

## ارزیابی تاثیر پوشش دهی و شرایط سرخ کردن بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی فلافل سرخ شده به روش عمیق

نسیم حسن پور<sup>۱</sup>، محبت محبی<sup>۲\*</sup>، مهدی وریدی<sup>۲</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۸)

### چکیده

مواد غذایی سرخ شده با توجه به ویژگی های منحصر به فرد مانند رنگ، عطر، طعم و بافت ترد و مطلوب بسیار مورد توجه می باشند. اما برای سلامت انسان مضر است از این رو به کارگیری روش هایی برای کاهش جذب روغن، ضمن حفظ ویژگی های مطلوب امری ضروری به نظر می رسد. در این مطالعه تاثیر پوشش های هیدروکلوئیدی (متیل سلولوز، پکتین و مخلوط متیل سلولوز- پکتین) بر میزان محتوی رطوبت و روغن و ویژگی های رنگ، سفتی و حجم فلافل طی فرآیند سرخ کردن در سه دمای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتیگراد و شش زمان ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دقیقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش زمان سرخ کردن محتوی رطوبت کاهش ولی میزان روغن، تغییرات کلی رنگ، سفتی و حجم افزایش می یابد. همچنین با افزایش دمای سرخ کردن روند کاهش محتوی رطوبت کاهش می یابد و از میزان جذب روغن نیز کاسته می شود. بیشترین میزان جذب روغن در نمونه شاهد و کمترین میزان آن در نمونه های پوشش داده شده با مخلوط متیل سلولوز- پکتین مشاهده شد.

کلید واژگان: فلافل، سرخ کردن عمیق، متیل سلولوز - پکتین، جذب روغن

\* مسئول مکاتبات: mohebbat2000@yahoo.com

## ۱- مقدمه

فلافل گلوله‌ی سرخ شده‌ی نخود پخته و ادویه جات است. یک گلوله ۱۷ گرمی فلافل به طور تقریبی حاوی ۴۸٪ چربی، ۳۸٪ کربوهیدرات، ۱۴٪ پروتئین و همچنین حاوی عناصری مانند سدیم، کلسیم، آهن و پتاسیم می‌باشد. فلافل از غذاهای اصلی مردم فلسطین به شمار می‌آید و در خاور میانه از محبوبیت زیادی برخوردار است. مصرف این ماده غذایی در جنوب ایران متداول می‌باشد و امروزه به عنوان یک غذای آماده پر طرفدار در دنیا مطرح است. انواع متنوعی از فلافل مانند فلافل نخود و باقلا، فلافل نخود با گوشت و فلافل نخود با سیب زمینی در کشورهای مختلف وجود دارد اما آنچه که متداول است بر پایه نخود و سبزیجات می‌باشد.

سرخ کردن عمیق یکی از روش‌های متداول تهیه مواد غذایی سرخ شده است. در این فرایند ماده غذایی در حمام روغن با دمای بالاتر از نقطه جوش آب (۱۵۰-۲۰۰ °C) غوطه‌ور می‌شود. هدف این فرایند درزگیری سطح ماده غذایی با غوطه‌وری قطعات ماده غذایی در روغن داغ، حفظ عطر و طعم در ماده غذایی سرخ شده می‌باشد [۱]. آماده‌سازی آسان و سریع، ویژگی‌های حسی مطلوب مانند رنگ، بافت، عطر و طعم مناسب در مواد غذایی سرخ شده، باعث افزایش مطلوبیت این مواد می‌گردد. با این حال، این مواد محتوی مقادیر بالای روغن می‌باشند. از دیگر اثرات نامطلوب این فرایند که در نتیجه دمای بالا و حضور اکسیژن ایجاد می‌شود تخریب ترکیبات مغذی و تشکیل مولکول‌های سمی در روغن یا ماده غذایی می‌باشد. با توجه به افزایش سطح آگاهی مصرف‌کنندگان در مورد رابطه سلامتی و تغذیه، تمایل به مصرف مواد غذایی کم چرب، رو به افزایش است.

فاکتورهای زیادی مانند دمای روغن، زمان سرخ کردن، مقدار رطوبت اولیه ماده غذایی سطح محصول، نسبت وزن محصول به حجم روغن، پیش تیمار فیزیکی و شیمیایی منشا روغن مصرفی (گیاهی یا حیوانی)، ترکیبات شیمیایی روغن، نسبت سطح به حجم محصول و فشار بر میزان جذب روغن موثر می‌باشد [۲-۶]. بنابراین اصلاح یکی از این فاکتورها می‌تواند تاثیر به سزایی بر روی جذب روغن داشته باشد. برای رسیدن به این هدف محققان استفاده از روشهایی مانند به کار بردن پوشش‌های خوراکی برای به دام انداختن آب و تشکیل فیلم‌های مانع به منظور کاهش رطوبت و متعاقب آن کاهش جذب

روغن را طی سرخ کردن عمیق پیشنهاد کرده اند [۷ و ۸]. از آن جا که خصوصیات سطح ماده غذایی برای جذب روغن بسیار مهم است استفاده از پوشش‌های خوراکی یک روش مناسب برای کاهش جذب روغن در هنگام سرخ کردن می‌باشد. بیشتر خصوصیات قابل ذکر پوشش‌ها در رابطه با جذب روغن، مقدار رطوبت، نفوذپذیری کم به رطوبت، تشکیل حرارتی ژل یا اتصالات عرضی می‌باشد [۹]. اجزاء تشکیل دهنده فیلم‌های خوراکی می‌تواند هیدروکلوئیدها، چربی‌ها یا ترکیبی از هر دو باشد. تمایل به استفاده از هیدروکلوئیدها به دلیل خواص سدکنندگی خوبی که نسبت به اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و چربی نشان می‌دهند بیشتر است. هیدروکلوئیدهای قابل استفاده شامل پروتئین‌ها، مشتقات سلولز، آلژینات، پکتین‌ها، نشاسته‌ها و سایر پلی‌ساکاریدها می‌باشند.

مشتقات سلولزی شامل متیل سلولز (MC) و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC) از طریق تشکیل فیلم و تقویت خواص طبیعی ممانعت‌کنندگی نشاسته و پروتئین‌ها میزان جذب روغن را کاهش می‌دهند. این ترکیبات دویژگی منحصر به فردی در تشکیل ژل برگشت پذیر حرارتی دارند. در حین فرایند سرخ کردن تشکیل ژل هنگام تماس با روغن داغ توسعه می‌یابد و یک حائل فیزیکی برای حذف آب و جذب روغن ایجاد می‌کند [۱۰]. این ویژگی به همراه توانایی بالای این ترکیبات در پیوند با آب، باعث کاهش حذف رطوبت و کاهش جذب روغن طی سرخ کردن می‌شود [۱۱]. پکتین نیز از جمله هیدروکلوئیدهایی است که با تشکیل پیوند‌های کوالانت داخل مولکولی باکاتیون‌های چند ظرفیتی مانند کلسیم تشکیل ژل محکم می‌دهد. همچنین کلسیم در اثر واکنش با پکتین سلول بافت را در برابر سرخ کردن پایدار کرده، باعث سخت و مقاوم شدن بافت می‌شود.

گاریسیا و همکاران در سال ۲۰۰۲ از متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به عنوان پوشش به منظور کاهش جذب روغن در خلال سیب زمینی، در هنگام سرخ کردن استفاده کردند. نتایج نشان داد که پوشش دهی با متیل سلولز در کاهش جذب روغن مؤثرتر بوده است [۱۲]. گری و سوزان 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

دلمه ای ۲/۵۳ درصد (وزنی) و آب ۱۱/۱۵ درصد (وزنی). مواد فوق پس از اختلاط تا رسیدن به خمیر همگن و یکنواخت به وسیله دستگاه غذاساز (Myson, Ireland) کاملاً مخلوط می شوند. خمیر بدست آمده بر روی سینی پهن و تا ضخامت ۱/۵ سانتیمتر نازک شد. به منظور سهولت در عمل قالب زنی، خمیر تهیه شده به مدت ۱ ساعت داخل فریزر (۱۸- درجه سانتیگراد) قرار می گیرند و سپس عمل برش زنی به کمک قالب دستی به شکل دایره با قطر ۴ سانتیمتر انجام شد.

محلول های صمغی شامل متیل سلولوز ۲ درصد (وزنی)، پکتین ۱ درصد (وزنی/وزنی) و ترکیب متیل سلولوز و پکتین ۱ درصد (وزنی) تهیه گردید. به منظور تشکیل ژل در محلول های حاوی پکتین ۰/۵ درصد (وزنی/وزنی) کلسیم کلرید نیز اضافه شد. محلول های تهیه شده تا دمای ۷۰ درجه سانتیگراد حرارت دیدند و به کمک همزن مغناطیسی کاملاً یکنواخت شدند، سپس در دمای ۴ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت نگهداری شدند تا تشکیل ژل دهند. در مرحله بعد نمونه ها در دمای محیط داخل محلول های صمغی به مدت ۲ دقیقه غوطه ور شدند. به منظور حذف محلول اضافی، نمونه ها به مدت ۵ دقیقه بر روی سینی مشبک قرار گرفتند و برای کاهش رطوبت سطحی به مدت ۳ دقیقه داخل آن (Memmert, 154 Beschickung- loading, Model 100-800) با دمای ۱۳۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند.

### ۲-۳- شرایط سرخ کردن

فرآیند سرخ کردن در سرخ کن خانگی (Black and Decker, Type 01) با قابلیت تنظیم دما صورت گرفت. روغن مصرفی، روغن آفتابگردان بود زیرا روغن آفتابگردان نقطه دود بالایی دارد. قبل از فرآیند سرخ کردن ابتدا ۱/۵ لیتر روغن را در داخل سرخ کن ریخته و روغن به مدت یک ساعت گرم می شود. سپس فلافل ها در دماهای ۱۵۰، ۱۷۰ و ۱۹۰ درجه سانتیگراد برای ۰، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دقیقه سرخ شدند. بعد از این زمان نمونه ها فوراً از داخل روغن خارج شدند و به آرامی به وسیله کاغذ جاذب، روغن سطحی آن جدا شد و برای انجام آزمایشات بعدی تا دمای اتاق سرد شدند. تعویض روغن نیز هر ۴ ساعت یک بار انجام گرفت.

می شوند [۱۳]. ساز و همکاران در سال ۲۰۰۴ بیان کردند که استفاده از ۲-۱٪ متیل سلولوز باعث کاهش ۲/۵۴- ۱/۲۳ درصد جذب روغن می شود [۱۰]. سینگ تانگ و تانگ کیو در سال ۲۰۰۹ تاثیر هیدروکلوئیدها (آلژینات، CMC و پکتین) را بر روی جذب روغن در چیپس موز مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پکتین بیشترین تاثیر را بر کاهش جذب روغن داشت [۱]. مالیکارجونان و همکاران در سال ۱۹۹۷ گزارش کردند که در صورت پوشش دهی نمونه ها با زئین ذرت، HPMC و MC میزان جذب روغن ۸۳-۵۹/۶۱ درصد کاهش می یابد [۱۱]. جوکار و همکاران در سال ۲۰۰۶ نشان دادند که غوطه ور نمودن ورقه های سیب زمینی در محلول ۱، ۳ و ۵ درصد پکتین باعث کاهش جذب روغن می شود. غلظت ۵ درصد بیشترین میزان کاهش جذب روغن (۴/۳۴ درصد) را باعث گردید [۱۴].

با توجه به مضرات بالا بودن روغن در محصولات سرخ شده و تاثیر مواد هیدروکلوئیدی بر کاهش میزان جذب روغن در این محصولات این مطالعه با هدف بررسی امکان تولید فلافل کم چرب با استفاده از مواد هیدروکلوئیدی (کربوکسی متیل سلولوز، پکتین و ترکیب این دو صمغ) و بررسی تاثیر پوشش دهی بر میزان جذب روغن و خواص فیزیکی شیمیایی فلافل انجام شد.

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- مواد

مواد اولیه مورد استفاده در این مطالعه شامل نخود، پودر تخم مرغ، فلفل دلمه ای، آرد گندم و روغن آفتابگردان (تولید شرکت نینا، ایران) از فروشگاه های محلی شهر مشهد تهیه گردید. متیل سلولوز از شرکت سیگما، پکتین با درجه متوکسیله پایین و پترولیوم اتر از شرکت اسکارلاست اسپانیا خریداری شد.

### ۲-۲- آماده سازی نمونه ها و محلول های

#### صمغی

مواد اولیه به منظور تهیه فلافل به شرح ذیل می باشد: نخود ۶۷/۵۷ درصد (وزنی)، پودر تخم مرغ ۳/۷۲ درصد (وزنی)، نمک ۰/۴۲ درصد (وزنی)، فلفل ۰/۳۴ درصد (وزنی)، جعفری خشک ۸/۴۴ درصد (وزنی)، سیر ۱/۶۹ درصد (وزنی)، بکینگ پودر ۰/۰۸۹ درصد (وزنی)، آرد گندم ۴/۰۵ درصد (وزنی)، فلفل

## ۲-۴- اندازه گیری خصوصیات فیزیکی

## شیمیایی فلافل سرخ شده

## ۲-۴-۱- محتوی رطوبتی

اندازه گیری میزان رطوبت نمونه های سرخ شده مطابق با استاندارد AACC (۱۹۸۶) با خشک کردن نمونه ها در آون ۱۰۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. میزان رطوبت بر مبنای وزن خشک محاسبه گردید.

## ۲-۴-۲- محتوی روغن

میزان روغن با استفاده از استاندارد AOAC (۱۹۹۰) تعیین شد. نمونه های خشک شده ی مورد استفاده برای اندازه گیری میزان رطوبت، ابتدا به وسیله هاون چینی خرد شده، سپس ۵-۸ گرم از نمونه های خشک و خرد شده در کارتوش قرار گرفت و در نهایت استخراج روغن با استفاده از پترولیوم اتر به مدت ۶ ساعت انجام گرفت. بعد از استخراج، کارتوش ها به مدت یک ساعت در آون ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار گرفتند تا رطوبت و باقیمانده حلال تبخیر شود. میزان روغن نیز بر مبنای وزن خشک محاسبه گردید.

## ۲-۴-۳- تصویر گیری و پردازش تصاویر

برای بررسی تاثیر تیمارهای مختلف بر تغییرات رنگ سطح نمونه های سرخ شده به صورت ذیل عمل شد:

الف) سیستم پردازش تصویر: نمونه های خارج شده از سرخ کن پس از حذف روغن سطحی تا دمای اتاق سرد شدند. برای تصویرگیری، از دوربین دیجیتال (Canon EOS 1000D, Taiwan) استفاده شد. این روش تصویر گیری جهت نورپردازی یکنواخت، نیازمند به محفظه تاریک می باشد. در این محفظه تاریک که اتاقکی چوبی با دیواره های سیاه رنگ است ۴ لامپ فلورسنت-Oppl, model: MX396 (Oppl, model: MX396-8 Y82) وات به طول ۶۰ سانتی متر، پایه تثبیت کننده و دوربین تعبیه شده است. لامپ ها در فاصله ۴۵ سانتی متری بالای نمونه و برای جلوگیری از بازتابش نور با زاویه ۴۵ درجه نسبت به آن نصب شده بودند. نمونه ها روی صفحه سفیدی قرار گرفتند و دوربین در فاصله ۲۵ سانتی متری از سطح نمونه و با زاویه ۴۵ درجه نسبت به لامپ های درون اتاقک بر روی پایه تثبیت گردید. تمامی تصاویر در حالتی گرفته شد که تنظیمات عدسی در حالت دستی، با فاصله کانونی ۳۵ میلی متر

و سرعت یک هشتم تنظیم شده بود. در نهایت تصاویر با فرمت JPEG ذخیره شدند.

ب) پیش پردازش تصاویر: تقطیع تصاویر (جدا نمودن تصویر حقیقی نمونه های فلافل از پس زمینه) با استفاده از نرم افزار فتوشاپ (Adobe, v.8.0) انجام گرفت و عکس ها به فرمت PNG ذخیره شدند.

ج) تغییر فضای رنگی از RGB به  $L^*a^*b^*$ : از آنجا که پارامترهای رنگی  $L^*a^*b^*$  وابسته به ابزار اندازه گیری نبوده، بدون توجه به خروجی یا ورودی، رنگ یکنواختی را فراهم می کند [۱۵]. تصاویر به دست آمده به فضای رنگی  $L^*a^*b^*$  تبدیل شدند. در این مطالعه، آنالیز تصویر با استفاده از نرم افزار ایمج جی (ImageJ) نسخه ۱,۴۳r انجام شد. تغییرات کلی رنگ ( $\Delta E$ ) با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد:

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2} \quad (1)$$

## ۲-۴-۴- آزمایش بافت

برای اندازه گیری بافت فلافل ها از دستگاه آنالیز بافت (QTS25 CNS Farnell, England) استفاده شد. جهت اندازه گیری سفتی فلافل سرخ شده از پروب مخروطی به قطر ۳ میلی متر استفاده شد. نمونه ها به قطر ۴ و ضخامت ۱/۵ سانتی متر تحت سرعت ۶۰ میلی متر/دقیقه تا عمق ۱۰ میلی متر مورد آزمون نفوذ قرار گرفتند.

## ۲-۴-۵- اندازه گیری حجم

حجم فلافل با استفاده از روش جا به جایی جامد اندازه گیری شد [۱۶]. در این روش از یک ظرف با حجم مشخص ( $V_C$ ) استفاده می شود. ابتدا ظرف خالی با استفاده از ترازو ( $A \& D, P1503020$ ) توزین شده ( $W_T$ )، سپس ظرف را با ارزن پر کرده و توزین می شود ( $W_C$ )، در نهایت فلافل داخل ظرف قرار داده می شود و ارزن بر روی آن ریخته می شود و مجدداً وزن می شود ( $W_{C+M}$ ) و با استفاده از روابط ذیل حجم فلافل محاسبه می شود:

$$\text{دانسیته ارزن} = (W_{C+M} - W_C) / V_C \quad (2)$$

$$\text{حجم فلافل} = [V_C - ((W_T - W_D - W_C) / D_M)]$$

## ۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

این مطالعه جهت بررسی تأثیر مواد هیدروکلوئیدی بر میزان جذب روغن و خواص کیفی فلافل سرخ شده براساس طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای تجزیه و تحلیل نتایج از نرم افزار مینی تب ۱۵ 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.

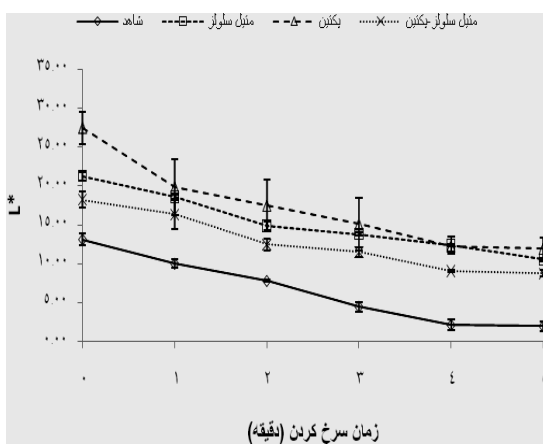
## ۳- نتایج و بحث

آنالیز واریانس نشان می دهد که اثر پوشش های مختلف، دما و زمان سرخ کردن و همچنین اثرات متقابل آنها بر میزان رطوبت فلافل ها اثر معنی داری دارد ( $P < 0.01$ ). اثر پوشش های مختلف، دما و زمان سرخ کردن بر میزان رطوبت فلافل سرخ شده به روش عمیق در جدول ۱ مشاهده می شود. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود فلافل های پوشش داده شده در مقایسه با نمونه شاهد در طول دوره سرخ کردن میزان رطوبت بالاتری دارند و ماده خشک در این تیمارها در مقایسه با نمونه شاهد به طور معنی دار پایین تر است. بیشترین میزان در پایان دوره سرخ کردن در نمونه های پوشش داده شده با مخلوط متیل سلولز- پکتین دیده شد که این امر ممکن است به دلیل ظرفیت بالای اتصال با آب این پوشش و قابلیت تشکیل فیلم توسط آن باشد. همانطور که انتظار می رود با افزایش زمان سرخ کردن میزان رطوبت نمونه ها کاهش می یابد، این روند کاهشی در دقیقه های ابتدایی سرخ کردن سریع تر است که این امر به دلیل حذف رطوبت سطحی نمونه ها می باشد. روند مشابهی توسط انگادی و همکاران (۲۰۰۹)، آددجی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش شده است [۷ و ۸]. همچنین با توجه به جدول ۱ با افزایش دمای سرخ کردن میزان افت رطوبت در نمونه ها افزایش می یابد، کروکیدا و همکاران (۲۰۰۰) نتایج مشابهی را گزارش کردند [۱۷].

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود میزان روغن با افزایش زمان دوره سرخ کردن افزایش می یابد ولی با افزایش دما روند کاهشی از خود نشان می دهد. دلیل این امر این است که در دماهای بالا تغییرات بافتی و تشکیل پوسته سریع تر

اتفاق می افتد که ممکن است پوسته به عنوان یک عامل مانع در برابر خروج رطوبت عمل کند و یا با کاهش تخلخل در بافت محصول از جایگزین شدن روغن جلوگیری کند [۱۸]. نتایج نشان می دهد که کمترین میزان روغن در نمونه های پوشش داده با مخلوط متیل سلولز- پکتین دیده می شود که این امر می تواند به دلیل خاصیت تشدید کنندگی این دو صمغ بر یکدیگر باشد. دو پوشش پکتین و متیل سلولز تقریباً تأثیر مشابهی بر میزان روغن داشتند. با افزایش دما از ۱۵۰ به ۱۹۰ درجه سانتیگراد میزان روغن نمونه های شاهد و پوشش داده شده با مخلوط متیل سلولز- پکتین از ۰/۲۶ به ۰/۱۹ و ۰/۲۱ به ۰/۱۴ (گرم/گرم ماده خشک) رسید.

نتایج نشان داد بالاترین مقدار شاخص  $L^*$  (روشنایی) مربوط به نمونه های پوشش داده شده با پکتین است و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد است. طی فرآیند سرخ کردن با افزایش زمان سرخ کردن مقدار  $L^*$  کاهش یافت (نمودار ۱) و رنگ محصول تیره تر شد و اساساً با واکنش های مایلارد همبستگی دارد [۱۹]. با افزایش دمای سرخ کردن مقدار  $L^*$  به طور معنی داری کاهش پیدا کرد (نمودار ۲). همچنین رفتار مشابهی برای شاخص  $b^*$  مشاهده شد. نتایج بدست آمده با تحقیقات دوئیک و همکاران (۲۰۱۰) مطابقت دارد [۲۰].

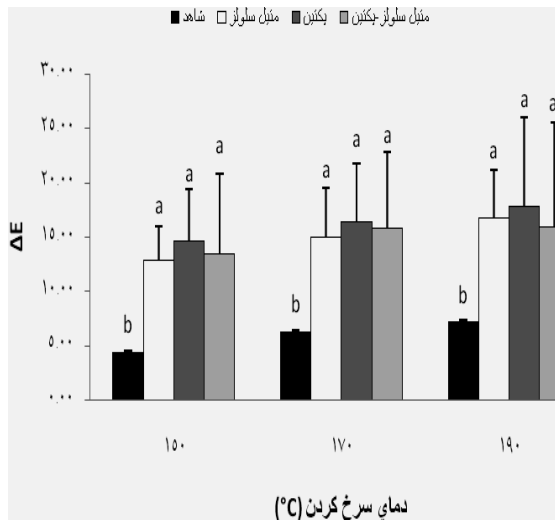


نمودار ۱ میانگین مقدار  $L^*$  در طول دوره سرخ کردن فلافل

در دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد

جدول ۱ مقادیر میانگین و انحراف استاندارد محتوی رطوبت و روغن (g/g db) فلافل سرخ شده در شرایط عملیاتی مختلف (db) بر مبنای ماده خشک)

محتوی رطوبتی (g/g db)	دما (°C)					تیمار
	۵	۴	۳	۲	۱	
						زمان (دقیقه)
۰/۷۴(۰/۰۶)	۰/۹۰(۰/۱۲)	۰/۹۲(۰/۰۹)	۱/۰۳(۰/۰۹)	۱/۰۸(۰/۱۱)	۱/۵۱(۰/۳۶)	۱۵۰ شاهد
۰/۷۷(۰/۳۳)	۰/۶۱(۰/۱۵)	۰/۸۲(۰/۰۶)	۰/۹۶(۰/۱۰)	۰/۹۳(۰/۰۷)	۱/۴۰(۰/۲۳)	۱۷۰
۰/۵۶(۰/۰۸)	۰/۵۲(۰/۱۴)	۰/۶۸(۰/۱۲)	۰/۸۶(۰/۱۴)	۱/۱۸(۰/۲۵)	۱/۴۹(۰/۳۶)	۱۹۰
۰/۸۰(۰/۰۲)	۰/۸۹(۰/۰۳)	۱/۰۰(۰/۰۲)	۱/۰۴(۰/۰۳)	۱/۲۰(۰/۰۲)	۱/۵۲(۰/۱۰)	۱۵۰ متیل سلولز
۰/۶۷(۰/۰۱)	۰/۷۳(۰/۰۳)	۰/۸۳(۰/۰۱)	۰/۹۶(۰/۰۴)	۱/۰۷(۰/۰۳)	۱/۳۹(۰/۰۴)	۱۷۰
۰/۵۹(۰/۰۲)	۰/۶۵(۰/۰۴)	۰/۸۰(۰/۰۹)	۰/۸۸(۰/۱۰)	۱/۰۴(۰/۰۷)	۱/۳۹(۰/۱۰)	۱۹۰
۰/۸۳(۰/۰۱)	۰/۹۴(۰/۰۴)	۱/۰۲(۰/۰۳)	۱/۱۵(۰/۰۳)	۱/۲۴(۰/۰۵)	۱/۴۰(۰/۰۱)	۱۵۰ پکتین
۰/۷۰(۰/۰۱)	۰/۷۷(۰/۰۳)	۰/۹۰(۰/۰۳)	۱/۰۶(۰/۰۵)	۱/۱۴(۰/۰۵)	۱/۴۱(۰/۰۲)	۱۷۰
۰/۶۲(۰/۰۳)	۰/۷۰(۰/۰۴)	۰/۸۸(۰/۰۵)	۱/۰۲(۰/۰۵)	۱/۱۶(۰/۰۴)	۱/۴۰(۰/۰۵)	۱۹۰
۱/۰۳(۰/۰۷)	۱/۱۱(۰/۰۳)	۱/۱۶(۰/۰۳)	۱/۲۴(۰/۰۴)	۱/۳۲(۰/۰۸)	۱/۴۲(۰/۰۴)	۱۵۰ متیل سلولز-پکتین
۰/۷۸(۰/۰۱)	۰/۸۴(۰/۰۴)	۱/۰۳(۰/۰۵)	۱/۹۰(۰/۰۴)	۱/۳۰(۰/۰۴)	۱/۴۰(۰/۰۳)	۱۷۰
۰/۶۸(۰/۰۳)	۰/۷۸(۰/۰۳)	۰/۹۷(۰/۰۲)	۱/۱۵(۰/۰۵)	۱/۳۴(۰/۰۲)	۱/۴۲(۰/۰۱)	۱۹۰
محتوی روغن (g/g db)	دما (°C)					تیمار
۵	۴	۳	۲	۱	۰	
						زمان (دقیقه)
۰/۲۷(۰/۰۰)	۰/۲۴(۰/۰۰)	۰/۲۴(۰/۰۰)	۰/۲۱(۰/۰۱)	۰/۲۰(۰/۰۰)	۰/۰۵(۰/۰۰)	۱۵۰ شاهد
۰/۲۱(۰/۰۱)	۰/۱۸(۰/۰۰)	۰/۱۷(۰/۰۱)	۰/۱۴(۰/۰۰)	۰/۱۱(۰/۰۰)	۰/۰۵(۰/۰۰)	۱۷۰
۰/۱۹(۰/۰۱)	۰/۱۸(۰/۰۰)	۰/۱۶(۰/۰۱)	۰/۱۲(۰/۰۰)	۰/۱۱(۰/۰۱)	۰/۰۴(۰/۰۰)	۱۹۰
۰/۲۴(۰/۰۰)	۰/۲۲(۰/۰۱)	۰/۲۲(۰/۰۰)	۰/۲۰(۰/۰۰)	۰/۱۹(۰/۰۰)	۰/۰۴(۰/۰۰)	۱۵۰ متیل سلولز
۰/۱۹(۰/۰۰)	۰/۱۷(۰/۰۱)	۰/۱۴(۰/۰۰)	۰/۱۳(۰/۰۰)	۰/۱۱(۰/۰۰)	۰/۰۴(۰/۰۰)	۱۷۰
۰/۱۸(۰/۰۰)	۰/۱۶(۰/۰۰)	۰/۱۴(۰/۰۰)	۰/۱۱(۰/۰۰)	۰/۱۰(۰/۰۰)	۰/۰۴(۰/۰۰)	۱۹۰
۰/۲۲(۰/۰۰)	۰/۲۱(۰/۰۰)	۰/۲۰(۰/۰۰)	۰/۱۹(۰/۰۰)	۰/۱۷(۰/۰۰)	۰/۰۴(۰/۰۰)	۱۵۰ پکتین
۰/۱۸(۰/۰۰)	۰/۱۶(۰/۰۱)	۰/۱۳(۰/۰۰)	۰/۱۲(۰/۰۰)	۰/۱۱(۰/۰۰)	۰/۰۵(۰/۰۰)	۱۷۰
۰/۱۶(۰/۰۰)	۰/۱۵(۰/۰۱)	۰/۱۳(۰/۰۰)	۰/۱۱(۰/۰۰)	۰/۱۰(۰/۰۰)	۰/۰۴(۰/۰۰)	۱۹۰
۰/۲۲(۰/۰۱)	۰/۲۰(۰/۰۱)	۰/۱۷(۰/۰۱)	۰/۱۶(۰/۰۰)	۰/۱۵(۰/۰۰)	۰/۰۵(۰/۰۰)	۱۵۰ متیل سلولز-پکتین
۰/۱۵(۰/۰۱)	۰/۱۴(۰/۰۰)	۰/۱۳(۰/۰۰)	۰/۱۲(۰/۰۰)	۰/۱۱(۰/۰۰)	۰/۰۵(۰/۰۰)	۱۷۰
۰/۱۴(۰/۰۰)	۰/۱۳(۰/۰۱)	۰/۱۱(۰/۰۰)	۰/۱۰(۰/۰۰)	۰/۱۰(۰/۰۰)	۰/۰۴(۰/۰۰)	۱۹۰

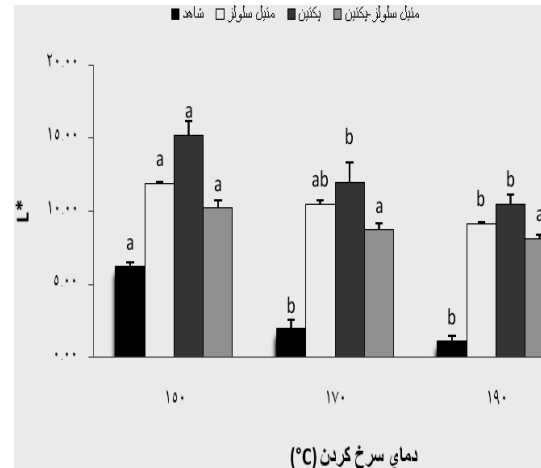


نمودار ۴ تأثیر دمای سرخ کردن بر میزان  $\Delta E$  بعد از ۵ دقیقه

جدول ۲ میزان سفتی فلافل ها را طی فرایند سرخ کردن نشان می دهد. میزان سفتی محصول یکی از مهمترین پارامترهای حسی است که از سوی مصرف کننده مورد توجه قرار می گیرد. آنالیز واریانس نشان می دهد که پوشش های مختلف، دما و زمان سرخ کردن و همچنین اثرات متقابل آنها بر میزان سفتی فلافل ها اثر معنی داری دارد ( $P < 0.01$ ). نتایج نشان داد که طی فرآیند سرخ کردن میزان سفتی نمونه ها افزایش می یابد که این امر به دلیل تشکیل پوسته و کاهش میزان رطوبت نمونه ها است. همچنین با افزایش دمای سرخ کردن میزان سفتی نمونه ها افزایش پیدا کرد که با نتایج گزارش شده توسط راسل (۲۰۰۱) مطابقت دارد [۲۲]. مشاهده می شود که بیشترین سفتی مربوط به نمونه شاهد است و کمترین میزان سفتی در نمونه های پوشش داده شده با پکتین وجود دارد.

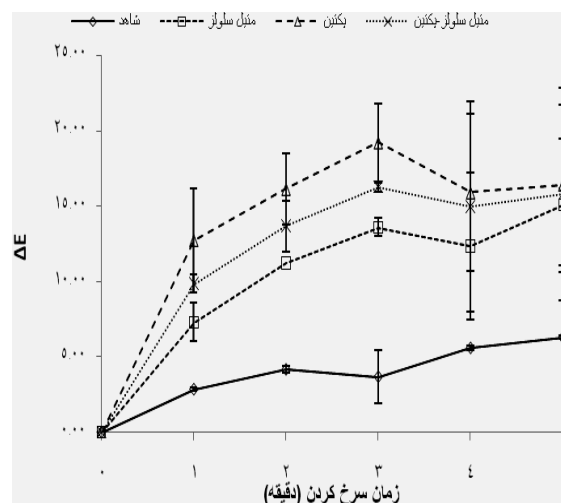
جدول ۳ میزان تغییرات حجم فلافل ها طی فرآیند سرخ کردن را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش زمان سرخ کردن حجم نمونه ها افزایش پیدا می کند البته این افزایش تا دقیقه ۳ از سرعت بیشتری برخوردار است. با افزایش دمای سرخ کردن حجم نمونه ها کاهش می یابد که به دلیل از دست دادن رطوبت در دماهای بالا است. کمترین میزان تغییرات حجم در نمونه های پوشش داده شده با پکتین و مخلوط متیل سلولز- پکتین مشاهده شد و بیشترین تغییرات حجم مربوط به نمونه شاهد است.

در طی فرآیند سرخ کردن عمیق فلافل از نظر مقدار  $\Delta E$  (تغییرات کلی رنگ) بین نمونه های پوشش داده شده و شاهد اختلاف معنی داری ( $P < 0.01$ ) وجود دارد. بالاترین مقدار  $\Delta E$  در نمونه های پوشش داده شده با پکتین مشاهده شد.



نمودار ۲ تأثیر دمای سرخ کردن بر میزان  $L^*$  بعد از ۵ دقیقه

نمودار ۳ نشان می دهد با افزایش زمان سرخ کردن میزان  $\Delta E$  افزایش می یابد همچنین با افزایش دمای سرخ کردن مقدار  $\Delta E$  نیز افزایش پیدا کرد (نمودار ۴). نتایج مشابهی برای شاخص  $a^*$  بدست آمد. به طور کلی از لحاظ دیداری با افزایش  $a^*$  و کاهش  $L^*$  منجر به ایجاد رنگ طلایی مطلوب در مواد غذایی سرخ شده می شود [۲۱].



نمودار ۳ میانگین مقدار  $\Delta E$  در طول دوره سرخ کردن فلافل در دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد

جدول ۲ مقادیر میانگین و انحراف استاندارد سفتی (g) فلافل سرخ شده در شرایط عملیاتی مختلف

تیمار	دما (°C)		زمان (دقیقه)
	۱۹۰	۱۷۰	
شاهد	۷۱/۰۰ (۲/۱۸)	۵۷/۰۰ (۳/۲۱)	۷۶/۵۰ (۲/۳۸)
	۱۴۳/۵۰ (۳/۴۲)	۱۲۶/۵۰ (۳/۶۴)	۱۱۲/۰۰ (۳/۲۸)
	۲۳۷/۰۰ (۴/۳۲)	۱۶۹/۵۰ (۵/۳۴)	۱۶۲/۵۰ (۶/۲۳)
	۳۵۶/۰۰ (۶/۴۶)	۲۹۴/۵۰ (۵/۵۷)	۳۱۰/۵۰ (۳/۲۴)
	۴۸۱/۰۰ (۷/۵۱)	۳۴۶/۰۰ (۷/۲۱)	۳۳۳/۰۰ (۴/۵۵)
متیل سلولز	۵۶۳/۵۰ (۱۰/۳۱)	۴۸۳/۵۰ (۵/۲۱)	۳۹۴/۵۰ (۵/۲۷)
	۶۳/۵۰ (۴/۲۴)	۶۳/۰۰ (۴/۱۲)	۷۳/۵۰ (۳/۲۸)
	۱۳۶/۵۰ (۴/۲۵)	۱۲۴/۵۰ (۲/۲۴)	۹۰/۵۰ (۳/۹۴)
	۲۰۷/۵۰ (۶/۶۵)	۱۶۱/۵۰ (۴/۵۴)	۱۳۰/۰۰ (۶/۳۶)
	۳۰۱/۰۰ (۳/۵۶)	۲۶۱/۵۰ (۵/۱۰)	۲۶۳/۵۰ (۷/۸۵)
پکتین	۳۷۰/۵۰ (۶/۰۵)	۳۳۵/۰۰ (۶/۶۴)	۳۱۸/۵۰ (۴/۶۵)
	۴۷۷/۵۰ (۹/۴۳)	۳۶۹/۰۰ (۳/۵۴)	۳۵۰/۵۰ (۸/۳۱)
	۶۴/۵۰ (۲/۲۱)	۵۹/۰۰ (۱/۵۵)	۶۰/۰۰ (۳/۲۱)
	۱۲۱/۰۰ (۲/۳۱)	۱۰۷/۰۰ (۵/۲۷)	۶۶/۵۰ (۵/۳۲)
	۱۸۱/۵۰ (۳/۴۴)	۱۵۰/۵۰ (۴/۸۷)	۱۲۱/۰۰ (۴/۶۳)
متیل سلولز-پکتین	۲۵۵/۰۰ (۸/۹۴)	۲۰۰/۰۰ (۳/۱۵)	۱۷۹/۰۰ (۵/۴۵)
	۳۱۷/۵۰ (۸/۴۳۲)	۲۶۲/۵۰ (۷/۹۸)	۲۳۶/۰۰ (۷/۷۶)
	۳۹۶/۰۰ (۱۰/۸۵)	۳۴۴/۵۰ (۸/۷۶)	۳۰۳/۰۰ (۵/۷۲)
	۶۵/۵۰ (۴/۱۸)	۶۰/۰۰ (۲/۱۲)	۵۹/۵۰ (۳/۲۳)
	۱۳۴/۵۰ (۲/۱۳)	۱۱۳/۵۰ (۵/۶۵)	۷۱/۵۰ (۴/۳۶)
	۱۹۲/۵۰ (۴/۳۵)	۱۵۹/۵۰ (۳/۷۶)	۱۳۱/۵۰ (۶/۵۴)
	۲۸۱/۵۰ (۸/۶۴)	۲۴۴/۰۰ (۶/۵۴)	۲۱۶/۰۰ (۵/۱۹)
	۳۵۶/۰۰ (۶/۴۶)	۳۰۹/۵۰ (۵/۱۵)	۲۹۹/۵۰ (۲/۶۵)
	۴۴۷/۵۰ (۵/۷۳)	۳۵۹/۰۰ (۹/۵۴)	۳۲۵/۵۰ (۶/۸۸)



جدول ۳ مقادیر میانگین و انحراف استاندارد حجم (cm<sup>3</sup>) فلافل سرخ شده در شرایط عملیاتی مختلف

تیمار	دما (°C)		زمان (دقیقه)
	۱۵۰	۱۷۰	
شاهد	۱۸/۵۰(۰/۱۰)	۱۸/۳۲(۰/۵۰)	۰
	۱۹/۶۵(۰/۳۱)	۲۰/۵۵(۰/۱۷)	۱
	۲۰/۵۶(۰/۰۲)	۲۲/۶۱(۰/۲۵)	۲
	۲۰/۹۷(۰/۱۱)	۲۳/۹۸(۰/۱۵)	۳
	۲۱/۵۲(۰/۰۶)	۲۴/۸۲(۰/۱۸)	۴
متیل سلولز	۲۱/۷۸(۰/۱۳)	۲۵/۱۶(۰/۱۴)	۵
	۱۸/۱۵(۰/۲۵)	۱۸/۳۸(۰/۰۸)	۰
	۱۹/۱۳(۰/۰۳)	۱۹/۹۸(۰/۱۵)	۱
	۱۹/۹۰(۰/۱۰)	۲۰/۹۹(۰/۱۶)	۲
	۲۰/۴۸(۰/۰۷)	۲۲/۰۰(۰/۳۳)	۳
پکتین	۲۰/۹۸(۰/۲۰)	۲۲/۷۲(۰/۱۸)	۴
	۲۱/۳۹(۰/۰۶)	۲۳/۰۷(۰/۰۶)	۵
	۱۸/۵۳(۰/۱۷)	۱۸/۴۹(۰/۱۱)	۰
	۱۸/۸۲(۰/۰۸)	۱۸/۹۸(۰/۰۱)	۱
	۱۹/۱۹(۰/۰۶)	۱۹/۵۵(۰/۱۴)	۲
متیل سلولز-پکتین	۱۹/۷۲(۰/۲۱)	۲۰/۵۴(۰/۳۱)	۳
	۲۰/۰۹(۰/۱۶)	۲۰/۷۷(۰/۱۷)	۴
	۲۰/۸۴(۰/۰۸)	۲۱/۰۹(۰/۰۴)	۵
	۱۸/۶۶(۰/۱۲)	۱۸/۶۷(۰/۱۳)	۰
	۱۹/۰۳(۰/۰۶)	۱۹/۳۳(۰/۱۴)	۱
			۲
			۳
			۴
			۵

های پوشش داده شده با مخلوط متیل سلولز- پکتین بیشترین محتوی رطوبت و کمترین میزان روغن را دارا بودند که دلیل این امر می تواند ظرفیت اتصال با آب بالای این ترکیبات و قابلیت تشکیل فیلم توسط آن ها است. همچنین با افزایش زمان سرخ کردن میزان رطوبت نمونه ها کاهش یافت ولی میزان سفتی، حجم، تغییرات کلی رنگ و میزان روغن افزایش یافتند.

#### ۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از پوشش دهی فلافل نشان داد که مواد هیدروکلوئیدی به دلیل خاصیت سد کنندگی و ظرفیت بالای اتصال با آب منجر به کاهش اتلاف رطوبت نمونه ها در طی فرآیند سرخ کردن شده، با توجه به نقش کنترل کنندگی آب در میزان جذب روغن، میزان روغن در همه ی نمونه های پوشش دهی شده کمتر از نمونه شاهد بود و در بین این انواع، نمونه

## ۵- منابع

- [12] Garcia, M. A., Ferrero, C., Bertola, N., Martino, M. and Zaritzky, N. 2002. Methylcellulose coatings applied to reduce oil uptake in fried products. *Food Science and Technology International*, 10: 339-346.
- [13] Susanne, A. and 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.
- [14] Jokar, M., Ramazani, R., Aminlari, M., Nikopour, H., and Mazlomi, M.T. 2006. Laboratory production of low fat potato chips by use of pectin as coating agent. 2<sup>nd</sup> Symposium on Food Industry-Isfahan.
- [15] Yam, K.L. and Papadakis, S.E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces", *Journal of Food Engineering*, 61(1): 137-142.
- [16] Rehman, S.U., Paterson, A., Hussain, S., Anjum Murtaza, M. and Mehmood, S. 2007. Influence of partial substitution of wheat flour with vetch (*Lathyrus sativus* L) flour on quality characteristics of doughnuts. *LWT Food Science and Technology*, 40: 73-82.
- [17] Krokida, M. K., Oreopoulou, V. and Maroulis, Z. B. 2000. Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*, 44: 39-46.
- [18] Moyano, P. and Pedreschi, F. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: effect of pre-treatments. *LWT – Food Science and Technology*, 39: 285-291.
- [19] Gazmuri, A.M. and Bouchon, P. 2009. Analysis of wheat gluten and starch matrices during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 115 (3): 999-1005.
- [20] Dueik, V., Robert, P., and Bouchon, P. 2010. Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps. *Food Chemistry*, 119: 1143- 1149.
- [21] Salvador, A., Sanz, T. and Fiszman, S.M. 2008. Performance of methyl cellulose in coating batters for fried products. *Food Hydrocolloids*, 22: 1062-1067.
- [22] Rossell, B. J. 2001. Factors affecting the quality of frying oils and fats: Improving quality. Cambridge, UK: CRC Press. pp. 115-336.
- [1] Singthong, J. and Thongkaew, C. 2009. Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips. *LWT - Food Science and Technology*, 42: 1199-1203.
- [2] Dana, D. and Saguy, I. S. 2006. Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 130: 267-272.
- [3] Fiszman, S. M., Salvador, A. and Sanz, T. 2005. Why, when and how hydrocolloids are employed in batter-coated food - a review. *Progress in Food Biopolymer Research*, 1: 55-68.
- [4] Innawong, B. 2001. Improving fried product and frying oil quality using nitrogen gas in a pressure frying system. [PhD Dissertation]. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- [5] Moreira, R., Castell-Perez, M. E. and Barrufet, M. A. 1999. Deep-fat Frying: fundamentals and applications. Maryland: Aspen Publishers, Inc.
- [6] Rimac-Brcic, S., Lelas, V., Rade, D. and Simundi, B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *Journal of Food Engineering*, 64: 237-241.
- [7] Akdeniz, N., Sahin, S. and Sumnu, G. 2006. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *Journal of Food Engineering*, 75: 522-526.
- [8] Ngadi, M., Li, Y. and Oluka, S. 2007. Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation. *LWT- Food Science and Technology*, 40: 1784-1791.
- [9] Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, 14: 364-373.
- [10] Sanz, T., Salvador, A. and 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.
- [11] Mallikarjunan, P., Chinnan, M. S., Balasubramaniam, V. M. and Phillips, R. D. 1997. Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *Lebensm. Wiss. U. Technol*, DOI: 10.1111/j.1745-4549. 1998.tb00811.x. 30, 709-14.

## Evaluation of coating and frying conditions on physicochemical properties of deep fat fried Falafel

Hasanpour, N.<sup>1</sup>, Mohebbi, M.<sup>2\*</sup>, Varidi, M.<sup>2</sup>

1. M.Sc student of food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad.
2. Assistant Professors of Department of food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad.

(Received: 92/2/20 Accepted: 92/10/8)

Fried foods are favored by consumers because of the crispy crust, desired flavor and color, but these properties are accompanied by some undesirable effects to the consumers due to the considerable amount of oil absorption during frying process. Nowadays, the main challenge is to enhance the frying process by controlling and lowering the final fat frying of the fried foods. In this study, the effect of hydrocolloids (methyl cellulose, pectin and methyl cellulose- pectin) on the quality of deep-fat fried Falafels at 150, 170 and 190 °C for 1, 2, 3, 4, and 5 min were evaluated. Moisture content decreased whereas oil content, hardness, volume and color of potatoes increased with increasing fried time, fried temperature. The lowest oil content values are given for samples coated with methyl cellulose- pectin. The control samples had the highest percentage of fat content in all the frying time range.

**Keywords:** Falafel, Deep- fat frying, Methyl cellulose- pectin, Oil absorption

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: mohebbat2000@yahoo.com