مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال ششم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰، صفحات ۸۱-۷۱

تأثیر آنزیم‌بری و پوشش‌های هیدورکلوئیدی متیل سلولز و کتیرا بر میزان جذب روغن و خواص کیفی سیب‌زمینی سرخ شده

وحید حسین آبادی [۱]، فوژان بدیعی [۲]، مریم قراچورلو [۳]، علی حشمتی [۴]

۱- نویسنده مسئول: دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
پست الکترونیکی: vahidhoseinabadi@gmail.com
۲- استادیار بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
۳- استادیار گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
۴- دانشجوی دکتری بهداشت و کنترل مواد غذایی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۰

چکیده

سابقه و هدف: سیب‌زمینی سرخ شده یکی از فراورده‌هایی است که مصرف آن روند رو به افزایشی پیدا کرده است. سیب‌زمینی سرخ شده به دلیل جذب زیاد روغن در حین فرایند، کالری زیادی وارد بدن می‌سازد و تلاش در زمینه کاهش میزان روغن جذب شده به سلامت افراد جامعه کمک می‌کند. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر آنزیم‌بری و پوشش‌دهی با متیل سلولز و کتیرا در جذب روغن و خواص کیفی سیب‌زمینی سرخ شده بود.

مواد و روش‌ها: خلال‌هایی از سیب‌زمینی واریته اگریا (Agria) تهیه و بعد از آنزیم‌بری در آب یا محلول کلریدکلسیم (۰/۰۵٪) در محلول متیل‌سلولز (۰/۵٪ ، ۱٪ یا ۱/۵٪)، کتیرا (۰/۵٪ ، ۱٪ یا ۱/۵٪) یا محلول حاوی متیل‌سلولز (۰/۵٪ ، ۱٪ یا ۱/۵٪)و سوربیتول (۰/۰۵٪) یا کتیرا (۰/۵٪ ، ۱٪ یا ۱/۵٪) وسوربیتول (۰/۰۵٪) به منظور پوشش‌دهی فرو برده شدند و سپس به روش عمقی سرخ شدند. بلافاصله بعد از آن، میزان روغن، رطوبت، تردی و رنگ خلال‌ها اندازه‌گیری شد و نمونه‌ها مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند. نتایج این ویژگی‌ها با نمونه شاهد مقایسه شد.

یافته‌ها: آنزیم‌بری و پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث کاهش درصد جذب روغن، افزایش رطوبت و همچنین افزایش تردی بافت در خلال سیب‌زمینی شد ($p< ۰/۰۱$). آنزیم‌بری در محلول کلرید کلسیم میزان جذب روغن در خلال سیب‌زمینی را ۶۱/۸٪ کاهش داد. پوشش متیل‌سلولز (۱/۵٪) همراه با سوربیتول (۰/۵٪) میزان جذب روغن را در مقایسه با نمونه شاهد از ۱۹/۸۵٪ به ۱۶/۲۹٪ کاهش داد. انجام آنزیم‌بری در محلول کلرید کلسیم باعث افزایش معنی‌داری در رطوبت خلال به میزان ۵٪ شد. استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث افزایش معنی‌دار مقدار رطوبت و مقاومت در برابر برش نمونه‌های خلال سیب‌زمینی شد ($P < ۰/۰۱$). به طوری که بیشترین مقدار رطوبت (۴۴/۶۰٪) مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با متیل‌سلولز (۱/۵٪) بود. غلظت ۱/۵٪ کتیرا همراه با سوربیتول (۰/۵٪) بیشترین مقاومت (۲۱۱/۱۳ نیوتن) را در برابر برش ایجاد کرد. نتایج نشان داد که استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث افزایش معنی‌دار فاکتورهای L*, a*, b* رنگ نمونه‌های خلال سیب‌زمینی در مقایسه با نمونه شاهد شد. در بین نمونه‌های که مورد ارزیابی حسی قرارگرفتند، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: پوشش متیل‌سلولز از پوشش کتیرا برای پوشش خلال‌های سیب‌زمینی مناسب‌تر است و نمونه حاوی ۱/۵٪ متیل‌سلولز به دلیل روغن کمتر، رطوبت بیشتر، بافت و رنگ مناسب تر، بهترین تیمار است. سوربیتول همراه پوشش‌های متیل‌سلولز و کتیرا تفاوت محسوسی در جذب روغن و سایر ویژگی‌ها به وجود نیاورد، اما به دلیل مسائل اقتصادی تیمارهای بدون سوربیتول مناسب‌تر است.

واژگان کلیدی: فرانچ فرایز ، سیب‌زمینی سرخ شده، سوربیتول، متیل سلولز، کتیرا، کاهش چربی

• مقدمه

سیب‌زمینی یکی از مهم‌ترین منابع غذایی انسان است. طیف وسیعی فراورده‌ها از سیب‌زمینی تولید می‌شود. از مهم‌ترین فراورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی می‌توان به چیپس و سیب‌زمینی سرخ شده(French fries) اشاره کرد. سیب‌زمینی سرخ شده یا خلال نیمه سرخ منجمد به قطعاتی از سیب‌زمینی به طول ۶ تا ۷ سانتی‌متر و سطح

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

مقطع $1cm^2$ مربع اطلاق می‌شود که در روغن داغ نیمه سرخ می‌شوند (۱). خلال سیب‌زمینی طی سرخ شدن مقدار زیادی (حدود ۱۵٪ وزن خود) روغن جذب می‌کند.

اگرچه روغن‌ها و چربی‌ها منبع انرژی و مواد مغذی نظیر ویتامین‌های محلول در چربی مثل A ، D ، E و K و اسیدهای چرب ضروری هستند و طعم مطلوبی به محصول می‌بخشد(۲) اما براساس توصیه *انجمن قلب آمریکا* میزان دریافت چربی در روز باید کمتر از ۳۰٪ انرژی مورد نیاز بدن باشد. زیرا مصرف زیاد چربی به بیماری‌های قلبی عروقی منجر می‌شود (۳). بنا به این توصیه‌ها امروزه تمایل مصرف‌کنندگان برای محصولات با میزان چربی کم رو به افزایش است. تلاش براین بوده است که مقدار جذب روغن در فراورده‌های سرخ شده نظیر سیب‌زمینی سرخ شده کاهش داده شود (۲).

مقدار جذب روغن در فرایند سرخ کردن فراورده‌های سیب‌زمینی تابع عوامل مختلفی است، شامل: کیفیت روغن، دما و زمان سرخ کردن، ترکیبات سیب‌زمینی نظیر رطوبت، ماده خشک، تخلخل و فرایندهای مقدماتی نظیر خشک کردن و آنزیم‌بری (۴). برای کاهش جذب روغن روش‌های مختلفی مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است؛ نظیر خشک کردن جزئی پیش از سرخ کردن، استفاده از محلول‌های اسمزی مانند آب نمک و اصلاح شرایط پس از خارج کردن غذا از روغن (۶، ۵) به علاوه، آنزیم‌بری و استفاده از فیلم‌های خوراکی به منظور پوشاندن قطعات ماده غذایی یکی از راه‌های مهم کاهش جذب روغن. فیلم‌های خوراکی به عنوان دیواره (barrier) مانع جذب روغن می‌شوند (۷). مکانیسم کاهش جذب روغن با استفاده از این پوشش‌ها کاملا معلوم نیست، اما ویژگی‌هایی مانند مقدار رطوبت پایین، نفوذپذیری یا تراوایی پایین نسبت به رطوبت یا ژله‌ای شدن با گرما (thermogelling) به عنوان عوامل مؤثر در کاهش جذب روغن ذکر می‌شود. تمام مواد پوشش‌دهنده مانع از دست رفتن آب ماده غذایی می‌شوند و ساختار سطح ماده غذایی را که در طول سرخ کردن ایجاد می‌شود، بهبود می‌بخشند(۸).

برش‌های چیپس که قبل از سرخ کردن با پوشش‌های هیدورکلوئیدی پوشش داده شده‌اند، رنگ یکنواخت و بافت مطلوبی دارند. (۹). پوشش‌دهی محصولاتی نظیر ماهی، میگو، پاته‌های گوشتی با این ترکیبات باعث بهبود طعم، کاهش افت وزن و کاهش جذب روغن می‌شود (۱۰). *Khalil* در سال ۱۹۹۹ با استفاده از پوشش دو لایه‌ای هیدروکلوئیدهای با قابلیت تشکیل ژل، توانست مقدار جذب روغن را در خلال‌ها سیب‌زمینی تا ۵۴ ٪ کاهش دهد (۲). *Albert* و *Mittal* تأثیر ۱۱ ماده هیدروکلوئیدی را برای پوشش دادن محصولات آردی بررسی کردند و نشان دادند که همه این مواد باعث کاهش جذب روغن نسبت به نمونه شاهد شدند (۱۱). *García* و همکاران مشتقات سلولزی مختلف را برای پوشش خلال‌های سرخ شده به کار بردند. تفاوتی بین نمونه‌های مختلف از لحاظ ویژگی‌های بافتی و حسی تشخیص داده نشد. پوشش متیل‌سلولز بیشترین تأثیر را داشت و باعث کاهش روغن در حدود ۱۵/۵٪ شد. این نمونه حاوی ۲/۱۴ ٪ بیشتر رطوبت شد (۱۲).

مشخص شده است که آنزیم‌بری خلال‌های سیب‌زمینی در آب یا محلول کلرید کلسیم سبب می‌شود که طی سرخ کردن روغن کمتری جذب کنند (۱۳). پوشش با کلرید کلسیم و پکتین شبکه سختی تشکیل می‌دهند که بافت را منسجم و از نفوذ روغن به بافت جلوگیری می‌کند (۱۴). اصلاح خواص فیزیکی و مکانیکی فیلم هیدروکلوئیدی با استفاده از پلاستی‌سایزرها بر کارایی آن‌ها برای جلوگیری از جذب روغن تأثیر می گذارد. (۱۲).

هدف از این مطالعه، بررسی تأثیر آنزیم‌بری در آب یا کلرید کلسیم و پوشش‌دهی با متیل سلولز یا کتیرا همراه یا بدون سوربیتول بر کاهش میزان جذب روغن در سیب‌زمینی سرخ شده بود. تأثیر این عوامل بر سایر خواص خلال سیب‌زمینی مانند مقدار رطوبت، رنگ، بافت و ویژگی‌های ارگانولپتیکی نیز بررسی شد.

• مواد و روش‌ها

مواد: سیب‌زمینی رقم اگریا از *مؤسسه تحقیقات نهال و بذر* شهرستان بندر عباس و روغن از *شرکت بهار* تهیه شد. متیل‌سلولز و سوربیتول از شرکت Sigma (آمریکا) و بقیه مواد شیمیایی مصرفی از شرکت *Merck* (آلمان) تهیه شد.

تهیه سیب‌زمینی سرخ شده: سیب‌زمینی‌ها بعد از شستن پوست‌گیری شدند و با استفاده از دستگاه خلال‌کن، خلال‌هایی به ابعاد ۶۰×۸×۸ میلی‌متر تهیه شدند. خلال‌ها به سه گروه تقسیم شدند: گروه اول آنزیم‌بری نشدند (نمونه شاهد)، گروه دوم در آب ۸۵°C به مدت ۶ دقیقه

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

آنزیم‌بری شدند و گروه سوم به منظور آنزیم‌بری در محلول ۰/۵٪ کلریدکلسیم در دمای ۸۵°C به مدت ۶ دقیقه فرو برده شدند. خلال‌های آنزیم‌بری شده از آب یا محلول کلرید کلسیم، خارج و بلافاصله در یکی از محلول‌های حاوی پوشش‌دهندهٔ هیدروکلوئیدی به مدت ۲ دقیقه در دمای اتاق غوطه‌ور شدند. محلول پوشش‌دهنده شامل محلول کتیرا با غلظت‌های ۰/۵٪، ۱٪ و ۱/۵٪ و متیل سلولز با غلظت‌های ۰/۵٪، ۱٪ و ۱/۵٪ بود.

در سری دیگر از آزمایشات به منظور بررسی بر هم‌کنش بین پلاستی سایزر و پوشش‌دهنده‌های کتیرا و متیل‌سلولز بر خواص خلال‌ها، سوربیتول به مقدار ۰/۵٪ به محلول کتیرا با غلظت‌های ۰/۵٪، ۱٪ و ۱/۵٪ و متیل سلولز با غلظت‌های ۰/۵٪ ، ۱٪ و ۱/۵٪ اضافه شد. خلال‌ها در این محلول نیز فرو برده شدند. سپس خلال‌ها از محلول حاوی پوشش‌دهنده خارج و به منظور کاهش آب سطحی به مدت ۱۰ دقیقه در آون ۱۵۰°C در آون قرار گرفتند و آبگیری شدند. خلال‌ها بعد از مرحله آبگیری بلافاصله در روغن سرخ کردنی در دمای ۱۰±۱۸۰°C به مدت ۶ دقیقه درون سرخ کن به روش عمیق (deep-fat frying) سرخ شدند. سپس خلال‌ها در دمای اتاق خنک شدند و روغن اضافی آن‌ها گرفته شد. نمونه شاهد نیز بدون فرو بردن در محلول پوشش دهنده مثل سایر نمونه‌ها خشک و سرخ شد.

تجهیزات: دستگاه‌های مورد استفاده عبارت بودند از: آون معمولی Memmert مدل ۶۰۰ ساخت آلمان، آون خلأ Ehret مدل VTS70 ساخت آلمان، بافت‌سنج هانسفیلد مدل H5KS ساخت انگلستان، دستگاه اسپکتروفتومتر مدل VASPEC2 NO شرکت pharmacia انگلستان، سرخ‌کن مدل A55/Supremia شرکت Moulinex فرانسه، سوکسله اتوماتیک مدل vapodest 30 شرکت Gerhardt آلمان ، سانتریفوژ مدل Z323 شرکت Hemle آلمان، دستگاه هانترلب مدل D25-9000 آمریکا، ترازوی دیجیتالی حساس مدل Bp210s شرکت Sartorius آلمان، آسیاب برقی مدل Blender /Guicer شرکت ناسیونال ایران، خلال کن مدل Type b66 شرکت Moulinex فرانسه.

ارزیابی‌های کمی و کیفی خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده

جذب روغن: میزان روغن جذب شده توسط خلال‌های سیب‌زمینی به روش سوکسله تعیین و برحسب درصد (گرم روغن در صد گرم خلال) گزارش شد.

رطوبت: برای اندازه‌گیری مقدار رطوبت نمونه‌های خلال سیب‌زمینی سرخ شده با تیمارهای مختلف از آون خلأ در دمای ۷۰°C استفاده شد. نمونه‌ها تا رسیدن به وزن ثابت درون آون قرار گرفتند و رطوبت آن‌ها محاسبه شد.

تردی خلال سیب‌زمینی: از دستگاه بافت‌سنج اینستران برای اندازه‌گیری تردی خلال‌ها استفاده شد. در این دستگاه از نیروی برشی و آزمون کرامر ۵ تیغه‌ای برای تعیین تردی استفاده شد. از ۵ تیغه به صورت عمود برای برش خلال‌ها استفاده شد. 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 بر دقیقه بود. در هر آزمون میزان نیروی مورد نیاز برای برش ثبت شد (۱۶).

اندازه‌گیری رنگ: رنگ خلال‌ها با استفاده از دستگاه هانترلب (Hunterlab) و با سه مولفه *L، *a و *b سنجیده شد. *L شدت روشنایی یا ارزش رنگ (سفیدی- سیاهی)، *aتمایل به قرمزی یا سبزی و *b تمایل به زردی یا آبی را نشان می‌دهد. هر چه *a بزرگ‌تر باشد، تمایل به قرمزی بیشتر است و هر چه *b بزرگ‌تر باشد، تمایل به سمت رنگ زرد بیشتر است. فاکتور ΔE (تغییر رنگ کلی) برای نمونه‌ها با استفاده از این رابطه محاسبه شد:

$$\Delta E=\sqrt{(L^*-L_0^*)^2+(a^*-a_0^*)^2+(b^*-b_0^*)^2}$$

L_0^*, a_0^*, b_0^* پارامترهای رنگی نمونه‌های خلال سیب‌زمینی سرخ شده آنزیم‌بری نشده و بدون پوشش هستند.

ارزیابی حسی: ارزیابی حسی برای ۷ نمونه از خلال‌ها از جمله نمونه شاهد و آنزیم‌بری شده در آب یا کلریدکلسیم و نمونه‌های آنزیم‌بری شده در کلرید کلسیم و پوشش داده شده با کتیرا ۱/۵٪ و بدون سوربیتول یا پوشش داده شده با متیل‌سلولز ۱/۵٪ و بدون سوربیتول انجام گرفت که از لحاظ ویژگی‌های میزان جذب روغن، رطوبت و تردی بهتر بودند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

به منظور ارزیابی حسی نمونه‌ها از آزمون پذیرش به روش رتبه‌بندی استفاده شد و از ۸ ارزیاب آموزش دیده برای این منظور استفاده شد. در این روش، نمونه‌ها کدگذاری شدند و در ظروف مشابهی در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند. ارزیاب‌ها باید نمونه‌ها را از نظر ویژگی‌های طعم، بو، رنگ، شکل ظاهری، تردی و در نهایت قابلیت پذیرش کلی، ارزیابی و امتیازبندی می‌کردند. در این آزمون، امتیاز ۵ برای ویژگی عالی و امتیاز ۱ برای ویژگی ضعیف در نظر گرفته شد (۱۷).

روش‌های آزمون سیب‌زمینی و روغن: مقدار ماده خشک سیب‌زمینی با خشک کردن ۵ گرم از نمونه در آون خلأ و در دمای ۷۵°C تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد. وزن مخصوص و مقدار قند احیا سیب‌زمینی طبق روش‌های AOAC تعیین شد(۱۸). عدد اسیدی و پراکسید روغن مطابق استانداردهای ملی کشور بشماره ۴۱۷۸ و ۴۱۷۹ اندازه‌گیری شد (۲۰، ۱۹).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: آزمایش‌ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار انجام شدند. نتایج توسط نرم افزار SPSS تجزیه و تحلیل شد. از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین تیمارها (سطح ۱٪) استفاده شد.

• یافته‌ها

نتایج حاصل از ویژگی‌های سیب‌زمینی و روغن سرخ کردنی مصرفی در جدول ۱ نشان داده شده است. مشخصات روغن سرخ کردنی با استاندارد ملی شماره ۴۱۵۲ (ویژگی‌های روغن‌های خوراکی سرخ کردنی جهت مصرف در صنایع غذایی) مطابقت داشت(۲۱).

جدول ۱- ویژگی‌های سیب‌زمینی و روغن سرخ کردنی مصرفی

آزمون	انحراف معیار± میانگین
سیب‌زمینی	
ماده خشک (درصد وزنی)	۲۲/۸۷ ± ۰/۰۸
قند احیاء (درصد وزنی)	۰/۳۴ ± ۰/۰۰۳
وزن مخصوص	۱/۱۴ ± ۰/۰۰۸
روغن سرخ کردنی	
عدد اسیدی (mg/g)	۰/۰۲۵ ± ۰/۰۰۴
عدد پراکسید (میلی اکی و الان در کیلوگرم)	۰/۵ ± ۰/۰۰۴

نتایج تأثیر آنزیم‌بری و استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی متیل سلولز و کتیرا همراه با / بدون سوربیتول بر مقدار جذب روغن، رطوبت، مقاومت بافت و رنگ نمونه‌های خلال سیب‌زمینی در جدول ۲ آورده شده است.

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث کاهش معنی‌داری در میزان جذب روغن نمونه‌های خلال سیب‌زمینی شد ($P < ۰/۰۱$). کمترین مقدار جذب روغن (۱۶/۲۹٪) مربوط به خلال‌های پوشش داده شده با متیل‌سلولز (محلول ۱/۵٪) و سوربیتول (۰/۵٪) بود.

جدول ۲ - مقدار جذب روغن ، رطوبت و مقاومت بافت خلال‌های سیب‌زمینی بعد از تیمارهای مختلف

آنزیم‌بری شده در	جذب روغن (٪)	رطوبت (٪)	مقاومت بافت (نیوتن)
شاهد	۱۹/۸۵ ±۰/۴۹^{a}	۳۸/۳۷ ±۰/۱۳^{g}	۱۲۱/۴۰ ±۲/۱۴^{d}
آب	۱۹/۸۷ ±۰/81^{a}	۳۷/۹۳ ±۰/۲۴^{g}	۱۳۳/۱۰ ±۱/۴۶^{d}
کلرید کلسیم	۱۸/۱۴ ±۰/۷۷^{b}	۴۰/۰۶ ±۰/۲۵^{f}	۱۹۶/۱۹ ±۲/۳۴^{abc}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۰/۵ ٪	۱۷/۶۰ ±۰/۹۴^{c}	۴۲/۸۳ ±۰/۳۳^{e}	۱۷۷/۲۰ ±۲/۰۷^{c}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱ ٪	۱۷/۲۰ ±۰/۶۷^{e}	۴۳/۳۳ ±۰/۳۹۴^{dc}	۱۹۴/۲۷ ±۰/۹۸^{abc}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱/۵ ٪	۱۶/۶۸ ±۰/۱۴^{hi}	۴۴/۲۳ ±۱/۱۴^{ab}	۲۰۶/۹۷ ±۰/۸۷^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۰/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۱۷/۷۰ ±۰/۴۴^{c}	۴۲/۸۳ ±۱/۰۴^{e}	۱۷۴/۶۷ ±۱/۸۹۴^{c}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۱۶/۸۶ ±۰/۶۵^{f}	۴۳/۴۳ ±۰/۹۹^{d}	۱۹۲/۹۳ ±۲/۳۳^{abc}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۱۶/۵۹ ±۰/۵۴^{i}	۴۴/۲۳ ±۰/۸۹^{ab}	۲۱۱/۱۳ ±۱/۰۸^{a}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۰/۵ ٪	۱۶/۸۶ ±۰/۷۴^{f}	۴۴/۰۷ ±۰/۷۸^{b}	۱۸۰/۵۷ ±۰/۷۷^{bc}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱ ٪	۱۶/۷۰ ±۰/۸۰^{hi}	۴۴/۱۰ ±۱/۱۴^{b}	۲۰۰/۲۷ ±۰/۸۴^{abc}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱/۵ ٪	۱۶/۳۰ ±۰/۹۹^{j}	۴۴/۶۰ ±۱/۰۸^{a}	۲۱۰/۹۷ ±۱/۰۵^{a}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۰/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۱۶/۸۲ ±۰/۲۹^{fg}	۴۲/۸۰ ±۱/۰۸^{e}	۱۷۹/۶۳ ±۲/۱۱^{bc}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۱۶/۷۶ ±۰/۱۴^{fgh}	۴۲/۹۷ ±۱/۲۴^{de}	۲۰۰/۲۷ ±۲/۰۲^{abc}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۱۶/۲۹ ±۰/۶۹^{j}	۴۳/۹۳ ±۱/۱۱۴^{cd}	۲۰۷/۴۰ ±۱/۱۴^{ab}

میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده‌اند اختلاف معنی‌دار دارند ($P < ۰/۰۱$)

نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار (mean ± S.D) گزارش شده است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث افزایش معنی‌دار رطوبت و مقاومت در برابر برش نمونه‌های خلال سیب‌زمینی شد($P < ۰/۰۱$). به طوری که بیشترین مقدار رطوبت (۴۴/۶۰٪) مربوط به نمونه‌های پوشش داده شده با متیل سلولز (۱/۵٪) بود. غلظت ۱/۵٪ کتیرا همراه با سوربیتول (۰/۵٪) بیشترین مقاومت (۲۱۱/۱۳ نیوتن) را در برابر برش نشان داد.

تجزیه و تحلیل آماری مولفه‌های *L، *b و*a مربوط به رنگ نمونه‌های خلال سیب‌زمینی نشان داد که استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث افزایش معنی‌داری در فاکتورهای L*, a*, b* نسبت به نمونه شاهد شده است ($P < ۰/۰۱$). نتایج حاصل در جدول ۳ آورده شده است.

ارزیابی خصوصیات ارگانولپتیکی نمونه‌های خلال سیب‌زمینی شاهد، آنزیم‌بری شده در آب یا پوشش داده شده با متیل‌سلولز با / بدون سوربیتول و نمونه‌های پوشش داده شده با کتیرای با / بدون سوربیتول مقایسه و در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقدار رنگ خلال‌های سیب‌زمینی بعد از آنزیم‌بری و استفاده از پوشش‌های خوراکی بر حسب L، a، b و EΔ

آنزیم‌بری شده در	فاکتور L	فاکتور a	فاکتور b	EΔ
شاهد	۶۷/۲ ±۱/۰۱^{f}	۰/۶ ±۰/۰۱^{f}	۴۳/۳۷ ±۱/۲۳^{g}	۰ ^{f}
آب	۶۹/۹۷ ±1/۲۱^{bc}	۱/۲ ±۰/۰۲^{e}	۴۷/۴۳ ±۲/۰۱^{ef}	۵/۰۱ ±۰/۷۵^{bc}
کلرید کلسیم	۶۹/۹۳ ±۰/۵۵^{bc}	۰/۷۷ ±۰/۱۲^{ef}	۵۰/۱۳ ±۱/۴۵^{bc}	۲/۷۷ ±۰/۰۵^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۰/۵ ٪	۷۰ ±۰/۴۱^{bc}	۲ ±۰/۰۴^{dc}	۴۹/۳۷ ±۰/۵۱^{cd}	۲/۴۳ ±۰/۰۲^{f}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱ ٪	۶۸/۶۳ ±۰/۴۴^{cdef}	۲/۲ ±۰/۰۳^{dc}	۴۸/۷ ±۰/۶۷^{cde}	۲/۹ ±۰/۰۴^{f}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱/۵ ٪	۶۵/۷۳ ±۱/۰۲^{e}	۲/۸۷ ±۰/۱۱^{ab}	۴۸/۵۷ ±۰/۹۶^{cdef}	۲/۶ ±۰/۰۳^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۰/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۶۹/۴۷ ±۱/۰۸^{bcde}	۲/۰۳ ±۰/۲۱^{dc}	۴۸/۸۷ ±۰/۴۱^{cde}	۲/۱۳ ±۰/۰۶^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۶۵/۲۳ ±۱/۲۲^{e}	۲/۹۳ ±۰/۰۴^{ab}	۴۷/۷ ±۰/۸۷^{def}	۴/۹۷ ±۰/۲۱^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۶۳/۲۷ ±۱/۰۱^{h}	۲/۴۷ ±۰/۱۲^{ab}	۴۷/۷ ±۰/۹۸^{def}	۶/۹ ±۰/۳۲^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۰/۵ ٪	۷۲/۷۳ ±۱/۳۲^{a}	۱/۸ ±۰/۰۹^{d}	۵۱/۹ ±۱/۵۶^{a}	۵/۴۷ ±۰/۲۱^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱ ٪	۷۰/۷۳ ±۰/۵۱^{b}	۲/۲ ±۰/۱۳^{dc}	۵۱/۶۱ ±۲/۰۱^{ab}	۴/۸۳ ±۰/۳۴^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱/۵ ٪	۶۷/۹۷ ±۰/۶۸^{def}	۲/۷۷ ±۰/۱۴^{ab}	۴۸/۹۷ ±۱/۲۳^{cde}	۳/۶۷ ±۰/۰۹^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۰/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۶۸/۳۳ ±۰/۹۱^{cdef}	۲/۸۳ ±۰/۲۱^{ab}	۴۷/۹۳ ±۱/۲۱^{def}	۲/۹۳ ±۰/۰۳^{ab}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۶۷/۹۳ ±۰/۸۱^{ef}	۲/۹۳ ±۰/۰۶^{ab}	۴۷/۴ ±۱/۲۲^{ef}	۳/۰۷ ±۰/۰۴^{e}
کلرید کلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵ ٪	۶۷/۴ ±1/۰۱^{f}	۳/۰۳ ±۰/۴۱^{a}	۴۶/۸۷ ±۰/۸۹^{f}	۳/۶۳ ±۰/ ^{de}

میانگین‌هایی که در یک ستون با حروف مختلف نشان داده شده اند اختلاف معنی‌دار دارند ($P < ۰/۰۱$).
نتایج به صورت میانگین ± انحراف معیار (mean ± S.D) گزارش شده است.

جدول ۴- ارزیابی ویژگی‌های ارگانولپتیکی خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده با استفاده ازآزمون پذیرش به روش رتبه‌بندی

امتیاز ویژگی‌های ارگانولپتیکی	تیمار						
	شاهد	آنزیم‌بری شده در آب	آنزیم‌بری شده در کلرید کلسیم	آنزیم‌بری شده در کلرید کلسیم و پوشش با کتیرای ۱/۵٪	آنزیم‌بری شده در کلریدکلسیم و پوشش با کتیرای ۱/۵٪ و سوربیتول ۰/۵٪	آنزیم‌بری شده در کلریدکلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱/۵ ٪	آنزیم‌بری شده در کلریدکلسیم و پوشش با متیل‌سلولز ۱/۵ ٪ و سوربیتول ۰/۵٪
رنگ	۳/۸۳ ±۰/۲۹^{a}	۴/۰۱ ±۰/۸۲^{a}	۴/۰۱ ±۰/۴۵^{a}	۴/۱۷ ±۰/۷۲^{a}	۴/۳۳ ±۰/۶۶^{a}	۴/۱۷ ±۰/۸۵^{a}	۴/۵۰ ±۰/۵۸^{a}
ظاهر	۳/۵ ±۰/۱۲^{a}	۴±۰/۰۲^{a}	۴/۱۷ ±۰/۲۲^{a}	۴/۳۳ ±۰/۱۱^{a}	۴/۱۷ ±۰/۰۶^{a}	۴/۳۳ ±۰/۰۱^{a}	۴/۱۷ ±۰/۲۲^{a}
بو	۴ ±۰/۲۲^{a}	۳/۱۷ ±۰/۲۲^{a}	۴ ±۰/۲۲^{a}	۳/۶۷ ±۰/۲۲^{a}	۳/۸۳ ±۰/۲۲^{a}	۳/۸۳ ±۰/۲۲^{a}	۴/۱۷ ±۰/۲۲^{a}
طعم	۴/۱۷ ±۰/۰۶^{a}	۳/۵ ±۰/۴۷^{a}	۳/۶۷ ±۰/۴۵^{a}	۳/۸۳ ±۰/۳۵^{a}	۴ ±۰/۲۲^{a}	۴/۳۳ ±۰/۰۲^{a}	۴/۳۴ ±۰/۰۸^{a}
تردی	۳/۳۳ ±۰/۹۲^{a}	۴ ±۰/۰۹^{a}	۳/۸۸ ±۰/۵۴^{a}	۳/۶۷ ±۰/۴۲^{a}	۴/۳۳ ±۰/۲۰^{a}	۴/۵ ±۰/۰۲^{a}	۴ ±۰/۲۹^{a}
قابلیت پذیرش	۴ ±۰/۷۸^{a}	۳/۶۷ ±۰/۶۹^{a}	۳/۸۳ ±۰/۴۸^{a}	۳/۶۷ ±۰/۳۳^{a}	۴/۳۳ ±۰/۲۹^{a}	۴/۳۳ ±۰/۴۲^{a}	۴/۵ ±۰/۵۳^{a}

میانگین‌های که در یک سطر با حروف یکسان نشان داده شده‌اند، اختلاف معنی‌دار ندارند ($P < ۰/۰۱$).
نتایج ، میانگین ± انحراف معیار (mean ± S.D) نمره ارزیابی هشت ارزیاب است.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

• بحث

ویژگی‌های مواد اولیه سیب‌زمینی و روغن سرخ کردنی: سیب‌زمینی رقم اگریا به علت وزن مخصوص و ماده خشک بالا برای تولید فراورده‌هایی مانند سیب‌زمینی سرخ شده مناسب است؛ زیرا راندمان تولید بالاتری دارد، روغن کمتری مصرف می‌کند، تردی بیشتری دارد و مقدار قند احیا آن کم است. روغن سرخ کردنی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت، عدد اسیدی و پراکسید نسبتاً پایینی داشت و برای سرخ کردن مناسب تلقی شد (۲۱).

تأثیر آنزیم‌بری و پوشش‌های خوراکی بر ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی سرخ شده:

میزان جذب روغن: آنزیم‌بری در آب ۸۵°C به مدت ۶ دقیقه اثر معنی‌داری بر کاهش جذب روغن نداشت، اما آنزیم‌بری در محلول ۰/۵٪ کلرید کلسیم ۸۵°C به مدت ۶ دقیقه نسبت به نمونه شاهد میزان جذب روغن را به طور معنی‌داری و به مقدار ۸/۶۱٪ کاهش داد. این یافته با نتایج تحقیقات قبلی مطابقت دارد (۲، ۱). علت کاهش جذب روغن طی آنزیم‌بری در محلول کلرید کلسیم به نقش یون‌های کلسیم در ایجاد پیوند بین گروه‌های کربوکسیل پکتین موجود در سیب‌زمینی مربوط می‌شود که با ایجاد این پیوند بافت محکم‌تری در سطح سیب‌زمینی ایجاد می‌شود.

همان طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، بین مقدار جذب روغن خلال‌های پوشش داده شده با متیل‌سلولز یا کتیرا همراه با سوربیتول یا بدون سوربیتول نسبت به نمونه‌های شاهد، آنزیم‌بری شده در آب و آنزیم‌بری شده در محلول ۰/۵٪ کلرید کلسیم تفاوت معنی‌داری وجود دارد (P<٪۰/۰۱). با افزایش غلظت پوشش‌های هیدروکلوئیدی متیل‌سلولز و کتیرا از ۰/۵٪ به ۱٪ و ۱/۵٪ مقدار جذب روغن توسط خلال سیب‌زمینی به طور معنی‌داری کاهش بیشتری یافت.

تأثیر پوشش هیدروکلوئیدی متیل‌سلولز از کتیرا در غلظت‌های برابر بیشتر است، به طوری که پوشش متیل‌سلولز با غلظت ۱/۵٪ همراه با سوربیتول ۰/۵٪ و پوشش متیل‌سلولز با غلظت ۱/۵٪ و بدون سوربیتول هر دو به ترتیب با میزان جذب روغن ۱۶/۳۰٪ و۱۶/۲۹٪ موثرترین تیمارها بودند، از طرف دیگر چون طی استفاده از سوربیتول اختلاف آماری معنی‌داری به دست نیامد، استفاده از غلظت ۱/۵٪ متیل‌سلولز بدون سوربیتول می‌تواند کمترین میزان جذب روغن را در نمونه به همراه داشته باشد. ضمن اینکه غلظت ۱/۵٪ کتیرا بدون سوربیتول با غلظت ۱٪ متیل‌سلولز بدون سوربیتول اختلاف آماری معنی‌داری در کاهش جذب روغن نداشتند.

تأثیر پوشش هیدروکلوئیدی بر کاهش جذب روغن در فراورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی در چند تحقیق بررسی شده است، نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان که اعلام کرده‌اند با افزایش غلظت پوشش دهنده، میزان جذب روغن کاهش می‌یابد، مطابقت دارد (۲۶-۲۲، ۸، ۵، ۲). پوشش‌دهنده هیدروکلوئیدی سبب کاهش جذب روغن در فراورده‌های مختلف سرخ شده به مقدار ۶٪ تا ۵۷/۰۳٪ می‌شود . با این‌که در بهترین حالت در تحقیق حاضر مقدار کاهش جذب روغن کمتر از این تحقیقات است؛ اما علت این اختلافات ناشی از متفاوت بودن نوع و غلظت پوشش دهنده هیدروکلوئیدی، نوع فراورده سیب‌زمینی نظیر چیپس یا سیب‌زمینی سرخ شده است.

میزان رطوبت: *Gamble* و همکاران (۲۷) بافت خلال سرخ شده سیب‌زمینی را با میکروسکپ الکترونی مطالعه و بیان کردند که طی سرخ کردن، ساختار سلولی شکسته شده و کاهش جزئی در اندازه سلول‌ها دیده می‌شود. این اتفاق به دلیل چروکیدگی غشای سلول‌های حرارت دیده و تجزیه و تخریب لایه‌های میانی دیواره‌های سلولی است. با کاربرد پوشش هیدروکلوئیدی بر سطح خلال‌ها ظرفیت نگهداری آب افزایش می‌یابد و شدت تبخیر در فرایند سرخ کردن کنترل می‌شود. در نتیجه، مقدار بیشتری از رطوبت محصول حفظ می‌شود و رطوبت نهایی آن بالاتر خواهد بود.

اثر آنزیم‌بری در محلول کلرید کلسیم ۰/۵٪ و پوشش‌های هیدروکلوئیدها بر میزان رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و طی آنزیم‌بری در محلول کلرید کلسیم و استفاده از هیدروکلوئیدها میزان رطوبت حفظ شده در خلال سیب‌زمینی افزایش یافت. پوشش‌های هیدروکلوئیدی از خروج ملکول‌های آب جلوگیری می‌کنند و باعث افزایش رطوبت در محصول می‌شوند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

آنزیم‌بری کردن خلال سیب‌زمینی در آب به تنهایی تأثیری در افزایش رطوبت خلال سیب‌زمینی نداشت، اما آنزیم‌بری در محلول کلرید کلسیم ۰/۵٪ باعث افزایش معنی‌دار رطوبت خلال به میزان ۵٪ شد (جدول ۲). نمونه آنزیم‌بری شده در محلول کلرید کلسیم و پوشش داده شده با متیل‌سلولز ۱/۵٪ با ۴۴/۶ ٪ دارای بیشترین مقدار رطوبت بود و مقدار رطوبت آن ۱۷٪ بیشتر از نمونه شاهد بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت پوشش دهنده‌های متیل‌سلولز و کتیرا ماندگاری رطوبت در محصول و درصد رطوبت آن افزایش می‌یابد، اما هیدروکلوئید متیل‌سلولز در غلظت‌ها ۰/۵٪ و ۱ ٪ تفاوت معنی‌داری در افزایش رطوبت محصول ندارد.

استفاده همزمان از سوربیتول همراه با هیدروکلوئید کتیرا تأثیری در افزایش رطوبت در مقایسه با نمونه‌های پوشش داده شده با کتیرا نداشت و نمونه‌های پوشش داده شده با کتیرا همراه با سوربیتول یا بدون سوربیتول دارای مقدار رطوبت تقریباً برابری بودند. اما در نمونه‌های پوشش داده شده با هیدروکلوئید متیل‌سلولز، افزودن پوشش سوربیتول نه تنها باعث افزایش رطوبت نشد، بلکه به مقداری اندک نیز از مقدار رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی کاهش داد.

در تحقیق حاضر، نمونه‌های خلال سیب‌زمینی پوشش داده شده با کتیرا (۱٪) یا متیل‌سلولز (۱٪) و سوربیتول به ترتیب ۱۳/۶٪ و ۱۲/۷٪ بیشتر از نمونه شاهد رطوبت داشتند. این نتایج بیشتر از مقادیر گزارش شده به وسیله سایر محققان است. *García* و همکاران (۱۲) در سال ۲۰۰۲ اعلام کردند که استفاده از متیل‌سلولز ۱٪ همراه با سوربیتول ۰/۵٪ باعث افزایش رطوبت خلال سیب‌زمینی به میزان ۶/۳٪ می‌شود. *Darei* و همکاران(۳۳) گزارش کردند که پوشش‌های مختلف شامل CMC ۰/۵٪ ، CMC ۱٪، کتیرا ۱٪، کتیرا ۲٪، گوار ۰/۳٪ و گوار ۰/۵٪ سبب افزایش رطوبت نمونه به ترتیب به مقدار ۶/۲ ٪، ۸/۷ ٪، ۹ ٪، ۷/۳ ٪، ۵/۱ ٪ و ۹/۸ ٪ در مقایسه با نمونه شاهد شدند.

تأثیر پوشش‌های هیدروکلوئیدی متیل سلولز و کتیرا بر حفظ رطوبت خلال سیب‌زمینی کمتر از سایر هیدروکلوئیدهای دیگر نظیر پکتین، آلژینات یا CMC است که به وسیله *جوکار* و همکاران (۲۲) مورد مطالعه قرار گرفتند. این اختلافات از متفاوت بودن خواص هیدروکلوئیدها ناشی می‌شود.

با مقایسه نتایج مقدار رطوبت و درصد روغن جذب شده در خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده، مشخص می‌شود که با کاهش مقدارجذب روغن، رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی افزایش می‌یابد.

بافت سیب‌زمینی: بافت مهم‌ترین شاخص کیفی است که تأثیر پخت را نشان می‌دهد. به نظر *Mccomber* و همکاران (۲۸) آزمون تنش شاخص تغییرات بافتی خلال‌های سیب‌زمینی آنزیم‌بری شده، تحت تأثیر دماها و زمان‌های مختلف قرار دارد. مقاومت در برابر برش سیب‌زمینی سرخ شده و آنزیم‌بری شده در آب یا کلرید کلسیم نسبت به نمونه شاهد افزایش نشان داد. آنزیم‌بری در محدوده دمای ۵۰-۷۰°C سفتی بافت فراورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی را افزایش می‌دهد. در دماهای بالا آنزیم پکتین متیل استراز فعال می‌شود و در دمای ۵۰-۷۰°C فعالیت این آنزیم به شدت افزایش می‌یابد و از ۷۵ °C به بالا فعالیت آن کاهش می‌یابد (۲۹). مشخص شده است که در دماهای ۶۰-۷۵°C به ویژه در ۷۰°C تعداد زیادی از گرانول‌های نشاسته ژلاتینه می‌شوند و کلسیم بیشتری آزاد می‌کنند. یون‌های کلسیم با گروه‌های کربوکسیل حاصل از عمل آنزیم پکتین متیل استراز واکنش داده و سفتی بافت را افزایش می‌دهد(۳۰).

برخی محققان سفتی بافت را به دلیل مقادیر آمیلوز و آمیلوپکتین مربوط می‌دانند. آمیلوز رها شده از دانه‌های نشاسته به دلیل ایجاد پیوند هیدروژنی بین ملکولی با دیگر پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی به عنوان سیمان بین سلولی عمل می‌کند و چسپندگی افزایش می‌یابد. زمان کافی آنزیم‌بری باعث توزیع مناسب یون‌های کلسیم در دیواره سلولی می‌شود (۳۱).

در نمونه سیب‌زمینی سرخ شده که در محلول ۰/۵٪ کلرید کلسیم آنزیم‌بری شده است، به دلیل پیوند بین یون‌های کلسیم و گروه‌های کربوکسیل حاصل از عمل آنزیم پکتین متیل استراز، سفتی بافت خلال به طور معنی‌دار زیاد شد.

پوشش‌های هیدروکلوئیدی روی بافت سیب‌زمینی سرخ شده تأثیر گذاشت و باعث افزایش مقاومت خلال سیب‌زمینی در برابر نیروی برش شد. همه نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به نمونه شاهد به طور معنی‌داری مقاومت بیشتری در مقابل برش ازخود نشان دادند.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

هرچه غلظت هیدروکلوئیدها (کتیرا و متیل‌سلولز) افزایش یافت مقاومت بافت، سیب‌زمینی سرخ شده نیز افزایش یافت (جدول ۲). در سایر تحقیقات چنین حالتی مشاهده شده است (۱۲). استفاده از سوربیتول همرا با متیل سلولز یا کتیرا بر میزان مقاومت خلال‌ها در برابر نیروی برش در مقایسه با نمونه‌های تنها پوشش داده شده با متیل سلولز یا کتیرا تغییر معنی‌داری به وجود نیاورد.

رنگ خلال سیب‌زمینی: رنگ بافت غده‌های خام سیب‌زمینی ویژگی مربوط به رقم آن است و می‌تواند سفید، کرم یا زرد با دامنه ای از سایه‌های رنگی باشد(۱۱). رنگ محصول در فراورده‌ها غالباً تحت تأثیر غلظت قندهای احیاکننده است و کنترل واکنش‌های قهوه‌ای شدن تا حدود زیادی رنگ فراورده‌های سیب‌زمینی را بهبود می‌بخشد(۳۳). و مهم‌ترین شاخص کیفی فراورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی است (۳۴).

تأثیر آنزیم‌بری بر میزان روشنی (فاکتور *L) خلال‌های سیب‌زمینی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. همان طور در جدول ۳ دیده می‌شود، بین مقدار فاکتور *a نمونه شاهد و نمونه آنزیم‌بری شده در آب تفاوت معنی‌دار وجود دارد و آنزیم‌بری باعث افزایش فاکتور *a شد. در حالی که نمونه آنزیم‌بری شده در محلول کلرید کلسیم ۰/۵٪ با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد.

مقایسه نتایج نشان داد که بین نمونه‌های تیمار شده در آب یا محلول کلرید کلسیم ۰/۵٪ با نمونه شاهد در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. تیمار حرارتی باعث افزایش فاکتور *b شد. در واقع تحت اثر حرارت، رنگ خلال‌ها زردتر شد.

بین تغییر رنگ کلی نمونه شاهد، آنزیم‌بری شده در آب یا محلول کلرید کلسیم ۰/۵٪ تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($P<0/01$). آنزیم‌بری با افزایش این سه فاکتور باعث ایجاد رنگ مناسب تر در خلال شد.

در اغلب موارد، پوشش دهی با هیدروکلوئیدها و پلاستی‌سایزر سوربیتول، اثر معنی‌داری بر فاکتور *L خلال‌های سیب‌زمینی نسبت به نمونه شاهد داشت (جدول ۳). به طوری که در نمونه‌های پوشش داده شده با کتیرا (۱٪ یا ۱/۵٪) همرا با سوربیتول (۰/۵٪) روشنی کمتر از نمونه شاهد بود، در حالی که نمونه‌های پوشش داده شده با متیل‌سلولز (۰/۵٪ ، ۱٪ یا ۱/۵٪) همراه با سوربیتول(۰/۵٪) ، متیل‌سلولز(۱/۵٪) یا کتیرا (۱٪) تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد ندارند. نمونه با پوشش کتیرا (۰/۵٪) همره با سوربیتول (۰/۵٪) ، کتیرا (۱/۵٪)، کتیرا (۰/۵٪)، متیل‌سلولز(۰/۵٪ یا ۱٪) دارای روشنی بیشتری نسبت به نمونه شاهد هستند. در نتیجه، هر چه غلظت پوشش دهنده (کتیرا و میتل سلولز) افزایش یافت، تقریبا فاکتور *L کمتر شد و به کارگیری سوربیتول همراه با پوشش دهنده هیدروکلوئیدی سبب شد فاکتور *L بیشترکاهش یابد.

پوشش هیدروکلوئیدها و سوربیتول سبب افزایش فاکتور *a شد. هر چه غلظت پوشش متیل‌سلولز افزایش یافت، فاکتور *a نیز زیاد شد. به طوری که نمونه با پوشش متیل‌سلولز (۱/۵٪) و سوربیتول نسبت به متیل‌سلولز (۰/۵٪) و نمونه با پوشش کتیرا (۱٪) و سوربیتول نسبت به کتیرا (۱٪) دارای فاکتور*a بزرگ‌تری هستند و اختلاف بین آن‌ها معنی‌دار است($P<0/01$).

در مورد پوشش دهنده کتیرا همراه با سوربیتول، نمونه کتیرای ۰/۵٪ و سوربیتول دارای فاکتور *a بزرگ‌تر از کتیرای ۰/۵٪ بود، اما این تفاوت معنی‌دار نبود. اما نمونه کتیرای ۱٪ و سوربیتول فاکتور *a کوچک‌تری نسبت به نمونه کتیرای ۱٪ داشت و این تفاوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. نمونه کتیرای۱/۵٪ و سوربیتول ۰/۵٪ دارای فاکتور *a کوچک‌تری از کتیرای ۱/۵٪ بود، ولی این تفاوت در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نبود. تقریباً وجود سوربیتول همراه هیدروکلوئید کتیرا باعث کاهش فاکتور *a شد.

پوشش هیدروکلوئیدی متیل‌سلولز بدون سوربیتول تقریبا فاکتور *a کوچک‌تری نسبت به هیدروکلوئید کتیرای بدون سوربیتول دارد. هم‌چنین، فاکتور *a در هیدروکلوئید متیل‌سلولز همراه با سوربیتول نسبت به مقدار آن در هیدروکلوئید کتیرای همراه با سوربیتول کوچک‌تر است. این تفاوت در هر سه غلظت (۰/۵٪، ۱٪ و ۱/۵٪) معنی‌دار بود. به طور کلی کاربرد هیدروکلوئیدهای کتیرا و متیل‌سلولز باعث افزایش فاکتور *a می‌شود، ضمن این که هرچه غلظت پوشش دهنده بیشتر شود، فاکتور *a نیز افزایش می‌یابد.

فاکتور *b همه نمونه‌های پوشش داده شده با هیدروکلوئید کتیرا و متیل‌سلولز در غلظت‌های مختلف همراه با سوربیتول یا بدون سوربیتول نسبت به نمونه شاهد، بزرگ‌تر و دارای اختلاف معنی‌دار بود. به طور کلی، می‌توان، چنین بیان کرد که افزایش غلظت پوشش دهنده

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

کتیرا و متیل‌سلولز باعث کاهش فاکتور b* و استفاده از سوربیتول باعث کاهش این فاکتور می‌شود. در مورد تغییر رنگ کلی (ΔE)، نمونه با پوشش کتیرا (۱/۵٪) همراه با سوربیتول دارای بیشترین تغییر رنگ بود. تغییرات ΔE دارای روند منظمی نبود. در خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با کتیرا در غلظت‌های ۱٪ و ۱/۵٪ کاربرد سوربیتول باعث افزایش قابل توجه ΔE نسبت به سایر تیمارها شد. در حالی که در خلال‌های سیب‌زمینی پوشش داده شده با متیل‌سلولز کاربرد سوربیتول باعث کاهش ΔE نسبت به تیمارها شد. تغیرات رنگ خلال‌های سیب‌زمینی در اثر پوشش‌دهی طی مطالعات قبلی نیز گزارش شده است(۱۸).

ارزیابی ویژگی‌های ارگانولپتیکی تیمارهای خلال سیب‌زمینی سرخ شده: به منظور ارزیابی حسی علاوه بر نمونه‌های شاهد، آنزیم‌بری شده در آب و محلول کلرید کلسیم، نمونه‌های پوشش داده شده با کتیرا (۱/۵٪) همراه یا بدون سوربیتول، متیل سلولز (۱/۵٪) همراه یا بدون سوربیتول به دلیل داشتن خصوصیات جذب روغن کمتر، حفظ رطوبت بیشتر و بافت تردتر نسبت به سایر تیمارها برای ارزیابی حسی انتخاب شدند.

ارزیاب‌ها بین تیمارهای مختلف خلال سیب‌زمینی در سطح ۱٪، تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های حسی تشخیص ندادند (جدول ۴). این یافته با نتایج تحقیق *García* و همکاران مطابقت دارد. (۱۲). پوشش متیل سلولز (۱/۵٪) همراه با سوربیتول نسبت به سایر موارد دارای امتیاز رنگ، بو، طعم و قابلیت پذیرش بالاتری بود. در مورد ویژگی ظاهری، همه نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به نمونه شاهد، امتیاز بالاتری کسب کردند. نمونه با پوشش متیل‌سلولز (۱/۵٪) دارای بالاترین امتیاز تردی بود.

بعد از بررسی میزان روغن، میزان رطوبت و دیگر موارد کیفی ذکر شده نتیجه‌گیری می‌شود که برای پوشش سیب‌زمینی سرخ‌شده پوشش متیل‌سلولز از پوشش کتیرا مناسب‌تر است و نمونه حاوی ۱/۵٪ متیل‌سلولز به دلیل روغن کمتر، رطوبت بیشتر، بافت و رنگ بهتر، بهترین تیمار برای پوشش سیب‌زمینی سرخ شده است. در بین تیمارهای مختلف کتیرا نیز نمونه‌های حاوی ۱/۵٪ کتیرا بهترین تیمارها هستند. وجود سوربیتول همراه پوشش‌های متیل‌سلولز و کتیرا با سیب‌زمینی سرخ شده بدون سوربیتول تفاوت محسوسی نداشت. بنابراین به دلیل مسائل اقتصادی استفاده از سوربیتول ضرورت ندارد و بهتر است که از تیمارهای بدون سوربیتول استفاده شود.

• References

1. Gould WA, Baurondi A, Hair BL. Evaluation of potato before and after storage regimes for chipping. AJPR 1969; 59: 133-42.
2. Khalil AH. Quality of French fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids. J Food Chem 1999; 66: 201-8.
3. USDA and USDHHS. Dietary guidelines for Americans (3rd ed.). Washington, DC: US Dept. of Agric. and US Dept. of Health and Human Serv.1990.
4. Rubnov M, Sagu LS. Fractal analysis and crust water diffusivity of a restructured potato product during deep – fat frying. J Food Sci 1997; 62(1): 135 –7.
5. Mohamadi M . Study of oil uptake reduction in chips [Dissertation]. Tehran: Tehran University M.C. Faculty of Agriculture; 2001 [in Persian]
6. Darei Garmakhani A, Mirzaei HA, Kashani Nezhad M, Maghsudlo Y. Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. Eur J Lipid Sci Technol 2008; 110: 1045–9.
7. Kester JJ, Fennema OR. Edible films and coating. Food Technol 1986; 40 (12): 47-59.
8. Mellema M. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. Trends Food Sci Technol 2003; 14: 364-73.
9. Sayre RN, Nonaka M, Wearer ML. French fry quality related to specific gravity and solids content variation among potato strips within the some tuber. AJPR 1975; 52: 73-81.
10. Imeson A. Thickening and gelling for food. London: Chapman and Hall ; 1996. p 312. 1st edition.
11. Albert S, Mittal GS. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. J Food Res Int 2002; 35: 445-58.
12. García MA, Ferrero C, Bértola N, Martino M, Zaritzky N. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. Innov Food Sci Emer Technol 2002; 3: 391–7.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

13. Igoe RS. Hydrocolloid interaction useful in food system. Food Technol 1982; 72 - 74.
14. Pinthus, EJ, Weinberg P, Saguy LS. Criterion for oil uptake during deep-fatfrying. J Food Sci 1993; 58(1): 204 -22.
15. Sothornvit R, Krochta JM. Plasticizer effect on oxygen permeability of -lactoglobulin films J Agric Food Chem 2000;48:6298-302.
16. Funami T, Funami M, Tawada T, & Nakao Y. Decreasing oil uptake of doughnuts during deep-fat frying using curdlan. J Food Sci 1999; 64(5), 883 -88
17. Vasti BM. Food sensory evaluation methods: Translated by Ghazizadeh M, Razaghi, AR: Tehran: Shahid Beheshti University press 1998; 19-36 [in Persian].
18. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the AOAC. 15 th ed. Washington: Elsevier Science Publishing; 2005. p 1015.
19. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Determination of acidity in fat and oil. ISIRI no 4178, 1st revision, Karaj: ISIRI; 1992 [in Persian].
20. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Determination of peroxide value in fat and oil. ISIRI no 4179, 1st revision, Karaj: ISIRI;1992 [in Persian].
21. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, consumption oil of home –properties, Determination of peroxide value in fat and oil. ISIRI no 9131, 1st edition, Karaj: ISIRI; 2007 [in Persian].
22. Jokar M, Nikoopour H, Amin Lari M, Ramezani R, Mazlumi MT. Laboratory-scale production of low-fat potato chips by coating with hydrocolloids. Iranian J Nutr Sci Food Technol 2006;1(3): 9-17.
23. Darei Garmakhani A, Mirzaei A, Kashani Nezhad M, Maghsudlo Y. Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. Eur J Lipid Sci Technol 2008; 110: 1045-9.
24. Darei Garmakhani A, Mirzaei A, Maghsudlo Y, Kashani Nezhad M. Effect of hydrocolloids on amount of oil uptake and quality of semi-fried potatoes. J Agric Sci Nat Resour 2009;16(3):123-35.
25. Darei Garmakhani A, Mirzaei A, Maghsudlo Y, Kashani Nezhad M. Use of hydrocolloids as edible coating to produce low-fat potato chips. J Agric Sci Nat Resour 2008;15(6):170-5.
26. Alipore M, Kashani Nezhad M, Maghsudlo Y, Jafari M. Effect of carrageenan, oil temperature and frying time on oil absorption in fried potato products. Iranian Food Sci and Technology Research Journal 2009; 5(1) 21-7.
27. Gamble MH, Rice P, Selman JD. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from C.V record UK. Tubers Int J Food Sci Technol 1987; 22: 233 - 7.
28. Mccomber DR, Lohnes RA, Osman EM. Double direct shear test for potato texture. J Food Sci 1987; 52(5): 1302 - 4.
29. Stanly DW, Bourne MC, Stone AP, Wismer WV. Low temperature blanching effects on chemistry, firmness and structure of canned green beans and carrots. J Food Sci 1995; 60: 327-33.
30. Keller C , Esche F, Lyderson S. A method for localizing fat distribution in deep – fat fried potato products. Lebensm – wiss 1986; 19: 346 – 8.
31. Jaswal AS. Pectic substances and the texture of french fried Potatoes. Am J Potato Res 1969; 49: 168-74.
32. Walter WM, Truong VD, Espinel KR. Textural measurements and product quality of restructured sweetpotato French fries. Lebensm-Wiss. u.-Technol 2002; 35: 209-15.
33. Krause KP, Hill L, Reimholz R, Nielsen TH, Sonnewald U, Stitt, M. Sucrose metabolism in cold stored potato tubers with decreased expression of sucrose phosphate synthase. Plant Cell Environ 1998; 21: 285-99.
34. Tulburt WF, Ora-Smith MS. Potato processing .3 rd ed, Westport, Connecticut: AVI Publishing Company; 1975. p. 403-33.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

Effects of blanching and hydrocolloid coating of pot atoeswith methyl cellulose and tragacanth on French-fries oil uptake and qualitative properties

Hoseinabadi V[1], Badii F[2] , Gharachorloo M[3], Heshmati M[4]*

1- [*]Corresponding author: M.Sc. in Food Science & Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran..Email: vahidhoseinabadi@gmail.com

2- Assistant Prof. Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran.

3- Assistant Prof, Dept. of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4-Ph.D Student of food hyigene and control, Tehran university, Tehran, Iran

Received 15 Mar, 2011 **Accepted 10 Jun, 2011**

Background and Objective: French fries are a food product with an upward consumptuion trend in Iran. Because of high oil uptake during frying, French fries are an energy-dense food item, providing a very large number of calories to the body. Therefore, efforts to reduce the rate of oil uptake by this popular food item would contribute to the public's health. The purpose of this study was to determine the effects of blanching and coating of potatoes with methyl cellulose and tragacanth on French-fries oil uptake and qualitative properties.

Materials and Methods: Strips of potato (Agria variety) were prepared, blanched in water or a calcium chloride solution (0.5%), coated with a solution of methyl cellulose (0.5, 1.0 and 1.5%), tragacanth (0.5, 1.0 and 1.5%), methyl cellulose (0.5, 1.0 and 1.5%) and sorbitol (0.5%), or tragacanth (0.5, 1.0 and 1.5%) and sorbitol (0.5%) and deep-fried. Oil uptake, moisture content, and color of the French fries were measured and their sensory properties determined and compared with those of control samples.

Results: Blanching and hydrocolloid coatings of the samples brought about a decrease in oil uptake and increases in moisture content and texture tenderness of the potato strips ($p<0.01$). Blanching in calcium chloride alone reduced oil uptake by 8.61%. In comparison with the control samples, coating with methylcellulose (1.5%) with sorbitol (0.5%) decreased oil uptake from 19.85% to 16.29%. Blanching in calcium chloride resulted in a significant 5%increase in moisture content. The hydrocolloid coatings caused significant increases in moisture content and resistance to cutting of the samples ($P<0.01$), such that the highest moisture content (44.60%) was obsereved in the samples coated with methyl cellulose (1.5%). Tragacanth at aconcentartion of 1.5% with sorbitol at a concentartion of 0.5% brought about the highest resistance (211/13 Newton) to cutting. The findings also showed that hydrocolloid coatings resulted in significant incremets in the L * b *, a * factors of the French fries color as compared to the control samples. However, there were no significant differences among samples with regard to sensory characteristic.

Conclusion: It can be concluded that methylcellulose is a more suitable coating than tragacanth for French fries. A coating containing 1.5% methyl cellulose is the best coating for potato strips due to less oil uptake, higher moisture content, and better texture and color. Coatings of methylcellulose and tragacanth plus sorbitol result in noticeabe differences in oil uptake and other qualitative properties. However, for economic reasons it is not essential to use sorbitol in coatings for potato strips.

Keywords: French fries, Fried potatoes, Sorbitol, Methyl cellulose, Tragacanth, Fat reduction

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-06-02]