Archive of SID

مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال ششم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، صفحات ۸۶-۷۵

مطالعه اثر پوشش بر پایه ایزوله پروتئین سویا بر خواص خلال سیب‌زمینی سرخ شده با استفاده از روش پاسخ سطح

دریادخت سرمدی‌زاده[۱]، فوژان بدیعی[۲]، محمدرضا احسانی[۳]، ندا مفتون‌آزاد[۴]، فرزاد گودرزی[۵]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۲- نویسنده مسئول: استادیار بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
پست الکترونیکی: fjbadii@gmail.com
۳- استاد گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
۴- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس
۵- مربی پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از پوشش‌های خوراکی، روش مناسبی برای کاهش مقدار روغن جذب شده در مواد غذایی سرخ شده است. در این تحقیق، اثر پوشش خوراکی برپایه ایزولهٔ پروتئین سویا به همراه پلاستی‌سایزر سوربیتول بر میزان کاهش جذب روغن، خواص فیزیکی و حسی خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده بررسی شد.

مواد و روش‌ها: خلال‌های سیب‌زمینی با محلول‌های خوراکی از ایزوله پروتئین سویا به همراه پلاستی‌سایزر سوربیتول پوشش داده شدند. اثر پوشش بر میزان تغییرات رطوبت، میزان کاهش جذب روغن، تردی بافت و رنگ خلال‌ها با استفاده از روش پاسخ سطح بررسی شد. همچنین، اثر پوشش‌دهی بر خواص حسی خلال سیب‌زمینی سرخ شده مطالعه شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که غلظت پروتئین و سوربیتول عوامل مهم و مؤثر بر ویژگی‌های خلال‌ها مانند حفظ رطوبت، کاهش جذب روغن، تیره‌تر شدن رنگ و افزایش تردی هستند. پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی میزان چربی را تا ۲±۴۰٪ در محصول سرخ شده کاهش داد و میزان رطوبت را تا ۸۰٪ در خلال‌های سرخ شده حفظ کرد. خلال‌های پوشش داده شده از نظر خواص ارگانولپتیکی تفاوتی با نمونه‌های بدون پوشش نداشتند. با استفاده از مدل‌های پیشنهادی به روش پاسخ سطح به خوبی می‌توان اثر پوشش ایزوله سویا را بر خواص خلال سرخ شده توصیف کرد.

نتیجه‌گیری: پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی باعث شد تا ضمن کاهش میزان جذب روغن خلال‌ها، از نظر خواص ارگانولپتیکی محصولی مشابه نمونه‌های خلال سیب‌زمینی سرخ شده بدون پوشش به دست آید. بنابراین، کاربرد پوشش پروتئینی سویا باعث بهبود ارزش تغذیه‌ای، خواص حسی و بهداشتی محصولات سرخ شده می‌شود.

واژگان کلیدی: پوشش خوراکی، ایزوله پروتئین سویا، سوربیتول، خلال سیب‌زمینی، کاهش جذب روغن، روش پاسخ سطح

• مقدمه

سرخ کردن مواد غذایی با روغن، روشی است که به طور وسیع برای تولید محصولاتی با ظاهری جذاب و خوش‌طعم استفاده می‌شود (۱). سرخ کردن عمیق با استفاده از روغن، نوعی فرایند پخت است که روغن به عنوان واسط انتقال حرارت عمل کرده و به داخل ماده غذایی نفوذ می‌کند.

محصولات غذایی سرخ شده با وجود محتوای چربی بالای خود که باعث افزایش کلسترول خون، افزایش فشار خون و بیماری‌های مربوط به انسداد شریان‌های قلب می‌شوند، هنوز مورد توجه مصرف‌کنندگان هستند (۲). با افزایش تقاضا برای مصرف محصولاتی با محتوای چربی پایین، تلاش‌های زیادی در جهت کاهش یا جایگزین کردن روغن در محصولات پخته شده

www.SID.ir

Archive of SID

صورت گرفته است. از این‌رو، ضرورت استفاده از روشی برای کاهش میزان جذب روغن در محصولات سرخ شده احساس می‌شود.

در سال‌های اخیر، تحقیقات فراوانی در جهت کاهش میزان جذب روغن در طول فرایند سرخ کردن انجام شده است. پوشش‌دهی محصولات قبل از فرایند سرخ کردن با پوشش‌های خوراکی، یکی از راه‌های کاهش جذب روغن و جلوگیری از تبادل رطوبت است. پوشش‌های خوراکی مختلفی شامل مشتق‌های آب‌دوست سلولز، برخی پروتئین‌ها و صمغ‌ها برای کاهش میزان جذب روغن طی سرخ کردن استفاده شده‌اند (۴، ۳). استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی مانند سلولز، به دلیل خاصیت ممانعت کنندگی این پوشش‌ها نسبت به چربی باعث کاهش میزان روغن در محصول می‌شوند. محلول‌های مشتقات سلولز شامل متیل‌سلولز (Methylcellulose) و هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز (Hydroxypropyl-methylcellulose) در اثر حرارت تشکیل ژل می‌دهند و با کاهش دمای حرارت دهی به حالت اول خود باز می‌گردند (۵).

مؤثر بودن استفاده از پوشش‌های خوراکی مختلف بر حفظ رطوبت موجود در چیپس سیب‌زمینی سرخ شده و کاهش میزان جذب روغن توسط *Mallikarjunan* و همکاران در سال ۱۹۹۷ بررسی شد. در این تحقیق، نمونه‌ها با زئین ذرت، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز پوشش داده شدند. بنابر نتایج حاصل شده، رطوبت نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد (بدون پوشش) حدود ۳۱–۱۵٪ افزایش یافت و کاهش میزان روغن نیز در نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به نمونه‌های شاهد در حدود ۸۳–۵۹٪ بود. در این تحقیق مشخص شد که از میان پوشش‌های خوراکی مطالعه شده، متیل سلولز، بیشترین خواص ممانعت‌کنندگی را دارد (۱).

Garcia و همکاران در سال ۲۰۰۲ اثر پوشش‌دهی خلال سیب‌زمینی را با متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل‌سلولز بر کاهش جذب روغن طی فرایند سرخ کردن سیب‌زمینی بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که پوشش متیل سلولز برای کاهش جذب روغن، مؤثرتر از پوشش هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بود. میزان کاهش جذب روغن در محصول سرخ شده ۴۰/۵ – ۳۵/۲٪ و میزان افزایش محتوای آبی در محصول ۲۵/۷ – ۶/۳٪ گزارش شد. از طرفی بافت محصول پوشش داده شده با نمونه‌های بدون پوشش تفاوتی نداشت و تنها اختلاف بسیار ناچیزی در رنگ وجود داشت که قابل قبول بود (۳).

Albert و *Mittal* در سال ۲۰۰۲ میزان جذب روغن را در محصولات حاصل از غلات با استفاده از پوشش‌های خوراکی تهیه شده از ژلاتین، صمغ دانه سویا، متیل سلولز، پکتین، کازئینات سدیم، ایزوله پروتئین سویا، ایزوله پروتئین آب پنیر و گلوتن گندم بررسی کردند. پوشش تهیه شده از مخلوط ایزوله پروتئین سویا، پروتئین آب پنیر و متیل‌سلولز میزان جذب روغن را در حدود ۹۹/۸٪ کاهش داد، درحالی که کاربرد پوشش تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با متیل سلولز میزان جذب روغن را در حدود ۸۳/۵٪ کاهش داد (۶).

دارایی گرمه‌خانی و همکاران در سال ۱۳۸۸ اثر مواد هیدروکلوئیدی را بر جذب روغن و خواص کیفی خلال نیمه سرخ شده سیب‌زمینی مطالعه کردند. نمونه‌های پوشش داده شده با مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین با غلظت ۱٪ و زانتان با غلظت ۱/۵٪ به ترتیب با ۳/۴۰ و ۳/۴۳٪ ، کمترین میزان چربی را داشتند. بیشترین میزان کاهش افت رطوبت در هنگام سرخ کردن در نمونه‌های پوشش داده شده با صمغ‌های زانتان و پکتین مشاهده شد و کمترین میزان کاهش افت رطوبت در غلظت‌های مورد مطالعه صمغ گوار بود (۷). در مقاله انتشار یافته توسط *Bertolini* و همکاران (۲۰۰۸) میزان کاهش جذب روغن در نمونه‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با متیل سلولز نسبت به نمونه شاهد ۳۰٪ گزارش شده است (۵).

پروتئین سویا در مقایسه با سایر پروتئین‌های گیاهی ارزش تغذیه‌ای بالایی دارد و نسبتاً ارزان است (۸). به علت قابلیت بالای ایجاد پوشش، فراورده‌های پروتئینی حاصل از آرد سویای روغن‌کشی شده (از جمله ایزوله سویا و کنسانتره سویا) را می‌توان برای پوشش‌دهی به کار برد (۹). این پروتئین، پوششی با بافت یکنواخت، شفاف و انعطاف‌پذیر ایجاد می‌کند که نسبت به نفوذ اکسیژن و چربی بسیار مقاوم است (۱۰) ولی به دلیل خواص آب‌دوستی پروتئین سویا، فیلم تهیه شده از آن، مقاومت کمی در برابر رطوبت دارد (۱۱). پوشش پروتئین سویا در محصولات سرخ شده باعث کاهش جذب روغن می‌شود و از تبادل رطوبت جلوگیری می‌کند (۱).

در این تحقیق، اثر پوشش خوراکی تشکیل شده از پروتئین سویا بر کاهش میزان جذب روغن و کیفیت خلال سیب‌زمینی سرخ شده به روش پاسخ سطح بررسی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

• مواد و روش‌ها

مواد: لوبیای سویا (گونه DPX) از گرگان و از *شرکت دانه‌های روغنی* تهیه شد. سیب‌زمینی رقم پیکاسو از بندرعباس بلافاصله پس از برداشت تهیه شد. محلول n-هگزان (C_6H_{14}) با درجه خلوص بیش از ۹۵٪ (M = ۸۶/۱۸ گرم بر مول و اسید آزاد کمتر از ۰/۰۰۰۵٪) سود و اسید کلریدریک غلیظ از شرکت مرک (Merck) آلمان، سوربیتول ۹۷٪ از شرکت *آکروس* (Acros) و روغن خوراکی سرخ کردنی بهار (روغن آفتابگردان، سویا و تخم پنبه) از *شرکت صنعتی بهشهر* تهیه شد.

تهیه آرد سویای بدون چربی: ابتدا توسط دستگاه آسیاب، آرد کامل از دانه سویا به دست آمد. آرد سویای بدون چربی به روش استخراج سرد توسط حلال n- هگزان تهیه شد. آرد سویای بدون چربی در آون خلأ در دمای محیط حلال‌زدایی شد.

تهیه ایزوله پروتئین سویا: ایزوله پروتئین سویا از آرد سویای بدون چربی با استفاده از روش استخراج قلیایی و رسوب اسیدی تهیه شد. آرد حاصل به نسبت ۱ به ۱۰ با آب مقطر مخلوط و به کمک محلول سود ۰/۱ نرمال به pH=۱۰ رسانده شد. نمونه روی همزن به مدت ۱ ساعت مخلوط و با دور ۳۰۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. محلول شفاف رویی جدا و با استفاده از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال به pH=۴/۳ (pH ایزوالکتریک پروتئین سویا) رسانده شد. این سوسپانسیون به طور کامل روی همزن به مدت ۱ ساعت مخلوط و با دور ۳۰۵۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد تا رسوب پروتئینی جدا شود. رسوب حاصل با استفاده از آب شست و شو داده شد تا pH آن به حدود ۷ برسد (۱۲،۱۳). سپس ایزوله مرطوب سویا با ازت مایع به طور آنی منجمد و بلافاصله در خشک‌کن انجمادی خشک شد. ایزوله پروتئینی در ظروف دردار در دمای ۱۸°C- نگهداری شد. مقدار پروتئین ایزوله به دست آمده ۹۰/۲٪ بود که طبق روش استاندارد AOAC اندازه‌گیری شد (۱۴).

تهیه پوشش خوراکی: مقادیر مناسب از ایزوله پروتئین سویا بر حسب گرم (۲/۶، ۳، ۴، ۵، ۵/۴) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل شد. پلاستی‌سایزر سوربیتول در مقادیر مناسب (۲۶۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۵۴ درصد وزنی پروتئین) به ایزوله پروتئین سویا افزوده شد (مقادیر مناسب پروتئین و پلاستی-سایزر براساس روش پاسخ سطح مطابق جدول۱ تعیین شد). مخلوط حاصل با استفاده از همزن با دور بالا (۹۰۰۰ دور در دقیقه) به مدت ۲ دقیقه مخلوط شد. سپس pH این محلول با کمک سود ۰/۱ نرمال در حالی که روی گرمکن همزن دار به مدت ۲۰ دقیقه هم زده می‌شد تا به دمای ۸۰°C برسد، به ۱۰ رسانیده شد (۱۵، ۱۳، ۱۲).

خلال‌های سیب‌زمینی به ابعاد ۸×۸×۶۰ میلی‌متر تهیه و در محلول‌های پوشش دهنده پروتئینی (مطابق جدول ۱) به مدت ۲ دقیقه غوطه‌ور شدند. سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۳۵-۳۷°C به مدت ۱۰ دقیقه خشک و برای سرخ کردن آماده شدند.

خلال‌های پوشش داده شده و خشک شده در روغن سرخ کردنی در دمای ۱۸۰°C در سرخ‌کن مولینکس مدل سوپرمیا (Supremia) ساخت فرانسه به مدت ۶ دقیقه سرخ و سپس در دمای اتاق خنک شدند.

اندازه‌گیری مقدار رطوبت: میزان رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و نمونه شاهد (بدون پوشش) طبق روش استاندارد AOAC تحت خلأ و دمای ۷۰°C در ۵ تکرار اندازه‌گیری شد (۱۴).

درصد تغییرات نسبی مقدار رطوبت موجود در خلال‌های پوشش داده شده نسبت به نمونه شاهد (بدون پوشش) از طریق فرمول ۱ محاسبه شد (۵):

فرمول ۱: $WR = ((WC_{coated} / WC_{uncoated}) - 1) \times 100$

WR (Water Retention): حفظ رطوبت موجود در خلال‌های سیب‌زمینی

WC_{coated} (Water Content): مقدار رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده

$WC_{uncoated}$: مقدار رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی بدون پوشش

اندازه‌گیری میزان روغن به روش سوکسله: میزان روغن موجود در خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و نمونه شاهد به روش سوکسله با حلال n-هگزان طبق روش استاندارد AOAC در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد (۱۴). درصد تغییرات میزان روغن در خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده نسبت به خلال‌های بدون پوشش از طریق فرمول ۲ محاسبه شد (۵):

فرمول ۲: $OUR = ((1 - (OU_{coated} / OU_{uncoated})) \times 100$

OUR (Oil Uptake variation Relative): تغییر نسبی میزان روغن موجود در خلال‌های سیب‌زمینی

OU_{coated} (Oil Uptake): مقدار روغن موجود در خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده

www.SID.ir

Archive of SID

$OU_{uncoated}$: مقدار روغن موجود در خلال‌های سیب‌زمینی بدون پوشش

بررسی رنگ خلال‌های سیب‌زمینی: رنگ خلال‌های پوشش داده شده و نمونه شاهد با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج و به روش‌هانتر لب (Hunter lab) اندازه‌گیری شد. میزان رنگ با استفاده از پارامترهای هانتر بر حسب سفیدی-سیاهی (L*) ، قرمزی-سبزی (a*) و زردی-آبی (b*) بیان شد. تغییر رنگ کلی (ΔE) با استفاده از فرمول ۳ محاسبه شد (۵،۱۶).

فرمول ۳: $\Delta E=[(L_0-L)^2+(a_0-a)^2+(b_0-b)^2]^{0/5}$

L_0، a_0 و b_0: مربوط به نمونه شاهد

L، a و b: مربوط به نمونه پوشش داده شده

بررسی تردی بافت خلال‌ها با استفاده از آزمون کرامر: نیروی برشی به عنوان شاخص تعیین بافت مورد ارزیابی قرار گرفت. تردی بافت خلال‌های سیب‌زمینی با آزمون کرامر توسط دستگاه بافت سنج اینسترون مدل H5KS شرکت *هانسفیلد* (Hounsfield) اندازه‌گیری شد. برای برش خلال‌ها از ۵ تیغه به صورت عمود و در هر آزمون از ۴ خلال استفاده شد. به این ترتیب، هر خلال از ۵ نقطه توسط تیغه‌ها برش داده شد. سرعت حرکت تیغه‌ها ۹۶ میلی‌متر در دقیقه بود و نقطه پایانی ۱۳ میلی‌متر بود. در هر آزمون، میزان نیروی مورد نیاز برای برش ثبت شد (۳).

ارزیابی حسی خلال‌ها: ارزیابی حسی خلال‌ها (قابلیت پذیرش کلی، تردی و رنگ) به روش رتبه‌بندی و با استفاده از گروه ارزیاب حسی *مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی* که طی مراحل مختلف انتخاب شده بودند، انجام پذیرفت.

خلال‌های پوشش داده شده با محلول پوشش خوراکی ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول در ۱۲ سطح و نمونه شاهد کدگذاری شدند و در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند. در این آزمون، امتیاز ۷ برای ویژگی بسیار عالی و امتیاز ۱ برای ویژگی بسیار ضعیف در نظر گرفته شد (۱۷).

طرح آزمایشی: در این تحقیق برای ارزیابی اثرات اصلی و متقابل عوامل مختلف، از یک طرح فاکتوریل شکسته (Fractional design facrorial) به صورت پاسخ سطح استفاده شد. به این ترتیب که در مرحله پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی از یک طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر (Box's central composite design) با دو متغیر مستقل و چهار متغیر وابسته استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل غلظت‌های ایزوله پروتئین سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول و چهار متغیر وابسته شامل مقدار ماندگاری رطوبت، میزان کاهش جذب روغن، تردی بافت و رنگ خلال سیب‌زمینی سرخ شده بود. مقادیر کدگذاری شده برای متغیرهای مستقل عبارت بودند از: ۱/۴۱- (کوچک‌ترین سطح)، ۱- (سطح میانی)، ۱ و ۱/۴۱ (بزرگ‌ترین سطح). براساس آزمایش‌های مقدماتی غلظت ۴ گرم ایزوله سویا در۱۰۰ میلی‌لیتر محلول به همراه ۴۰٪ پلاستی‌سایزر به عنوان نقطه مرکزی طرح درنظر گرفته شد و بنابراین، طرح کامل شامل ۱۲ نقطه آزمایشی و یک نقطه مرکزی با ۴ تکرار بود. نقطه مرکزی برای تخمین خطای تجزیه و پیش‌بینی ویژگی برازش مدل بود. متغیرهای وابسته (y) یا پاسخ تحت تاثیر دو متغیر مستقل قرار گرفتند. مقادیر کدگذاری شده مربوط به متغیرهای مستقل در جدول ۱ نشان داده شده است (۱۸).

تجزیه و تحلیل آماری: داده‌های آزمایشی برای هر یک از متغیرهای وابسته با معادله زیر برازش شدند:

فرمول ۴: $Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_{12}X_1X_2+b_{11}X_1^{2+}b_{22}X_2^2$

b_n: ضرایب ثابت رگرسیون

X_1, X_2,: متغیرهای مستقل کدگذاری شده

تجزیه واریانس (ANOVAs) و محاسبه ضریب رگرسیون با نرم‌افزار اکسل انجام شد. نمودارهای سه‌بعدی با نرم‌افزار سیگماپلات (Sigma plot) رسم شدند.

جدول ۱- تعیین سطوح مختلف محلول‌های پوشش‌دهنده تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا و سوربیتول

تیمارها	میزان پروتئین (گرم)	پلاستی‌سایزر (٪)
۱	۳ (-۱)	۳۰ (-۱)
۲	۵ (۱)	۳۰ (-۱)
۳	۳ (-۱)	۵۰ (۱)
۴	۵ (۱)	۵۰ (۱)
۵	۲/۶ (-۱/۴۱)	۴۰ (۰)
۶	۵/۴ (۱/۴۱)	۴۰ (۰)
۷	۴ (۰)	۲۶ (-۱/۴۱)
۸	۴ (۰)	۵۴ (۱/۴۱)
۹	۴ (۰)	۴۰ (۰)
۱۰	۴ (۰)	۴۰ (۰)
۱۱	۴ (۰)	۴۰ (۰)
۱۲	۴ (۰)	۴۰ (۰)

www.SID.ir

Archive of SID

آنالیز آماری خواص حسی خلال‌ها با استفاده از تجزیه واریانس انجام پذیرفت. مقایسه میانگین‌های خواص حسی خلال‌های سیب‌زمینی بدون پوشش و پوشش داده شده با ایزوله پروتئین سویا و سوربیتول با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

• یافته‌ها

تعیین مدل مناسب: مقادیر کدگذاری شده مربوط به متغیرهای مستقل و پاسخ‌های متغیرهای وابسته مربوط به خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با محلول پوششی تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با سوربیتول پس از سرخ شدن در جدول ۲ نشان داده شده است. متغیرهای مستقل شامل غلظت‌های ایزوله پروتئین سویا (P) و پلاستی‌سایزر سوربیتول (S) بودند و پاسخ‌های مشاهده شده عبارت بودند از: میزان حفظ رطوبت (WR)، میزان کاهش روغن (OUR)، رنگ (CO) و بافت خلال‌ها (TEXT). داده‌های آزمایشی در جدول ۲ با فرمول ۴ برازش شدند.

برای برازش داده‌های آزمایشی با فرمول ۴ متغیرهای x_1 و x_2 به ترتیب غلظت پروتئین (P) و غلظت پلاستی‌سایزر سوربیتول (S) درنظر گرفته شدند. زیر، معادلات رگرسیون محاسبه شده برای متغیرهای وابسته در مورد سیب‌زمینی سرخ شده و پوشش داده شده را نشان می‌دهند.

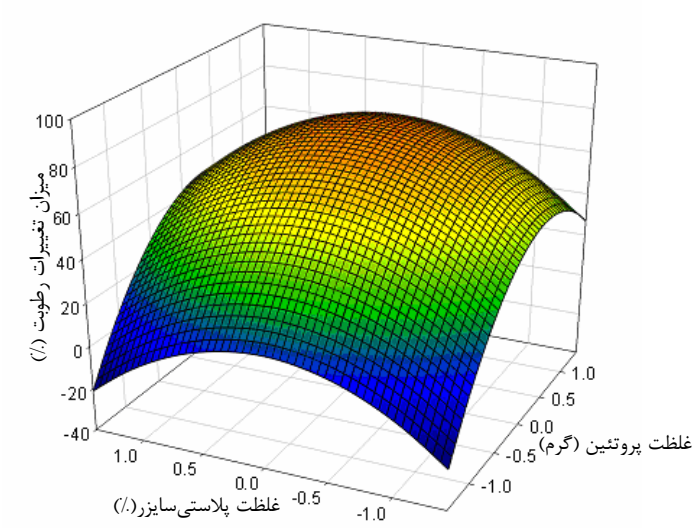
فرمول ۵: $WR=76.02+16.97P-20.09P^2-16.72S^2$

فرمول ۶: $OUR=37.73-10.79P+4.08S-7.24P^2$

فرمول ۷: $CO=5.89+0.73P-0.51S+0.82PS$

فرمول ۸: $TEXT=50.6+4.12P-6.77P^2-5.11S^2$

میزان حفظ رطوبت خلال‌های سرخ شده (WR): با توجه به جدول ۳ در مورد تغییرات رطوبت در سیب‌زمینی پوشش داده شده پس از سرخ کردن، ضرایب b_1 و b_{11} در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب b_{22} در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار بودند و ضرایب b_{12} و b_2 معنی‌دار نبودند، بنابراین، اثر خطی و اثر درجه دوم غلظت پروتئین و اثر درجه دوم پلاستی‌سایزر سوربیتول بر حفظ رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده معنی‌دار شد. فرمول رگرسیون ۵ برای میزان حفظ رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با ایزوله پروتئین سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول بر اساس روش پاسخ سطح به دست آمد. افزایش غلظت پروتئین به طور خطی باعث افزایش ماندگاری رطوبت خلال‌ها شد (شکل ۱). از طرفی، اثر درجه دوم میزان پروتئین و اثر غلظت سوربیتول بر میزان رطوبت خلال‌ها نیز معنی‌دار شد. ولی مطابق شکل غلظت پروتئین اثر بیشتری بر این ویژگی داشت. خاصیت سدکنندگی پوشش پروتئنی سویا با سوربیتول باعث کاهش اتلاف رطوبت خلال‌ها در هنگام سرخ کردن شد.



شکل ۱- نمودار سه‌بعدی مربوط به میزان حفظ رطوبت در خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و سرخ شده

کمترین مقدار حفظ رطوبت مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با محلول تهیه شده از ۳ گرم ایزوله پروتئین سویا + ۳۰٪ سوربیتول (۵/۵۳٪) و بیشترین میزان آن، مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با محلول تهیه شده از ۴ گرم پروتئین + ۴۰٪ سوربیتول بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی با روش پاسخ سطح به خوبی قادر به برازش داده‌های آزمایشی میزان حفظ رطوبت خلال‌های سرخ شده است (R^2>۰/۸۹).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقادیر کدگذاری شده مربوط به متغیرهای مستقل و پاسخ‌های متغیرهای وابسته به اجزای تشکیل دهنده خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با فیلم‌های تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا و سوربیتول پس از سرخ شدن

اجرا	متغیرهای مستقل*		متغیرهای وابسته**			
	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
۱	۳(-۱)	۳۰(-۱)	۵/۵۳	۱۰/۲۶	۷/۰۱	۲۹/۷۵
۲	۵(۱)	۳۰(-۱)	۷۷/۰۴	۳۵/۹۸	۶/۳۲	۴۷/۹۱
۳	۳(-۱)	۵۰(۱)	۴۲/۰۴	۳۳/۰۴	۳/۸۶	۴۰/۰۴
۴	۵(۱)	۵۰(۱)	۵۹/۹۷	۴۱/۰۴	۶/۴۸	۴۵/۷۹
۵	۲/۶(-۱/۴)	۴۰(۰)	۱۲/۷۸	۵/۱۵	۴/۳۴	۳۱/۷۹
۶	۵/۴(۱/۴۱)	۴۰(۰)	۴۵/۳۹	۴۲/۲۸	۷/۱۲	۳۸/۱۶
۷	۴(۰)	۲۶(-۱/۴۱)	۲۴/۷۰	۳۰/۰۳	۶/۷۶	۳۵/۱۵
۸	۴(۰)	۵۴(۱/۴۱)	۴۶/۸۹	۳۳/۴۲	۵/۹۸	۴۱/۴۱
۹	۴(۰)	۴۰(۰)	۸۱/۴۹	۳۹/۸۱	۵/۸۳	۵۱/۱۶
۱۰	۴(۰)	۴۰(۰)	۶۵/۲۶	۴۲/۱۰	۵/۴۸	۵۰/۵۲
۱۱	۴(۰)	۴۰(۰)	۷۷/۸۸	۴۱/۲۷	۵/۷۷	۵۰/۱۴
۱۲	۴(۰)	۴۰(۰)	۷۹/۶۴	۴۰/۵۱	۵/۶۴	۵۰/۶۴

* X_1 غلظت پروتئین (گرم)؛ X_2 غلظت پلاستی‌سایزر گلیسرول (٪)

** Y_1 میزان حفظ رطوبت؛ Y_2 میزان کاهش روغن؛ Y_3 رنگ؛ Y_4 بافت

جدول ۳- جدول ضرایب رگرسیون (R^2) و تجزیه و تحلیل واریانس ۴ پاسخ متفاوت برای خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با فیلم تهیه شده از ایزوله پروتئینی سویا و سوربیتول پس از سرخ شدن

ضرایب	تغییرات رطوبت (٪)	تغییرات چربی (٪)	رنگ	بافت
b_0	۷۶/۰۲	۴۰/۹۲	۵/۶۹	۵۰/۶۰
خطی				
b_1	۱۶/۹۷**	۱۰/۷۹**	۰/۷۳**	۴/۱۲*
b_2	۶/۳۵ ns	۴/۰۸*	-۰/۵۱*	۲/۱۳ ns
اثر متقابل				
b_{12}	-۱۳/۳۹ ns	-۴/۴۳ ns	۰/۸۲**	-۳/۱۰ ns
اثر درجه دوم				
b_{11}	-۲۰/۰۹**	-۸/۰۳**	-۰/۰۱ ns	-۶/۷۷**
b_{22}	-۱۶/۷۲*	-۴/۰۰ ns	۰/۳۰ ns	-۵/۱۱**
ضریب همبستگی (R^2)	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۹۰
مقدار احتمال F رگرسیون	۱۰/۴۵	۱۵/۲۰	۱۱/۱۸	۱۰/۹۳

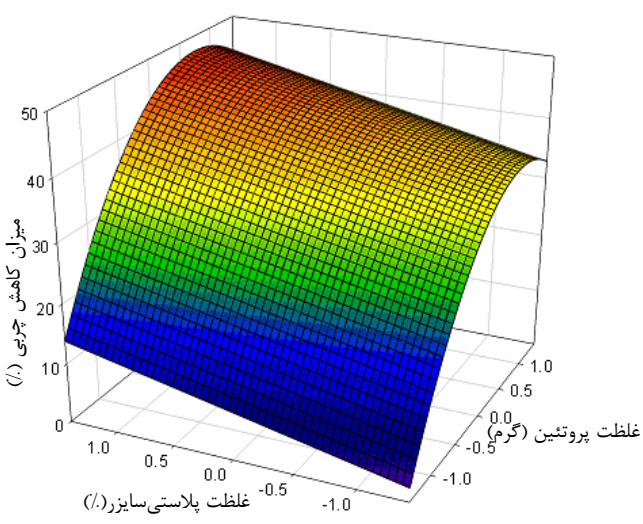
میزان کاهش روغن خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده و سرخ شده: با توجه به جدول ۳ در مورد متغیر میزان کاهش روغن در سیب‌زمینی پوشش داده شده پس از سرخ کردن، ضرایب b1 وb11 در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب b2 در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار شدند و ضرایبb12 و b22 معنی‌دار نبودند. بنابراین، اثر خطی غلظت پروتئین و پلاستی-سایزر سوربیتول و اثر درجه دوم غلظت پروتئین بر کاهش میزان روغن خلال‌های پوشش داده شده، معنی‌دار شد. معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد میزان کاهش روغن خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با ایزوله پروتئین سویا و

www.SID.ir

Archive of SID

پلاستی‌سایزر سوربیتول براساس روش پاسخ سطحی به صورت فرمول ۶ است. غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر هر دو بر میزان کاهش روغن در خلال‌ها مؤثر بود. اثر غلظت پروتئین بر این ویژگی به صورت خطی و درجه دوم بود، ولی تغییر غلظت سوربیتول به طور خطی بر میزان کاهش روغن اثر داشت.

خلال‌های پوشش داده شده با محلول تهیه شده از ۴ گرم ایزوله پروتئین سویا + ۴۰٪ سوربیتول، کمترین میزان جذب روغن و خلال‌های پوشش داده شده با محلول تهیه شده از ۲/۶ گرم ایزوله پروتئین سویا + ۴۰٪ پلاستی‌سایزر، بیشترین میزان جذب روغن را طی سرخ کردن داشتند. به طوری که در مورد اول میزان کاهش روغن، ۲±۴۰ درصد و در مورد دوم ۵/۱۵ درصد گزارش شد.



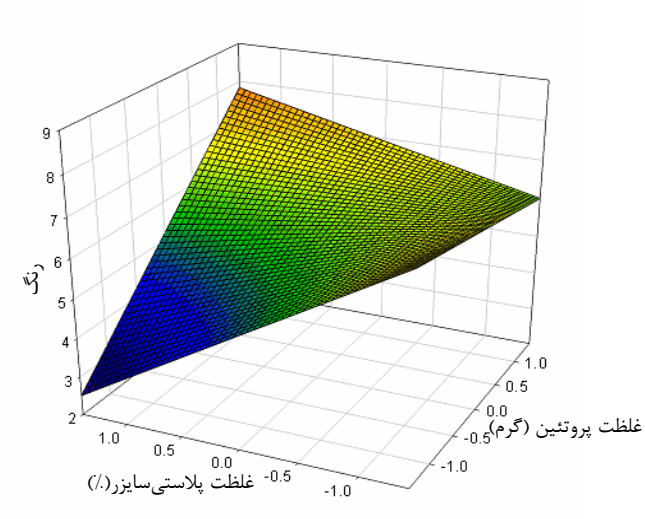
شکل ۲- نمودار سه‌بعدی مربوط به میزان کاهش روغن در خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و سرخ شده

بررسی تغییر رنگ خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده و سرخ شده: با توجه به جدول ۳ در مورد تغییر رنگ در سیب‌زمینی پوشش داده شده پس از سرخ کردن، ضرایب b_1 و b_{12} در سطح احتمالی ۱٪ و ضریب b_2 در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار بودند، ولی ضرایب b_{11} و b_{22} معنی‌دار نبودند. بنابراین، اثر خطی و اثر متقابل غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر سوربیتول بر میزان تغییر رنگ خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و سرخ شده با ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول معنی‌دار شد. معادله رگرسیون محاسبه شده در مورد رنگ خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با ایزوله پروتئین سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول بر اساس روش پاسخ سطحی به صورت فرمول ۷ است.

www.SID.ir

با افزایش غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر، میزان تغییر رنگ خلال‌ها به طور خطی به ترتیب افزایش و کاهش یافت. از طرفی، اثر متقابل غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر نیز بر افزایش میزان رنگ خلال‌ها معنی‌دار شد.

همان طور که در جدول ۲ مشخص است، کمترین میزان رنگ، مربوط به خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با ۳ گرم ایزوله پروتئین سویا + ۵۰٪ سوربیتول و بیشترین میزان آن، مربوط به خلال‌های پوشش داده شده با ۵/۴ گرم پروتئین + ۴۰٪ سوربیتول بود.

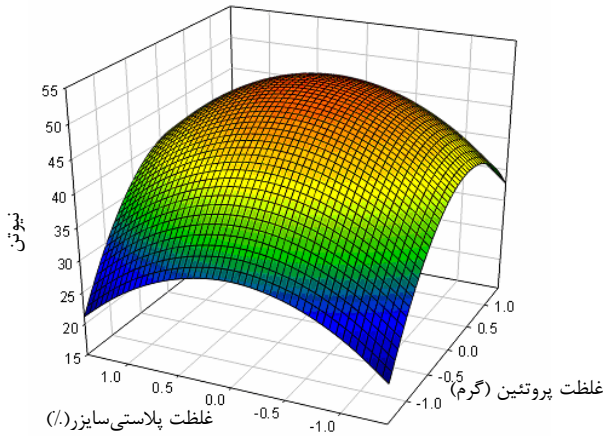


شکل ۳- نمودار سه‌بعدی مربوط به رنگ خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و سرخ شده

بررسی تردی بافت خلال‌ها با استفاده از آزمون کرامر: با توجه به جدول ۳ در مورد تردی بافت سیب‌زمینی پوشش داده شده پس از سرخ شدن، ضریب b_1 در سطح احتمالی ۱٪ و ضرایب b_{11} و b_{22} در سطح احتمالی ۵٪ معنی‌دار بودند، ولی ضرایبb_2 و b_{12} معنی‌دار نبودند، بنابراین، اثر خطی و درجه دوم غلظت پروتئین و پلاستی‌سایزر سوربیتول بر میزان تردی خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و سرخ شده بر پایه ایزوله پروتئینی سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول معنی‌دار شد. معادله رگرسیون ۸ برای تردی خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با ایزوله پروتئین سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول بر اساس روش پاسخ سطح به دست آمده‌است. غلظت پروتئین بر میزان تردی بافت خلال‌ها بسیار مؤثر بود (شکل ۴) و افزایش غلظت پروتئین به طور خطی و درجه دوم بر میزان تردی خلال‌ها اثر داشت. غلظت پروتئین در مقایسه با غلظت پلاستی‌سایزر سوربیتول که به صورت درجه دوم بر میزان تردی خلال‌ها مؤثر بود، تأثیر بیشتری بر این شاخص داشت.

Archive of SID

نمونه پوشش داده شده با محلول تهیه شده از ۳ گرم ایزوله پروتئین سویا + ۳۰٪ سوربیتول (۲۹/۷۵٪) کمترین میزان تردی بافت و نمونه پوشش داده شده با ۴ گرم پروتئین + ۴۰٪ پلاستی‌سایزر (در حدود ۵۰٪) بیشترین میزان تردی بافت را داشتند (جدول ۲).



شکل ۴- نمودار سه‌بعدی مربوط به میزان تردی خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده و سرخ شده

ارزیابی حسی خلال‌های سیب‌زمینی: تجزیه واریانس اثر پوشش ایزوله پروتئین سویا و سوربیتول بر خواص حسی خلال سیب‌زمینی سرخ شده در جدول ۴ نشان داده شده است.

مطابق این جدول، پوشش‌دهی اثر معنی‌داری بر رنگ خلال سرخ شده سیب‌زمینی نداشت. از طرفی اثر پوشش بر تردی خلال سیب‌زمینی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، در حالی که اثر آن بر قابلیت پذیرش کلی خلال سرخ شده در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. با توجه به مقایسه میانگین‌های خواص حسی خلال سیب‌زمینی با آزمون دانکن (جدول ۵) بین نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش از نظر رنگ تفاوتی وجود نداشت. از نظر قابلیت پذیرش کلی، نمونه پوشش‌داده شده با ۵ گرم پروتئین + ۳۰٪ سوربیتول نسبت به نمونه شاهد برتری معنی‌داری داشت. ولی مقایسه میانگین‌های امتیاز تردی نشان داد که از نظر داوران حسی، تردی خلال‌های پوشش داده شده با ۳ گرم پروتئین + ۳۰٪سوربیتول، ۴ گرم پروتئین + ۲۶٪ سوربیتول و ۴ گرم پروتئین + ۵۴٪سوربیتول نسبت به نمونه‌های بدون پوشش به طور معنی‌داری بیشتر بود.

پوشش‌دهی خلال سیب‌زمینی با پروتئین سویا و سوربیتول هیچ گونه اثر منفی و نامطلوبی بر خواص حسی خلال نداشت. پوشش‌دهی علاوه بر کاهش میزان جذب روغن در خلال‌ها حتی در بعضی از نمونه‌ها باعث بهبود خواص حسی و تردی خلال‌های سیب‌زمینی شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس خواص حسی خلال‌های سیب‌زمینی بدون پوشش و پوشش داده شده با ایزوله پروتئین سویا و سوربیتول

صفات مورد بررسی	منابع تغییر	مجموع مربعها	درجه آزادی	میانگین مربعها	F
رنگ	تیمار	۵/۰۷	۹	۰/۵۶	۰/۵ns
	خطا	۷۸/۸۰	۷۰	۱/۱۲	
	کل	۸۳/۸۸	۷۹		
قابلیت پذیرش کلی	تیمار	۶/۸۶	۹	۰/۷۶	۲/۱*
	خطا	۲۵/۶۸	۷۰	۰/۳۶	
	کل	۳۲/۵۵	۷۹		
تردی	تیمار	۱۱/۳۳	۹	۱/۲۶	۳/۶**
	خطا	۲۴/۶۵	۷۰	۰/۳۵	
	کل	۳۵/۹۸	۷۹		

ns معنی‌دار نیست

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های خواص حسی خلال‌های سیب‌زمینی بدون پوشش و پوشش داده شده با ایزوله پروتئین سویا و سوربیتول

گرم پروتئین-پلاستی‌سایزر (٪)	رنگ	قابلیت پذیرش کلی	تردی
تیمار	میانگین	میانگین	میانگین
۳ گرم – ٪۳۰	۵/۳۸ a±۰/۵۲	۵/۵۰ab±۰/۵۳	۵/۸۸ab±۰/۳۵
۵ گرم – ٪۳۰	۵/۱۳a±۰/۹۹	۶/۱۳a±۰/۵۸	۵/۰۰c±۰/۵۳
۳ گرم – ٪۵۰	۵/۱۳a±۱/۶۴	۵/۱۳b±۰/۳۵	۵/۲۵bc±۰/۴۶
۵ گرم – ٪۵۰	۵/۲۵a±۱/۱۶	۵/۱۳b±۰/۶۴	۵/۶۳abc±۰/۵۲
۴ گرم – ٪۲۶	۵/۸۰a±۱/۰۳	۵/۸۰ab±۰/۴۲	۶/۱۰a±۰/۵۷
۴ گرم – ٪۵۴	۵/۶۸a±۱/۲۱	۵/۶۷ab±۰/۵۲	۶/۰۰a±۰/۶۳
۲/۶ گرم – ٪۴۰	۵/۳۸a±۰/۹۲	۵/۳۸b±۰/۹۲	۵/۵۰abc±۰/۷۶
۵/۴ گرم – ٪۴۰	۵/۵۰a±۰/۷۶	۵/۷۵ab±۰/۷۱	۵/۵۰abc±۰/۷۶
۴ گرم – ٪۴۰	۵/۰۰a±۱/۴۱	۵/۶۲ab±۰/۶۲	۵/۰۰c±۰/۷۶
شاهد	۵/۱۳a±۰/۳۵	۵/۶۳ab±۰/۶۹	۵/۲۵bc±۰/۴۶

حروف a تا c نشان دهنده اختلاف معنی‌دار است.

• بحث

در زمان سرخ شدن محصول، نواحی دهیدراته در ساختار ماده افزایش می‌یابد و این عمل باعث می‌شود که روغن به داخل بافت ماده نفوذ کند. میزان جذب روغن به ضخامت نواحی دهیدراته بستگی دارد و با افزایش ضخامت این نواحی، جذب روغن افزایش می‌یابد. همچنین، افزایش روغن با میزان کاهش رطوبت در محصول سرخ شده رابطه خطی دارد(۵). لایه سطحی نمونه‌های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش، روغن کمتری جذب می‌کند که به دلیل خواص ممانعت‌کنندگی این پوشش‌ها نسبت به روغن و جذب رطوبت است (۱). در این تحقیق، به منظور کاهش میزان جذب روغن در خلال سیب‌زمینی سرخ شده، از پوشش خوراکی برپایه ایزوله پروتئین سویا استفاده شد. اثر غلظت ایزوله پروتئین سویا و پلاستی‌سایزر سوربیتول بر ویژگی‌های خلال سیب‌زمینی سرخ شده با استفاده از روش پاسخ سطح و طرح مرکب چرخش پذیر بررسی شد.

مدل‌های پیشنهادی به دست آمده با روش پاسخ سطح به خوبی توانستند داده‌های آزمایشی میزان ماندگاری رطوبت، کاهش میزان روغن جذب شده، تردی بافت و تغییررنگ خلال‌ها را برازش کنند (R^2> ۰/۸۹). نتایج نشان داد که غلظت پروتئین سویا عامل مهم و تعیین‌کننده ویژگی محصول نهایی است. پلاستی‌سایزر سوربیتول نیز اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های خلال سیب‌زمینی سرخ شده داشت. افزایش غلظت سوربیتول باعث کاهش جذب روغن شد. اثر سوربیتول بر تردی بافت و ماندگاری رطوبت خلال‌ها به صورت تابع درجه دوم بود. پلاستی‌سایزر انعطاف‌پذیری پوشش را افزایش می‌دهد و باتوجه به اینکه محصول درحین سرخ‌شدن منبسط و بزرگ می‌شود، افزودن سوربیتول به فرمولاسیون پوشش باعث کاهش جذب روغن و بهبود خواص کیفی خلال‌های سرخ شده می‌شود.

مدل پیشنهادی در این تحقیق (فرمول ۶) نشان می‌دهد که افزایش غلظت سوربیتول به طور خطی باعث کاهش مقدار جذب روغن می‌شود. در این تحقیق، پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی با پروتئین سویا میزان روغن را تا ۲±۴۰٪ در محصول سرخ شده کاهش داد و باعث حفظ رطوبت خلال‌های پوشش داده و سرخ شده به میزان ٪۸۰ شد. نتایج به دست آمده در این تحقیق با سایر نتایج به دست آمده در این زمینه یکسان بود. در مطالعه *Mallikarjunan* و همکاران (۱۹۹۷) میزان کاهش جذب

www.SID.ir

Archive of SID

روغن خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با پوشش‌های متیل سلولز ۸۳/۶٪، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز ۶۱/۴٪ و زئین ذرت ۵۹٪ گزارش شد. استفاده از پوشش‌های خوراکی باعث حفظ رطوبت در محصولات سرخ شده می‌شود (۱). *Albert* و *Mittal* (۲۰۰۲) نشان دادند که پوشش‌دهی غلات با ایزوله پروتئین سویا و پروتئین آب پنیر با متیل سلولز بهترین اثر را بر کاهش میزان روغن در این محصولات سرخ شده دارد. پوشش تهیه شده از مخلوط ایزوله پروتئین سویا و پروتئین آب پنیر با متیل سلولز میزان جذب روغن را در حدود ۹۹/۸٪ و پوشش تهیه شده از ایزوله پروتئین سویا با متیل سلولز میزان جذب روغن را در حدود ۸۳/۵٪ کاهش دادند (۶).

نتایج این تحقیق نشان داد که یکی از کاربردهای مهم فیلم‌های خوراکی تهیه شده از پروتئین سویا پوشش‌دهی محصولات سرخ شده است. این پوشش‌ها با حفظ خواص ارگانولپتیکی محصول و بالا بردن ارزش تغذیه‌ای آن باعث کاهش چشمگیر میزان جذب روغن و حفظ رطوبت محصول پس از سرخ شدن می‌شوند. همچنین، پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی باعث می‌شود تا ضمن کاهش میزان جذب روغن خلال‌ها، از نظر خواص ارگانولپتیکی محصولی مشابه نمونه‌های خلال سیب‌زمینی سرخ شدهٔ بدون پوشش به دست آید. بنابراین، کاربرد پوشش پروتئینی سویا باعث بهبود ارزش تغذیه‌ای، خواص حسی و بهداشتی محصولات سرخ شده می‌شود. در ادامه پیشنهاد می‌شود که در این زمینه مطالعات تکمیلی انجام شود و اثر پوشش بر ماندگاری و خواص کیفی محصولات سرخ شده طی مدت نگهداری بررسی شود.

• References

1. Mallikarjunan P, Chinnan MS, Balasubramanian VM, Phillips RD. Edible Coating for Deep-fat Frying of Starchy Products. Lebensm.-wiss.u. –Technol. 1997; 30: 709-14.
2. Kester JJ, Fenneme OR. Edible films and coatings: a review Food Technology 1986; 48: 47-59.
3. Garcia MA, Ferrero CA, Bertola NA, Martino M, Zaritzky N. Edible coating from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. Innov Food Sci Emerg Technol 2002; 3: 391-7.
4. Rodriguez M, Oses J, Jani KH, Mate JI. Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based on edible films. Food Res Int 2006; 39: 840-6.
5. Bertolini R, Suarez LA, Campanone MA, Garcia MA, Zaritzky NE. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. J Food Eng 2006; 84: 383-393.
6. Albert S, Mittal GS. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. Food Res Int 2002; 35: 445-458.
7. Daraei Garmehkhani A, Mirzaei HA, Maghsoudlou Y, Kashaninezhad M. Effect of hydrocolloids on amount of oil uptake and quality attribute of potato French fries. J Agric Sci Natur Resour 2009; 16(3): 123-135. [in Persian]
8. Fishman ML. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunity. Food Technol 1997; 16: 60-74.
9. Salmoral EM, Gonzalez ME, Mariscal MP, Medina LF. Comparison of chickpea and soy protein isolate and whole flour as biodegradable plastics. Ind Crops Products 2000; 11: 227-36.
10. Hangwan VC, Kim MS, Lee SY. Water vapor permeability and mechanical properties of soy protein isolate edible films composed of different plasticizer combinations. J Food Sci 2005; 70(6): 387-91.
11. Kim KM, Weller C, Hanna MA, Gennadios A. Heat curing of soy proteins films at selected temperatures and pressures. Lebensm.-Wiss.u-Technol 2001; 35: 140-5.
12. Cho SY, Rhee C. Sorption characteristics of soy protein films and their relation to mechanical properties.Lebensm.-Wiss.u-Technol 2002; 35: 151-7.
13. Brandenburg AH, Weller CL, Testin RF. Edible Films and Coatings from Soy Protein. J Food Sci 1993; 58(5): 1086-9.

www.SID.ir

Archive of SID

14. AOAC. Official methods of analysis.17th ed.Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists International; 2000.

15. Cho SY, Rhee C. Mechanical properties and water vapor permeability of edible films made from fractionated soy proteins with ultrafiltration. Lebensm.-Wiss.u-Technol. 2004; 37: 833-9.

16. Akdeniz N, Sahin S, Sumnu G. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. J Food Eng 2006; 75: 522-6.

17. Wats BM. Basic sensory methods for food evaluation. Translated by Ghazizadeh M. and Razzagi A. Teheran. National Nutrition and Food Tech-Res-Inst 1989; 95-114 [in Persian].

18. Maftoonazad N, Ramaswamy HS, Marcotte M. Evaluation of factors affecting barrier, mechanical and optical properties of pectin-based films using response surface methodology. J Food Process Eng 2007; 30: 539-63.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of soy-protein isolate coating on the properties of French fries using response surface methodology

*Sarmadizadeh D[1], Badii F[*2] , Ehsani MR[3], Maftoonazad N[4], Goodarzi F[5]*

1-M.Sc. in Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2-[*]Corresponding author: Assistant Prof. Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.

Email: fjbadii@gmail.com

3- Prof, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4- Assistant Prof, Dept. of Agricultural Engineering Research, Agriculture and Natural Resources Center, Fars, Iran.

5 – Academic Staff , Dept. of Agricultural Engineering Research, Agriculture and Natural Resources Center, Hamedan, Iran.

Received 31 May, 2010 **Accepted 10 Nov, 2010**

Background and Objective: The use of edible coatings is a suitable method to reduce oil uptake in fried foods. In this research, the effects of soy-protein isolate (SPI) coating plasticized with sorbitol on oil uptake reduction and sensory and physical properties of deep-fat fried French fries were investigated.

Materials and Methods: Potato strips were coated with SPI plasticized with sorbitol at different concentrations. The effect of coating on oilp uptake reduction, water retention, crispiness and color change of French fries were determined, using response surface methodology. Moreover, the sensory acceptability of the tried potato samples was assessed.

Results: The results showed that the protein and sorbitol concentrations are the major factors affecting water retention, oil uptake reduction, crispiness, and color of the fried potato samples. Coating resulted in oil uptake reduction and water retention up to 40%±2 and 80%, respectively. Nonsignificant differences in sensory characteristics of coated and uncoated samples were observed. The results showed that the models based on the response surface methodology are quite suitable for the evaluation of the effects of coating on the properties of french fries.

Conclusion: The application of soy-protein coating reduces oil uptake, while it does not affect the sensory characteristics, of fried potato strips. It is concluded, then, that SPI coating can improve the organoleptic and nutritional properties of fried food products.

Keywords: Edible coating, Soy-protein isolate, Sorbitol, French Fries, Oil uptake reduction, Response surface methodology

www.SID.ir