

## ارزیابی اثر پوشش‌دهی صمغ فارسی و مرو بر انتقال جرم روغن و خصوصیات کیفی چیپس سیب‌زمینی

سیما ناجی طبسی<sup>۱</sup>، الهام مهدیان<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران  
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران  
\* نویسنده مسئول (emahdian2000@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۴

### واژه‌های کلیدی

بافت  
پوشش‌دهی  
جذب روغن  
سرخ‌کردن عمیق  
صمغ‌های بومی

### چکیده

باتوجه به مصرف روبه‌گسترش محصولات غذایی سرخ‌شده و به طبع آن گسترش بیماری‌های گوناگون، دستیابی به روش‌های مناسب جهت کاهش جذب روغن در این محصولات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش بررسی تأثیر پوشش‌دهی چیپس سیب‌زمینی توسط صمغ‌های بومی دانه مرو و صمغ فارسی (غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) به دو روش غوطه‌وری و پاششی بر میزان پوشش‌دهی، انتقال جرم روغن، بررسی فراکسیون‌های جذب روغن، بافت و ویژگی‌های حسی چیپس‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده به روش عمیق مورد مطالعه قرار گرفت. هر دو روش پوشش‌دهی منجر به کاهش معنی‌دار جذب روغن گردید، هرچند نفوذ مؤثر پوشش‌های مختلف متفاوت بود. بیشترین میزان پوشش‌دهی (۳/۶ درصد) و بیشترین کاهش جذب روغن (۳۱/۲۴ درصد) با سرعت جذب  $0.01 \pm 0.27$  بر ثانیه به نمونه‌های تیمار شده با صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری اختصاص داشت که نسبت به نمونه شاهد (۳۷/۲۱ درصد) اختلاف معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). باتوجه به نتایج آزمون بافت‌سنجی، روش غوطه‌وری منجر به افزایش سفتی بافت شد ( $P < 0.05$ )، اگرچه در آزمون حسی بیشترین مطلوبیت بافت را به خود اختصاص داد. در خصوص رنگ، بو، شکل ظاهری، طعم و پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف و شاهد ملاحظه نگردید ( $P > 0.05$ ). در نتیجه پوشش‌دهی با صمغ دانه مرو در غلظت ۰/۵ درصد به روش غوطه‌وری با بیشترین کاهش جذب روغن و خواص ارگانولپتیکی مشابه با نمونه شاهد جهت استفاده در صنعت تولید چیپس سیب‌زمینی پیشنهاد می‌گردد.

### مقدمه

سیب‌زمینی بعد از گندم، برنج و ذرت چهارمین ماده غذایی اصلی ساکنان روی زمین است و چیپس سیب‌زمینی در بین غذاهای میان‌وعده، سهم قابل توجهی در بازار دارد. سرخ‌کردن عمیق از جمله روش‌های آماده‌سازی مرسوم در خصوص تولید چیپس سیب‌زمینی است. طی این فرایند، مواد غذایی به‌طور مستقیم با روغن داغ در دماهای بالاتر از نقطه جوش

آب (۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد) تماس پیدا می‌کند. در این هنگام انتقال حرارت و انتقال جرم به‌طور هم‌زمان رخ می‌دهند. حرارت از روغن به ماده غذایی منتقل می‌شود و در درون آن هدایت می‌گردد. انتقال جرم در دو جهت مخالف صورت می‌پذیرد؛ رطوبت سطحی بر اثر دمای بالای تبخیر از ماده غذایی خارج می‌شود. در نتیجه خروج رطوبت، پوسته تشکیل می‌شود و خلل و فرج ماده غذایی توسعه می‌یابد.

کنترل شده طعم‌ها به کار می‌روند (Williams et al., 2000).

هیدروکلوئیدها در انواع مختلف موجود می‌باشند، اما از آنجایی که تقاضای مصرف‌کنندگان با گذشت زمان تغییر کرده است و درک آنها از خصوصیات عملکردی صمغ‌ها در صنعت افزایش یافته است، تولیدکنندگان محصولات غذایی هیدروکلوئیدهایی را ترجیح می‌دهند که با روند تولید ماده غذایی هماهنگی بیشتری داشته باشد. در نتیجه افزایش تقاضا برای هیدروکلوئیدها با خواص عملکردی ویژه منجر به اهمیت یافتن منابع جدید صمغ‌ها با خواص مناسب گردیده است که در میان این منابع، پلی‌ساکاریدهای گیاهی با توجه به دسترسی آسان، افزایش مصرف‌کنندگان مشتقات گیاهی و قیمت مناسب اهمیت فراوانی پیدا کرده است (Williams et al., 2000).

تحقیقات متعددی در مورد استفاده از پوشش‌دهی صمغ‌ها در کاهش میزان جذب روغن طی سرخ کردن سیب‌زمینی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به تأثیر پوشش‌دهی با صمغ ژلان (Williams et al., 1999)، ترکیبی از کلرید کلسیم با پکتین و سدیم آلژینات (Khalil et al., 1999)، متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل‌متیل سلولز (Garcia et al., 2002)، ژلاتین، صمغ ژلان، کاپا-کاراگینان، متیل سلولز، پکتین و ایزوله پروتئین آب‌پنیر (Susanne et al., 2002) را نام برد.

در نتیجه با توجه به اهمیت هیدروکلوئیدها در محصولات کم‌چرب یا فاقد چربی و فقدان اطلاعات علمی در مورد کاربرد و بررسی اثر صمغ‌های بومی مرو<sup>۱</sup> و فارسی<sup>۲</sup> بر کاهش جذب روغن در چیپس سیب‌زمینی و توجه به هیدروکلوئیدهای بومی و کاربرد آنها بسیار ضروری است.

دو روش مرسوم در صنایع غذایی جهت پوشش‌دهی روش غوطه‌وری و پاششی می‌باشد. در روش غوطه‌وری ماده غذایی به‌طور کامل در محلول صمغی شناور می‌گردد و در روش پاششی محلول صمغی روی کل سطح ماده غذایی اسپری می‌گردد که از لحاظ پوشش‌دهی نسبت به روش غوطه‌وری

کاهش رطوبت و ایجاد حفره‌ها در ماده غذایی، با ورود روغن به ماده غذایی همراه می‌شود (Blumenthal et al., 1991). روغن علاوه بر انتقال حرارت، با پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌های موجود در ماده غذایی واکنش می‌دهد و طعم و بوی مطبوعی در غذا ایجاد می‌کند. همچنین رنگ قهوه‌ای طلایی حاصل، ظاهر بسیار مطلوب و اشتهاآوری به ماده غذایی سرخ‌شده می‌بخشد. طی فرایند سرخ‌کردن، میزان رطوبت ورقه‌های نازک سیب‌زمینی از ۸۸ به ۲ درصد می‌رسد، حال آنکه میزان روغن آن به حدود ۳۵ تا ۴۲ درصد افزایش می‌یابد. پس از خاتمه سرخ‌کردن، ماده غذایی از سرخ‌کن خارج و سرد می‌شود. بر اثر سردکردن، بخار آب میعان می‌کند و متعاقب آن فشار داخلی کاهش می‌یابد. به دلیل ایجاد خلأ، روغنی که جذب سطح ماده غذایی شده است، به داخل ماده غذایی کشیده می‌شود. سطح ماده غذایی (پوسته) نقش مهمی در میزان جذب روغن دارد زیرا جذب روغن، پدیده‌ای سطحی است که به موازنه میان جذب و مکش روغن به درون ماده غذایی هنگام سردکردن بستگی دارد (Bouchon et al., 2003).

نظر به اهمیت فراوان میزان روغن از دیدگاه تغذیه‌ای، بیماری‌های قلبی-عروقی و جنبه‌های اقتصادی و نیز تمایل روبه‌افزایش مصرف‌کنندگان به میان‌وعده‌های غذایی کم‌کالری، تولید فراورده‌هایی با کیفیت بالا و درعین حال کم‌چرب را بیش‌ازپیش ضروری می‌سازد. از آنجایی که میزان جذب روغن تحت تأثیر خواص سطحی سیب‌زمینی قرار می‌گیرد، انتظار می‌رود استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی مناسب (عمدتاً پلی‌ساکاریدهای زنجیره بلند) به کاهش جذب روغن طی سرخ‌کردن عمیق منجر شود (Debnath et al., 2003).

هیدروکلوئیدها به مجموعه‌ای از پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها اطلاق می‌گردد که با حل یا پخش شدن در آب، ویسکوزیته را افزایش می‌دهند و امروزه به‌طور گسترده در صنایع مختلف با عملکردهایی نظیر سفت‌کنندگی (قوام‌دهندگی)، تشکیل ژل، فیلم‌ها و امولسیون‌ها، تثبیت کف، دسپرسیون‌ها، ممانعت از تشکیل کریستال‌های یخ و شکر و همچنین آزادسازی

<sup>1</sup> *Salvia macrosiphon* Boiss

<sup>2</sup> *Amygdalus scoparia* Spach

دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. عصاره خشک‌شده آسیاب و به‌وسیله پارچه صافی یک‌لایه صاف شد تا پودری یکنواخت جهت انجام آزمایش‌ها به‌دست آید.

#### آماده‌سازی صمغ فارسی

صمغ فارسی استفاده‌شده در این پژوهش از عطاری سنتی در مشهد خریداری شد و پس از آسیاب‌شدن به‌وسیله آسیاب آزمایشگاهی (Moulinex)، ساخت ژاپن) از الک آزمایشگاهی با مش ۵۰ عبور داده شدند و پودر حاصل برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت (خالصی و همکاران، ۱۳۹۵).

#### آماده‌سازی محلول‌های صمغی

غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد (وزنی/وزنی) صمغ فارسی و صمغ دانه مرو در آب دیونیزه تهیه شدند. برای تهیه محلول‌های آنها از آب با دمای معمولی ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. هر محلول به مدت ۳۰ دقیقه تا حصول محلولی یکنواخت در هم‌زن دور بالا هم‌زده شد و سپس به‌منظور هیدراته‌شدن کامل به مدت یک شب در دمای اتاق نگهداری شد (زمانی و همکاران، ۱۳۹۴).

#### پوشش‌دهی نمونه‌ها

سیب‌زمینی‌ها پس از پوست‌گیری با استفاده از برش‌زن<sup>۱</sup> به ورقه‌هایی به ضخامت ۱/۷۴ میلی‌متر برش زده شدند. یکنواختی نمونه‌ها با استفاده از کولیس کنترل شد. ورقه‌های سیب‌زمینی در آب ۹۰ درجه سانتی‌گراد ۳ دقیقه بلانچ شدند و بلافاصله در آب سرد شسته و در این مرحله تعدادی از نمونه‌ها در دمای محیط داخل محلول‌های صمغی به مدت ۲ دقیقه فرورده شدند و تعدادی دیگر از اسلایس‌های نمونه تحت اسپری صمغ‌های مورد نظر قرار گرفتند. سپس اسلایس‌های سیب‌زمینی روی صفحه مشبک جهت جداسازی محلول هیدروکلوئیدی مازاد روی سطح به مدت چند دقیقه قرار گرفته و سپس به مدت ۳ دقیقه در آون ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد برای کاهش رطوبت سطحی خشک شدند (زمانی و همکاران، ۱۳۹۴).

یکنواختی بیشتری دارد (Rimac-Brnčić *et al.*, 2014). نظر به اهمیت موضوع، در این پژوهش بررسی تأثیر پوشش‌دهی چیپس سیب‌زمینی توسط صمغ‌های بومی دانه مرو و صمغ فارسی در غلظت‌های (۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) به دو روش غوطه‌وری و پاششی بر انتقال جرم روغن و خواص بافتی چیپس‌های سیب‌زمینی سرخ‌شده به روش عمیق در روغن ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفته است.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد اولیه

سیب‌زمینی (واریته اگریا) از بازار مشهد و دانه مرو و صمغ فارسی از فروشگاه گیاهان دارویی در شهر مشهد تهیه گردید. برای استخراج روغن از هگزان تولید داخل استفاده شد. روغن آفتاب‌گردان و روغن پالم تصفیه‌شده بدون آنتی‌اکسیدان از کارخانه مارگارین تهیه شد.

##### استخراج صمغ دانه مرو

استخراج عصاره خام هیدروکلوئیدی دانه مرو به‌وسیله آب‌مقطر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت آب به دانه ۱:۵۱ و pH برابر با ۵/۵ در ۳ مرحله صورت گرفت (Bostan *et al.*, 2010). دمای سیستم مایع به‌وسیله حمام آب‌گرم تنظیم و کنترل شد. قبل از افزودن دانه‌ها، آب تا رسیدن به دمای مورد نظر حرارت داده شد، فرایند استخراج در ۳ مرحله صورت گرفت؛ در مرحله اول، دانه با نیمی از آب‌مقطر تعیین‌شده (نسبت آب به دانه ۱:۵۱) در دمای مورد نظر مخلوط شده و سپس به مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب‌گرم نگهداری شده و به تناوب هم‌زده می‌شد تا فرایند جذب آب به‌طور کامل صورت گیرد.

استخراج صمغ از دانه‌های متورم‌شده، با عبور دانه‌ها از استخراج‌کننده آزمایشگاهی (شرکت پارس خزر، ایران) صورت گرفت. صمغ جمع‌آوری‌شده و دانه‌ها با باقی‌مانده آب طی ۲ مرحله مخلوط شده و در هر مرحله ۲ بار از استخراج‌کننده عبور داده شدند. عصاره صمغی حاصل از ۳ مرحله با هم مخلوط شده و پس از عبور از صافی پارچه‌ای و قیف بوختر تحت‌خلأ (به‌منظور حذف ذرات اضافی) در آون با جریان هوا در

<sup>1</sup> Slicer

### درصد پوشش‌دهی

درصد پوشش‌دهی از اختلاف وزن بین نمونه‌های پوشش‌دهی شده و بدون پوشش محاسبه شد (رابطه ۱).

رابطه (۱)

$$(C - I / I) \times 100$$

در رابطه (۱) C وزن نمونه‌ها بعد از پوشش‌دهی و I وزن نمونه‌ها قبل از پوشش‌دهی است (Akdeniz et al., 2004).

### فرایند سرخ کردن

مخلوط روغن‌های آفتاب‌گردان/پالم اولئین<sup>۱</sup> (به ترتیب با نسبت ۹۰:۱۰) به عنوان محیط سرخ کردن استفاده شد. فرایند سرخ کردن در سرخ‌کن خانگی (Delonghi، ایتالیا) با قابلیت تنظیم دما صورت گرفت. قبل از فرایند سرخ کردن ابتدا ۳ لیتر روغن در سرخ‌کن ریخته و به مدت یک گرم شد. سپس چیپس‌های سیب‌زمینی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ دقیقه سرخ شدند. سپس، چیپس‌های سیب‌زمینی بلافاصله از روغن خارج و به ۳ دسته تقسیم شدند. چیپس‌های سری اول برای تعیین روغن درونی بلافاصله به دستگاه سانتریفیوژ منتقل شدند (۴۵ ثانیه با شتاب ثقل ۱۰۰۰×g) (Yagua et al., 2011). چیپس‌های سری دوم برای اندازه‌گیری روغن کل به آن منتقل شدند و چیپس‌های سری سوم ابتدا به آرامی به وسیله کاغذ جاذب، روغن سطحی آن جدا و برای انجام آزمایش‌های بعدی و جلوگیری از جذب رطوبت در دسیکاتور نگهداری شدند. تعویض روغن نیز هر ۲ ساعت یکبار انجام گرفت.

### اندازه‌گیری خواص فیزیکوشیمیایی چیپس سیب‌زمینی سرخ‌شده

#### محتوی رطوبتی

اندازه‌گیری میزان رطوبت نمونه‌های سرخ‌شده مطابق با استاندارد AACC (۱۹۸۶) با خشک کردن نمونه‌ها در آون دیجیتال (jeio Tech –South Korea) ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. نمونه‌ها پس از خروج از آون داخل

<sup>1</sup> Palm Olein

دسیکاتور سرد شدند و میزان رطوبت بر مبنای وزن خشک از رابطه (۲) محاسبه گردید.

رابطه (۲)

$$MC(db) = M_1 - M_2 / M_1$$

در رابطه (۲) M<sub>1</sub> و M<sub>2</sub> به ترتیب وزن نمونه‌ها قبل و بعد از قرار دادن در آون است.

### محتوی روغن

میزان روغن طبق استاندارد AOAC (۱۹۹۰) تعیین شد. نمونه‌های خشک‌شده مورد استفاده برای اندازه‌گیری میزان رطوبت ابتدا به وسیله هاون چینی خرد شده، سپس ۳ گرم از نمونه‌های خشک و خردشده در کارتوش قرار گرفت و در نهایت استخراج روغن با استفاده از هگزان به مدت ۴ ساعت انجام گرفت. بعد از استخراج، کارتوش‌های حاوی حلال طی ۲ مرحله، ابتدا در معرض هوای اتاق به مدت ۱ ساعت و سپس در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت قرار گرفتند تا رطوبت و باقی‌مانده حلال تبخیر شود. میزان روغن نیز بر مبنای وزن خشک از رابطه (۳) محاسبه گردید.

رابطه (۳)

$$FC(db) = \frac{FC_1 - FC_2}{FC_2}$$

در رابطه (۳) FC<sub>1</sub> و FC<sub>2</sub> به ترتیب وزن نمونه قبل و بعد از سوکسله‌گذاری هستند.

### فراکسیون‌های روغن

میزان کل روغن چیپس‌های سیب‌زمینی بعد از فرایند سرخ کردن بدون عملیات روغن‌زدایی طبق روش فوق تعیین شد. میزان روغن چیپس‌های سیب‌زمینی بعد از عملیات روغن‌زدایی تحت عنوان روغن درونی اندازه‌گیری گردید. روغن سطحی عبارت از تفاضل مقادیر روغن‌های کل و درونی محاسبه گردید.

بررسی سینتیک جذب روغن حین فرایند سرخ کردن برای مدل‌سازی جذب روغن، مدل سینتیک درجه اول مورد استفاده قرار گرفت (رابطه ۴) (Krokida et al., 2001).

رابطه (۴)

$$O = O_{eq}[1 - \exp(-kt)]$$

در این مدل (k) سرعت جذب روغن (1/s) است. براساس این مدل میزان جذب روغن در t=0 بسیار ناچیز است و در زمان‌های طولانی برابر میزان روغن تعادلی (O<sub>eq</sub>) می‌شود (Duran, 2007).

دانکن<sup>۲</sup> (DMRT) و در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2007 استفاده شد. برازش داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MATLAB 2015a<sup>۳</sup> صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### درصد پوشش‌دهی

برخی هیدروکلوئیدها (عمدتاً پلی‌ساکاریدهای زنجیره بلند) قادرند جذب روغن را طی سرخ‌کردن عمیق کاهش دهند. نکته مهم درباره مناسب بودن مواد برای پوشش‌دهی محصولات سرخ‌شده، نفوذپذیری روغن آنهاست که این به قابلیت انحلال روغن در پوشش و پخش مناسب آن در امتداد عرضی فیلم بستگی دارد (Rimac-Brncice et al., Williams et al., 1999). میزان پوشش‌دهی (Duran et al., 2007, 2004). نمونه‌های تیمار داده‌شده با صمغ‌های مرو و فارسی در جدول (۱) گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین میزان پوشش‌دهی به نمونه‌های تیمار شده با صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری اختصاص داشت.

جدول ۱- مقادیر میانگین و انحراف معیار درصد پوشش‌دهی با صمغ‌های مورد مطالعه

تیمار	درصد پوشش‌دهی
صمغ فارسی ۰/۲۵ درصد (غوطه‌وری)	۱/۷±۰/۰۵۱
صمغ فارسی ۰/۵ درصد (غوطه‌وری)	۳/۳±۰/۰۷۵
صمغ فارسی ۰/۲۵ درصد (پاششی)	۱/۵±۰/۰۴۱
صمغ فارسی ۰/۵ درصد (پاششی)	۲/۹±۰/۰۰۶
صمغ مرو ۰/۲۵ درصد (غوطه‌وری)	۱/۹±۰/۰۴۷
صمغ مرو ۰/۵ درصد (غوطه‌وری)	۳/۶±۰/۰۰۹
صمغ مرو ۰/۲۵ درصد (پاششی)	۱/۸±۰/۰۰۳
صمغ مرو ۰/۵ درصد (پاششی)	۳/۴±۰/۰۳۷

کمترین درصد پوشش‌دهی به صمغ فارسی ۰/۲۵ درصد با روش پاششی مربوط بود. میزان پوشش‌دهی با افزایش غلظت صمغ‌ها افزایش یافت. تفاوت درصد پوشش‌دهی صمغ فارسی و مرو ممکن است به دلیل اختلاف در ویسکوزیته و چسبندگی بین پوشش‌های

### سنجش بافت

برای سنجش بافت چپس‌های سیب‌زمینی از دستگاه آنالیز بافت (Texture Analyzer, England) با پروب تویی‌شکل جنس استیل استفاده شد. چپس روی حفره استوانه‌ای شکل قرار گرفت و تحت نیروی فشاری شکسته شد. بیشترین نیرو به‌عنوان سختی سیب‌زمینی در نظر گرفته شد. در این آزمون پروب با قطر ۶/۳۵ میلی‌متر و سرعت ۰/۱ میلی‌متر بر ثانیه به سمت چپس حرکت داده شد تا جایی که چپس شکسته شد (Pineda, 2007).

### ارزیابی حسی

ارزیابی حسی چپس‌های سیب‌زمینی پس از ۱ روز از زمان تولید انجام شد. خصوصیات حسی شامل رنگ، بافت، شکل ظاهری، بو، طعم و پذیرش کلی با همکاری ۱۵ نفر داور آموزش‌دیده در بازه سنی ۲۰ تا ۴۰ سال انجام شد. آموزش لازم در خصوص فاکتورهای حسی مورد بررسی به داوران داده شد و نمونه‌ها از سوی داوران مورد ارزیابی قرار گرفت. به داوران توصیه شد برای رفع اثر هر نمونه بر نمونه دیگر، در میان صرف هر ۲ نمونه مقداری از نوشیدنی گرمی که در اختیار آنها قرار گرفته بود، بنوشند. به‌منظور ارزیابی نمونه‌ها از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد.

### تجزیه و تحلیل آماری نتایج

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج از طرح کاملاً تصادفی فاکتوریل استفاده گردید. داده‌ها توسط آنالیز واریانس<sup>۱</sup> (ANOVA) و اختلاف بین میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب ۱۶ به روش آزمون چنددامنه‌ای

<sup>۲</sup> Duncan Multiple Range Test

<sup>۳</sup> MATLAB

<sup>۱</sup> Analysis of Variance

نسبت به خروج رطوبت است. بالاترین میزان محتوی رطوبت در پایان دورهٔ سرخ کردن به نمونهٔ تیمار شده با پوشش صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری مربوط بود (۲/۶۹ گرم بر گرم بر مبنای وزن خشک) و کمترین میزان محتوی رطوبت در پایان دورهٔ سرخ کردن (۲/۱۹ گرم بر گرم بر مبنای وزن خشک) در دمای ۱۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد برای نمونهٔ شاهد بود. این یافته‌ها با نتایج (Akdeniz, 2006) در خصوص نقش پوشش‌های مختلف صمغی بر سرخ کردن عمیق ورقه‌های هویج مطابقت داشت. گرمه‌خانی و همکاران (۱۳۸۸) اثر پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی بر میزان جذب روغن و خواص کیفی خلال‌های نیمه‌سرخ‌شدهٔ سیب‌زمینی را بررسی کرده، نشان دادند پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی به علت خاصیت ممانعت‌کنندگی به کاهش اتلاف رطوبت خلال‌های سیب‌زمینی در هنگام سرخ کردن منجر می‌گردد و باتوجه‌به نقش کنترل‌کنندگی آب در میزان جذب روغن، مقدار روغن در همهٔ نمونه‌های پوشش‌دهی شده از نمونهٔ شاهد کمتر بود. شرایعی (۱۳۸۹) میزان دفع رطوبت و جذب روغن خلال‌های سیب‌زمینی تیمار شده به روش‌های مختلف و طی فرایند سرخ کردن در روغن‌های مختلف نشان داد میزان دفع رطوبت و پارامترهای سینتیکی آن (میزان روغن تعادلی و سرعت جذب روغن) تحت تأثیر زمان سرخ کردن، نوع روغن و پیش‌تیمارهای قبل از سرخ کردن قرار دارد؛ پیش‌تیمارهای قبل از سرخ کردن باعث کاهش دفع رطوبت و جذب روغن گردیدند و کارایی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز به دلیل تشکیل بهتر ژل حرارتی و نفوذپذیری کمتر فیلم تشکیل‌شده نسبت به ورود روغن و خروج رطوبت از صمغ ثعلب بیشتر بود.

Khalil (۱۹۹۹) کیفیت فرنج فرایز سیب‌زمینی را تحت تأثیر پوشش‌دهی با ترکیبی از کلرید کلسیم با پکتین یا سدیم آلژینات در سطوح مختلف مورد بررسی قرار داده است و نشان داد پوشش‌دهی با مخلوط ۰/۵ درصد کلرید کلسیم و ۵ درصد پکتین سبب بالاترین میزان کاهش جذب روغن و نیز بالاترین مقدار رطوبت شد.

هیدروکلوئیدی باشد (مقادیر ضریب قوام (k) و شاخص رفتار جریان (n) برای محلول ۱ (w/v٪) صمغ مرو به ترتیب ۸/۵۷ و ۰/۳۱ می‌باشد (بستان، ۱۳۸۷). درحالی‌که مقادیر ضریب قوام (k) و شاخص رفتار جریان (n) برای محلول ۱ (w/v٪) صمغ فارسی به ترتیب ۴/۴۵ و ۰/۳۲ گزارش شده است (خالصی و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین در مقایسهٔ تیمارها با غلظت مشابه درصد پوشش‌دهی با روش غوطه‌وری در مقایسه با روش پاششی بیشتر بود.

### میزان رطوبت

میزان رطوبت ورقه‌های سیب‌زمینی تیمار شده با صمغ‌های مورد آزمایش در غلظت‌های مختلف طی فرایند سرخ کردن در دمای ۱۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۶ دقیقه در جدول (۲) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با صمغ‌ها در غلظت‌ها و دماهای مورد آزمایش نسبت به نمونهٔ شاهد دارای رطوبت بیشتری بودند و مادهٔ خشک در این نمونه‌ها نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری پایین‌تر بود. علت کاهش افت رطوبت در هنگام سرخ کردن ناشی از خاصیت سدکنندگی صمغ‌هاست که با قرار گرفتن روی سطح بیرونی ورقه‌های سیب‌زمینی از خروج رطوبت داخل بافت ممانعت به عمل می‌آورند. توانایی صمغ‌ها در نگهداری آب ناشی از ایجاد پیوند هیدروژنی بین مولکول‌های آب در صمغ و پوشش می‌باشد (Mallikarjunan et al., 1997). همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌گردد، قابلیت نگهداری رطوبت توسط پوشش‌های مختلف به‌طور معنی‌داری متفاوت است و میزان رطوبت با افزایش غلظت افزایش می‌یابد. علت این امر را می‌توان به افزایش ضخامت فیلم تشکیل‌یافته توسط پوشش‌های هیدروکلوئیدی نسبت داد. همان‌طور که در جدول (۲) ملاحظه می‌گردد، نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با روش غوطه‌وری در مقایسه با روش پاششی در غلظت‌های یکسان رطوبت بیشتری را نگهداری کردند و در بین همهٔ تیمارها کارایی صمغ مرو ۰/۵ درصد به روش غوطه‌وری در نگهداری محتوی رطوبتی بیشتر بود که این احتمالاً نفوذپذیری کمتر فیلم تشکیل‌شده از سایر صمغ‌ها

سرخ‌کردن عمیق در نمونه شاهد (۳۷/۲ درصد) مشاهده شد درحالی‌که کمترین جذب روغن در چیپس‌های سیب‌زمینی تیمار شده با صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری (۳۱/۲۴ درصد) ملاحظه گردید. همچنین باتوجه به اطلاعات جدول (۲) نمونه‌های پوشش‌داده شده با روش غوطه‌وری در غلظت‌های یکسان صمغ‌ها جذب روغن کمتری نسبت به روش پاششی داشتند.

پوشش‌ها از خروج رطوبت جلوگیری کرده، فضای کمتری را برای ورود روغن به داخل بافت نمونه‌ها فراهم می‌آورند. نتایج جذب روغن در این آزمایش نیز بیانگر این حقیقت است. همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، میزان جذب روغن با افزایش غلظت صمغ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که نشان می‌دهد درصد صمغ روی میزان جذب روغن تأثیر معنی‌داری دارد و با افزایش درصد صمغ در پوشش‌دهی مقدار جذب روغن به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. این با نتایج گرمه‌خانی و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت داشت. فیلم‌های مقاوم به نفوذ روغن (ناشی از ژل حرارتی صمغ‌ها) که طی سرخ‌کردن در اطراف چیپس‌های سیب‌زمینی تشکیل می‌گردند باعث کاهش جذب روغن در نمونه‌های پوشش‌داده شده می‌شوند (Akdeniz et al., 2006). همچنین تشکیل ژل حرارتی و اتصالات عرضی صمغ‌ها به بهبود تشکیل تعداد اندک منافذ عریض با فشار موئینیگی پایین منجر می‌گردد که در نتیجه آن میزان کمی روغن به داخل منافذ وارد می‌شود (Mellema, 2003).

گرمه‌خانی و همکاران (۱۳۸۸) اثر پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی بر میزان جذب روغن و خواص کیفی خلال‌های سیب‌زمینی نیمه‌سرخ‌شده را بررسی کرده، نشان دادند از بین صمغ‌های مورد مطالعه، مخلوط کربوکسی‌متیل سلولز و پکتین با غلظت ۱ درصد و زانتان با غلظت ۱/۵ درصد به ترتیب با ۳/۴۰ و ۳/۴۳ درصد، کمترین میزان جذب چربی را نشان دادند. گرمه‌خانی و همکاران (۱۳۸۷) طی تولید چیپس کم‌چرب با مواد هیدروکلوئیدی نشان دادند کربوکسی‌متیل سلولز ۱ درصد، زانتان ۰/۵ درصد، گوار ۰/۳ درصد، زانتان ۱ درصد و کنیرا ۱ درصد به ترتیب با مقادیر جذب روغن ۲۱/۲۲۰، ۲۱/۷۵۷، ۲۲/۳۸۳،

جدول ۲- بررسی تغییرات رطوبت و میزان محتوی روغن در سطوح ۰/۲۵ و ۰/۵ درصدی تیمارها به دو روش پاششی و غوطه‌وری در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد (±انحراف معیار)

شاهد	صمغ فارسی			
	صمغ مرو	پاششی	غوطه‌وری	پاششی
۰/۵ درصد	۰/۲۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۲۵
۲/۶۹±۰/۱۵ <sup>a</sup>	۲/۳۶±۰/۱۷ <sup>ab</sup>	۲/۵۳±۰/۳۷ <sup>a</sup>	۲/۳۸±۰/۳۲ <sup>ab</sup>	۲/۵۱±۰/۳۵ <sup>a</sup>
۳۱/۲۴±۰/۰۷ <sup>b</sup>	۳۲/۹۸±۰/۰۵ <sup>b</sup>	۳۲/۲۵±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۳۵/۰۷±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۳۲/۸۹±۰/۰۳ <sup>a</sup>
۲/۳۷±۰/۳۱ <sup>ab</sup>	۲/۳۴±۰/۱۴ <sup>ab</sup>	۲/۲۸±۰/۱۱ <sup>ab</sup>	۲/۳۷±۰/۳۱ <sup>ab</sup>	۲/۳۷±۰/۳۱ <sup>ab</sup>
۳۷/۲۱±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۳۳/۵۲±۰/۰۴ <sup>ab</sup>	۳۳/۵۲±۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۳۵/۹۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۳۵/۹۱±۰/۰۳ <sup>a</sup>
۳/۱۹±۰/۱۰ <sup>b</sup>	۳/۳۷±۰/۱۴ <sup>ab</sup>	۳/۲۸±۰/۱۱ <sup>ab</sup>	۳/۳۷±۰/۱۴ <sup>ab</sup>	۳/۳۷±۰/۱۴ <sup>ab</sup>

ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن (P<۰/۰۵)).

## میزان جذب روغن و بررسی فراکسیون‌های روغن

### طی مراحل سرخ و سرد کردن

طبق جدول (۲) فرورودن ورقه‌های سیب‌زمینی در محلول‌های هیدروکلوئیدی مختلف با غلظت‌های مختلف و یا پاشش آن روی ورقه‌های سیب‌زمینی باعث کاهش میزان جذب روغن نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد گردید. بیشترین مقدار روغن طی فرایند

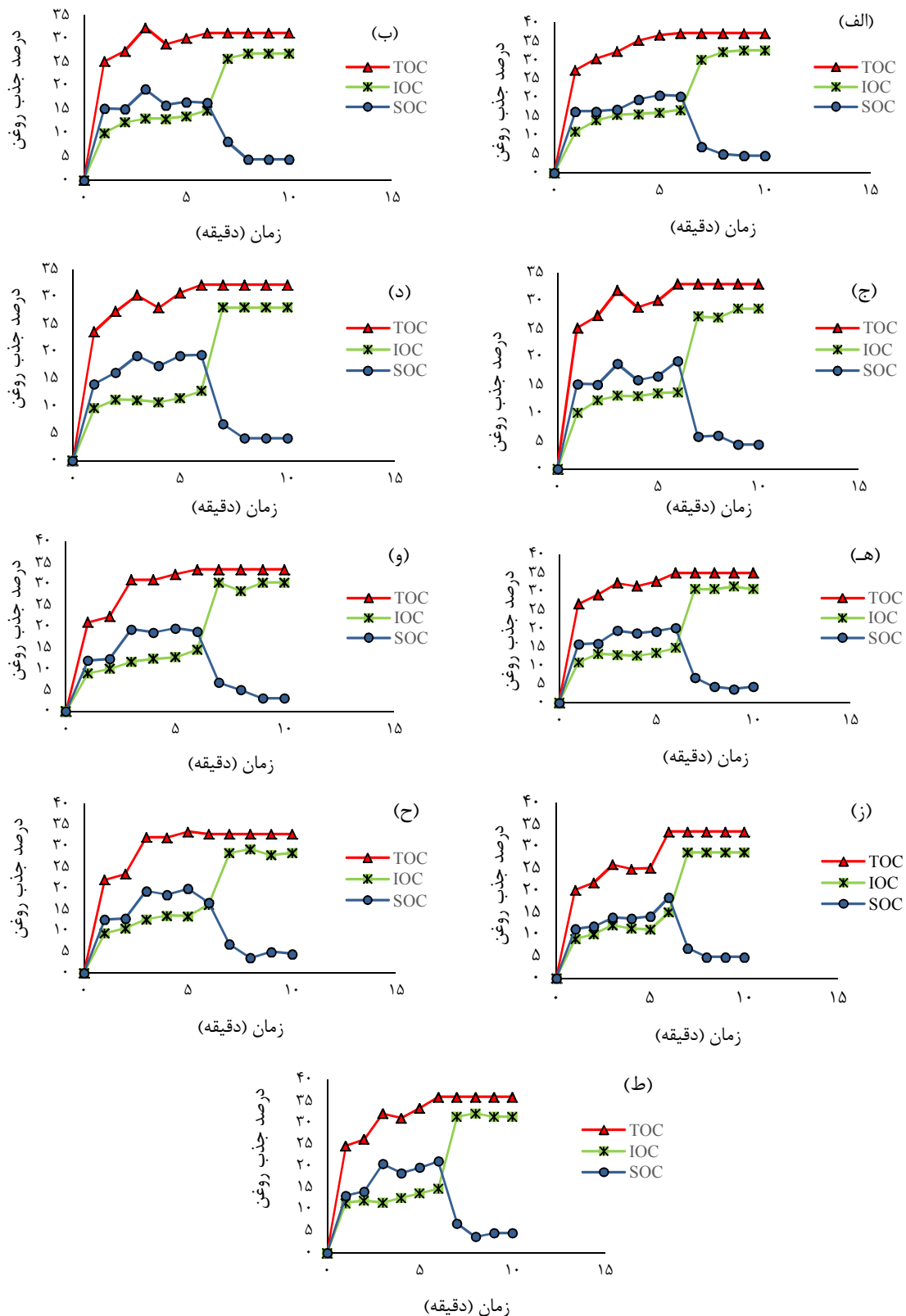
همچنین در مرحله سردکردن تقریباً ثابت باقی ماند. Yagua و همکاران (۲۰۱۱) و نیز Duran و همکاران (۲۰۰۷) فرایند مشابهی را طی ۴۰ ثانیه اول فرایند سرخ کردن چیپس سیبزمینی شناسایی کردند. نتایج نشان می‌دهد در ابتدای مراحل حرارت‌دهی حدود ۳۵ درصد از کل روغن طی سرخ کردن در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد به بافت داخلی سیبزمینی نفوذ کرده و بخش عمده آن در سطح محصول باقی می‌ماند اما با خارج کردن چیپس‌ها از سرخ‌کن (در مرحله سردکردن)، سهم فراکسیون‌های یادشده معکوس شد، و حدود ۶۵ تا ۸۴ درصد از کل روغن به درون بافت نفوذ کرد. نتایج مشابهی را Moreira و همکاران (۲۰۰۹) و نیز Duran و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند. براساس شکل (۱) در انتهای مراحل سرخ و سردکردن، کمترین میزان روغن نفوذ کرده به داخل بافت به صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری مربوط می‌باشد. این حاکی از آن بود که میزان کمتری از روغن در مرحله سردکردن به درون بافت چیپس سیبزمینی نفوذ کرده و میزان بیشتری از روغن کل روی سطح باقی مانده است، همان‌طور که بیان گردید این صمغ بیشترین درصد پوشش‌دهی را داراست (جدول ۱) که این امر منجر به دلیل تشکیل فیلم مقاوم به نفوذ روغن (ناشی از ژل حرارتی صمغ‌ها) در اطراف چیپس‌های سیبزمینی می‌شود (Akdeniz *et al.*, 2009; Moreira *et al.*, 2006). بیشترین مقدار به چیپس سیبزمینی شاهد اختصاص دارد، این نشان می‌دهد میزان بیشتری از روغن کل به درون بافت نفوذ کرده است.

براساس مشاهده‌ها ملاحظه گردید روش پوشش‌دهی بر میزان جذب روغن مؤثر است، به‌طوری‌که در نمونه‌های پوشش‌داده‌شده به روش پاششی جذب روغن سطحی پس از سردکردن بیشتر بوده است در نتیجه این روش نسبت به روش غوطه‌وری پوششی با مقاومت کمتر تشکیل می‌دهد. علاوه بر این در درصد بالاتر صمغ پوشش‌دهی بهتری مشاهده گردید که توانسته است پس از سردکردن از نفوذ روغن به داخل چیپس بیشتر جلوگیری کند.

۲۴/۸۴۰ و ۲۶/۷۴۰ درصد کمترین میزان جذب روغن و چیپس‌های بدون پوشش و پوشش‌دهی شده با کتیرا ۲ درصد بیشترین میزان جذب روغن را دارا بودند.

میزان جذب روغن ورقه‌های سیبزمینی تیمار شده با غلظت‌های مختلف ترکیبات صمغی مورد آزمایش طی سرخ کردن در دماهای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ دقیقه اندازه‌گیری شد. میزان جذب روغن با افزایش زمان سرخ کردن تا رسیدن به مقدار تعادلی افزایش یافت و سپس نسبتاً ثابت باقی ماند (شکل ۱). افزایش ناگهانی جذب روغن در ابتدای سرخ کردن به دلیل دفع سریع رطوبت و افزایش تخلخل طی فرایند است. در مراحل انتهایی، رطوبت کمتری از ماده غذایی دفع می‌گردد؛ همچنین به دلیل تشکیل پوسته و اشباع شدن یا انسداد منافذ توسط روغن، تخلخل کاهش می‌یابد و بنابراین سرعت جذب روغن کاهش پیدا می‌کند (Sahin & Sumnu, 2009). این پدیده علاوه بر کاهش رطوبت محصول ممکن است ناشی از ساختار ماده غذایی (دنا توره شدن پروتئین‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته و تکمیل فرایند تشکیل پوسته سخت) باشد که جذب روغن را با مشکل روبرو می‌سازد (Adedeji *et al.*, 2009). روند افزایشی مشابهی در خصوص میزان جذب روغن ورقه‌های سیبزمینی تیمار شده با صمغ‌های مختلف طی فرایند سرخ کردن در دمای مورد استفاده مشاهده گردید، اما میزان جذب روغن نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری با یکدیگر تفاوت داشت. میزان جذب روغن ورقه‌های سیبزمینی تیمار شده با پوشش‌های مختلف در جدول (۲) نشان داده شده است. شرایط فرایند (درجه حرارت و زمان سرخ کردن)، پیش تیمارهای قبل از سرخ کردن، خصوصیات فیزیکیوشیمیایی ماده غذایی و نوع روغن از جمله مهم‌ترین عواملی هستند که بر جذب روغن محصول تأثیر می‌گذارند (Dobarganes *et al.*, 2000). فراکسیون‌های مختلف روغن چیپس‌های سیبزمینی تیمار شده با پوشش‌های مختلف طی سرخ کردن عمیق در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و همچنین در مرحله سردکردن در طول زمان در شکل (۱) نشان داده شده است. میزان روغن کل در دقایق ابتدایی (دو دقیقه اول)، افزایش یافت و پس از آن و





شکل ۱- فراکسیون‌های مختلف روغن: میزان روغن کل (TOC)، میزان روغن درونی بافت (IOC) و میزان روغن سطحی (SOC) در شاهد (الف)، صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری (ب)، صمغ مرو ۰/۲۵ درصد با روش غوطه‌وری (ج)، صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش پاششی (د)، صمغ مرو ۰/۲۵ درصد با روش پاششی (ه)، صمغ فارسی ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری (و)، صمغ فارسی ۰/۲۵ درصد با روش غوطه‌وری (ز)، صمغ فارسی ۰/۵ درصد با روش پاششی (ح)، صمغ فارسی ۰/۲۵ درصد با روش پاششی (ط)

جدول ۳ - پارامترهای سینتیکی k و Oeq در سطوح ۰/۲۵ درصد و ۰/۵ درصد تیمارها به دو روش غوطه‌وری و پاششی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد (± انحراف)

شاهد	صمغ فارسی		صمغ مرو	
	پاششی	غوطه‌وری	پاششی	غوطه‌وری
	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
درصد	درصد	درصد	درصد	درصد
k	۰/۲۵۵±۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۲۵۳±۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۱۳۵±۰/۰۰۴ <sup>b</sup>	۰/۱۳۵±۰/۰۰۳ <sup>b</sup>
Oeq	۰/۳۵±۰/۰۰۸ <sup>a</sup>	۰/۳۱±۰/۰۰۶ <sup>ab</sup>	۰/۳۰±۰/۰۰۹ <sup>ab</sup>	۰/۲۸±۰/۰۰۲ <sup>b</sup>
	۰/۲۷±۰/۰۰۱ <sup>b</sup>	۰/۲۹±۰/۰۰۵ <sup>b</sup>	۰/۳۳±۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۲۱±۰/۰۰۸ <sup>a</sup>
	۰/۱۲۸±۰/۰۰۵ <sup>b</sup>	۰/۲۱۹±۰/۰۰۸ <sup>a</sup>	۰/۱۳۴±۰/۰۰۳ <sup>b</sup>	۰/۲۱۹±۰/۰۰۸ <sup>a</sup>

ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن) ( $P < 0.05$ )

انتقال جرم روغن طی فرایند سرخ کردن جذب روغن براساس اطلاعات جدول (۳) ثابت سرعت جذب روغن برای نمونه‌های پوشش‌داده‌شده کمتر از نمونه شاهد بود و کمترین مقدار مربوط به تیمار پوشش‌داده‌شده با صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری به مقدار (۰/۲۷±۰/۰۰۱ بر ثانیه) محاسبه گردید. این امر با توجه به حذف کمتر رطوبت در این نمونه‌ها و ویسکوزیته ناشی از صمغ‌ها طی سرخ کردن که به کاهش میزان آب آزاد در سیستم و نیز کاهش میزان جذب روغن طی فرایند سرخ کردن منجر می‌گردد، قابل توجیه است (Akdenizand, 2006).

روغن تعادلی از عوامل مهم در مدل‌سازی فرایند سرخ کردن محسوب می‌شود و عبارت از بیشینه روغنی است که نمونه طی سرخ کردن جذب می‌کند. Moyano و Pedreschi (۲۰۰۶) و Duran و همکاران (۲۰۰۷) نیز به نتیجه مشابهی در این خصوص دست یافته‌اند. افزایش میزان صمغ سبب کاهش میزان روغن تعادلی نمونه‌ها شد (جدول ۳). میزان روغن تعادلی طبق اطلاعات جدول (۳) تحت تأثیر روش پوشش‌دهی نیز قرار گرفت و در روش غوطه‌وری شاهد کاهش میزان روغن تعادلی نسبت به روش پاششی بودیم هرچند این اختلاف معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). (ضریب تبیین برای تمام نمونه‌ها بالاتر از ۰/۹۳ حاصل شد).

#### بافت

جدول (۴) سفتی چپس‌های سیب‌زمینی تیمار شده با غلظت‌های مختلف ترکیبات صمغی را طی فرایند سرخ کردن در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه ۶ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کمترین میزان سفتی در نمونه‌های شاهد مشاهده شد و در نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با صمغ در غلظت ۰/۵ درصد شاهد افزایش سفتی در بافت چپس‌ها بودیم ( $P < 0.05$ ) اما بین نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با روش پاششی در غلظت ۰/۲۵ درصد با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ( $P > 0.05$ ). اگرچه در روش غوطه‌وری در مقایسه با روش پاششی سفتی بافت بالاتری مشاهده گردید ولی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۴- بررسی سفتی بافت بر حسب نیوتن در سطوح ۰/۲۵ و ۰/۵ درصدی تیمارها با دو روش غوطه‌وری و پاششی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد (± انحراف معیار)

شاهد	صمغ فارسی		صمغ مرو	
	پاششی	غوطه‌وری	پاششی	غوطه‌وری
سفتی بافت	۱/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۰۷±۰/۳۸ <sup>a</sup>	۱/۱۹±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۱۸±۰/۴۸ <sup>a</sup>
	۱/۱۹±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۰۷±۰/۳۸ <sup>a</sup>	۱/۱۹±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۱۸±۰/۴۸ <sup>a</sup>
	۱/۱۹±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۰۷±۰/۳۸ <sup>a</sup>	۱/۱۹±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۲/۱۸±۰/۴۸ <sup>a</sup>

جدول ۵- ارزیابی حسی چیپس سیب‌زمینی تیمار شده با صمغ فارسی و صمغ مرو با غلظت‌های ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد با دو روش غوطه‌وری و پاششی

شاهد	صمغ فارسی			
	غوطه‌وری	پاششی	صمغ فارسی	پاششی
رنگ	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>
بافت	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>
شکل ظاهری	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>
بو	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>
طعم	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>
پذیرش کلی	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>	۴/۱۱۲±۰/۱۵ <sup>b</sup>

ارقام دارای حروف مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن،  $P < 0.05$ )

### ارزیابی حسی

طبق اطلاعات جدول (۵) بیشترین امتیاز رنگ به نمونه شاهد مربوط بود و در مقایسه با نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با صمغ امتیاز بالاتری را کسب کرد و مطلوبیت بیشتری داشت. افزایش  $\Delta E$  که با تیره‌شدن رنگ سطح چیپس‌های سیب‌زمینی همراه است را می‌توان به واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی از جمله میلارد نسبت داد. دمای بالا و میزان رطوبت کمتر سطح چیپس‌های سیب‌زمینی حین تشکیل پوسته، نقش اساسی در این واکنش دارد (امیریوسفی، ۱۳۸۹). همچنین در ارزیابی رنگ بین دو روش غوطه‌وری و پاششی تفاوت معنی‌داری ملاحظه نگردید ( $P > 0.05$ ) ولی در غلظت‌های صمغ ۰/۵ درصد در مقایسه با غلظت ۰/۲۵ درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت ( $P < 0.05$ ) و در غلظت بیشتر مطلوبیت رنگ بیشتر بود. بیشترین مطلوبیت بافت به نمونه پوشش‌داده‌شده با صمغ مرو ۰/۵ درصد با روش غوطه‌وری اختصاص یافت. براساس جدول (۵) در ارزیابی بافت اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد با نمونه‌های پوشش‌داده‌شده با صمغ فارسی مشاهده نگردید. در خصوص بو، شکل ظاهری، طعم و پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف ملاحظه نگردید ( $P > 0.05$ ).

## نتیجه‌گیری

بررسی تأثیر پوشش‌دهی چیپس سیب‌زمینی توسط صمغ‌های بومی دانه مرو و صمغ فارسی در غلظت‌های (۰/۲۵ و ۰/۵ درصد، وزنی/وزنی) به دو روش غوطه‌وری و پاششی نشان داد، کارایی صمغ مرو ۰/۵ درصد به روش غوطه‌وری در نگهداری محتوی رطوبتی از سایر تیمارها بیشتر بوده که احتمالاً نفوذپذیری کمتر فیلم تشکیل‌شده می‌باشد و در نتیجه باعث کاهش بیشتر جذب روغن تا حد (۳۱/۲۴ درصد) گردید. در ابتدای مراحل حرارت‌دهی حدود ۳۵ درصد از کل روغن طی سرخ‌کردن در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد به بافت داخلی سیب‌زمینی نفوذ کرده و بخش عمده آن در سطح محصول باقی می‌ماند اما با

خارج‌کردن چیپس‌ها از سرخ‌کن (در مرحله سردکردن)، سهم فراکسیون‌های یادشده معکوس شد، و حدود ۶۵ تا ۸۴ درصد از کل روغن به درون بافت نفوذ کرد. نتایج آزمون بافت‌سنجی، روش غوطه‌وری منجر به افزایش سفتی بافت شد ( $P < 0/05$ ) ولی در آزمون حسی بیشترین مطلوبیت بافت را به خود اختصاص داد. در خصوص بو، شکل ظاهری، طعم و پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف ملاحظه نگردید ( $P > 0/05$ ). در نتیجه پوشش‌دهی با صمغ دانه مرو در غلظت ۰/۵ درصد به روش غوطه‌وری با بیشترین کاهش جذب روغن و خواص ارگانولپتیکی مشابه با نمونه شاهد جهت استفاده در صنعت تولید چیپس سیب‌زمینی پیشنهاد می‌گردد.

## منابع

- ۱- امیریوسفی، م.ر. ۱۳۸۹. بررسی کنتیک انتقال جرم، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بعد بر خالی فیله گوشت شتر مرغ سرخ‌شده به روش عمیق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- بستان، الف. ۱۳۸۷. بهینه‌یابی شرایط استخراج عصاره خام هیدروکلوئیدی دانه مرو و بررسی خواص رئولوژیکی مستقل از زمان آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۳- خالصی، ه.، کدخدایی، ر. و عمادزاده، ب. ۱۳۹۵. بررسی اثر صمغ فارسی و فرایند حرارتی بر ویژگی‌های امولسیون پایدارشده با کنسانتره پروتئین آب‌پنیر. فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، ۴(۱۳): ۱۱۹-۱۰۳.
- ۴- زمانی، ع. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر صمغ‌های دانه ریحان، متیل سلولز و گزانتان بر میزان جذب روغن خلال‌های سیب‌زمینی طی سرخ‌کردن عمیق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۵- شرایعی، پ. ۱۳۸۹. اثر روغن مغز پسته وحشی، مواد صابونی‌ناشونده آن بر پایداری مخلوط کانولا/پالم اولئین/زیتون و نوع روغن و فرایندهای مقدماتی بر میزان جذب روغن سیب‌زمینی طی فرایند سرخ‌کردن عمیق. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۶- گرمه‌خانی، الف.، میرزایی، ح.، مقصدلو، ی. و کاشانی‌نژاد، م. ۱۳۸۸. تأثیر مواد هیدروکلوئیدی بر جذب روغن و خواص کیفی خلال نیمه‌سرخ‌شده سیب‌زمینی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۶(۳): ۱۲۳-۱۳۵.
- ۷- گرمه‌خانی، الف.، میرزایی، ح.، کاشانی‌نژاد، م. و مقصدلو، ی. ۱۳۸۷. استفاده از مواد هیدروکلوئیدی به‌عنوان پوشش‌های خوراکی به‌منظور تولید چیپس کم‌چرب. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۶): ۱۷۰-۱۷۵.
- 8- AACC. 1986. Moisture content. In approved methods of the American Association of Chemists. St aul, MN: AACC.
- 9- Adedeji, A.A., Ndsgi, M.O., & Raghavan, G.S.V. 2009. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep fat fried chicken nuggets. Journal of Food Engineering, 91(1): 146-153.
- 10- Akdeniz, N., Sahin, S., & Sumnu, G. 2006. Functionality of batters containing different gums for deep fat frying of carrot slices. Journal of Food Engineering, 75(4): 522-526.
- 11- Akdeniz, N. 2004. Effects of different batter formulations on quality of deep-fat fried carrot slices. A Thesis Submitted to the Graduate school of Nartural and Applied Sciences of Middle east Technical University.

- 12- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington. DC.
- 13- Blumenthal, M.M. 1991. A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying. *Food Technology*, 45: 65-94.
- 14- Bostan, A., Razavi, S.M., & Farhoosh, R. 2010. Optimization of hydrocolloid extraction from wild sage seed (*Salvia macrosiphon*) using response surface. *International Journal of Food Properties* 13(6):1380-1392.
- 15- Bouchon, P., Aguilera, J.M., & Pyle, D.L. 2003. Structure oilabsorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 68(9): 2711-2716.
- 16- Debnath, S., Bhat, K.K., & Rastogi, S. 2003. Effect of pre-drying on kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of chickpea flour-based snack food. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 36(1): 91-98.
- 17- Dobarganes, C., Marquez-Ruiz, G., & Velasco, J. 2000. Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9):521-528.
- 18- Duran, M., Pedreschi, F., Moyano, P., & Troncoso, E. 2007. Oil partition pretreated potato slices during frying and cooling. *Journal of Food Engineering*, 81(1):257-265.
- 19- Garcia, M.A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M., & Zaritzky, N. 2002. Methylcellulose coatings applied to reduce oil uptake in fried products. *Food Science and Technology International*, 10(5): 339-346.
- 20- Khalil, A.H. 1999. Quality of french fried potatoes as inuenced by coating with hydrocolloids. *Food Chemistry*, 66(92): 201-208.
- 21- Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., & Marinos-Kouris, D. 2001b. Effect of Osmotic Dehydration Pretreatment on Quality of French Fries. *Journal of Food Engineering*, 49(4):339-345.
- 22- Mallikarjunan, P., Chinnan, M.S., Balasubramaniam, V.M., & Phillips, R.D. 1997. Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 30(7):709-714.
- 23- Mellema, M. 2003. Mechanisms and reduction of fat uptake in deep fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 14(9):364-373.
- 24- Moreira, R.G., Da Silva, P.F., & Gomes, C. 2009. The effect of a de-oiling mechanism on the production of high quality vacuum fried potato chips. *Journal of Food Engineering*, 92(3):297-304.
- 25- Moyano, P.C., & Pedreschi, F. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments. *LWT-Food Science and Technology*, 39(3):285-291.
- 26- Pineda, M.D.L.T. 2007. Fortification of baked and fried tortilla chips with mechanically expelled soy flour (Doctoral dissertation, Texas A&M University).
- 27- Rimac-Brcic, S., Lelas, V., Rade, D., & Simundic, B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 64(2): 237-241.
- 28- Sahin, S., & Sumnu, G.S. 2009. *Avances in Deep Fat Frying of Foods*, CRC Press, USA.
- 29- Susanne, A., & Gauri, S.M. 2002. Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product. *Journal of Food Research International*, 35(5): 445-458.
- 30- Williams, P.A., & Philips, G.O. 2000. Introduction to food hydrocolloids. In: *Handbook of Hydrocolloids*, Edited by Phillips, G.O. & Williams, P.A., pp. 22-40, Woodhead Publishing Limited: Cambridge, UK.
- 31- Williams, R., & Mittal, G.S. 1999. Low fat fried foods with edible coatings: modeling and simulation. *Journal of Food Science*, 64(2): 317-322.
- 32- Yagua, C.V., & Moreira, R.G. 2011. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. *Journal of Food Engineering*, 104(2): 272-283.

## The Investigation of Sage Seed and Persian Gum Coating Effect on Oil Mass Transfer and Quality Attributes of Potato Chips

Sima Naji Tabasi<sup>1</sup>, Elham Mahdian<sup>2\*</sup>

1- Ph.D student, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

\* Corresponding author (emahdian2000@yahoo.com)

### Abstract

Growing consumption of fried foods can cause various diseases; therefore it is important to create an appropriate method to reduce oil absorption uptake in these products. In this study, the effects of sage seed gum and Persian gum coating (0.25 and 0.5% w/w) by immersion and spraying methods on fried potato chips properties (coating rate, oil absorption, oil fractions, color, texture and sensory properties) in deep frying were studied. Both methods reduced oil uptake significantly. However, oil effective penetration was different depending on the coating. The highest coating rate (3.6%) and the least oil absorption (31.24 percent) with  $0.27 \pm 0.001$  l/s absorption rate was contributed to sage seed sample at 0.5% (w/w) concentration by immersion method, whose difference was significant in the control sample (37.21%) ( $P < 0.05$ ). According to texture analysis results, chips stiffness increased significantly by immersion method. Although, the most desirable texture was contributed to coated samples by immersion method according to sensory evaluation results. There was no significant difference between coated samples and control in smell, appearance, taste and overall acceptance ( $P > 0.05$ ). As a result, sage seed gum at 0.5% concentration and immersion coating method with the lowest oil absorption and similar organoleptic properties to the witness is recommended to be used in potato chips production.

**Keywords:** Coating, Deep frying, Oil absorption, Natural gums, Texture