

## Effect of Okra Mucilage and CMC on the Oil Uptake and Physicochemical Properties of French Fries during Deep-Fat Frying

ROGIEH ASHRAFI YORGANLOO<sup>1\*</sup>, NESA GHEYBI<sup>2</sup>

1. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, West Azarbaijan Branch, Technical and Vocational University, Urmia, Iran

2. Instructor Professor, Department of Food Science and Technology, West Azarbaijan Branch, Technical and Vocational University, Urmia, Iran

(Received: Sep. 3, 2018- Revised: Sep. 29, 2018- Accepted: Oct. 8, 2018)

### ABSTRACT

In this study, the effect of carboxymethyl cellulose (CMC), okra mucilage and the mixture of these two hydrocolloids as coatings (in 0.5, 1 and 1.5% levels) was investigated on the moisture content, oil uptake, coating ratio, frying efficiency, hardness, color indexes and sensory properties of French fries. The results showed that the French fries coated with a 1.5% coating mixture absorbed the least amount of oil. The color indexes of the French fries slices containing CMC coatings were better than the slices containing okra mucilage and slices without any coating. Also, the coated samples had a higher moisture content due to the inhibitory effect of the hydrocolloids compared to the control sample. In terms of overall acceptance, the sample containing 1% mixture of coatings obtained a high score. The present study showed that using the mixture of CMC gum and Okra mucilage at 1% level reduced the amount of French fries oil uptake and produced an acceptable product in quality and nutritional value.

**Keywords:** Hydrocolloids Coating, Deep Frying, French fries slice, Oil uptake reduction

## تأثیر پوشش موسیلاژ بامیه و صمغ کربوکسی متیل سلولز بر میزان جذب روغن و خواص فیزیکوشیمیایی سیبزمینی سرخ شده

رقیه اشرفی یورقانلو<sup>۱\*</sup>، نسا غیبی<sup>۲</sup>

۱. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، آموزشکده فنی دختران ارومیه، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران

۲. مربی، گروه علوم و صنایع غذایی، آموزشکده فنی دختران ارومیه، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان آذربایجان غربی، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۶/۱۲ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۷/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۱۶)

### چکیده

در این مطالعه اثر صمغ کربوکسی متیل سلولز (CMC) و موسیلاژ بامیه و مخلوط این دو هیدروکلوئید به عنوان پوشش‌دهنده، در غلظت (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) بر میزان رطوبت، جذب روغن، درصد پوشش‌دهی، راندمان سرخ کردن، سفتی بافت، شاخص‌های رنگی و ویژگی‌های حسی خلال‌های سیب‌زمینی سرخ شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سیب‌زمینی‌های پوشش داده شده با پوشش مخلوط ۱/۵ درصد کمترین مقدار روغن را جذب کردند. ویژگی‌های رنگی سیب‌زمینی سرخ‌شده حاوی پوشش صمغ CMC در مقایسه با خلال‌های بدون پوشش و حاوی موسیلاژ بامیه بهتر بود. نمونه‌های پوشش‌دهی شده به علت خاصیت سدکنندگی هیدروکلوئیدها در مقایسه با نمونه شاهد میزان رطوبت بالاتری داشتند. در پذیرش کلی نمونه حاوی مخلوط ۱ درصد پوشش‌های مورد استفاده امتیاز بالایی کسب کرد. مطالعه حاضر نشان داد که استفاده از مخلوط صمغ CMC و موسیلاژ بامیه در سطح ۱ درصد هم باعث کاهش مقدار روغن سیب‌زمینی سرخ شده گشت و هم از لحاظ کیفیت محصول قابل قبولی تولید کرد.

**واژه‌های کلیدی:** پوشش هیدروکلوئیدی، سرخ کردن عمیق، خلال سیب‌زمینی، کاهش جذب روغن

### مقدمه

کردن عمیق یک روش قدیمی است که ماده غذایی با غوطه‌ور شدن در روغن داغ پخته می‌شود (Juaniz et al., 2016). این فرآیند یک فرآیند انتقال جرم و حرارت بطور همزمان می‌باشد (Mousa, 2018). انتقال حرارت به دنا توره شدن پروتئین‌ها، ژلاتینه شدن نشاسته، تبخیر آب، تشکیل پوسته ترد و شکننده با ضخامتی حدود ۱ تا ۲ میلی‌متر و طی فرآیند ایجاد رنگی مطلوب منجر می‌شود (Sanz et al., 2007). انتقال جرم در حین سرخ کردن همراه با افت رطوبت و جذب روغن می‌باشد (Sahin & Sumnu, 2009). طی سرخ کردن عمیق، استفاده از دمای بالا منجر به تبخیر آب و خارج شدن آن از سطح ماده غذایی می‌شود، در نتیجه روغن احاطه کننده ماده غذایی به داخل بافت آن نفوذ کرده و جایگزین آب تبخیر شده می‌گردد، آب‌زدایی در سطح محصول باعث تشکیل سریع پوسته شده در حالیکه ناحیه هسته مرطوب باقی می‌ماند (VanKoerten et al., 2015). برای کاهش مقدار جذب روغن و بهبود بخشیدن به خصوصیات کیفی و فیزیکی سیب‌زمینی‌های سرخ شده از تغییر روش‌های سرخ کردن، اصلاح محیط سرخ کردن و خصوصیات ماده غذایی، اعمال دما و زمان بهینه سرخ کردن، استفاده از روش‌های خارج کردن

سیب زمینی سرخ شده یکی از فرآورده‌هایی است که مصرف آن روند رو به افزایش پیدا کرده است. این محصول به دلیل جذب زیاد روغن در حین فرآیند، کالری زیادی وارد بدن می‌سازد، همچنین چربی بیشتر در ماده غذایی سرخ شده، قیمت محصول را نیز افزایش می‌دهد. اهمیت فراوان میزان جذب روغن از دیدگاه تغذیه‌ای، بیماری‌های قلبی-عروقی و جنبه‌های اقتصادی و نیز تمایل رو به افزایش مصرف کنندگان به میان وعده‌های غذایی کم کالری باعث اجرای فرآیندهایی به منظور کاهش میزان جذب روغن ضمن حفظ کیفیت محصول شده است، تلاش در زمینه کاهش میزان روغن جذب شده به سلامت افراد جامعه کمک میکند (Bouchon et al., 2003)، از اینرو محققان صنعت غذا همواره در جستجوی روش‌هایی بوده‌اند تا بتوانند ضمن حفظ ویژگی‌های حسی و کیفی، از میزان روغن جذب شده در طی فرآیند سرخ کردن محصولات سیب زمینی بکاهند. سرخ

\* نویسنده مسئول: r.ashrafi1@yahoo.com

روغن پس از سرخ کردن مانند تکاندن و آبکش کردن صحیح ماده غذایی همچنین پیش تیمارهایی مانند آنزیم‌بری، خشک کردن، آبگیری اسمزی، میکروویو، اولتراسوند و پوشش‌های خوراکی استفاده می‌شود (Ghaleshahi et al., 2015).

یکی از روش‌های مناسب برای کاهش جذب روغن پوشاندن محصول با مواد خوراکی می‌باشد، برای تولید پوشش-های خوراکی از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، چربی‌ها و ترکیبی از این مواد استفاده می‌شود (Yadegari et al., 2017). پوشش‌های خوراکی به لایه نازکی از ماده خوراکی گفته می‌شود که روی سطح ماده غذایی به عنوان پوشش و یا در لابه‌لای اجزای تشکیل دهنده ماده غذایی قرار داده می‌شود. اثر بخشی یک پوشش با خواص ممانعت کنندگی و مکانیکی آن تعیین می‌گردد که به ترکیب، ساختار میکروسکوپی و خصوصیات ماده غذایی بستگی دارد (Esmaeilzadeh et al., 2017). پوشش‌دهی محصولات قبل از فرآیند سرخ کردن با پوشش‌های خوراکی، علاوه بر کاهش جذب روغن، به بهبود کیفیت تغذیه‌ای و حسی محصول نیز کمک می‌کند (Mellema, 2003; Garmakhany et al., 2011). همچنین باعث می‌شود که محصولات سرخ شده تردی خود را با ممانعت از انتقال رطوبت از داخل ماده غذایی به پوسته و یا جذب رطوبت از محیط به داخل پوسته حفظ کنند (Alipour et al., 2010). مهمترین ویژگی یک پوشش، قابلیت تشکیل فیلم، پایداری حرارتی بالا، خاصیت انتقال رطوبت و روغن، کیفیت تغذیه‌ای و حسی آن است (Mellema, 2003). برخی پوشش‌های خوراکی بویژه آن‌هایی که بر پایه پلیمرهای آبدوست می‌باشند، مانع خوبی برای چربی‌ها و روغن‌ها هستند (Yadegari et al., 2017). در این میان هیدروکلوئیدها گروه اصلی از عوامل کاربردی هستند که در سال‌های گذشته مورد استفاده قرار گرفته‌اند. هیدروکلوئیدها بیوپلیمرهایی با وزن مولکولی بالا و آبدوست هستند که موجب ایجاد ویژگی‌هایی از قبیل ایجاد قوام در محلول‌های آبی، پایداری کف‌ها، و امولسیون‌ها، بهبود احساس دهانی و ایجاد کردن حالتی مشابه یک ساختار چرب و روغنی برای محصولاتی که چربی آنها کاهش یافته است، می‌شود (Shih et al., 2001).

کربوکسی متیل سلولز (CMC<sup>1</sup>) یک ترکیب شیمیایی است که از متیلاسیون سلولز بدست می‌آید و به صورت طبیعی وجود ندارد، دارای ژل حرارتی است و به خوبی فیلم تشکیل می‌دهد و در صنایع دارویی و غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از دو یا چند هیدروکلوئید در فرمولاسیون یک غذای واحد، به دلیل امکان القای تأثیرات سینرژیستی مثبت و بهبود کیفیت محصول و در مواردی کاهش قیمت تمام شده تولید، عمل مرسوم است که بسیاری از محققان انجام می‌دهند.

Torabi et al (2017)، اثر پوشش پلی ساکارید سویا و صمغ عربی را روی چپیس سیب‌زمینی سرخ شده بررسی کرده و دریافتند که استفاده از این پوشش‌ها باعث کاهش تشکیل آکریل‌امید و جذب روغن شد. (Garmakhany et al 2011)، از مواد هیدروکلوئیدی به عنوان پوشش‌های خوراکی برای تولید چپیس کم چرب استفاده کردند. آنها اثر غلظت‌های مختلف گوار، گزانتان، کتیرا و کربوکسی‌متیل سلولز را بر میزان جذب روغن و خواص حسی چپیس بررسی کردند. نتایج نشان داد نمونه‌های حاوی صمغ کربوکسی‌متیل سلولز دارای کمترین میزان جذب روغن بودند. (Alizadeh et al 2013)، از دو پوشش کربوکسی‌متیل سلولز و پکتین در سیب‌زمینی سرخ شده استفاده کردند که نتایج مطالعه آنها نشان از کاهش میزان جذب روغن بود. استفاده از هیدروکلوئیدها با توجه به خواص عملکردی ویژه در صنایع غذایی در سال‌های اخیر به شدت گسترش یافته است و بدیهی است که نیاز به جستجوی منابع جدیدتر و مقرون به صرفه بیش از پیش احساس می‌شود. در کشور ایران نیز منابع بالقوه‌ای برای هیدروکلوئیدها نظیر موسیلاژ بامیه وجود دارد. لذا این مطالعه با هدف استفاده از موسیلاژ بامیه و صمغ کربوکسی‌متیل سلولز به صورت مستقل و مخلوط در کاهش درصد جذب

میوه بامیه با نام علمی *Ablemoschus esculentus* متعلق به خانواده پنیرکیان و گیاه یک ساله می‌باشد. این گیاه در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری رشد کرده و از جمله گیاهان مقاوم به گرما و خشکسالی است (Gemede et al., 2015). این گیاه سرشار از مواد مغذی با ارزش مانند انواع گروه‌های ویتامین‌ها، عناصری مانند کلسیم، فسفر، پتاسیم و منگنز و غنی از کربوهیدرات‌ها، تانن و فیتواسترول است

1. Carboxy Methyl Cellulose

روغن سیب‌زمینی سرخ شده و بررسی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصول انجام گرفت.

### مواد و روش‌ها

سیب‌زمینی (واریته آگاربا ایران)، روغن سرخ کردنی (بهار، تهران) و میوه بامیه از بازار محلی تهیه شدند. CMC (شرکت بایر شیمی تهران)، اتانول با خلوص ۹۶ درصد (شرکت جهان خرما، ایران) و محلول n-هگزان با خلوص ۹۵ درصد (شرکت مرک آلمان) خریداری شدند.

### استخراج موسیلاژ از غلاف بامیه

پس از شستشو و آبکشی بامیه‌ها با آب دانه‌های بامیه از آن جدا شدند و برش داده شده و به مدت دو هفته در دمای محیط خشک شدند، بعد از خشک شدن با آسیاب برقی پودر شدند. پودر بامیه به نسبت ۱ به ۱۵ با آب به مدت ۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس در pH ۶ مخلوط گشت، پس از گذشت این زمان به منظور حذف ناخالصی‌های موجود در محلول از پارچه کتان دو لایه جهت فیلتراسیون نمونه‌ها استفاده شد و برای تغلیظ محلول بدست آمده دستگاه روتاری اوپراتور مورد استفاده قرار گرفت، برای فیلتراسیون نهایی از سانتریفوژ در ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه استفاده گشت. در مرحله بعد از صاف شدن، اتانول ۹۶ درصد به نسبت ۱:۱ (حجمی/حجمی) به نمونه‌ها اضافه شد و در نهایت در داخل آون مجهز به جریان هوا در دمای ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک شد و توسط آسیاب برقی پودر شد (Samavati, 2013).

### پوشش‌دهی سیب‌زمینی

پس از استخراج موسیلاژ از غلاف بامیه پوشش‌دهی سیب‌زمینی‌ها با موسیلاژ بامیه و صمغ CMC انجام شد، برای این کار، خلال‌هایی با ابعاد ۴ سانتی‌متر طول و ۷ میلی‌متر ضخامت (با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شد) توسط دستگاه برش نایسر دایسر (ساخت کشور چین) تهیه گردید. جهت آزریم بری و سفت شدن بافت در محلول ۰/۵ درصد کلسیم کلرید با دمای ۷۰-۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۶-۷ دقیقه غوطه‌ور شدند و پس از خنک شدن در دمای محیط به منظور پوشش دهی در محلول‌های CMC و بامیه به صورت جدول ۱ به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شدند و در دمای ۱۵۰ درجه سلسیوس و به مدت ۶-۸ دقیقه در دستگاه سرخ کن (Gosonic، چین) سرخ شدند. نمونه خلال بدون پوشش به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد (Karimi & Esmailzadeh, 2015).

جدول ۱- غلظت به کار رفته از صمغ‌ها در پوشش سیب‌زمینی

نسبت بامیه به CMC	غلظت به کار رفته (درصد)
۰:۱	۰/۵
۰:۱	۱
۰:۱	۱/۵
۱:۰	۰/۵
۱:۰	۱
۱:۰	۱/۵
۱:۱	۰/۵
۱:۱	۱
۱:۱	۱/۵

### میزان رطوبت

رطوبت خلال‌های سرخ‌شده سیب‌زمینی با توزین وزن معینی از خلال‌های سرخ‌شده و قرار دادن در آون با دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت توسط طبق AOAC, 2005 تعیین شد.

### مقدار روغن

میزان روغن جذب‌شده توسط روش سوکسله و با استفاده از حلال هگزان به مدت ۶ ساعت طبق روش AOAC, 2005 تعیین شد.

### راندمان سرخ کردن

راندمان سرخ کردن با در نظر گرفتن وزن خلال‌های سرخ‌شده و خلال‌های خام بعد از فرآیند پوشش‌دهی با کمک رابطه ۱ محاسبه شد:

$$\text{رابطه (۱)} \quad (CW/C) \times 100 = \text{راندمان سرخ کردن}$$

که در این رابطه CW وزن خلال‌های سیب‌زمینی پوشش‌دار سرخ‌شده (g) و C وزن خلال‌های سیب‌زمینی پوشش‌دار سرخ نشده (g) است (Garmakhany et al., 2011).

### درصد پوشش‌دهی

درصد پوشش‌دهی از اختلاف وزن بین نمونه‌های پوشش‌دهی شده و بدون پوشش محاسبه شد. درصد پوشش‌دهی به صورت رابطه ۲ بیان می‌شود:

$$\text{رابطه (۲)} \quad (C-I) / I \times 100 = \text{درصد پوشش دهی}$$

که در این رابطه C وزن خلال‌های خام پوشش دهی شده (بر حسب گرم) و I وزن اولیه خلال‌های بدون پوشش (بر حسب گرم) است (Karimi & Esmailzadeh, 2015).

### سفتی بافت

سفتی بافت خلال‌های سیب‌زمینی با آزمون برش توسط دستگاه

نگهداری رطوبت در محصول پوشش دهی شده باشد (Karimi & Esmaeilzadeh, 2015). بیشترین مقدار رطوبت مربوط به نمونه مخلوط ۱/۵ درصد CMC و بامیه بود و کمترین مقدار رطوبت در نمونه شاهد (بدون پوشش) و نمونه ۰/۵ درصد بامیه مشاهده شد. کارایی صمغ CMC در محفوظ نگه داشتن رطوبت بیشتر از موسیلاژ بامیه بود که دلیل آن احتمالاً نفوذپذیری کمتر پوشش آن نسبت به خروج رطوبت بود. نتیجه حاصل از این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط (Garmakhany et al, 2011) که از پوشش‌های هیدروکلوئیدی مختلف (CMC، کتیرا، زانتان و گوار) در سیب زمینی سرخ کرده استفاده کرده بود، مطالعه (Karimi & Esmaeilzadeh, 2015) که صمغ دانه ریحان و ثعلب را به عنوان پوشش مورد استفاده قرار داده بودند و همچنین (Asmar et al, 2018) که از پکتین و کیتوزان به عنوان پوشش استفاده کرده بودند، مطابقت دارد.

#### میزان روغن جذب شده

درصد جذب روغن نمونه‌های پوشش داده شده به صورت معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود ( $p < 0.05$ ) و افزایش غلظت صمغ باعث کاهش معنی‌داری در میزان روغن جذب شده گشت. زیرا این ترکیبات خاصیت تشکیل ژل در مدای بالای ۶۰ درجه سلسیوس داشته و توانستند با ایجاد پوسته محافظتی روی سیب زمینی باعث ممانعت از ورود روغن در حین سرخ کردن شوند، همچنین این لایه محافظتی از اتلاف آب و تغییر در خصوصیات سطحی سیب‌زمینی سرخ شده جلوگیری کرد به همین دلیل رطوبت موجود در سیب‌زمینی در داخل آن باقی ماند و روغن جایگزین آن نشد (Mousa, 2018). همچنین تشکیل ژل حرارتی و اتصالات عرضی صمغ‌ها باعث تشکیل تعداد اندک منافذ عریض با فشار موئینگی پایین منجر گشت که در نتیجه آن میزان کمی روغن به داخل منافذ وارد شد (Mellema, 2003). صمغ CMC در تمام غلظت‌ها نسبت به موسیلاژ بامیه در خصوص کاهش بیشتر جذب روغن موثرتر عمل کرد. کمترین مقدار جذب روغن (۱۴ درصد) مربوط به نمونه مخلوط ۱/۵ درصد صمغ بامیه و CMC بود که باعث کاهش جذب روغن به مقدار ۶۳ درصد نسبت به نمونه شاهد شد، یعنی افزودن همزمان صمغ‌ها اثر هم‌افزایی در کاهش جذب روغن نشان داد. نتایج بدست آمده در این پژوهش با بررسی (Garmakhany et al, 2011)، مطابقت داشت که بیشترین مقدار کاهش جذب روغن مربوط به نمونه پوشش داده شده با پکتین و CMC بود. (Sanz, 2004) اثر پوشش CMC را بر میزان روغن نمونه‌های خمیری مورد بررسی قرار دادند. آنها مشاهده کردند که نمونه-

بافت سنج Zwick/Roell (Germany, FR010) اندازه‌گیری شد. از پروب A/WEG مخصوص خلال سیب‌زمینی سرخ شده به قطر ۳ میلی‌متر با سرعت حرکت پروب ۱ میلی‌متر بر ثانیه استفاده شد و حداکثر مقاومت به نفوذ در بافت (F max) برحسب نیوتن اندازه‌گیری شد (Heredia et al., 2014).

#### اندازه‌گیری رنگ

رنگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (کونیکا مینولتا، مدل CR-400، ژاپن) اندازه‌گیری شد. جهت بیان میزان رنگ از پارامترهای هانتر برحسب سفیدی-سیاهی ( $L^*$ )، قرمزی-سبزی ( $a^*$ ) و زردی-آبی ( $b^*$ ) استفاده شد. قبل از استفاده از رنگ‌سنج با استفاده از صفحه سرامیکی سفید دستگاه هریک از سه پارامتر رنگی مورد بررسی کالیبره شدند.

#### میزان پذیرش کلی

پذیرش کلی در ویژگی‌های حسی خلال سیب‌زمینی پوشش داده شده در چهارچوب آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای توسط ۵ ارزیاب در محدوده سنی ۲۰-۲۸ سال ارزیابی شد. پس از بررسی نمونه‌ها توسط ارزیاب، اعداد ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ را که به ترتیب بیان‌گر سطوح بسیار ناخوشایند، نسبتاً ناخوشایند، متوسط، نسبتاً خوشایند و بسیار خوشایند بودند به نمونه‌ها اختصاص داده شد.

#### آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی توسط نرم افزار SPSS.19 انجام شد و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد استفاده گردید.

#### نتایج و بحث

##### مقدار رطوبت

رطوبت ماده غذایی طی سرخ کردن از درون به سطح ماده غذایی منتقل شده و سپس دفع می‌گردد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در قابلیت نگهداری رطوبت توسط پوشش‌های مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0.05$ ) و میزان رطوبت با افزایش غلظت صمغ افزایش یافت، که علت آن افزایش ضخامت فیلم تشکیل شده توسط پوشش‌های هیدروکلوئیدی و ناشی از خاصیت سدکنندگی صمغ‌ها بود که با قرار گرفتن روی سطح سیب زمینی مانع از خروج رطوبت در حین سرخ کردن شد که دلیل آن ناشی از توان برقراری پیوند بین صمغ و آب بود. همچنین باعث تغییر در خصوصیات سطحی سیب‌زمینی سرخ شده با استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی هم می‌تواند باعث

مقدار پوشش دهی را به خود اختصاص دادند. نتایج بدست آمده از درصد پوشش دهی با نتایج پژوهش Karimi & Esmailzadeh, 2015 همخوانی دارد.

#### سفتی بافت

بافت به عنوان یکی از مهم ترین ویژگی های کیفی خلال سیب زمینی سرخ شده در نظر گرفته می شود. تفاوت واضحی میان بافت داخلی و خارجی خلال سیب زمینی وجود دارد: بافت خارجی ترد (پوسته) و بافت داخلی نرم (هسته). لایه خارجی نباید سفت و تیره باشد، در حالی که بخش داخلی باید نرم و فاقد بافت آبیکی یا چسبنده باشد و همچنین از لایه های دیگر نیز جدا نشده باشد (Sabbaghi *et al.*, 2015). همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود در تمام نمونه ها به غیر از نمونه حاوی مخلوط ۱/۵ درصد CMC و بامیه میزان سفتی بافت نمونه های پوشش - دهی شده کمتر از نمونه شاهد بود. که دلیل کاهش سفتی بافت را میتوان به خاصیت سدکنندگی خوب پوشش ها، حفظ رطوبت و آبدار بودن در نمونه های پوشش داده شده نسبت داد (Khezripour *et al.*, 2017). بالاتر بودن سفتی بافت مخلوط ۱/۵ درصد هیدروکلوئیدها میتواند به این دلیل باشد که افزودن مخلوط صمغ ها اثر هم افزایی روی هم داشت و باعث ایجاد لایه - ای مقاوم شد، همچنین باعث پوشاندن خلل و فرج در سطح سیب زمینی شد. افزایش میزان هیدروکلوئیدها در حالت مخلوط باعث ایجاد پیوند بین پلی ساکاریدها شده سفتی بافت بیشتر شد. نتایج حاصل با نتایج بدست آمده توسط (2015) *et al* Ghaleshahi، که از صمغ CMC، زانتان و ریحان در پوشش سیب زمینی استفاده کرده بودند مطابقت داشت در تحقیق آنها نمونه پوشش داده شده با صمغ CMC کمترین میزان سفتی را دارا بود.

های حاوی CMC دارای رطوبت بیشتر و مقدار روغن کمتری بودند که این با افزایش غلظت صمغ در نمونه ها افزایش یافت. نتایج مشابهی در تحقیقات انجام شده توسط (2015) *et al* Abbasi، که از ژل آلورا در سیب زمینی سرخ شده استفاده کرده اند و همچنین (2018) *et al* Asmar، که پکتین و کیتوزان را به عنوان پوشش در محصول سرخ کردنی مورد استفاده قرار داده اند، وجود دارد.

#### راندمان سرخ کردن

راندمان سرخ کردن بیانگر مقدار وزنی محصول نهایی می باشد. راندمان سرخ کردن در نمونه شاهد با مقدار ۳۶ درصد در مقایسه با نمونه های حاوی مقادیر مختلف پوشش هیدروکلوئیدی کمتر بود، که دلیل آن حفظ رطوبت بیشتر در نمونه های پوشش دهی شده بود که باعث افزایش راندمان سرخ کردن شد. از لحاظ راندمان سرخ کردن بین غلظت های مختلف صمغ CMC و بامیه اختلاف معنی داری وجود نداشت ( $p > 0.05$ ). (2015) *et al* Karimi & Esmailzadeh، و (2015) *et al* Esmailzadeh نیز در بررسی خود اعلام کردند که افزودن پوشش های هیدروکلوئیدی به دلیل جلوگیری از تبخیر آب باعث افزایش راندمان سرخ کردن شدند.

#### درصد پوشش دهی

با افزایش غلظت صمغ CMC و بامیه درصد پوشش دهی محصول به صورت معنی داری افزایش یافته است ( $p < 0.05$ ) (جدول ۲). که دلیل آن افزایش ویسکوزیته توسط پوشش های هیدروکلوئیدی بود. درصد پوشش دهی صمغ CMC بیشتر از موسیلاژ بامیه بود. که میتوان علت آن را افزایش بیشتر مقدار ویسکوزیته توسط CMC نسبت به بامیه دانست. مخلوط ۱/۵ درصدی صمغ CMC و بامیه اثر هم افزایی داشته و بیشترین

جدول ۲- مقایسه میانگین خواص کیفی سیب زمینی سرخ شده

تیمار	رطوبت (%)	میزان روغن جذب شده (%)	راندمان سرخ کردن (%)	درصد پوشش دهی (%)	سفتی (N)	پذیرش کلی
شاهد	42.84 ± 0.23	38.36 ± 2.10	36.38 ± 0.60	i	22.66 ± 1.52	3.8 ± 0.83
۰/۵ درصد بامیه	42.31 ± 0.60	36.21 ± 0.47	40.59 ± 0.37	h5.62 ± 0.23	20.56 ± 0.40	3.6 ± 0.54
۱ درصد بامیه	45.95 ± 0.63	32.95 ± 0.48	42.4 ± 0.60	h7.07 ± 0.16	10.33 ± 0.70	4.0 ± 1.00
۱/۵ درصد بامیه	46.28 ± 1.17	29.05 ± 0.46	45.4 ± 0.65	g8.35 ± 0.31	13.0 ± 0.62	3.8 ± 0.83
۰/۵ درصد CMC	47.6 ± 0.14	28.32 ± 0.20	44.53 ± 0.57	g8.70 ± 0.21	16.76 ± 0.25	3.8 ± 1.09
۱ درصد CMC	44.0 ± 0.71	25.52 ± 0.51	43.38 ± 0.60	de10.06 ± 0.45	15.33 ± 0.26	4.0 ± 1.00
۱/۵ درصد CMC	52.98 ± 0.62	19.26 ± 0.33	41.38 ± 0.44	c12.7 ± 0.28	15.33 ± 0.28	4.0 ± 1.00
۰/۵ درصد مخلوط*	44.29 ± 0.73	24.15 ± 0.87	42.34 ± 0.68	cd11.89 ± 0.26	17.36 ± 0.47	4.2 ± 1.09
۱ درصد مخلوط	50.07 ± 0.57	20.43 ± 1.28	52.49 ± 0.82	b15.83 ± 0.21	15.03 ± 0.89	4.8 ± 0.44
۱/۵ درصد مخلوط	62.85 ± 0.87	14.3 ± 0.21	50.74 ± 1.68	a19.33 ± 0.58	13.3 ± 1.73	3.2 ± 0.44

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ( $p < 0.05$ )

\* مخلوط (مخلوط موسیلاژ بامیه و صمغ CMC می باشد)

### ارزیابی رنگ

کمتری داشتند. نتایج بدست آمده از میزان قرمزی نمونه سیب- زمینی سرخ شده با نتایج (Khezripour et al (2017). مطابقت دارد.

#### مولفه \*b

این مولفه نشان دهنده میزان زردی نمونه‌های سیب زمینی است. مصرف کنندگان محصولات سرخ شده تمایل به استفاده از محصولات سرخ شده با رنگ طلایی و زرد دارند. بیشترین زردی در نمونه حاوی ۱ درصد CMC و مخلوط ۱/۵ درصد CMC و بامیه مشاهده شد، که با نتایج (Torabi et al (2017)، همخوانی داشت. نمونه‌های حاوی ۱ و ۱/۵ درصد بامیه کمترین میزان زردی را داشتند که دلیل آن رنگ سبز بامیه می‌باشد که از ایجاد رنگ زرد در حین سرخ کردن در سیب‌زمینی جلوگیری کرد.

#### پذیرش کلی

ارزیابی حسی نمونه‌های پوشش‌دهی شده با صمغ CMC و بامیه به صورت مستقل و در حالت مخلوط باهم به غیر از نمونه حاوی مخلوط ۱/۵ درصد CMC و بامیه در مقایسه با نمونه شاهد باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری نشدند. نتایج این تحقیق با تحقیقات انجام یافته در این زمینه توسط (Hepsag, 2011 & Kilinceker, Garcia et al (2002)؛ Garmakhany et al (2011) مطابقت داشت. بیشترین پذیرش کلی در نمونه حاوی مخلوط ۱ درصد صمغ CMC و بامیه بود. نمونه‌های حاوی مخلوط ۱/۵ درصد صمغ CMC و بامیه کمترین امتیاز را کسب کردند. پس میتوان گفت به طور کلی استفاده از پوشش‌های هیدروکلوئیدی تأثیر چندانی روی خواص حسی سیب‌زمینی نمی‌گذارد. از این رو میتوان برای پوشش‌دهی محصولات سرخ شده مانند سیب‌زمینی میتوان از این ترکیبات استفاده کرد.

رنگ از جمله اولین شاخص‌های کیفی فرآورده‌های سرخ شده است که از سوی مصرف کننده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و به پذیرش یا عدم پذیرش محصول می‌انجامد. توسعه رنگ تنها زمانی آغاز می‌گردد که خلال‌های سیب‌زمینی به اندازه کافی خشک شده باشند (Ghaleshahi et al., 2015).

#### مولفه \*L

این مولفه نشان‌دهنده میزان روشنایی محصول است. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود در مقادیر کمتر صمغ CMC و بامیه مقدار روشنایی سیب زمینی‌های سرخ شده با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت و مقدار روشنایی بالایی داشتند، ولی با افزایش غلظت بامیه و CMC به بیش از ۱ درصد میزان روشنایی محصول کاهش یافت که احتمالاً دلیل آن افزایش نرخ واکنش مایلارد بود زیرا ماهیت پوشش‌های مورد استفاده کربوهیدراتی بود که باعث افزایش واکنش مایلارد و در نتیجه کاهش مقدار روشنایی گشت (Eslampour & Hosseini, 2018). به طوریکه کمترین مقدار روشنایی در نمونه ۱/۵ درصد صمغ CMC ایجاد شد. (Eslampour & Hosseini (2018). در بررسی اثر صمغ بادام کوهی و ژلاتین بر خواص کیفی سیب- زمینی سرخ شده اعلام کردند که افزودن این ترکیبات به عنوان پوشش باعث کاهش میزان روشنایی نمونه‌ها گشت.

#### مولفه \*a

اعداد منفی در مولفه \*a نشان‌دهنده رنگ سبز و اعداد مثبت رنگ قرمز هستند. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در محصولات پوشانده شده با موسیلاژ بامیه در غلظت ۱ و ۱/۵ درصد سبز رنگ هستند که دلیل آن رنگ سبز خود موسیلاژ می‌باشد. نمونه شاهد و نمونه حاوی ۱/۵ درصد CMC دارای بیشترین رنگ قرمزی بودند و نمونه‌های دیگر مقدار قرمزی

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های رنگی سیب زمینی سرخ شده

تیمار	L*	a*	b*
شاهد	۵۸/۶۶±۳/۰۵ <sup>abc</sup>	۳/۶۶±۱/۰۸ <sup>a</sup>	۴۹/۳۳±۲/۵۱ <sup>abc</sup>
۰/۵ درصد بامیه	۵۸/۶۶±۳/۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۶۶±۰/۰۵ <sup>abc</sup>	۵۳/۶۶±۴/۱۶ <sup>ab</sup>
۱ درصد بامیه	۶۰/۳۳±۱/۵۲ <sup>a</sup>	۲/۶۶±۰/۵۷ <sup>e</sup>	۴۴/۰±۵/۶۰ <sup>cd</sup>
۱/۵ درصد بامیه	۵۶/۶۶±۳/۰۴ <sup>abc</sup>	۳/۶۶±۰/۸۸ <sup>d</sup>	۴۰/۰±۳/۶۰ <sup>d</sup>
۰/۵ درصد CMC	۶۰/۳۳±۲/۵۱ <sup>a</sup>	۱/۳۳±۰/۰۵۷ <sup>b</sup>	۵۲/۰±۲/۰۰ <sup>ab</sup>
۱ درصد CMC	۵۳/۶۶±۲/۰۸ <sup>cd</sup>	۲/۳۳±۰/۵۷ <sup>ab</sup>	۵۵/۰±۳/۸۰ <sup>a</sup>
۱/۵ درصد CMC	۵۱/۰±۲/۰۰ <sup>d</sup>	۳/۳۳±۰/۵۷ <sup>ab</sup>	۴۷/۶۶±۲/۵۰ <sup>bc</sup>
۰/۵ درصد مخلوط*	۵۸/۶۶±۱/۱۵ <sup>ab</sup>	۲±۰/۸۰ <sup>cd</sup>	۴۶/۰±۳/۳۵ <sup>bcd</sup>
۱ درصد مخلوط	۵۶±۱/۰۰ <sup>abc</sup>	۰/۳۳±۰/۰۵ <sup>bc</sup>	۵۳/۰±۱/۷۳ <sup>ab</sup>
۱/۵ درصد مخلوط	۵۵/۳۳±۰/۵۷ <sup>bc</sup>	۱±۰/۰۷ <sup>abc</sup>	۵۰/۰±۱/۰۰ <sup>abc</sup>

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵)

\* مخلوط (مخلوط موسیلاژ بامیه و صمغ CMC می‌باشد)

## نتیجه‌گیری کلی

پوشش‌های هیدروکلوئیدی باعث کاهش میزان روشنایی و افزایش زردی و قرمزی در خلال‌های سیب‌زمینی شد. بیشترین پذیرش کلی در نمونه حاوی مخلوط ۱ درصد صمغ CMC و بامیه بود. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق میتوان از موسیلاژ بامیه و صمغ CMC به عنوان پوشش هیدروکلوئیدی موثر بر کاهش جذب روغن به منظور تولید سیب‌زمینی سرخ شده کم کالری استفاده نمود.

نتایج حاصل از پوشش‌دهی خلال سیب‌زمینی نشان داد که پوشش‌دهی با موسیلاژ بامیه و CMC به علت خاصیت ممانعت‌کنندگی، به کاهش اتلاف رطوبت نمونه‌ها در هنگام سرخ کردن منجر شد از طرف دیگر مقدار روغن در همه نمونه‌های پوشش‌دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد کمتر بود. سفتی بافت نمونه‌های پوشش‌دهی شده نیز با افزایش میزان موسیلاژ بامیه و CMC به دلیل حفظ بیشتر رطوبت کاهش یافت.

## REFERENCES

- Abbasi, K.S., Masud, T., Ali, S., Mahmood, T., Hussain, A., Liaquat, M., & Jahangir, M. (2015). Quality of potato chips as influenced by Aloe Vera coating. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3:157-161.
- Alipour, M., Kashani Nejhadi, M., Maghsudloo, Y., & Jaafari, M. (2010). Effect of carrageenan, oil temperature and frying time on oil absorption in fried potato products. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 5: 21-27. (In Farsi)
- Alizadeh, S., Dehghanian, J., & Soti, M. (2013). Effect of blanching and edible hydrocolloid on reducing oil uptake during frying potatoes sliced. *Journal of Modern Science and Technology*, 1: 21-36. (In Farsi)
- Asmar, A., Naviglio, D., Valeria, C., Giosafatto, L., & Mariniello, L. (2018). Hydrocolloid-Based Coatings are Effective at Reducing Acrylamide and Oil Content of French Fries. *Coatings*, 8: 1-13.
- AOAC. (2005). Official methods of analysis. 18 ed, Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists.
- Bouchon, P., Aguilera, J.M., & Pyle, D.L. (2003). Structure oilabsorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 68: 2711-2716.
- Daraei Garmakhany, A., Aghajani, N., & Kashiri, M. (2011). Use of hydrocolloids as edible covers to reduce low fat French fries. *Latin American Applied Research*, 41: 211-216.
- Esmailzadeh Kenari, F., Esmailzadeh Kenari, R., & Khademi, D. (2017). The effects of locust bean and Avicennia marina seed gums on oil uptake and texture of fried potato strips and the effect of them on used oil quality. *Journal of Food Science and Technology*, 72: 273-281. (In Farsi)
- Eslampour, A., & Hosseini, E. (2018). The Effects of Coating With Bitter Almond Gum and Gelatin on the Oil Uptake Reduction, Physical and Sensorial Properties of Deep Fried Potato Slices. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 12: 95-102. (In Farsi)
- Garcia, M.A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M., & Zaritzky, N. (2002). Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 3: 391-397.
- Gemed, H., Ratta, N., Haki, G., Woldegiorgis, A., & Beyene, F. (2015). Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*): a review. *Journal of Food Processing and Technology*, 25: 16-25.
- Ghaleshahi, A., Farhoosh, F., & Razavi, S.M. (2015). Effect of Basil seed hydrocolloid on the oil uptake and physical properties of potato strips during deep-fat frying. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11: 309-318. (In Farsi)
- Heredia, A., Castelló, M. L., Argüelles, A., & Andrés, A. (2014). Evolution of mechanical and optical properties of French fries obtained by hot air-frying. *LWT - Food Science and Technology*, 57, 755-760.
- Juaniz, I., Zocco, C., Mouro, V., Cid, C., & Pena, P. (2016). The Effect of frying process on furan content in foods and assessment of furan exposure of Spanish population. *LWT-Food Science and Technology*, 68: 549-555.
- Karimi, N., & Esmailzadeh Kenari, R. (2015). Functionality of Coatings with Salep and Basil Seed Gum for Deep Fried Potato Strips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1-8.
- Khezripour, M., Hojjati, M., & Samavati, V. (2017). Effect of maltodextrin coating on properties of French fries using Response Surface Methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 60: 25-36. (In Farsi)
- Kilinceker, O., & Hepsag, F. (2011). Edible Coating Effects on Fried Potato Balls. *Food Bioprocess Technology* (DOI 10.1007/s11947-011-0554-2).
- Kumar, D., Tony, D., Kumar, A., Kumar, K., Rao, B., & Nadendla, R. (2013). A review on *Abelmoschus esculentus* (Okra). *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences*, 3: 120-132.
- Mellema, M. (2003). Mechanisms and reduction of fat uptake in deep fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 14: 364-373.
- Mishra, A., Clark, J., & Pal, S. (2008). Modification of Okra mucilage with acrylamide: synthesis,



- characterization and swelling behavior. *Carbohydrate Polymers*, 72: 608-615.
- Mousa, R., & Mousa, A. (2018). Simultaneous inhibition of acrylamide and oil uptake in deep fat fried potato strips using gum Arabic-based coating incorporated with antioxidants extracted from spices. *Food Hydrocolloids*, 83: 265-274.
- Sabbaghi, H., Ziaifar, A., & Kashaninejad, M. (2015). Mechanical study for texture degradation of potato strip during frying process. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13: 94-104. (In Farsi)
- Sahin, S., & Sumnu, S.G. (2009). *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. Boca Raton: CRC Press; 2009.
- Samavati, V. (2013). Polysaccharide extraction from *Abelmoschus esculentus*: Optimization by response surface methodology. *Carbohydrate polymers*, 95: 547-556.
- Sanz, T., Primo-Martin, C., & Van Vliet, T. (2007). Characterization of crispness of French fries by fracture and acoustic measurements, effect of pre-frying and final frying times, *Food Research International*, 40: 63-70.
- Sanz, T., Salvador, A., & Fiszman, S.M. (2004). Effect of concentration and temperature on properties of methylcellulose-added batters-application to battered, fried seafood. *Food Hydrocolloid*, 18: 127-131.
- Shih, E.F., Daigle, K.W., & Clawson, E.L. (2001). Development of low oil uptake donuts. *Journal of Food Science*, 66: 141-144.
- Sinha, P., Ubaidulla, U., & Hasnain, M. (2015). Okra (*Hibiscus esculentus*) gum-alginate blend mucoadhesive beads of controlled glibenclamide release. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72: 1069-1075.
- Torabi, R., Barzegar, & Jooyandeh, H. (2017). Effect of hydrocolloid coatings in preventing acrylamide formation and reducing oil uptake in potato chips. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 12: 109-120.
- Van Koerten, K.N., Schutyser, M. A., Somsen, D., & Boom, R.M. (2015). Crust morphology and crispness development during deep-fat frying of potato. *Food Research International*, 78: 336-332.
- Yadegari, M., Esmaeilzadeh kenari, R., & Hashemi, J. (2017). Investigation of effects of lepidium sativum seed, alyssum homolocarpum and methyl cellulose gums and Compound them on oil uptake and qualitative properties of fried potato during deep frying process. *Journal of Food Science and Technology*, 14: 1-9. (In Farsi)
- Zaharuddin, N., Noordin, M., & Kadivar, A. (2014). The use of *Hibiscus esculentus* (okra) gum in sustaining the release of propranolol hydrocolloids in solid oral dosage form. *BioMed Research International*, 2014.