطوبت و ماده خشک آن و تخلخل ماده غذایی)، تیمارهای قبل از سرخ کردن (نظیر خشک کردن و بلانچینگ)، پوشش‌دهی ماده غذایی و اندازه ماده غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد [۱۱و ۱۰].

ویژگی‌های سطح ماده غذایی بر میزان روغن جذب شده در فرآیند سرخ کردن بسیار مهم است به همین دلیل استفاده از پوشش‌های خوراکی روش مناسبی برای کاهش جذب روغن می‌باشد. پوشش‌های خوراکی می‌توانند از پروتئین‌ها، هیدروکلوئیدها، چربی‌ها یا ترکیبی از آن‌ها تشکیل شوند. تمایل به استفاده از هیدروکلوئیدها به علت خواص سد کنندگی[3] خوب آن‌ها نسبت به اکسیژن، دی اکسید کربن و چربی‌ها بیشتر است. تحقیقات بسیار زیادی در زمینه کاهش جذب روغن محصولات سرخ شده با استفاده از پوشش‌های خوراکی صورت گرفته است که بیان‌گر تأثیر این مواد بر کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن عمیق می‌باشند. به عنوان مثال تأثیر مثبت هیدروکلوئیدهای کتیرا، پکتین، کربوکسی متیل سلولز، گوار و زانتان در تولید چیپس و خلال نیمه سرخ شده کم چرب توسط دارائی گرمه‌خانی و همکاران در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۴ گزارش شده است [۱۳-۱۱]. همچنین آقاجانی و همکاران (۱۳۹۷) نقش مثبت ژل آلوئه‌ورا در کاهش جذب روغن و بهبود خواص کیفی چیپس هویج سرخ شده را گزارش نمودند [۶]. گوهری و همکاران (۱۳۹۹) بیان داشتند که پوشش دهی ورقه‌های کدو سبز با صمغ دانه بالنگو موجب بهبود خواص حسی و کاهش جذب روغن در حین سرخ کردن عمیق شد بدون اینکه تأثیر نامطلوبی بر خواص حسی و کیفی محصول داشته باشد [۵]. ساری و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر پوشش‌دهی با ژل آلوئه‌ورا بر خواص کیفی و جذب روغن قطعات گوشت مرغ سرخ شده را بررسی نموده و گزارش کردند که افزایش غلظت ماده پوشش دهنده، موجب کاهش میزان اتلاف رطوبت و جذب روغن طی فرایند سرخ کردن شد [۱۴].

استفاده از صمغ‌های هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC)، گوار، زانتان و مخلوط گوار- زانتان در فرمولاسیون پوشش خوراکی باعث کاهش جذب روغن و بهبود خواص کیفی قطعات سرخ شده هویج شد [۱۵]. همچنین امین لاری و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که پوشش‌دهی چیپس سیب‌زمینی با مواد پروتئینی منجر به کاهش جذب روغن محصول تولیدی شد که می‌تواند به علت دناتوره شدن پروتئین‌ها باشد [۱۶]. تحقیقات فراوان انجام شده در ارتباط با تأثیر پوشش دهی با مواد هیدروکلوئیدی در کاهش جذب روغن در محصولات سرخ شده نشان دهنده قابلیت و نوع اثر و مکانیسم این مواد در کاهش جذب روغن می‌باشند. به عنوان مثال صمغ پکتین توانایی واکنش با ترکیبات کلسیمی موجود در محصولاتی مثل سیب زمینی و تشکیل پکتات کلسیم را دارد که با افزایش سختی بافت و دانسیته خلال‌های سیب زمینی موجب کاهش جذب روغن محصول سرخ شده می‌شود. همچنین صمغ CMC به علت توانایی تشکیل ژل در دماهای بالای سرخ کردن (ترموژل بودن) منجر به تشکیل لایه نازکی روی محصول شده و از جذب روغن حین سرخ کردن جلوگیری می‌کند. با توجه به مطالب فوق در این تحقیق به

3. Barrier Properties

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

منظور تولید محصول فرنچ فرایز کم چرب از صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و پکتین جهت پوشش دهی خلال‌های سیب‌زمینی استفاده و اثر ترکیبی این صمغ‌ها بر جذب روغن، خواص بافتی و تغییرات رنگ خلال نیمه سرخ شده سیب زمینی (فرنچ فرایز) تولیدی با استفاده از روش سطح پاسخ بهینه سازی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد مورد استفاده

در این تحقیق سیب‌زمینی رقم آگریا از بازار میوه و تره بار شهرستان تویسرکان تهیه و بلافاصله ماده خشک و وزن مخصوص آن تعیین شد. همچنین صمغ‌های پکتین و کربوکسی متیل سلولز (CMC) از شرکت پروویسکو (ایران) تهیه شدند و برای سرخ کردن خلال‌های سیب‌زمینی از روغن آفتابگردان مخصوص سرخ کردنی (شرکت بهار، تهران، ایران) استفاده شد.

۲-۲- تهیه محلول‌های هیدروکلوئیدی

برای تهیه سوسپانسیون‌های کلوئیدی مقدار مشخصی (غلظت‌های ۰، ۰/۷۵ و ۱/۵ W/V٪) از صمغ‌های فوق را در آب گرم با دمای حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد ریخته و توسط مخلوط‌کن خانگی کاملاً هموژن گردید به طوری که محلول شفافی به دست آمد، سپس محلول‌های حاصل تا دمای محیط سرد و تا قبل از پوشش‌دهی در یخچال نگهداری شدند [۱۲].

۲-۳- تهیه نمونه‌ها و شرایط سرخ کردن

سیب‌زمینی‌ها پس از پوست‌گیری دستی، توسط خلال کن خانگی به خلال‌هایی با ابعاد $۶\times۱\times۱ cm^۳$ تبدیل و سپس بلانچ (٤ دقیقه در آب جوش ^{0}C ۹۵-۹۰) شدند. خلال‌های بلانچ شده به مدت ۱ دقیقه در محلول‌های هیدروکلوئیدی تهیه شده غوطه‌ور (نسبت محلول به خلال‌ها ۳ به ۱) شدند و سپس به منظور حذف پوشش‌های اضافی بر روی سینی مشبک قرار داده شدند. در ادامه خلال‌های پوشش دهی شده با استفاده از سرخ‌کن خانگی حاوی روغن مایع سرخ کردنی با دمای ^{0}C ۲±۱۷۵ به مدت ۲/۵ دقیقه سرخ شدند و روغن اضافی خلال‌ها با قرارگیری روی سینی مشبک گرفته شد [۱۲]. پس از حذف روغن اضافی خلال‌ها و رسیدن به دمای محیط، آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی بر روی فرنچ فرایز انجام شد.

۲-٤- ارزیابی کیفی فرآورده

جهت ارزیابی تأثیر نوع و غلظت پوشش‌ها بر خواص کیفی فرنچ فرایز حاصل، فاکتورهای زیر بررسی شد:

۲-٤-۱- ماده خشک و رطوبت

ماده خشک و رطوبت نمونه‌ها با قرار دادن مقدار مشخصی از خلال‌ها (۵ گرم) در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت اندازه‌گیری شد [۱۲ و ۱۷].

۲-٤-۲- میزان روغن

میزان روغن نمونه‌های سرخ‌شده به روش سوکسله اندازه‌گیری انجام شد. برای این کار، مقدار مشخصی از خلال‌ها (۵ گرم) را توزین نموده و استخراج چربی با استفاده از حلال پترولیوم اتر به مدت ٦ ساعت انجام گردید. در نهایت مقدار چربی استخراجی از نمونه‌ها به صورت درصد بیان شد [۱۲ و ۱۷].

۲-٤-۳- درصد پوشش‌دهی و راندمان سرخ کردن

درصد پوشش‌دهی از اختلاف وزن نمونه‌های پوشش‌دهی شده و بدون پوشش و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$\text{درصد پوشش دهی} = W_2 - W_1 / W_1 \times 100 \quad (۱)$$

راندمان سرخ کردن با در نظر گرفتن وزن خلال‌های سرخ شده و خلال‌های خام پس از فرآیند پوشش‌دهی و از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$\text{راندمان سرخ کردن} = W_3 / W_2 \times 100 \quad (۲)$$

که W_1، W_2 و W_3 به ترتیب وزن خلال‌های بدون پوشش (g)، وزن خلال‌های خام بعد از پوشش‌دهی (g) و وزن خلال‌های پوشش‌دار سرخ شده (g) می‌باشد [۱۵].

۲-٤-٤- رنگ نمونه‌ها

تغییرات رنگ نمونه‌های سرخ شده با استفاده از روش پردازش تصویر و عکس‌برداری از نمونه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال (مدل ST69، شرکت سامسونگ، کره جنوبی، با بزرگ‌نمایی ۳۲٦٤×۱۸۳٦) و تجزیه و تحلیل پارامترهای رنگی

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ (نسخه‌ی Adobe Photoshop cs6) انجام شد. پارامترهای رنگی L، a و b توسط نرم‌افزار فتوشاپ تعیین و سپس اختلاف رنگ کلی نمونه (ΔE) با نمونه‌های شاهد (قبل و بعد از سرخ کردن) از رابطه‌ی (۳) محاسبه شد [۱۸]:

$$\Delta E = \left[\left(\Delta L^{2}\right)+\left(\Delta a^{2}\right)+\left(\Delta b^{2}\right)\right]^{1/2} \quad (۳)$$

۲-٤-٥- اندازه‌گیری بافت

بافت فرنچ فرایز تولیدی با استفاده از دستگاه اینسترون[4] مدل ۱۱٤۰ (شرکت اینسترون انگلستان) و روش وارنر- بلاتزر[5] اندازه‌گیری شد. در این روش برای تهیه نمونه استوانه‌ای از چوب‌پنبه سوراخ‌کن[6] و یا دستگاه نمونه بردار با قطر ۱۲/٤۲ میلی‌متر استفاده شد. خلالهای سیب‌زمینی پس از تهیه و اعمال تیمارهای پوشش‌دهی و سرخ‌کردن با استفاده از روش وارنر بلاتزر مورد آزمون برشی قرار گرفتند. روش وارنر بلاتزر مقدار نیروی لازم برای برش را تعیین می‌نماید، نیروی وارده شامل نیروی فشاری[7] و برشی[8] است و مقدار نیروی لازم برای عبور صفحه از داخل یک نمونه استوانه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. برای اندازه‌گیری بافت نمونه‌ها از یک سل ۵۰ نیوتنی استفاده شد و مقدار نیروی لازم برای برش نمونه‌ها به صورت پیک قرائت شد که نوک پیک منحنی بیانگر حداکثر نیروی لازم برای برش می‌باشد. با شمارش تعداد مربعات ارتفاع پیک محاسبه شد. عدد خوانده شده دستگاه بر حسب گرم نیرو است که با تقسیم بر سطح مقطع خلال به صورت نیروی لازم برای ایجاد برش سطح بیان می‌شود و هر چه بالاتر باشد بافت مقاوم‌تر است. هر مربع بایستی که ۵۰ گرم باشد بنابراین میزان نیرو برابراست با:

(٤) تعداد مربعات × ۵۰ گرم =F نیروی مورد نیاز برای برش

سپس تنش برشی با استفاده از فرمول وارنر بلاتزر و با استفاده از رابطه (۵) اندازه‌گیری شد:

$$\text{تنش برشی} = \frac{F}{2\pi r^{2}} \quad (٤)$$

در رابطه بالا r شعاع نمونه‌ها و F نیروی وارده شده بر حسب گرم که با توجه به سل مورد استفاده در حین آزمایش تعیین می‌شود [۱۱].

۲-٤-٦- تغییرات میزان رطوبت و روغن فرنچ فرایز تولیدی

بر اساس روش دارائی و همکاران (۲۰۱۱) به صورت زیر محاسبه شد [۱۱]:

اتلاف آب در حین سرخ کردن از رابطه (۵) به دست آمد:

$$\text{اتلاف آب در حین سرخ کردن} = \frac{\text{(مقدار رطوبت بعد از سرخ کردن − مقدار رطوبت اولیه)}}{\text{مقدار رطوبت اولیه}}$$

کاهش اتلاف آب به علت پوشش¬دهی از رابطه (٦) به دست آمد:

$$\text{کاهش اتلاف آب به علت پوشش¬دهی} = \frac{\text{(افت رطوبت نمونه‌های پوشش دار − افت رطوبت نمونه‌های بدون پوشش)}}{\text{افت رطوبت نمونه‌های بدون پوشش}}$$

جذب روغن از رابطه (۷) به دست آمد:

$$\text{جذب روغن} = \frac{\text{(جرم قبل از سرخ کردن×مقدار چربی اولیه نمونه‌ها) −(جرم بعد از سرخ کردن ×مقدار چربی نهایی نمونه)}}{\text{ماده خشک نمونه‌ها}}$$

کاهش چربی به علت پوشش¬دهی از رابطه (۸) به دست آمد:

$$\text{کاهش چربی به علت پوشش¬دهی} = \frac{\text{(مقدار چربی نمونه‌های پوشش‌دار − مقدار چربی نمونه‌های بدون پوشش)}}{\text{مقدار چربی نمونه‌های بدون پوشش}}$$

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری و بهینه یابی

به منظور بهینه یابی خواص کیفی فرنچ فرایز تولیدی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف مواد هیدروکلوئیدی از روش سطح پاسخ و نرم‌افزار Design Expert (11) استفاده گردید. به این منظور طرح مرکب مرکزی با ۳ سطح و ۵ تکرار در نقطه مرکزی مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

4. Instron
5. Warner blatzer
6. Cork borer
7. Compression
8. Shear

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

Table 1 Independent variables and their levels used for optimizing quality attributes of french fries under different concentration of pectin and CMC gums

Independent variables	Actual levels of independent variables		
	-1	0	+1
Pectin gum concentration (%)	0	0.75	1.5
CMC gum concentration (%)	0	0.75	1.5

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات ماده خشک و رطوبت خلال‌های نیمه سرخ شده سیب‌زمینی

روند تغییرات مقدار رطوبت، ماده خشک، افت رطوبت، درصد پوشش¬دهی و کاهش اتلاف رطوبت در حین سرخ کردن فرنچ فرایز تولیدی تحت تأثیر هم‌زمان غلظت صمغ پکتین و CMC به ترتیب در بخش‌های A-E شکل (۱) ارائه شده است. همان‌طور که از بخش A (شکل ۱) ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ‌های پکتین و CMC میزان رطوبت نمونه‌ها حفظ شده و روند صعودی دارد.

تغییرات ماده خشک فرنچ فرایز تولیدی روندی متضاد با تغییرات مقدار رطوبت داشت به طوری که با افزایش غلظت صمغ‌های پکتین و CMC مقدار ماده خشک به علت حفظ رطوبت روند نزولی داشت (شکل B ۱). نتایج نشان داد که پوشش¬دهی خلال‌های سیب‌زمینی با صمغ‌های پکتین و CMC موجب کاهش اتلاف رطوبت در حین سرخ شدن شد (شکل‌های C ۱ و E ۱). همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود صمغ پکتین تأثیر بیشتری در حفظ رطوبت و جلوگیری از اتلاف آب فرنچ فرایز تولیدی در حین سرخ کردن عمیق نسبت به صمغ CMC داشت و استفاده هم‌زمان از این دو صمغ باعث تشدید خاصیت سد کنندگی و حفظ رطوبت در حین سرخ کردن شده است.

شکل D ۱ قابلیت صمغ‌های پکتین و CMC در پوشش¬دهی خلال‌های سیب‌زمینی را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود پوشش¬دهی با صمغ CMC منجر به درصد پوشش¬دهی بیشتری در مقایسه با صمغ پکتین شده است. در حین سرخ کردن عمیق افزودن ماده غذایی به روغن داغ موجب انتقال حرارت از روغن به ماده غذایی و تبخیر رطوبت داخل ماده غذایی می‌شود که این امر باعث ایجاد یک اختلاف فشار[9] و خشک شدن سطح محصول می‌شود. اختلاف فشار ایجاد شده در ماده غذایی از طریق لوله‌های مویین و حفرات موجود در ساختار سلولی، موجب حرکت آب از مرکز ماده غذایی به سمت پوسته شده که این رطوبت سطحی در حین سرخ کردن حذف می‌شود. هم‌زمان روغن به نواحی آسیب دیده و منافذ حاصل از تبخیر آب چسبیده و جایگزین آب خروجی از بافت سیب‌زمینی می‌گردد [۱۹]. در محصولات با مقدار رطوبت بالا، بخار حاصل منجر به یک فشار بیش از حد در درون منافذ ماده غذایی شده که مانع جذب روغن می‌شود. این خاصیت ممانعت کنندگی بخار احتمالاً تنها چند ثانیه بعد از برداشتن ماده غذایی از داخل روغن ادامه می‌یابد و با سرد شدن محصول بخار درون خلل و فرج ماده غذایی کندانس می‌شود [۲۰] که این کندانس شدن باعث ایجاد خلاء و مکش روغن چسبیده به سطح به درون بافت ماده غذایی می‌شود [۱۹].

افزایش رطوبت نمونه‌های پوشش¬دهی شده به علت خاصیت سد کنندگی مواد هیدروکلوئیدی می‌باشد که مانع خروج رطوبت در حین سرخ شدن می‌شود و به دنبال آن انتظار می‌رود که میزان جذب روغن نیز کاسته شود. محققین مختلف با بررسی تأثیر پوشش‌های هیدروکلوئیدی بر خواص کیفی محصولات سرخ‌شده بیان داشتند که استفاده از پوشش‌های هیدوکلوئیدی با جلوگیری از اتلاف رطوبت محصول باعث کاهش جذب روغن نمونه‌ها طی فرآیند سرخ شدن عمیق می‌شود که نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین مطابقت داشت [۶، ۱۳-۱۱، ۲۵-۲۱]. گوهری و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که پوشش¬دهی ورقه‌های کدو سبز با صمغ دانه بالنگو منجر به کاهش اتلاف رطوبت در حین سرخ کردن عمیق در

9. Pressure Gradient

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

مقایسه با نمونه شاهد بود [۵]. همچنین آقاجانی و همکاران (۱۳۹۷) نیز تأثیر مثبت ژل آلوئه‌ورا در جلوگیری از اتلاف رطوبت در حین فرآیند سرخ کردن عمیق ورقه‌های هویج را گزارش نمودند [٦]. همچنین یادگاری و همکاران (۱۳۹٦) اثرات صمغ‌های دانه شاهی، قدومه شیرازی و متیل سلولز و ترکیب آن‌ها بر جذب روغن و خصوصیات کیفی سیب زمینی سرخ شده طی فرآیند سرخ شدن عمیق را بررسی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که پوشش‌دهی با این مواد هیدروکلوئیدی به طور معنی داری موجب حفظ رطوبت و جلوگیری از اتلاف آب خلال‌های سیب زمینی در حین سرخ کردن عمیق در مقایسه با تیمار شاهد شد که با نتایج تحقیق ما مطابقت داشت [۲٦].

در حقیقت صمغ پکتین با ترکیبات کلسیمی موجود در سیب‌زمینی واکنش داده و موجب تولید پکتات کلسیم و افزایش سفتی بافت و جلوگیری از فروپاشی بافت در حین سرخ کردن می‌شود و صمغ CMC نیز به دلیل خاصیت ترموژلی که دارد در دماهای بالای سرخ کردن تشکیل ژل داده و از خروج رطوبت جلوگیری می‌کند که استفاده هم‌زمان از این دو صمغ باعث اثر تشدید کنندگی روی حفظ رطوبت محصول در حین سرخ کردن شد. صمغ CMC منجر به تولید ژل غلیظ‌تری در مقایسه با صمغ پکتین شد که در حین فرآیند پوشش¬دهی به علت همین گرانروی بیشتر موجب پوشش¬دهی بیشتر خلال‌های سیب‌زمینی نیز شد. اما صمغ پکتین با توجه به ویسکوزیته کمتری که در مقایسه با صمغ CMC داشت پس از آبکشی به راحتی از سطح محصول جدا شده و درصد پوشش¬دهی آن در مقایسه با صمغ CMC کمتر بود.

۳-۲- تغییرات میزان جذب روغن خلال‌های نیمه سرخ شده سیب‌زمینی

شکل ۲ (A-C) تأثیر هم‌زمان غلظت صمغ پکتین و CMC بر تغییرات مقدار چربی، جذب روغن و کاهش جذب روغن به خاطر پوشش¬دهی در حین فرآیند سرخ کردن عمیق فرنچ فرایز تولیدی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در بخش‌های A و B شکل ۲ مشاهده می‌شود پوشش دهی خلال‌های سیب‌زمینی با صمغ‌های پکتین و CMC موجب کاهش جذب روغن در حین سرخ شدن فرنچ فرایز تولیدی شد و با افزایش غلظت صمغ‌های پکتین و CMC میزان جذب روغن در فرنچ فرایز تولیدی کاهش حدود ۷٤/۰٦٪ را نشان داد که این کاهش در محدوده غلظت پکتین بالاتر از ۱٪ و CMC ۱/۲-۰/٤ درصد مشاهده شد (شکل C ۲). نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) بالاترین میزان چربی (حدود ۱۲٪) و جذب روغن (۸۰٪) را در حین سرخ کردن کسب کردند که نشان دهنده تأثیر چشمگیر پوشش دهی بر میزان چربی فرنچ فرایز تولیدی می‌باشد (شکل A-B ۲).

کاهش چربی و جذب روغن در نمونه‌های پوشش‌دار می‌تواند به علت خاصیت سد کنندگی پوشش و ممانعت از جریان متقابل بخار آب و روغن در سطح محصول باشد [۲۷-۲٦]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج به دست آمده توسط سایر محققین مطابقت داشت [۱۲-۱۱، ۲٤-۲۲]. تخلخل از ویژگی‌های فیزیکی موثر بر انتقال جرم طی فرآیند سرخ کردن عمیق می‌باشد [۲۸]. پوشش دهی به عنوان یک پیش تیمار سطحی، با کاهش اتلاف آب منجر به کاهش تخلخل سطحی شده و به عنوان مانعی در برابر جذب روغن عمل می‌کند [۲۹]. علاوه بر این، پوشش دهی باعث کاهش منافذ در سطح پوسته و کاهش زبری سطح محصول شده که با کاهش ضریب انتشار روغن همراه است. کاهش جذب روغن به آب دوست بودن پوشش‌های پلی‌ساکاریدی نیز نسبت داده شده که موجب کاهش حلالیت روغن در خلال‌های سیب‌زمینی می‌شود [۳۰]. یادگاری و همکاران (۱۳۹٦) بیان داشتند که پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی با صمغ‌های دانه شاهی، قدومه شیرازی و متیل سلولز و ترکیب آن‌ها مانع اتلاف رطوبت خلال‌ها و جذب روغن در حین سرخ کردن در مقایسه با نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) شده که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. این محققین کاهش جذب روغن و حفظ رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده را به خواص سد کنندگی این صمغ‌ها نسبت دادند [۲٦].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

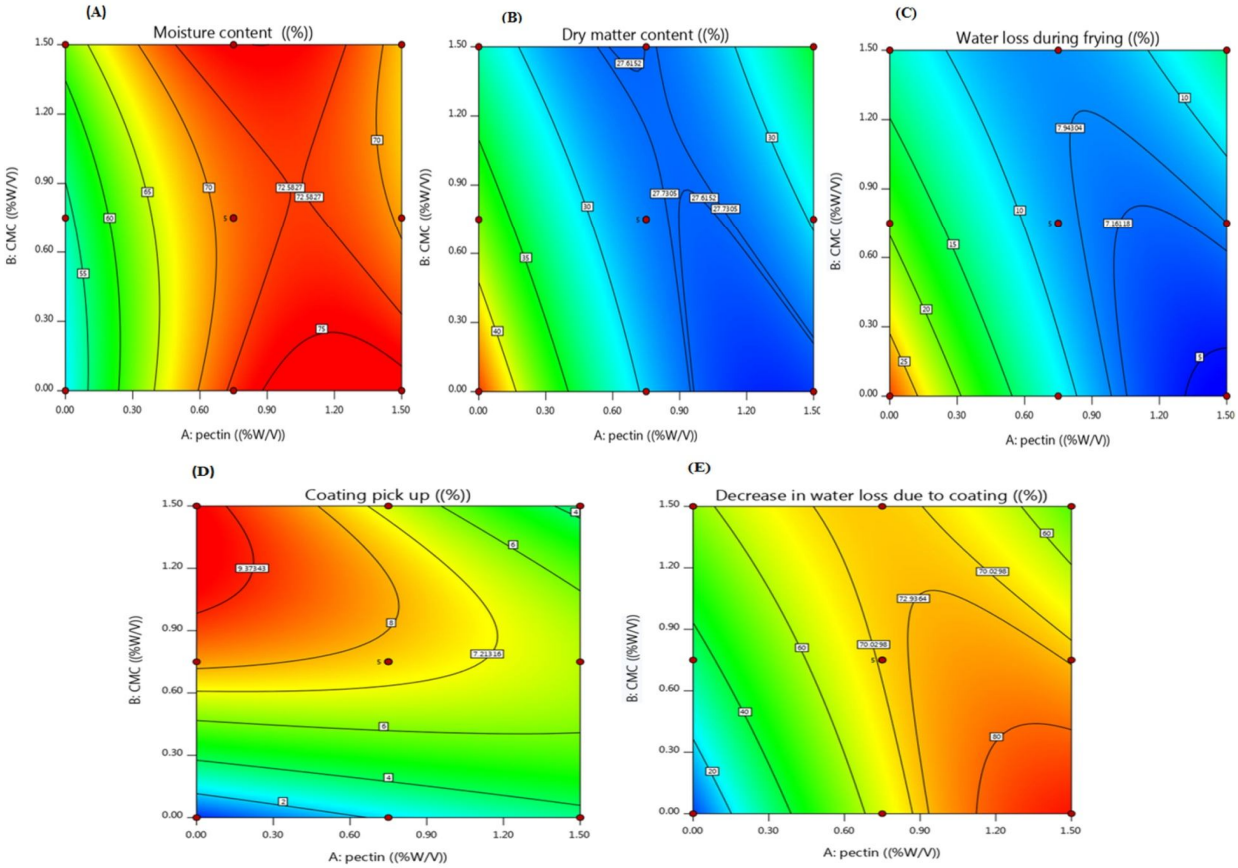

Fig 1 Changes in the moisture content (A), Dry matter content (B), Water loss during frying (C), Coating pick up (D), Decrease in water loss due to coating (E) of produced French fries influenced by CMC and pectin gum concentration

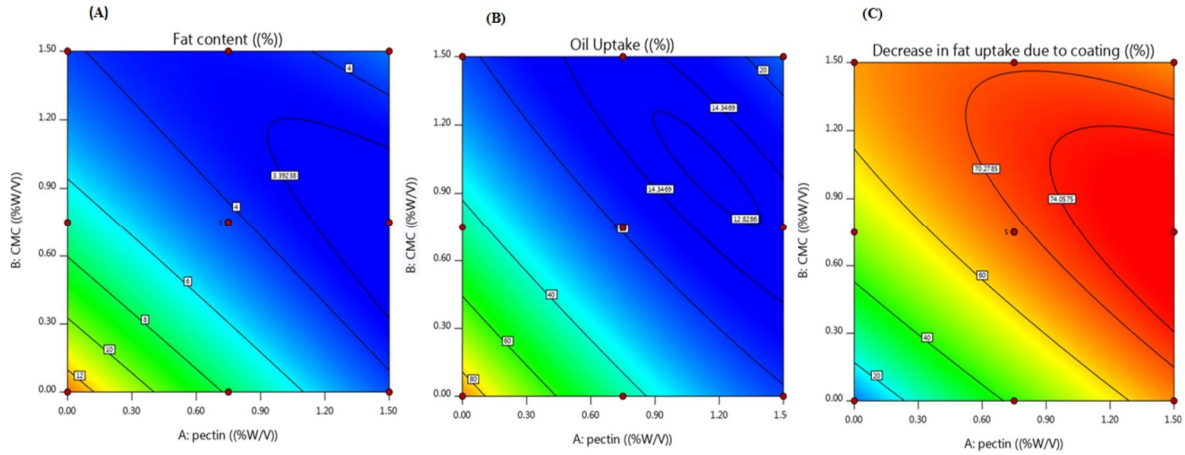

Fig 2 Changes in the Fat content (A), Oil uptake (B), Decrease in fat uptake due to coating (C) of produced French fries influenced by CMC and pectin gum concentration

۳-۳- تغییرات بافت و راندمان سرخ کردن خلال‌های نیمه سرخ شده سیب‌زمینی

روند تغییرات بافت و راندمان سرخ کردن فرنچ فرایز تولیدی تحت تأثیر هم‌زمان غلظت صمغ پکتین و CMC در شکل ۳ (A-B) ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۳ A ملاحظه می‌شود افزایش غلظت صمغ‌های CMC و پکتین (مخصوصاً CMC) به صورت جداگانه، میزان نیروی لازم برای برش فرنچ فرایز تولیدی کاهش می‌یابد که این امر به دلیل خاصیت سد کنندگی و جلوگیری از اتلاف آب این پوشش‌ها طی سرخ کردن می‌باشد همچنین نمونه‌های پوشش دهی شده با صمغ

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

پکتین نیروی بیشتری برای برش نیاز دارند. اما با افزایش هم‌زمان غلظت صمغ‌های پکتین و CMC میزان نیروی لازم برای برش (سفتی) افزایش می‌یابد به طوری که بالاترین میزان نیروی لازم برای برش یا سفتی بافت (N ۱۳) در نمونه‌های سیب¬زمینی پوشش¬دهی شده با غلظت‌های ۱/۵٪ صمغ‌های پکتین و CMC مشاهده شد (شکل A ۳). واکنش پکتین با ترکیبات کلسیمی داخل بافت سیب‌زمینی موجب سفت شدن بافت محصول شده به همین دلیل نمونه‌های پوشش دهی شده با صمغ پکتین نیروی بیشتری برای برش نیاز داشتند (دارائی گرمه خانی و همکاران (۲۰۱۱) بیان داشتند که واکنش پکتین با ترکیبات کلسیمی داخل بافت سیب‌زمینی منجر به سفت شدن بافت خلال‌های نیمه سرخ شده سیب‌زمینی رقم کنبک و افزایش نیروی لازم برای برش آن‌ها شد [۱۱].

روند تغییرات راندمان سرخ کردن فرنچ فرایز تولیدی در شکل B ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ‌های پکتین و CMC میزان راندمان سرخ کردن افزایش می‌یابد. افزایش میزان راندمان سرخ شدن با افزایش غلظت صمغ‌های پکتین و CMC نشان دهنده قابلیت این صمغ‌ها در جلوگیری از اتلاف آب در حین سرخ شدن می‌باشد. از آنجا که راندمان سرخ شدن از نسبت وزن خلال‌های پوشش‌دار بعد از سرخ شدن به وزن خلال‌های پوشش‌دار قبل از سرخ شدن به دست می‌آید با توجه به قابلیت سد کنندگی و حفظ رطوبت صمغ‌های مورد استفاده میزان اتلاف رطوبت در حین سرخ کردن کاهش یافته و وزن بیشتری از خلال‌ها بعد از سرخ کردن به دست می‌آید که موجب افزایش راندمان سرخ کردن فرنچ فرایز پوشش¬دهی شده می‌شود. کم‌ترین میزان راندمان سرخ کردن (٦٦٪) مربوط به نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) بود که موید تأثیر صمغ‌ها در افزایش راندمان سرخ کردن می‌باشد. این نتایج با یافته‌های حاصل از یادگاری و همکاران [۲٦] و دارائی گرمه خانی [۱۳-۱۱]، گوهری و همکاران [۵]، آقاجانی و همکاران [٦] و ساری و همکاران [۱٤] مطابقت داشت. نتایج تحقیقات این پژوهشگران نیز موید بالاتر بودن راندمان سرخ کردن نمونه‌های پوشش‌دهی شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) بود. این محققین نیز بیان داشتند که پوشش دهی محصولات قبل از فرآیند سرخ کردن با ممانعت از اتلاف رطوبت محصول و کاهش جذب روغن در حین سرخ کردن موجب افزایش راندمان سرخ کردن می‌شود که این امر را به خواص سد کنندگی پوشش‌ها نسبت دادند.

۳-٤- تغییرات شاخص‌های رنگی فرنچ فرایز تولیدی

نتایج تأثیر پوشش¬دهی خلال‌های سیب‌زمینی با صمغ‌های پکتین و CMC بر شاخص‌های رنگی فرنچ فرایز تولیدی در شکل ٤ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل A ٤ ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ CMC تا غلظت ۱/۲٪ میزان روشنایی (L) فرنچ فرایز تولیدی روند صعودی دارد در حالی که پوشش¬دهی خلال‌های سیب¬زمینی با غلظت‌های بالاتر از ۱/۲ ٪ صمغ CMC موجب کاهش شاخص روشنایی محصول سرخ شده گردید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود صمغ CMC تأثیر بیشتری بر میزان شاخص رنگی روشنایی (L) فرنچ فرایز تولیدی در مقایسه با صمغ پکتین دارد. کاهش میزان شاخص رنگی L (روشنایی) نمونه‌های سرخ شده در حین فرآیند سرخ کردن عمیق می‌تواند به دلیل واکنش کاراملیزاسیون و قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی در حین سرخ کردن باشد که در نمونه‌های پوشش دهی شده با صمغ CMC کاهش شاخص رنگی L، می‌تواند در اثر واکنش قهوه‌ای شدن میلارد بین اسیدهای آمینه سیب‌زمینی و مولکول‌های قندی احیاکننده موجود در ساختار صمغ CMC باشد که با نتایج دارائی گرمه‌خانی و همکاران (۲۰۱۱، ۲۰۱٤) مطابقت داشت [۱۲-۱۱]. هرچند که پوشش¬دهی خلال‌های سیب‌زمینی قبل از سرخ کردن به دلیل ممانعت از خروج رطوبت طی سرخ کردن مانع از خشک شدن سطح محصول و ایجاد شرایط مناسب برای انجام واکنش میلارد و قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی محصول می‌شود [۱۵ و ۳۱]. بنابراین انتظار می‌رود که نمونه‌های پوشش دهی شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد میزان شاخص رنگی روشنایی بالاتری داشته باشند که خود نشان دهنده میزان جذب روغن کمتر در نمونه‌های پوشش¬دهی شده می‌باشد [۳۲].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

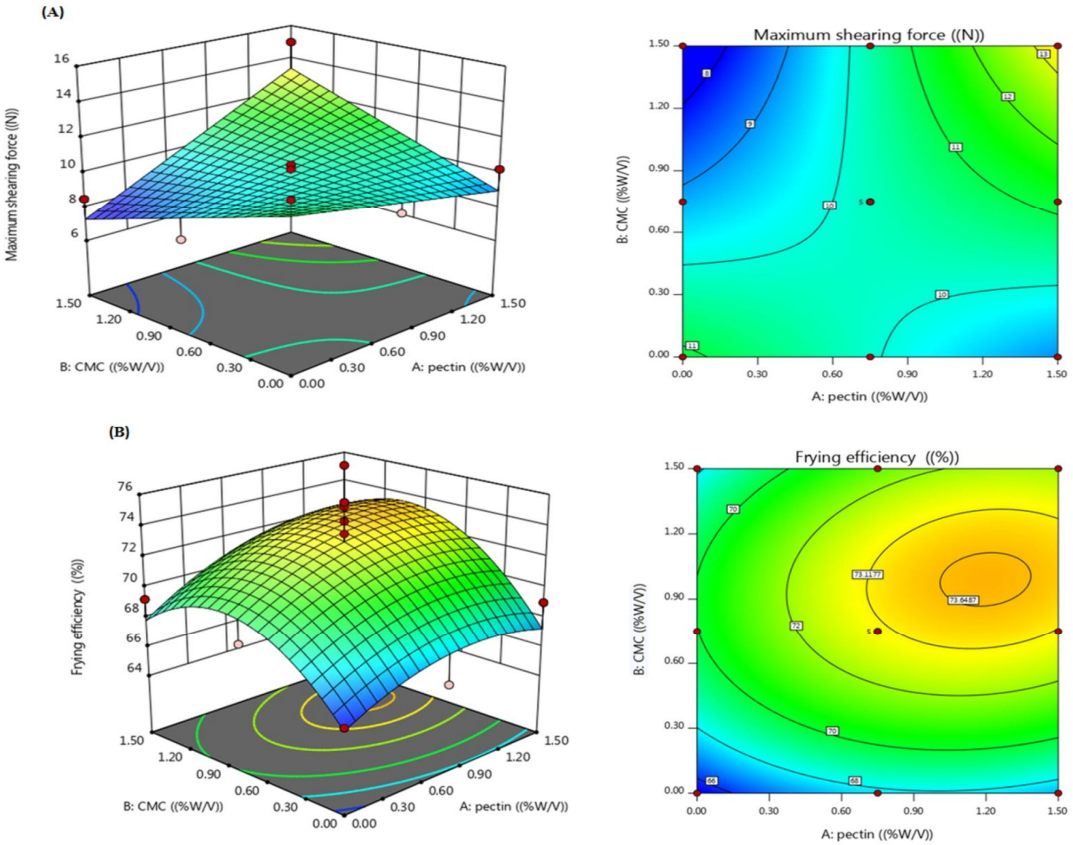

Fig 3 3 D surface and contour plot of variation in the Maximum shearing force (A) and frying efficiency (B) of produced French fries influenced by CMC and pectin gum concentration.

روند تغییرات فاکتور رنگی a فرنچ فرایز پوشش‌دهی شده با صمغ‌های پکتین و CMC در بخش (B) شکل ٤ ارائه شده است. پوشش¬دهی خلال‌های سیب‌زمینی با صمغ‌های پکتین و CMC موجب افزایش شاخص رنگی a محصول می‌شود (شکل B ٤). همان‌طور که در شکل B ٤ مشاهده می‌شود صمغ CMC تأثیر بیشتری بر میزان شاخص رنگی (a) فرنچ فرایز تولیدی در مقایسه با صمغ پکتین دارد. در غلظت ثابت صمغ پکتین با افزایش غلظت صمغ CMC میزان شاخص رنگی a فرنچ فرایز تولیدی روند صعودی شدیدی دارد. همچنین در غلظت ثابت صمغ CMC با افزایش غلظت صمغ پکتین میزان شاخص رنگی a روند صعودی آهسته‌تری دارد که در غلظت‌های بالای صمغ CMC با افزایش غلظت پکتین میزان شاخص رنگی a فرنچ فرایز تولیدی روند نزولی پیدا می‌کند. بالاترین مقدار شاخص رنگی a در نمونه‌های پوشش دهی شده با غلظت ۱/۵٪ صمغ CMC و کم‌ترین مقدار شاخص رنگی a در نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) مشاهده شد (شکل B ٤).

شاخص رنگی b بیانگر میزان زردی و آبی بودن رنگ نمونه‌ها می‌باشد. هرچه میزان شاخص رنگی b بالاتر باشد میزان زردی نمونه‌ها افزایش می‌یابد با توجه به اینکه در طی فرایند سرخ کردن عمیق واکنش‌های کاراملیزاسیون، ژلاتینه شدن نشاسته و میلارد صورت می‌گیرد طبیعتاً از میزان زردی و روشنایی نمونه‌ها کاسته شده و رنگ‌های تیره در محصول پدید می‌آید [۱۲]. گوهری اردبیلی و همکاران [۵] و آقاجانی و همکاران [٦] نیز نتایجی مشابه با تحقیق حاضر در ارتباط با تأثیر مواد پوشش دهنده بر فاکتورهای رنگی کدو و هویج سرخ شده ارائه دادند؛ بنابراین هر عاملی که بتواند باعث افزایش شاخص زردی محصولات سرخ شده سیب‌زمینی شود به نحوی موجب بهبود و ارتقاء کیفیت رنگی این فرآورده‌ها می‌باشد. روند تغییرات شاخص رنگی b فرنچ فرایز تولیدی پوشش¬دهی شده با صمغ‌های پکتین و CMC در شکل C ٤ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در غلظت‌های پایین صمغ‌های پکتین و CMC، افزایش غلظت هر کدام از این دو صمغ موجب افزایش میزان شاخص رنگی b فرنچ فرایز تولیدی می‌شود در حالی که پوشش دهی با غلظت‌های بالای هر دو صمغ موجب کاهش شاخص رنگی b محصول می‌شود (شکل C ٤). بالاترین میزان شاخص رنگی b (۲٤) در نمونه‌های پوشش¬دهی شده با غلظت ۱/۵٪ صمغ CMC مشاهده شد در حالی که نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) کم‌ترین میزان شاخص رنگی b را دارا بودند. همان‌طور که از

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

شکل C ٤ ملاحظه می‌شود صمغ CMC در مقایسه با صمغ پکتین تأثیر بیشتری بر افزایش شاخص رنگی b فرنچ فرایز تولیدی دارد.

شاخص اختلاف رنگ (ΔE) بیانگر میزان تفاوت رنگی نمونه‌های تولید شده با نمونه شاهد (بدون پوشش) می‌باشد و هرچه میزان این پارامتر کمتر باشد بیانگر تولید محصولی با خواص رنگی مشابه با نمونه‌های شاهد است. همان‌طور که در شکل D ٤ ملاحظه می‌شود با افزایش غلظت صمغ CMC تا غلظت ۱/۲٪ میزان اختلاف رنگ (ΔE) فرنچ فرایز تولیدی با نمونه شاهد روند صعودی دارد در حالی که پوشش دهی خلال‌های سیب‌زمینی با غلظت‌های بالاتر از ۱/۲ ٪ صمغ CMC موجب کاهش اختلاف رنگ (ΔE) محصول سرخ شده با نمونه‌های شاهد گردید. همان‌طور که ملاحظه می‌شود صمغ CMC در مقایسه با صمغ پکتین تأثیر بیشتری بر میزان اختلاف رنگ (ΔE) فرنچ فرایز تولیدی دارد. البته بایستی بیان نمود که با توجه به شاخص زردی (b) بالایی که در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با صمغ CMC مشاهده شد میزان اختلاف رنگ با نمونه‌های شاهد در جهت مثبت ارزیابی شده و محصول تولیدی با استفاده از صمغ CMC به لحاظ ویژگی‌های رنگی از نمونه شاهد بهتر بوده است.

۳-۵- بهینه یابی فرآیند سرخ کردن عمیق فرنچ فرایز تولیدی

از آنجا که در فرآیند سرخ کردن هدف دست‌یابی به محصولی با کم‌ترین مقدار جذب روغن در عین حفظ مواد مغذی، ارزش تغذیه‌ای و خواص حسی می‌باشد، بنابراین متغیرهای مستقل این فرآیند نظیر غلظت صمغ‌های پکتین و CMC در محدوده غلظت‌های اعمال شده در نظر گرفته شدند. همچنین متغیرهای وابسته‌ای نظیر درصد پوشش دهی، مقدار رطوبت، کاهش رطوبت در حین سرخ کردن به علت پوشش دهی و سفتی بافت (نیروی لازم برای برش خلال‌ها) حداکثر و پارامترهایی مثل اختلاف رنگ کلی نمونه‌ها با نمونه شاهد، اتلاف رطوبت در حین سرخ کردن، مقدار چربی و جذب روغن حداقل در نظر گرفته شد. در فرآیند بهینه یابی به تمامی پارامترهای مستقل وزن و اهمیت یکسان داده شد. با توجه به شرایط مورد نظر راه حل دارای بالاترین مطلوبیت، مناسب‌ترین و بهترین شرایط خواهد بود که پوشش‌دهی با پکتین با غلظت ۰/٦۹ ٪ و صمغ CMC با غلظت ۱/٤۹٪ به عنوان بهترین شرایط جهت تولید فرنچ فرایز کم چرب در نظر گرفته شد. در صورت اعمال این شرایط، فرنچ فرایز با بهترین خواص کیفی و کم‌ترین میزان جذب روغن تولید می‌شود (شکل ۵).

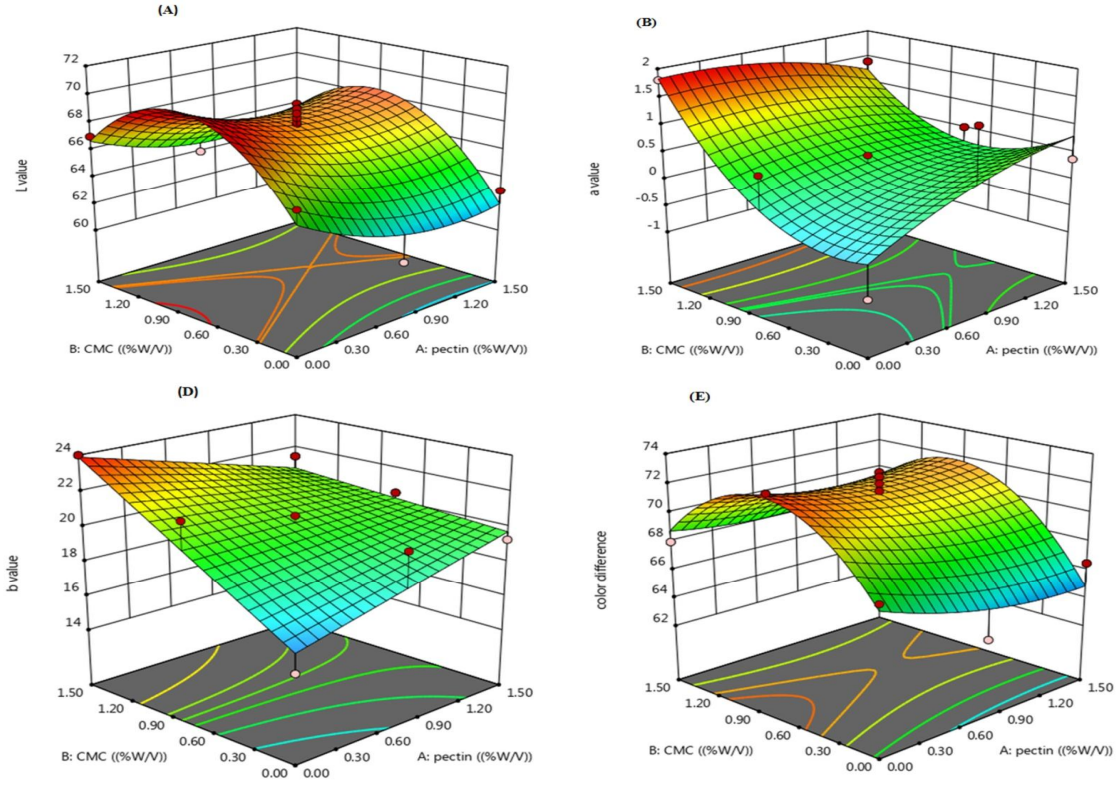

Fig 4 Changes in color indexes (A)- Brightness (L), (B)- Redness (a), (C)- Yellowness (b) and (D)- Color difference of fried zucchini samples under different conditions of deep fat frying process

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

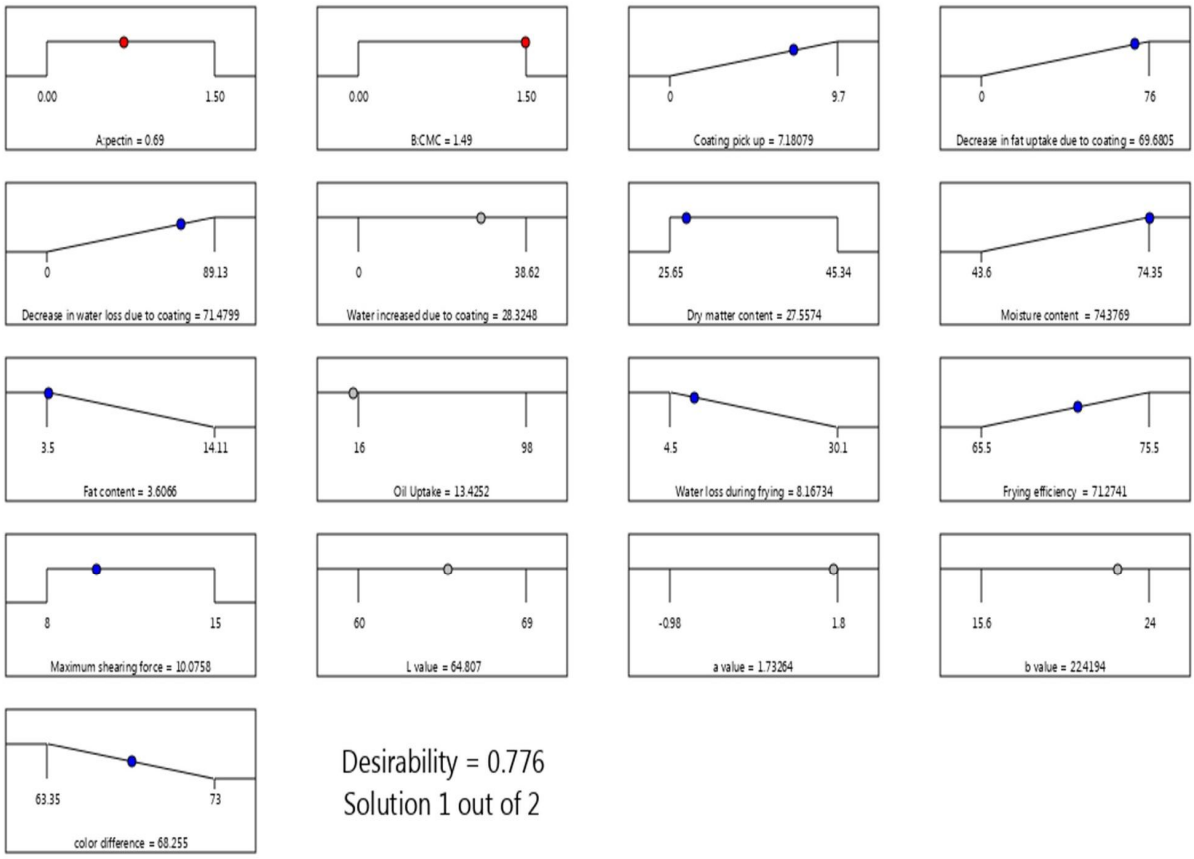

Fig 5 Optimization of french freis, deep fat frying process

٤- نتیجه گیری کلی

طی فرآیند سرخ کردن عمیق سطح محصول خشک شده و به علت چروکیدگی سطحی، لوله‌های مویین و منافذ داخل ماده غذایی بسته شده و در نتیجه تبادل رطوبت در حین سرخ کردن کاهش می‌یابد. با تبخیر و خروج سریع آب از داخل بافت ماده غذایی تاول‌های سطحی ایجاد می‌شود که با افزایش فشار بخار این تاول‌ها ترکیده شده و پوسته تخریب می‌شود که باعث افزایش جذب روغن در این نواحی می‌گردد. پوشش‌دهی مواد غذایی با مواد هیدروکلوئیدی به علت خاصیت سد کنندگی آن‌ها باعث کاهش میزان اتلاف رطوبت در حین سرخ کردن شده و در نتیجه مقدار جذب روغن در محصول نهایی کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق بیانگر اثر مثبت صمغ‌های پکتین و CMC در کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن خلال‌های سیب‌زمینی بود و در عین اینکه محصول کم چربی تولید شده خواص کیفی محصول نظیر رنگ، بافت، راندمان سرخ کردن و ... در مقایسه با نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) بهبود یافت. در نهایت می‌توان بیان داشت که با اعمال شرایط بهینه فرآیند سرخ کردن (پوشش¬دهی با مخلوط صمغی پکتین با غلظت ۰/٦۲ ٪ و صمغ CMC با غلظت ۱٪) که از این تحقیق حاصل شد می‌توان محصولی با مقدار روغن کمتر و بالاترین خواص کیفی از نظر رنگ، بافت و راندمان سرخ کردن را تولید نمود.

٥- منابع

[1] Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, HO., Maghsoudlou, Y., and Kashaninejad, M. 2010. Investigation of the physicochemical properties of three potato varieties of Golestan province and their effects on quality attribute of French fries. Food Science and Technology. 7 (24): 1-9 [in Persian].

[2] Moyano, PC., Ríoseco, VK., and Gonzaléz, PA. 2002. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of im- pregnated French fries. Journal of Food Engineering. 54: 249-255.

[3] García, MA., Ferrero, C., Bértola, N., Martino, M., and Zaritzky, N. 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. Innovative Food

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

Science and Technology. 51 (17): 1334-1341.

[13] Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, HO., Kashaninejad, M., and Maghsudlou, Y. 2008. Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. European Journal of Lipid Science and Technology. 11: 1045-1049.

[14] Sari, A., Mirmoeini, S., and Daraei Garmakhany, A. 2017. Effect of Aloe Vera Gel on Oil Absorption and Organoleptical Properties of Fried Chicken Meat. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 12 (3) :55-64 [in Persian].

[15] Akdeniz, N. Effects of different batter formulations on quality of deep-fat fried carrot slices, Graduate Thesis, Natural and Applied Sciences of Middle east Technical University. 2004.

[16] Aminlari, M., Ramezani, R., and Khalili, MH. 2004. Production of protein-coated low-fat potato chips. Food Science and Technology International. 11: 177-181.

[17] AOAC, Official Methods of the Association of Official Analytical Chemists, Arlington. 2005.

[18] Hashemi Shahraki, M., Mashkour, M., and Daraei Garmakhany, A. 2014. Development and application of a computer vision system for the measurement of the colour of Iranian sweet bread. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods. 6 (1): 33–40.

[19] Debnath, S., Bhat, KK., and Rastogi, NK. 2003. Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. LWT- Food Science and Technology. 36: 91-98.

[20] Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. Trends in Food Science and Technology. 14: 364-373.

[21] Abedpour, L., and Dehghannya, J. 2016. Investigation of oil uptake during potato strips deep-fat frying pretreated with ultrasound and osmotic dehydration. Journal of Food Science and Technology. 50 (13): 65-72.

[22] Avaz Khajeh, H., and Jorjani, S. 2016. Effect of Adding Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) in Breaded Shrimp on Oil Uptake and Sensory Characteristics during deep oil frying. Iranian Journal of Science and Emerging Technologies. 3: 391-397.

[4] Krokida, MK., Oreopolou, V., Maroulis, ZB., and Marinos-Kouris, D. 2001. Deep fat frying of potato strips- quality issues. Journal of drying Technology. 19: 879-935.

[5] Gohari Ardabili, A., Aghajani, N., and Daraei garmakhany, A. 2021. Response surface optimization of low fat fried zucchini slices production conditions (Balangu seed gum concentration, frying time and temperature). Food Science and Technology. 17 (109):129-142 [in Persian].

[6] Aghajani, N., Gohari Ardabili, A., and Daraei Garmakhany, A. 2018. Response Surface Optimization of the Oil Absorption and Sensory Attributes of Fried Carrot Chips Under the Effect of Aleo Vera Gel concentration, Frying Time and Temperature. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology. 13 (3):67-79 [in Persian].

[7] Moreira, RG., Castell-Perez, ME., and Barrufet, MA. 1999. Deep-Fat Frying fundamentals and applications. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. P. 75-104.

[8] Gamble, MH., Rice, P., and Selman, JD. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from C.VR. ecord U.K. tubers. International Journal of Food Science and Technology. 22: 233-241.

[9] Pinthus, EJ., Weinberg, P., and Saguy, IS. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. Journal of Food Science. 58: 204-205.

[10] Mah, E. Optimization of a pretreatment to reduce oil absorption in fully fried, battered and breaded chicken using whey protein isolate as a postbreading dip .MSc Thesis . Ohio University. 2008.

[11] Daraei Garmakhany, A., Aghajani, N., and Kashiri, M. 2011. Use of hydrocolloids as edible covers to produce low fat French fries. Latin American Applied Research. 41: 211-216.

[12] Daraei Garmakhany, A., Mirzaei, HO., Maghsoudlou, Y., Kashaninejad, M., and Jafari, SM. 2014. Production of low fat French-fries with single and multi-layer hydrocolloid coating. Journal of Food

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

Nutrition Sciences and Food Technology. 9(4):75-82 [in Persian].

[23] Hasanpour, N., Mohebbi, M., and Varidi, M. 2014. Evaluation of coating and frying conditions on physicochemical properties of deep fat fried Falafel. Journal of Food Science and Technology. 47 (12): 53-63.

[24] Jorjani, S., and Hamrahi, V. 2015. Effect of Guar and xanthan hydrocolloids on uptake of oil in eggplant rings during deep frying. Journal of Food Research. 25 (2): 231-238 [in Persian].

[25] Zamani Ghaleshahi, S., Farhoosh, R., and Razavi, SMA. 2015. Effect of Basil Seed hydrocolloid on the oil uptake and Physical properties of potato strips during deep-fat frying. Iranian Food Science and Technology Research Journal. 11 (4): 309-318 [in Persian].

[26] Yadegari, M., Esmaeilzadeh Kenari, R., and Hashemi, S. J. 2017. Investigation of effects of lepidium sativum seed, alyssum homolocarpum and methyl cellulose gums and Compound them on oil uptake and qualitative properties of fried potato during deep frying process. Food Science and Technology. 14 (69): 1-9 [in Persian].

[27] Lalam, S. Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets. MSc Thesis. Texas Tech University. 2011.

[28] Ziaiifar, AM. Oil absorption during deep fat frying: Mechanisms and Important Factors. PhD thesis. Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech). 2008.

[29] Kassama, LS. Pore development in food during deep-fat frying. PhD thesis. McGill University. 2003.

[30] Zolfaghari, Z., Mohebbi, M., and Haddad Khodaparast, MH. 2011. Effect of type of hydrocolloid coating and soy flour addition on physiochemical properties of donut. Journal of Food Research. 21: 127-139 [in Persian].

[31] Akdeniz, N., Sahin, S., anf Sumnu, G. 2006. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. Journal of Food Engineering. 75(4): 522-526.

[32] Loewe, R. 1990. Ingredient selection for batter systems. In K. Kulp & R. Loewe (Eds.), Batters and breadings in food processing (pp. 11–28). St. Paul: Minnesota.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of the effect of pectin and carboxymethyl cellulose gums on oil uptake, textural properties and color changes of French fries using response surface methodology

Daraei Garmakhany, A. [1]*, Aghajani, N. [2], Dalvi Isfahan, M. [3]

1. Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Tuyserkan Faculty of Engineering & Natural Resources, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
2. Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Bahar Faculty of Food Science and Technology, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.
3. Assistant professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Jahrom University, Jahrom, Iran.

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2021/ 02/ 09
Accepted 2021/ 05/ 15

Keywords:

Semi- fried potato strips,
Edible coating,
Hydrocolloids,
Oil absorption.

DOI: 10.52547/fsct.18.116.39

*Corresponding Author E-Mail:
amirdaraey@basu.ac.ir

ABSTRACT

Fried potato products are very popular due to their desired quality properties, taste and texture, but their high fat content has caused concern in society. The use of edible coatings before frying is effective in reducing oil absorption. In this research, the effect of different concentration (0, 0.5 and 1%) of pectin and carboxymethyl cellulose (CMC) gums as a coating agent on oil absorption and quality properties of French Fries was investigated and optimized by the response surface methodology. Result showed that the moisture content of the samples increased as the concentration of pectin and CMC gums increased, but the amount of oil absorption, water loss during frying and the amount of required maximum shearing force for cuting the produced French fries decreased. Colorimetric results showed that, with increasing CMC gum concentration (Up to 1.2%), the brightness (L) and color difference (ΔE) of the produced French fries increased, but, the use of CMC gum concentrations higher than 1.2% reduced the color parameters of L and ΔE of the final product. Results showed that using pectin and CMC gums increased the color parameters a and b of the produced French fries. coating potato stripes with 0.69% pectin gum and 1.49% CMC gum are the optimum conditions for coating process of potato strips and at this condition, the quality parameters of the produced French fries are maintained optimally. Application of pectin and CMC gums lead to produce low fat French fries without adverse effect on quality attributes of final product.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-20]

[DOI: 10.52547/fsct.18.116.39]