

## تأثیر مواد هیدروکلوئیدی بر جذب روغن و خواص کیفی خلال نیمه سرخ شده سیب زمینی

امیر دارائی گرمه خانی<sup>۱</sup>، \* حبیب الله میرزایی<sup>۲</sup>، یحیی مقصدلو<sup>۳</sup> و مهدی کاشانی نژاد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup>استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۳</sup>دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۲/۱۴

### چکیده

با رشد آگاهی مصرف کنندگان تقاضا برای محصولات غذایی با میزان روغن کمتر افزایش پیدا کرده است. در سال های اخیر تحقیقات بسیاری در زمینه کاهش مصرف چربی در هنگام سرخ کردن عمیق نیز انجام شده است. پوشش دهی مواد غذایی قبل از سرخ کردن یکی از روش های کاهش جذب روغن در محصولات سرخ شده می باشد. در این پژوهش اثر پوشش دهی با مواد هیدروکلوئیدی بر میزان جذب روغن و خواص کیفی خلال های سیب زمینی بررسی شد. نتایج نشان داد که پوشش دهی با مواد هیدروکلوئیدی به علت خاصیت سدکنندگی منجر به کاهش اتلاف رطوبت خلال ها در هنگام سرخ کردن شده و با توجه به نقش کنترل کنندگی آب در میزان جذب روغن، مقدار روغن در همه نمونه های پوشش دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد کمتر است. از بین صمغ های مورد مطالعه، مخلوط کربوکسی متیل 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 چربی را دارا بودند. صمغ زانتان در همه غلظت ها میزان کاهش چربی بالایی را نشان داد. بیشترین درصد پوشش دهی به ترتیب مربوط به صمغ های زانتان، کربوکسی متیل سلولز، گوار و پکتین است. بیشترین میزان کاهش افت رطوبت در هنگام سرخ کردن در صمغ های زانتان و پکتین مشاهده شد و کمترین میزان کاهش افت رطوبت در غلظت های مورد مطالعه صمغ گوار دیده شد. پوشش دهی با مواد هیدروکلوئیدی منجر به افزایش مقدار رطوبت خلال های نیمه سرخ شده در مقایسه با تیمار شاهد شد به طوری که زانتان ۱ درصد و گوار ۱ درصد با ۰/۳۵ و ۰/۱۶ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان افزایش رطوبت را داشتند.

**واژه های کلیدی:** خلال سیب زمینی، مواد هیدروکلوئیدی، جذب روغن

### مقدمه

سرخ کردن عمیق در روغن<sup>۱</sup> یک فرآیند پخت خشک است که به طور اساسی شامل غوطه ور کردن عمیق قطعات و تکه های ماده غذایی در روغن گیاهی داغ می باشد (مویانو و همکاران، ۲۰۰۲)، و برای تهیه غذاهای طعم دار و خوش طعم که دارای بخش داخلی نرم و مرطوب همراه با پوسته ترد و شکننده هستند استفاده می شود (گارسیا و

فرنج فرایز یا خلال سیب زمینی سرخ شده به قطعاتی از سیب زمینی به ابعاد ۱×۱ سانتی متر مربع و طول ۷-۶ سانتی متر که در روغن داغ سرخ شده باشند گفته می شود (لیزینسکا و لیسچینسکی، ۱۹۸۹).

1- Deep Fat Frying

\*- مسئول مکاتبه: habibmirzaei@yahoo.ca

تکان دادن و آبکش کردن صحیح ماده غذایی برای کاهش مقدار روغن مواد غذایی بسیار مهم است (ملما، ۲۰۰۳).

جذب روغن اضافی ممکن است نتیجه دمای سرخ کردن پایین یا بارگیری بیش از حد ظرفیت سرخ کن باشد. تولیدکنندگان در دماهای پایین سرخ کردن، برای به دست آوردن رنگ مطلوب در ماده غذایی، مدت زمان پخت را طولانی تر می کنند که منجر به افزایش جذب روغن می شود (اورتوفر و همکاران، ۱۹۹۶). در مقابل موریرا و همکاران (۱۹۹۹) اظهار داشتند که دمای بالای روغن منجر به تشکیل سریع پوسته و در نتیجه مساعد کردن شرایط برای کاهش جذب روغن می شود. همچنین مشخص شده است که جذب روغن تابعی از سطح ماده غذایی می باشد بنابراین واضح است که شکل ماده غذایی مقدار نهایی جذب روغن را تحت تأثیر قرار می دهد (ملما، ۲۰۰۳).

از آنجا که خصوصیات سطح ماده غذایی برای جذب روغن بسیار مهم است استفاده از پوشش های خوراکی یک روش مناسب برای کاهش جذب روغن در هنگام سرخ کردن می باشد.

بیشتر خصوصیات قابل ذکر پوشش ها در رابطه با جذب روغن، مقدار رطوبت، نفوذپذیری کم به رطوبت، تشکیل حرارتی ژل یا اتصالات عرضی می باشد (ملما، ۲۰۰۳). اجزاء تشکیل دهنده فیلم های خوراکی می تواند هیدروکلوئیدها، چربی ها یا ترکیبی از هر دو باشد. تمایل به استفاده از هیدروکلوئیدها به دلیل خواص سدکنندگی<sup>۱</sup> خوبی که نسبت به اکسیژن، دی اکسید کربن و چربی ها نشان می دهند بیشتر است. هیدروکلوئیدهای قابل استفاده شامل پروتئین ها، مشتقات سلولز، آلژینات، پکتین ها، نشاسته ها و سایر پلی ساکاریدها می باشند. نقطه قابل توجه درباره مناسب بودن یک ماده برای پوشش دهی محصولات سرخ شده، نفوذپذیری به روغن آن ماده می باشد که این پارامتر به قابلیت انحلال روغن در پوشش و پخش مناسب روغن در کل ضخامت فیلم می باشد. پوشش دهی مواد غذایی به صورت غوطه وری و پاششی صورت می گیرد.

همکاران، ۲۰۰۱). در هنگام فرآیند سرخ کردن خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی ماده غذایی تغییر می کند. هدف عمده و اصلی فرآیند سرخ کردن عمیق حفظ عطر و طعم مواد در یک پوسته ترد و شکننده به وسیله غوطه ور کردن ماده غذایی در روغن داغ می باشد (مویانو و همکاران، ۲۰۰۲).

مقدار روغن یکی از مهم ترین ویژگی های کیفی محصولات سرخ شده عمیق در روغن می باشد. بافت محصولات با میزان روغن کم، می تواند سخت و نامطلوب باشد. به هر حال مقدار روغن بالا برای تولیدکنندگان گران قیمت بوده و منجر به تولید یک محصول روغنی و بدون مزه نیز می شود (موریرا و همکاران، ۱۹۹۹). با رشد آگاهی مصرف کنندگان تقاضا برای محصولات غذایی با میزان روغن کمتر افزایش پیدا کرده است. تحقیقات در زمینه کاهش مصرف چربی در هنگام سرخ کردن عمیق در سال های اخیر تشدید شده است. بنابراین مقدار روغن و چربی محصولات غذایی باید مورد توجه قرار گیرد. مواد غذایی که افت رطوبت بالایی داشته باشند میزان جذب روغن بالاتری خواهند داشت (گامبل و همکاران، ۱۹۸۷a). برخی نظریه ها بیان می کنند که حجم کل روغن جذب شده برابر مقدار آب جدا شده از ماده غذایی در هنگام سرخ کردن می باشد (پیتاس و همکاران، ۱۹۹۳). جذب روغن در هنگام سرخ کردن عمیق محصولات در روغن، توسط تعداد زیادی از عوامل نظیر کیفیت روغن، دما و مدت زمان سرخ کردن، ترکیب ماده غذایی (برای مثال رطوبت و مواد جامد آن، تخلخل)، تیمارهای قبل از سرخ کردن (یعنی خشک کردن و بلانچینگ)، پوشش دهی ماده غذایی و اندازه ماده غذایی (پیتاس و همکاران، ۱۹۹۵a؛ سلمان و هاپکینز، ۱۹۸۹؛ استیر و بلومنتال، ۱۹۹۰) تحت تأثیر قرار می گیرد. همه فاکتورها و عواملی که جذب روغن محصول را در هنگام سرخ کردن تحت تأثیر قرار می دهند در جدول ۱ خلاصه شده اند.

از آنجایی که بیشتر چربی بعد از برداشتن ماده غذایی از داخل روغن، جذب می گردد بنابراین نحوه برداشتن مواد غذایی از داخل روغن توسط مصرف کنندگان می تواند نقش مهمی در تعیین مقدار جذب روغن ایفا کند.

مرجع	فاکتور
	افزایش دهنده
رابنو و ساگی (۱۹۹۷)	ناصافی و سختی سطح
کروکیدا و همکاران (۲۰۰۰)	نازکی محصول
کلر و همکاران (۱۹۹۰)	افزایش سطح
پینتاس و همکاران (۱۹۹۵a)	تخلخل
	کاهش دهنده
کروکیدا و همکاران (۲۰۰۱)	خشک کردن مقدماتی
کروکیدا و همکاران (۲۰۰۰)	پایین بودن مقدار رطوبت اولیه
خلیل (۱۹۹۹)، راینر و همکاران (۲۰۰۰)، شای و همکاران (۲۰۰۱)	پوشش دهی کردن

روغن شد. پوشش دهی چپس سیب زمینی با سدیم کازئینات، کنسانتره پروتئین آب پنیر و پروتئین سفیده تخم مرغ به ترتیب منجر به کاهش جذب روغن به میزان ۱۴/۵ و ۱۲ درصد شد.

نمونه های پوشش دهی شده با ایزوله پروتئین سویا و ایزوله پروتئین آب پنیر، کمترین جذب چربی را داشتند و پوشش ایزوله پروتئین سویا دارای بیشترین شاخص صمغی بود (سوزان و گائوری، ۲۰۰۲).

گارسیا و همکاران (۲۰۰۲) از متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز برای پوشش دهی فرمولاسیون ها به منظور کاهش جذب روغن در خلال سیب زمینی، در هنگام سرخ کردن استفاده کردند. پوشش دهی با متیل سلولز در کاهش جذب روغن نسبت به هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بیشتر مؤثر بود. آنها همچنین تأثیر افزودن نرم کننده ای مانند سوربیتول به فرمولاسیون را بررسی کردند. بهترین فرمولاسیون برای سرخ کردن سیب زمینی استفاده از ۱ درصد متیل سلولز و ۰/۵ درصد سوربیتول بود. برای این فرمولاسیون جذب روغن در مقایسه با خلال های سیب زمینی بدون پوشش دهی به میزان ۴۰/۶ درصد کاهش یافت بدون این که اختلاف معنی داری در بافت نمونه های پوشش دهی شده و پوشش دهی نشده، مشاهده شود. هر چند که در اندازه گیری دستگاهی در رنگ نمونه ها اختلاف دیده شد ولی همه نمونه ها توسط پانلیست های غیرآموزش دیده پذیرفته شدند.

موارد بسیاری از کاهش جذب روغن به وسیله به کارگیری پوشش ها یا خمیرها وجود دارد برای مثال ویلیامز و میتال (۱۹۹۹) از صمغ ژلان برای پوشش دهی نمونه ها استفاده کردند بنابراین پوشش به دست آمده منجر به کاهش جذب روغن در هنگام سرخ کردن می شود.

از فیلم پوششی پروتئین سویا برای کاهش جذب روغن در هنگام سرخ کردن عمیق سیب زمینی استفاده شد. در چند مطالعه مشاهده شد که بسیاری از هیدروکلئیدهای پلیمرهای بلند زنجیر، به خصوص مشتقات سلولزی ژلهایی تشکیل می دهند که می توانند در سرخ کردن برای کاهش جذب چربی استفاده شوند. پوشش دهی چپس منجر به کاهش جذب روغن به طور معنی داری نسبت به چپس های بدون پوشش می شوند. همچنین نگهداری رطوبت در چپس های پوشش دهی شده با پروتئین آب پنیر و سفیده تخم مرغ بالاتر می باشد. پوشش های پروتئینی به طور معنی داری سرعت و نسبت اکسیداسیون لیپیدها را در چپس سیب زمینی کاهش می دهند (امین لاری و همکاران، ۲۰۰۵).

امین لاری و همکاران (۲۰۰۵) بر روی تولید چپس سیب زمینی پوشش دهی شده با پروتئین کار کردند. آنها قطعات سیب زمینی تهیه شده را بعد از بلانچینگ، در محلولی از سدیم کازئینات، کنسانتره پودر آب پنیر و سفیده تخم مرغ غوطه ور کرده و در مخلوطی از روغن ذرت و روغن هیدروژنه تجاری سرخ نمودند. پوشش دهی چپس با پروتئین، سبب کاهش قابل توجهی در جذب

## مواد و روش‌ها

### مواد مورد استفاده

**سیب‌زمینی:** سیب‌زمینی مورد استفاده در این تحقیق رقم کنبک بود که از مرکز تهیه و توزیع بذر استان گلستان تهیه و بلافاصله خواص فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد. سپس سیب‌زمینی‌ها به سردخانه با دمای ۷-۵ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۸۰ درصد منتقل و قبل از سرخ کردن به مدت دو هفته در دمای محیط نگهداری شدند تا درصد قندهای احیاء که در اثر سردخانه‌گذاری افزایش یافته، کاهش یابد.

**مواد هیدروکلوئیدی:** صمغ پکتین، کربوکسی متیل سلولز، مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز، گوار و زانتان از شرکت پروویسکو (ایران) تهیه شد.

**روغن:** روغن مایع مخصوص سرخ‌کردنی (مخلوطی از روغن سویا، آفتاب‌گردان و پنبه دانه) که از کارخانه غنچه تهیه شد.

**تهیه محلول‌های هیدروکلوئیدی:** برای تهیه سوسپانسیون‌های کلوئیدی از آب مقطر جوشیده استفاده شد. غلظت‌های مورد نظر از هر صمغ (صمغ پکتین در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد)، کربوکسی متیل سلولز در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ درصد، مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز در غلظت‌های برابر ۰/۵ و ۱ درصد، گوار در غلظت‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۱ درصد و زانتان در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) را در آب گرم با دمای حدود ۷۰ درجه سانتی‌گراد ریخته و توسط مخلوط‌کن خانگی کاملاً هموژن گردید به طوری که محلول شفاف به دست آید، سپس محلول‌های حاصل تا دمای محیط سرد شدند.

**تهیه نمونه‌ها و شرایط سرخ‌کردن:** سیب‌زمینی‌ها پس از پوست‌گیری با پوست‌گیر سایشی (ساخت اصفهان)، توسط خلال‌کن خانگی به خلال‌هایی با ابعاد ۱×۱×۶ سانتی‌متر تبدیل شدند. خلال‌های به دست آمده به‌منظور

سوزان و گائوری در سال ۲۰۰۲ نشان دادند که مواد هیدروکلوئیدی نظیر ژلاتین، صمغ ژلان، کاپا کاراگینان، متیل سلولز، پکتین و ایزوله پروتئین آب پنیر باعث کاهش جذب روغن در محصولات سرخ شده می‌شوند.

خلیل (۱۹۹۹) کیفیت فرنج فرایز سیب‌زمینی را تحت تأثیر پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی بررسی کرد. در این تحقیق فرنج فرایز توسط ترکیبی از کلسیم کلرید با پکتین و یا سدیم آلزینات در سطوح مختلف پوشش‌دهی شد. پوشش‌دهی با مخلوط ۰/۵ درصد از کلسیم کلرید و ۵ درصد پکتین بالاترین میزان کاهش جذب روغن و بالاترین مقدار رطوبت را داشت، و از قرمز شدن و زرد شدن بیش از حد رنگ، نسبت به نمونه شاهد جلوگیری بیشتری به عمل می‌آورد، در ضمن خواص حسی بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشت.

پوشش متیل سلولز که با گلیسرین نرم شده، منجر به کاهش چربی حدود  $0.3 \pm 0.2/58$  درصد می‌شود. ویلیامز و میتال (۱۹۹۹) یک کاهش در جذب روغن حدود ۰/۹/۹۱ درصد و افت رطوبت ۳۲/۸ درصد را به دست آوردند. بافت نهایی محصول سرخ‌شده به‌میزان ناچیزی به‌وسیله ترکیب ماده غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. واکنش بین پروتئین‌ها، نشاسته و ترکیبات آن (آمیلاز و آمیلوپکتین) برای کیفیت نهایی محصول مهم هستند (روودو و همکاران، ۱۹۹۹؛ اولونیک و کالپ، ۱۹۹۳).

مشتقات هیدروفویک سلولز، برخی پروتئین‌های ویژه و صمغ‌ها فیلم‌هایی تشکیل می‌دهند که قادر به کاهش مهاجرت چربی هستند (ویلیامز، ۱۹۹۷).

با توجه به این‌که تا به حال اثر صمغ‌های گوار، زانتان و نیز مخلوط صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و پکتین در جذب روغن بررسی نشده بود این مطالعه با هدف بررسی اثر این صمغ‌ها در کاهش جذب روغن انجام شد همچنین به لحاظ صرفه اقتصادی در این مطالعه حداقل غلظت‌های ممکن از هر صمغ استفاده شد.

آزمایش‌های انجام شده بر روی خلال‌های نیمه‌سرخ‌شده سیب‌زمینی

ماده خشک و رطوبت: ماده خشک و رطوبت خلال‌های نیمه‌سرخ‌شده سیب‌زمینی مطابق روش (AOAC) ویرایش هجدهم، سال ۲۰۰۵) انجام شد.

میزان چربی: برای اندازه‌گیری میزان چربی خلال‌های نیمه‌سرخ‌شده سیب‌زمینی، از روش سوکسله استفاده شد، به این منظور مقدار مشخصی از خلال‌ها (۵ گرم) را توزین نموده و استخراج چربی با استفاده از حلال پترولیوم اتر به مدت ۶ ساعت انجام گردید (AOAC) ویرایش هجدهم، سال ۲۰۰۵).

درصد پوشش‌دهی: درصد پوشش‌دهی از اختلاف وزن بین نمونه‌های پوشش‌دهی شده و بدون پوشش محاسبه شد. درصد پوشش‌دهی می‌تواند به صورت رابطه زیر بیان شود:

$$(2) \quad \text{درصد پوشش‌دهی} = (C - I) / I \times 100$$

که در این رابطه  $C$  وزن خلال‌های خام پوشش‌دهی شده ( $g$ ) و  $I$  وزن اولیه خلال‌های بدون پوشش ( $g$ ) است (آکادینیز، ۲۰۰۴).

راندمان سرخ‌کردن: راندمان سرخ‌کردن با در نظر گرفتن وزن خلال‌های سرخ‌شده و خلال‌های خام بعد از فرآیند پوشش‌دهی با کمک رابطه زیر محاسبه شد.

$$(3) \quad \text{راندمان سرخ‌کردن} = (CW/C) \times 100$$

که در این رابطه،  $CW$  وزن خلال‌های پوشش‌دار سرخ‌شده ( $g$ ) و  $C$  وزن خلال‌های سیب‌زمینی پوشش‌دار سرخ نشده ( $g$ ) می‌باشد (آکادینیز، ۲۰۰۴).

رنگ‌سنجی: پارامترهای رنگی (هانت  $L, a, b$ ) با استفاده از سیستم هانتربل مدل دیتا کالر<sup>۱</sup> ساخت کارخانه تکست فلش<sup>۲</sup> آمریکا اندازه‌گیری شد. مختصات رنگی اندازه‌گیری شده در محدوده‌های زیر بود:

آنزیم‌بری به مدت ۴ دقیقه در آب جوش ۹۰-۹۵ درجه سانتی‌گراد بلانچ شده و بلافاصله با آب سرد شست‌شده شدند. سپس خلال‌های بلانچ شده به مدت ۱ دقیقه در سوسپانسیون‌های کلوئیدی تهیه شده غوطه‌ور شدند و خلال‌های پوشش‌دهی شده به‌منظور حذف پوشش‌های اضافی بر روی سینی مشبک قرار داده شدند. وزن خلال‌ها در دو مرحله قبل و بعد از پوشش‌دهی ثبت شد و بعد از اعمال پوشش‌دهی با استفاده از سرخ‌کن خانگی (مدل تفال) در روغن مایع سرخ‌کردنی با دمای  $175 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲/۵ دقیقه سرخ شده و سپس بر روی سینی مشبک قرار داده شده تا روغن اضافی خلال‌ها گرفته شود (جعفریان، ۲۰۰۰). پس از حذف روغن اضافی و رسیدن به دمای محیط، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی خلال‌ها انجام شد. نسبت محلول‌های هیدروکلئیدی به سیب‌زمینی ۳ به ۱ بود و پس از تهیه تا رسیدن به دمای محیط در اتاق نگهداری شدند.

آزمایش‌های انجام شده

آزمایش‌های انجام شده بر روی سیب‌زمینی خام

ماده خشک و رطوبت: ماده خشک و رطوبت غده‌های سیب‌زمینی با توزین وزن معینی از سیب‌زمینی و قرار دادن در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد (مدل ممرت مجهز به فن جریان هوا با سرعت ۲ متر بر ثانیه) تا رسیدن به وزن ثابت تعیین شد (AOAC) ویرایش هجدهم، سال ۲۰۰۵).

وزن مخصوص: وزن مخصوص غده‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$(1) \quad \text{وزن در هوا} / \text{وزن در آب} = \text{وزن مخصوص}$$

درصد قندهای احیاء و ساکارز: میزان قندهای احیاء، قند کل و ساکارز با استفاده از روش لین آینون (فهلینگ)، مطابق روش (AOAC) ویرایش هجدهم، سال ۲۰۰۵) تعیین شد.

1- Data Color  
2- Text Flash

کاهش اتلاف آب به علت پوشش دهی از رابطه زیر به دست آمد:

$$(8) \quad \text{کاهش اتلاف آب} = \frac{\text{افت رطوبت نمونه های پوشش دار} - \text{افت رطوبت نمونه های بدون پوشش}}{\text{افت رطوبت نمونه های بدون پوشش}}$$

جذب روغن از رابطه زیر به دست آمد:

$$(9) \quad \text{جذب روغن} = \frac{\text{جرم قبل از سرخ کردن} \times \text{مقدار چربی اولیه نمونه ها} - \text{جرم بعد از سرخ کردن} \times \text{مقدار چربی نهایی نمونه}}{\text{ماده خشک نمونه ها}}$$

کاهش جذب روغن به علت پوشش دهی از رابطه زیر به دست آمد:

$$(10) \quad \text{کاهش جذب روغن} = \frac{\text{جذب روغن نمونه های پوشش دار} - \text{جذب روغن نمونه های بدون پوشش}}{\text{جذب روغن نمونه های بدون پوشش}}$$

شاخص صمغی<sup>۳</sup> از رابطه زیر به دست آمد:

$$(11) \quad \text{کاهش جذب روغن} = \frac{\text{کاهش جذب روغن}}{\text{کاهش اتلاف رطوبت}}$$

از رابطه ۵ تا ۱۱ براساس روش سوزان و گائوری (۲۰۰۲) می باشد.

**تجزیه و تحلیل آماری:** این مطالعه جهت بررسی تأثیر مواد هیدروکلوئیدی بر میزان جذب روغن و خواص کیفی خلال های سرخ شده براساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج از نرم افزار SAS (۲۰۰۱) استفاده شد و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. کلیه آزمایش ها در سه تکرار انجام گرفت.

### نتایج و بحث

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می شود رقم کنبک با دارا بودن مقدار ماده خشک بالا و درصد پایین قندهای احیاء برای تهیه محصولات سرخ شده رقم مناسبی است.

$L=0$  (سیاه) تا  $L=100$  (سفید)،  $a$  - (سبزی) تا  $a$  + (قرمزی) و  $b$  - (آبی) تا  $b$  + (زردی).

اختلاف رنگ کلی ( $\Delta E$ ) با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

$$(4) \quad \Delta E = \left[ (\Delta L^2) + (\Delta a^2) + (\Delta b^2) \right]^{1/2}$$

برای رنگ سنجی سه قرائت از سه نقطه مختلف خلال های نیمه سرخ شده (نقطه وسط و دو لبه انتهای هر خلال) در دمای محیط صورت گرفت و میانگین قرائت ها ثبت شد (آکادینز، ۲۰۰۴).

**اندازه گیری بافت خلال های نیمه سرخ شده سیب زمینی:** بافت خلال های نیمه سرخ شده سیب زمینی با استفاده از دستگاه اینستران<sup>۱</sup> مدل ۱۱۴۰ ساخت شرکت اینستران انگلستان و روش وارنر- بلاتزر<sup>۲</sup> اندازه گیری شد (جعفریان، ۲۰۰۰).

**تعیین میزان چربی خلال های سیب زمینی با استفاده از روش سوزان و گائوری (۲۰۰۲):** کاهش چربی به علت پوشش دهی از رابطه زیر به دست آمد:

$$(5) \quad \text{کاهش چربی} = \frac{\text{مقدار چربی نمونه های پوشش دار} - \text{مقدار چربی نمونه های بدون پوشش}}{\text{مقدار چربی نمونه های بدون پوشش}}$$

افزایش مقدار رطوبت به علت پوشش دهی از رابطه زیر به دست آمد:

$$(6) \quad \text{افزایش مقدار رطوبت} = \frac{\text{مقدار رطوبت نمونه های بدون پوشش} - \text{مقدار رطوبت نمونه های پوشش دار}}{\text{مقدار رطوبت نمونه های بدون پوشش}}$$

اتلاف آب در حین سرخ کردن از رابطه زیر به دست آمد:

$$(7) \quad \text{اتلاف آب در حین سرخ کردن} = \frac{\text{مقدار رطوبت بعد از سرخ کردن} - \text{مقدار رطوبت اولیه}}{\text{مقدار رطوبت اولیه}}$$

جدول ۲- خواص فیزیکوشیمیایی سیب زمینی رقم کنبک (برحسب وزن تر).

رقم کنبک	ماده خشک (درصد)	رطوبت (درصد)	وزن مخصوص	ساکاروز (درصد)	قند احیاء (درصد)
کنبک	۲۰/۴۰	۷۹/۶۱	۱/۱۰	۰/۸۸	۰/۶۲

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بیشترین درصد پوشش‌دهی به‌ترتیب مربوط به صمغ‌های زانتان، کربوکسی متیل سلولز، گوار و پکتین است که در این بین غلظت ۱/۵ درصد و ۱ درصد زانتان با مقادیر ۲۱/۶۴ و ۲۱/۶۰ درصد بیشترین میزان پوشش‌دهی را دارا می‌باشند ( $P < 0.05$ ). کمترین میزان پوشش‌دهی در غلظت‌های مختلف صمغ پکتین مشاهده شد که با توجه به میزان تشکیل ژل در این نوع صمغ، این نتیجه قابل انتظار بود. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ‌ها، میزان پوشش‌دهی بالاتر می‌رود ولی این افزایش به‌صورت یکنواخت و مستقیم نیست.

بیشترین میزان کاهش افت رطوبت در هنگام سرخ‌کردن در صمغ‌های زانتان و پکتین و کمترین میزان کاهش افت رطوبت در غلظت‌های صمغ گوار دیده شد. بالا بودن میزان کاهش افت رطوبت می‌تواند به‌علت واکنش پکتین با ترکیبات ساختاری و بخش‌های پکتیکی سیب‌زمینی باشد (روودو و همکاران، ۱۹۹۹؛ اولونیک و کالپ، ۱۹۹۳). علت کاهش افت رطوبت در هنگام سرخ‌کردن ناشی از خاصیت سدکنندگی صمغ‌هاست که با قرار گرفتن روی سطح بیرونی سیب‌زمینی مانع خروج رطوبت داخل بافت در اثر سرخ‌شدن می‌شوند و در نتیجه از میزان افت رطوبت خلال‌ها در هنگام سرخ‌شدن کاسته می‌شود.

پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی منجر به افزایش مقدار رطوبت خلال‌های نیمه‌سرخ‌شده در مقایسه با تیمار شاهد شده است که با نتایج خلیل (۱۹۹۹)، جعفریان (۲۰۰۰)، ویلیامز و میتال (۱۹۹۹) و بالاسوبرامانیام و همکاران (۱۹۹۷) مطابقت داشت. بیشترین میزان افزایش رطوبت مربوط به زانتان ۱ درصد و کمترین میزان افزایش رطوبت مربوط به گوار ۱ درصد بود. صمغ‌های مختلف

اگرچه از لحاظ میزان افزایش مقدار رطوبت با یکدیگر اختلاف دارند اما در بسیاری از غلظت‌ها این اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد ( $P > 0.05$ ). افزایش میزان رطوبت در محصول به‌علت خاصیت سدکنندگی پوشش‌ها می‌باشد که مانع خروج رطوبت در هنگام سرخ‌شدن می‌شوند و با این مکانیسم مقدار رطوبت محصول در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش بیشتر خواهد بود (ویلیامز، ۱۹۹۷؛ بالاسوبرامانیام و همکاران، ۱۹۹۷).

از نظر کاهش مقدار چربی بین صمغ‌های مختلف اختلاف وجود دارد. بیشترین مقدار کاهش چربی به‌ترتیب مربوط به نمونه‌های پوشش‌دهی شده با مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز ۱ درصد و زانتان ۱/۵ درصد و کمترین مقدار کاهش چربی به‌ترتیب در پکتین ۰/۵ درصد و گوار ۰/۵ درصد مشاهده شد. صمغ زانتان در همه غلظت‌ها میزان کاهش چربی بالایی را نشان داد. اختلاط دو صمغ پکتین و کربوکسی متیل سلولز در هر دو غلظت منجر به یک مقدار بالای کاهش چربی شد که این امر می‌تواند به‌علت اثر تشدیدکنندگی دو صمغ بر همدیگر باشد. میزان کاهش چربی در صمغ مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز در هر دو غلظت بالاتر از پوشش‌دهی با پکتین و کربوکسی متیل سلولز به تنهایی می‌باشد. همان‌طور که از جدول ۳ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت صمغ مصرفی از میزان مصرف چربی کاسته شده است.

براساس شاخص صمغی بیشترین عدد مربوط به صمغ گوار با غلظت ۰/۳ درصد و کربوکسی متیل سلولز با غلظت ۰/۵ درصد بود در حالی که کمترین شاخص صمغی به‌ترتیب مربوط به پوشش گوار ۱ درصد و زانتان ۱ درصد بود ( $P < 0.05$ ).

جدول ۳- تأثیر پوشش دهی با مواد هیدروکلونیدی مختلف بر برخی خواص فرایز تولیدی از سیب زمینی رقم کنبک.

کاهش چربی	افزایش مقدار رطوبت	کاهش افت رطوبت	شاخص صمغی	درصد پوشش دهی	تیمار
به علت پوشش دهی	به علت پوشش دهی	به علت پوشش دهی			
۰/۴۸±۰/۱۳ <sup>d</sup>	۰/۳۰±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۷۰±۰/۱۴ <sup>abcd</sup>	۰/۹۰±۰/۰۲ <sup>abc</sup>	۲/۴۱±۰/۴۳ <sup>efgh</sup>	پکتین ۰/۵ درصد
۰/۶۷±۰/۰۴ <sup>ab</sup>	۰/۳۸±۰/۱۶ <sup>ab</sup>	۰/۸۶±۰/۳۳ <sup>ab</sup>	۱/۰۲±۰/۰۵ <sup>abc</sup>	۳/۷۱±۰/۴۸ <sup>efgh</sup>	پکتین ۱ درصد
۰/۵۸±۰/۱۱ <sup>bcd</sup>	۰/۲۲±۰/۱۶ <sup>ab</sup>	۰/۴۹±۰/۳۵ <sup>bcd</sup>	۲/۶۰±۲/۵۲ <sup>a</sup>	۳/۶۵±۰/۷۶ <sup>efgh</sup>	گوار ۰/۳ درصد
۰/۵۰±۰/۱۶ <sup>cd</sup>	۰/۲۶±۰/۰۸ <sup>ab</sup>	۰/۵۹±۰/۱۷ <sup>abc</sup>	۱/۱۳±۰/۳۴ <sup>bc</sup>	۵/۶۱±۲/۵۳ <sup>cdef</sup>	گوار ۰/۵ درصد
۰/۶۰±۰/۰۹ <sup>abcd</sup>	۰/۱۶±۰/۲۳ <sup>bc</sup>	۰/۳۵±۰/۰۵ <sup>d</sup>	-۰/۳۱±۲/۷۵ <sup>c</sup>	۴/۹۱±۰/۵۵ <sup>defg</sup>	گوار ۱ درصد
۰/۵۷±۰/۰۷ <sup>bcd</sup>	۰/۱۷±۰/۰۷ <sup>bc</sup>	۰/۳۸±۰/۱۳ <sup>cd</sup>	۱/۹۰±۰/۶۲ <sup>ab</sup>	۸/۷۵±۱/۶۰ <sup>bcdde</sup>	کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ درصد
۰/۶۵±۰/۰۵ <sup>abcd</sup>	۰/۲۶±۰/۱۳ <sup>ab</sup>	۰/۵۸±۰/۲۶ <sup>abcd</sup>	۱/۴۲±۰/۰۵ <sup>abc</sup>	۹/۶۷±۰/۸۵ <sup>bcd</sup>	کربوکسی متیل سلولز ۱ درصد
۰/۶۶±۰/۰۶ <sup>abc</sup>	۰/۲۷±۰/۰۹ <sup>ab</sup>	۰/۶۲±۰/۱۷ <sup>abcd</sup>	۱/۲۶±۰/۳۰ <sup>abc</sup>	۱۰/۴۷±۱/۰۱ <sup>bc</sup>	زانتان ۰/۵ درصد
۰/۶۳±۰/۱۴ <sup>abcd</sup>	۰/۴۳±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱/۰۰±۰/۱۸ <sup>a</sup>	۰/۷۶±۰/۱۵ <sup>abc</sup>	۲۱/۶۰±۵/۱۸ <sup>a</sup>	زانتان ۱ درصد
۰/۷۶±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۳۵±۰/۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۸۰±۰/۰۹ <sup>abcd</sup>	۱/۰۵±۰/۱۰ <sup>abc</sup>	۲۱/۶۴±۳/۲۵ <sup>a</sup>	زانتان ۱/۵ درصد
۰/۷۰±۰/۰۳ <sup>ab</sup>	۰/۳۱±۰/۰۷ <sup>ab</sup>	۰/۷۱±۰/۱۲ <sup>abcd</sup>	۱/۱۲±۰/۱۵ <sup>abc</sup>	۷/۷۹±۰/۴۸ <sup>h</sup>	مخلوط ۰/۵ درصد**
۰/۷۶±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۰/۲۶±۰/۱۴ <sup>ab</sup>	۰/۶۰±۰/۲۹ <sup>abcd</sup>	۱/۷۰±۰/۹۱ <sup>ab</sup>	۴/۰۱±۲/۷۴ <sup>efgh</sup>	مخلوط ۱ درصد**

اعدادی که دارای حروف یکسان هستند به لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند ( $P < 0.05$ ).

\*\* مخلوط ۰/۵ درصد یعنی مخلوط ۰/۵ درصد پکتین و ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز.

\*\* مخلوط ۱ درصد یعنی مخلوط ۱ درصد پکتین و ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز.

خروج رطوبت در هنگام سرخ کردن می شود (روودو و همکاران، ۱۹۹۹؛ اولونیک و کالپ، ۱۹۹۳).

در صمغ کربوکسی متیل سلولز نیز با افزایش غلظت مقدار رطوبت محصول نهایی افزایش می یابد هرچند که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود ندارد ( $P > 0.05$ ). نمونه های پوشش دهی شده با مخلوطی از صمغ های کربوکسی متیل سلولز و پکتین دارای مقدار رطوبت بالاتری از نمونه های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز هستند و در مقایسه با نمونه های پوشش دهی شده با پکتین فقط غلظت ۰/۵ درصد آن مقدار رطوبت بالاتری دارد. اختلاف بین مقدار رطوبت در نمونه های پوشش دهی شده با کربوکسی متیل سلولز و پکتین و مخلوطی از دو صمغ از لحاظ آماری با یکدیگر معنی دار نمی باشد ( $P > 0.05$ ).

درصد چربی همه نمونه های پوشش دهی شده در مقایسه با تیمار شاهد کمتر است به طوری که نمونه شاهد با میزان چربی ۱۴/۱۱ درصد بیشترین مقدار چربی را دارا بود که با نتایج حاصل از تحقیقات امین لاری و همکاران

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود میزان رطوبت در خلال های پوشش دهی شده در مقایسه با نمونه های شاهد (بدون پوشش) بالاتر است که به علت کاهش افت رطوبت و خاصیت نگهدارندگی رطوبت مواد هیدروکلونیدی است. نمونه های پوشش دهی شده با صمغ زانتان، صمغ پکتین و مخلوط پکتین و کربوکسی متیل سلولز بالاترین مقدار رطوبت را دارا بودند در حالی که کمترین مقدار رطوبت در تیمار شاهد و خلال های پوشش دهی شده با گوار و کربوکسی متیل سلولز مشاهده شد ( $P < 0.05$ ). در بین غلظت های مختلف صمغ زانتان غلظت ۱ درصد بیشترین مقدار رطوبت را در محصول نهایی ایجاد نموده بود و غلظت ۰/۵ درصد مقدار رطوبت کمتری نسبت به ۱/۵ درصد داشت هرچند این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود ( $P > 0.05$ ). با افزایش غلظت صمغ پکتین مقدار رطوبت محصول افزایش یافت که این امر می تواند ناشی از نفوذ پکتین در ساختمان سلولی و واکنش با ترکیبات ساختاری سیب زمینی باشد که در نتیجه این امر بافت خلال های سیب زمینی سفت شده و مانع



در هنگام سرخ کردن در تیمارهای شاهد (بدون پوشش) مشاهده شد ( $P < 0/05$ ).

راندمان سرخ کردن نمونه‌های شاهد و خلال‌های پوشش‌دهی شده به لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0/05$ ). از آنجا که راندمان سرخ کردن بیانگر مقدار وزنی محصول نهایی می‌باشد بنابراین با توجه به نتایج جدول ۴ می‌توان گفت که با پوشش‌دهی خلال‌های سیب‌زمینی وزن محصول تولیدی بیشتر است که این امر ناشی از قابلیت حفظ رطوبت محصول توسط صمغ‌ها می‌باشد که این نتایج با نتایج آکادینیز (۲۰۰۴) مطابقت دارد. براساس نتایج این محقق مواد هیدروکلوئیدی براساس خاصیت سدکنندگی خود مانع از خروج رطوبت از بافت ماده سرخ‌شده می‌شوند و بنابراین وزن نهایی محصول در مقایسه با نمونه‌های بدون پوشش بالاتر خواهد بود.

همان‌طور که در جدول ۵ ملاحظه می‌شود نمونه‌های پوشش‌دهی شده با مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین ۱ درصد، شاهد، گوار ۱ درصد، مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین ۰/۵ درصد، پکتین ۱ درصد و پکتین ۰/۵ درصد بیشترین مقدار نیرو و نمونه‌های پوشش‌دهی شده با صمغ‌های خانواده زانتان، گوار و کربوکسی متیل سلولز کمترین مقدار نیرو را برای برش نیاز داشتند ( $P < 0/05$ ). براساس مطالعات روودو و همکاران (۱۹۹۹) و اولونیک و کالپ (۱۹۹۳) بافت نهایی محصول سرخ‌شده به‌میزان ناچیزی به‌وسیله ترکیب ماده غذایی تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. واکنش بین پروتئین‌ها، نشاسته و ترکیبات آن (آمیلوز و آمیلوپکتین) برای کیفیت نهایی محصول مهم هستند. بر این اساس می‌توان گفت صمغ‌های خانواده پکتین و مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین احتمالاً به‌علت واکنش پکتین با ترکیبات دیواره سلولی سیب‌زمینی منجر به سفت‌شدن بافت و افزایش نیروی لازم برای برش خلال‌ها شده‌اند. اختلاف بین نیروی مورد نیاز برای برش در همه نمونه‌ها با یکدیگر از لحاظ آماری معنی‌دار بود ( $P < 0/05$ ).

(۲۰۰۵)، التانکار (۲۰۰۳)، گارسیا و همکاران (۲۰۰۲)، جعفریان (۲۰۰۰)، خلیل (۱۹۹۹)، ویلیامز و میتال (۱۹۹۹) و (ویلیامز ۱۹۹۷) مطابقت دارد ( $P < 0/05$ ).

نمونه‌های پوشش‌دهی شده با مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین از لحاظ میزان درصد چربی نسبت به سایر صمغ‌ها میزان چربی کمتری را دارا بودند هرچند که از لحاظ آماری در بسیاری از موارد اختلاف‌ها معنی‌دار نمی‌باشد ( $P > 0/05$ ). کمترین درصد چربی به‌ترتیب مربوط به نمونه‌های پوشش‌دهی شده با مخلوط صمغی ۱ درصد و زانتان ۱/۵ درصد و بیشترین درصد چربی به‌ترتیب مربوط به پکتین ۰/۵ درصد، گوار ۰/۵ درصد و کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ درصد بود ( $P < 0/05$ ).

با وجود اینکه بین درصد چربی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با مواد هیدروکلوئیدی اختلاف وجود دارد و همه پوشش‌ها از لحاظ درصد چربی مشابه نیستند اما همه نمونه‌های پوشش‌دار نسبت به تیمار شاهد درصد چربی کمتری داشتند و اختلاف بین درصد چربی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با نمونه‌های شاهد از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد ( $P < 0/05$ ).

نتایج جذب روغن بیانگر نتایج درصد چربی در نمونه‌های پوشش‌دهی شده است به‌طوری‌که بیشترین درصد جذب روغن به‌ترتیب در تیمار شاهد، پکتین ۰/۵ درصد، گوار ۰/۵ درصد و کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ درصد مشاهده شد در حالی‌که کمترین درصد جذب روغن به‌ترتیب در خلال‌های پوشش‌دهی شده با مخلوط ۱ درصد و زانتان ۱/۵ درصد مشاهده شد ( $P < 0/05$ ).

سرخ کردن منجر به از دست رفتن و تبخیر آب در خلال‌های سیب زمینی می‌شود. پوشش‌دهی خلال‌ها با مواد هیدروکلوئیدی باعث کاهش اتلاف رطوبت در هنگام سرخ کردن می‌شود. همه پوشش‌های هیدروکلوئیدی به‌کار رفته از لحاظ آماری به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش اتلاف آب در هنگام سرخ‌شدن شدند که این امر به‌علت خاصیت سدکنندگی آنها می‌باشد. بیشترین کاهش رطوبت

تفاوت در مقدار شاخص  $b$  از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند ( $P > 0/05$ ).

از نظر مقدار  $\Delta E$  نیز بین صمغ‌های مختلف با یکدیگر و نمونه شاهد اختلاف وجود داشت هرچند که این اختلاف در بسیاری از نمونه‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ( $P > 0/05$ ). بالاترین مقدار  $\Delta E$  در نمونه پوشش‌دهی شده با کربوکسی متیل سلولز ۱ درصد، ۰/۵ درصد و گوار ۰/۵ درصد مشاهده شد در حالی که پایین‌ترین مقدار  $\Delta E$  مربوط به نمونه‌های پوشش‌دهی شده با پکتین ۰/۵ و ۱ درصد و مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین ۱ درصد بود ( $P > 0/05$ ).

همان‌طور که از جدول ۵ مشاهده می‌شود در صمغ کربوکسی متیل سلولز با افزایش غلظت صمغ  $\Delta E$  کاهش می‌یابد هرچند که از لحاظ آماری با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند ( $P > 0/05$ ). در صمغ پکتین با افزایش غلظت صمغ  $\Delta E$  افزایش یافته ولی از لحاظ آماری این افزایش مقدار  $\Delta E$  معنی‌دار نیست ( $P > 0/05$ ). در تیمار مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین با افزایش غلظت صمغ مقدار  $\Delta E$  کاهش می‌یابد که این روند با نتایج پوشش‌دهی با صمغ کربوکسی متیل سلولز مطابقت دارد و می‌توان گفت که کربوکسی متیل سلولز نقش بیشتری در تشدید رنگ در صمغ ایفا می‌کند ( $P < 0/05$ ) که با نتایج جعفریان (۲۰۰۰)، خلیل (۱۹۹۹) مطابقت دارد. معنی‌دار نبودن شاخص‌های رنگی و ظاهری خلال‌های پوشش‌دهی شده با خلال‌های شاهد نشان‌دهنده این است که می‌توان برای پوشش‌دهی محصولات از این صمغ‌ها استفاده نمود هرچند که باید صمغ مورد استفاده از لحاظ تأثیر بر جذب روغن، بافت و راحتی استفاده نیز مناسب باشد.

بالاترین مقدار شاخص  $L$  (شفافیت) به ترتیب در صمغ کربوکسی متیل سلولز ۰/۵ درصد، مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین ۰/۵ درصد و گوار ۰/۵ درصد مشاهده شد در حالی که پایین‌ترین مقدار  $L$  (تیرگی) در صمغ پکتین ۰/۵ درصد مشاهده شد. اختلاف بین نمونه‌های دارای بالاترین و پایین‌ترین مقادیر  $L$  از لحاظ آماری معنی‌دار بود در حالی که هیچ‌کدام از سایر نمونه‌های پوشش‌دهی شده از این نظر با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند ( $P > 0/05$ ) که با نتایج جعفریان (۲۰۰۰) و خلیل (۱۹۹۹) مطابقت دارد.

صمغ کربوکسی متیل سلولز در هر دو غلظت دارای مقدار شاخص  $a$  بالایی (قرمزی) بود و با افزایش غلظت صمغ، میزان  $a$  نیز زیاد شد. در صمغ پکتین روند تغییرات شاخص  $a$  برخلاف صمغ کربوکسی متیل سلولز بود و با افزایش غلظت صمغ مقدار  $a$  کاهش (سبزی) پیدا کرد. این روند افزایش مقدار شاخص  $a$  با افزایش غلظت، در مورد مخلوط صمغ‌های کربوکسی متیل سلولز و پکتین نیز حفظ شد که می‌توان گفت نقش صمغ کربوکسی متیل سلولز در ایجاد رنگ  $a$  بیشتر از صمغ پکتین است. براساس جدول ۵ بیشترین و کمترین مقدار شاخص  $a$  به ترتیب مربوط به کربوکسی متیل سلولز ۱ درصد و تیمار شاهد بود و تنها در این غلظت نمونه‌های پوشش‌دهی شده با نمونه شاهد از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری داشتند ( $P < 0/05$ ) و در بقیه غلظت‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ( $P > 0/05$ ) که با نتایج جعفریان (۲۰۰۰) و خلیل (۱۹۹۹) مطابقت دارد.

از نظر میزان شاخص  $b$  نیز بیشترین مقدار در کربوکسی متیل سلولز ۱ درصد و کمترین مقدار در تیمار شاهد مشاهده شد و تنها پوشش‌دهی با کربوکسی متیل سلولز ۱ درصد در میزان شاخص  $b$  از لحاظ آماری با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت در حالی که بقیه پوشش‌ها به‌رغم داشتن مقدار بالاتر  $b$  با نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند. صمغ‌های مختلف نیز با وجود

جدول ۴- تأثیر پوشش دهی با مواد هیدروکلونیدی مختلف بر برخی فاکتورهای کیفی فرنج فرایز تولیدی از سیب زمینی رقم کنیک.

راندمان سرخ کردن (درصد)	کاهش رطوبت در حین سرخ کردن	جذب روغن (درصد)	چربی (درصد)	رطوبت (درصد)	ماده خشک (درصد)	تیمار
67.45±1.37 <sup>a</sup>	0.30±0.07 <sup>a</sup>	98.53±4.81 <sup>a</sup>	14.10±0.181 <sup>a</sup>	55.74±1.17 <sup>d</sup>	44.36±1.17 <sup>a</sup>	شاهد
66.73±3.77 <sup>a</sup>	0.09±0.04 <sup>bcd</sup>	37.16±1.07 <sup>b</sup>	7.34±1.83 <sup>b</sup>	72.11±3.16 <sup>abc</sup>	27.89±3.16 <sup>bcd</sup>	پکتین 0/5 درصد
68.70±2.82 <sup>a</sup>	0.04±0.09 <sup>cd</sup>	22.89±2.71 <sup>cdef</sup>	4.62±0.71 <sup>de</sup>	76.51±7.51 <sup>ab</sup>	23.49±7.51 <sup>cd</sup>	پکتین 1 درصد
70.28±3.18 <sup>a</sup>	0.15±0.10 <sup>bc</sup>	29.27±7.01 <sup>bcd</sup>	5.99±1.40 <sup>bcd</sup>	76.54±7.62 <sup>bc</sup>	32.46±7.62 <sup>bc</sup>	گوار 0/3 درصد
69.17±4.18 <sup>a</sup>	0.12±0.05 <sup>bcd</sup>	36.18±1.95 <sup>bc</sup>	7.08±2.15 <sup>bc</sup>	69.84±3.82 <sup>abc</sup>	30.16±3.82 <sup>bcd</sup>	گوار 0/5 درصد
69.30±2.42 <sup>a</sup>	0.19±0.15 <sup>ab</sup>	27.98±8.78 <sup>bcd</sup>	5.61±1.32 <sup>bcd</sup>	74.43±1.56 <sup>cd</sup>	35.57±1.56 <sup>ab</sup>	گوار 1 درصد
66.30±4.97 <sup>a</sup>	0.19±0.03 <sup>ab</sup>	32.67±4.73 <sup>bcd</sup>	6.12±1.06 <sup>bcd</sup>	74.80±2.51 <sup>cd</sup>	35.20±2.51 <sup>ab</sup>	کربوکسی متیل سلولز 0/5 درصد
66.67±3.79 <sup>a</sup>	0.12±0.08 <sup>bcd</sup>	25.61±4.29 <sup>bcd</sup>	4.93±0.75 <sup>bcd</sup>	69.76±7.13 <sup>abc</sup>	30.24±7.13 <sup>bcd</sup>	کربوکسی متیل سلولز 1 درصد
70.26±2.37 <sup>a</sup>	0.11±0.05 <sup>bcd</sup>	24.51±4.73 <sup>bcd</sup>	4.74±0.84 <sup>cde</sup>	70.71±3.70 <sup>abc</sup>	29.29±3.70 <sup>bcd</sup>	زانتان 0/5 درصد
60.04±5.87 <sup>a</sup>	0.06±0.07 <sup>d</sup>	24.72±7.82 <sup>bcd</sup>	5.31±1.84 <sup>bcd</sup>	79.77±4.42 <sup>a</sup>	20.23±4.42 <sup>d</sup>	زانتان 1 درصد
64.08±2.76 <sup>a</sup>	0.06±0.03 <sup>bcd</sup>	16.05±2.30 <sup>ef</sup>	3.43±0.58 <sup>e</sup>	74.87±2.22 <sup>abc</sup>	25.13±2.22 <sup>bcd</sup>	زانتان 1/5 درصد
73.50±4.90 <sup>a</sup>	0.09±0.03 <sup>bcd</sup>	21.15±2.98 <sup>def</sup>	4.24±0.38 <sup>de</sup>	72.85±2.56 <sup>abc</sup>	27.15±2.56 <sup>bcd</sup>	** مخلوط 0/5 درصد
72.08±5.25 <sup>a</sup>	0.12±0.09 <sup>bcd</sup>	15.59±4.75 <sup>ef</sup>	3.40±0.98 <sup>e</sup>	70.11±7.85 <sup>abc</sup>	29.89±7.85 <sup>bcd</sup>	** مخلوط 1 درصد

اعدادی که دارای حروف یکسان هستند به لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند ( $P < 0.05$ ).

\*\* مخلوط 0/5 درصد یعنی مخلوط 0/5 درصد پکتین و 0/5 درصد کربوکسی متیل سلولز.

\*\* مخلوط 1 درصد یعنی مخلوط 1 درصد پکتین و 1 درصد کربوکسی متیل سلولز.

جدول ۵- تأثیر پوشش دهی با مواد هیدروکلونیدی بر بافت و رنگ فرنج فرایز حاصل از سیب زمینی رقم کنیک.

ΔE	شاخص b	شاخص a	شاخص L	ماکزیم نیروی برشی	تیمار
68.02 <sup>ab</sup>	15.57 <sup>ab</sup>	0.98 <sup>a</sup>	66.18 <sup>ab</sup>	12.18 <sup>a</sup>	شاهد
63.30 <sup>b</sup>	20.18 <sup>ab</sup>	1.43 <sup>a</sup>	59.97 <sup>b</sup>	9.39 <sup>d</sup>	پکتین 0/5 درصد
66.20 <sup>ab</sup>	19.20 <sup>ab</sup>	0.38 <sup>a</sup>	63.35 <sup>ab</sup>	10.22 <sup>c</sup>	پکتین 1 درصد
70.56 <sup>ab</sup>	18.49 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>a</sup>	68.01 <sup>a</sup>	8.05 <sup>i</sup>	گوار 0/3 درصد
72.00 <sup>a</sup>	20.39 <sup>ab</sup>	0.66 <sup>a</sup>	69.07 <sup>a</sup>	8.77 <sup>e</sup>	گوار 0/5 درصد
67.57 <sup>ab</sup>	19.14 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>a</sup>	64.77 <sup>ab</sup>	10.32 <sup>b</sup>	گوار 1 درصد
72.50 <sup>a</sup>	21.72 <sup>ab</sup>	0.58 <sup>a</sup>	69.14 <sup>a</sup>	8.36 <sup>g</sup>	کربوکسی متیل سلولز 0/5 درصد
70.50 <sup>ab</sup>	23.23 <sup>a</sup>	1.77 <sup>a</sup>	66.44 <sup>ab</sup>	8.57 <sup>f</sup>	کربوکسی متیل سلولز 1 درصد
67.83 <sup>ab</sup>	19.82 <sup>ab</sup>	0.17 <sup>a</sup>	64.86 <sup>ab</sup>	6.19 <sup>l</sup>	زانتان 0/5 درصد
70.77 <sup>ab</sup>	17.15 <sup>ab</sup>	0.62 <sup>a</sup>	68.55 <sup>a</sup>	6.40 <sup>j</sup>	زانتان 1 درصد
66.69 <sup>ab</sup>	19.82 <sup>ab</sup>	0.27 <sup>a</sup>	63.66 <sup>ab</sup>	8.16 <sup>h</sup>	زانتان 1/5 درصد
71.18 <sup>a</sup>	19.92 <sup>ab</sup>	0.04 <sup>a</sup>	68.33 <sup>a</sup>	10.22 <sup>c</sup>	** مخلوط 0/5 درصد
69.52 <sup>ab</sup>	21.40 <sup>ab</sup>	1.37 <sup>a</sup>	65.96 <sup>ab</sup>	15.18 <sup>a</sup>	** مخلوط 1 درصد

در هر ستون اعدادی که دارای حروف یکسان هستند به لحاظ آماری اختلاف معنی دار ندارند ( $P < 0.05$ ).

\*\* مخلوط 0/5 درصد یعنی مخلوط 0/5 درصد پکتین و 0/5 درصد کربوکسی متیل سلولز.

\*\* مخلوط 1 درصد یعنی مخلوط 1 درصد پکتین و 1 درصد کربوکسی متیل سلولز.

جذب روغن و نیز سهولت غوطه‌وری خلال‌ها در آنها جهت پوشش‌دهی خلال‌ها در کارخانه‌ها توصیه می‌شوند اما سایر صمغ‌ها به‌خصوص غلظت ۱/۵ درصد زانتان به‌رغم کاهش میزان چربی به لحاظ ویسکوزیته بسیار بالا (چسبندگی ظاهری) و عدم قابلیت مصرف طولانی مدت توصیه نمی‌شوند.

### سپاسگزاری

بدین‌وسیله از گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و آزمایشگاه کنترل مواد غذایی ابن‌سینا به‌خاطر فراهم آوردن شرایط انجام آزمایش، سپاسگزاری می‌نمائیم.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از پوشش‌دهی خلال‌ها نشان داد که پوشش‌دهی با مواد هیدروکلوئیدی به‌علت خاصیت سدکنندگی منجر به کاهش اتلاف رطوبت خلال‌ها در هنگام سرخ‌کردن شده و با توجه به نقش کنترل‌کنندگی آب در میزان جذب روغن، مقدار روغن در همه نمونه‌های پوشش‌دهی شده در مقایسه با نمونه شاهد کمتر است. از بین صمغ‌های مورد مطالعه، مخلوط کربوکسی متیل سلولز و پکتین با غلظت ۱ درصد و زانتان با غلظت ۱/۵ به‌ترتیب با ۳/۴۰ و ۳/۴۳ درصد کمترین میزان چربی را دارا بودند. از بین صمغ‌های مورد استفاده در این تحقیق، غلظت ۱ درصد کربوکسی متیل سلولز و پکتین ۱ درصد و هر دو غلظت مخلوط صمغی با توجه به کاهش

### منابع

1. Akdeniz, N. 2004. Effects of different batter formulations on quality of deep-fat fried carrot slices. A Thesis Submitted to the Graduate school of Natural and Applied Sciences of Middle east Technical University. 104p.
2. Altunakar, B. 2003. Functionality of different batters in deep-fat fried chicken nuggets. MS. Thesis. The department of Food Engineering, METU. 120p.
3. Aminlari M., Ramezani, R., Khalili, M.H. 2005. Production of protein-coated low-fat potato chips. Journal of Food Science and Technology International, 11: 177-181.
4. AOAC. 2005. Official methods of analysis, 18th edition, Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists.
5. Balasubramaniam, V.M., Chinnan, M.S., Mallikarjunan, P., and Phillips, R.D. 1997. The effect of edible film on oil uptake and moisture retention of a deep-fat fried poultry product. Journal of Food Process Engineering, 20: 17-29.
6. Gamble, M.H., Rice, P., and Selman, J.D. 1987a. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from CV record UK tubers. International Journal of Food science and Technology, 22 :233-241.
7. Garcia, M.A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M., and Zaritsky, N. 2001. Effectiveness of edible coatings from cellulose derivatives to reduce fat absorption in deep fat frying. International Journal of Food science and Technology, 35 :133-142.
8. 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 Technologies, 3 :391-397.
9. Jafarian. S. 2000. Effect of pre heating and use of some of hydrocolloids in reduction oil uptake and quality of potato French fries. A thesis Submitted to Msc degree of food science and technology. Isfahan University of technology, 120p. (In Persian).
10. Keller, C., Escher, F., and Solms, J. 1990. Nutrient retention in deep-fat frying case study on chips. Über die Nährstofferhaltung im Fritierprozess-Untersuchungen am Beispiel der Pommes-frites-Herstellung. Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebens-mitteluntersuchung und-hygiene, 81: 168-181.
11. Khalil, A.H. 1999. Quality of french fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids. Journal of Food Chemistry, 66: 201-206.

- 12.Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44: 39-46.
- 13.Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. 2001. Effect of pre-drying on quality of french fries. *Journal of Food Engineering*, 49: 347-354.
- 14.Lisinska, G., and Leszczynski,W. 1989. *Potato science and technology*, Elsevier science press. Pp: 166-227.
- 15.Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*, 14: 364-373.
- 16.Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E., Barrufet, M.A. 1999. *Deep-Fat Frying fundamentals and applications*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. Pp: 75-104
- 17.Moyano, P.C., Rioseco, V.K., and Gonzalez, P.A. 2002. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated French fries. *Journal of Food Engineering*, 54: 249-255.
- 18.Olewnick, M., and Kulp. K. 1993. Factors influencing wheat flour performance in batter systems. *Cereal Foods World*, 38: 679-685.
- 19.Orthofer, F.T., Gurkin, S., and Liu, K. 1996. Dynamis of frying. In Perkins, E.D., Erickson, M.D. editors. *Deep frying chemistry, nutrition and practical applications*, Champaign, Illinois, Pp: 223-245.
- 20.Pinthus, E.J., Weinberg, P., and Saguy, I.S. 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 58: 204-
- 21.Pinthus, E.J., Weinberg, P., Saguy, I.S. 1995a. Deep-fat fried potato product oil uptake as affected by crust physical properties. *Journal of Food Science*, 60: 250-262.
- 22.Rayner, M., Ciolfi, V., Maves, B., Stedman, P., and Mittal, G.S. 2000. Development and application of soy protein films to reduce fat intake in deep-fried foods. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 80: 777-782.
- 23.Rovedo, C.O., Pedreno-Navarro, M.M., and Singh, R.P. 1999. Mechanical properties of a corn starch product during the post-frying period. *Journal of Texture Studies*, 30: 279-290.
- 24.Rubnov, M., and Saguy, I.S. 1997. Fractal analysis and crust diffusivity of a restructured potato product during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 62: 135-137.
- 25.SAS. 2001. *SAS/STAT User's Guide*. SAS Institute, Inc., NC.
- 26.Selman, J.D., and Hopkins, M. 1989. Factors affecting oil uptake during the production of fried potato products. *Tech. Memorandum*. 475p.
- 27.Shih, E.F., Daigle, K.W., and Clawson, E.L. 2001. Development of low oil uptake donuts. *Journal of Food science*, 66: 141-144.
- 28.Stier, R.F., and Blumenthal, M.M. 1990. Heat transfer in frying. *Baking and Snack Systems. Journal of Food Engineering*, 12: 15-19.
- 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: 445-458.
- 30.Williams, R. 1997. Reducing fat absorption in fried foods using edible films. MS Thesis. Guelph, Canada: University of Guelph, 130p.
- 31.Williams, R. and Mittal, G.S. 1999. Water and fat transfer properties of polysaccharide films on fried pastry mix. *L.W.T (journal)*, 32: 440-445.