

## خواص رئولوژیکی پوشش‌های خمیری مخصوص سرخ کردن تهیه شده با ترکیب‌های مختلف

فرشته دهقان نصیری<sup>۱</sup>، محبت محبی<sup>۲\*</sup>، فریده طباطبایی یزدی<sup>۱</sup> و محمدحسین حداد خداپرست<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۰

<sup>۱</sup> فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

<sup>۳</sup> استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

\*مسئول مکاتبه: Email: Mohebbatm@gmail.com

### چکیده

مواد غذایی پوشش‌دار شده، با توجه به ویژگی‌های ظاهری، بافت ترد، رنگ، عطر و طعم دلپذیر بسیار مورد توجه می‌باشند. ویژگی‌های کیفی این مواد غذایی تحت تاثیر ویژگی‌های رئولوژیکی مواد تشکیل دهنده پوشش قرار دارد. در این پژوهش ویژگی‌های رئولوژیکی دو نوع پوشش (فرمول متداول و پوشش حاوی ۲٪ متیل سلولز) حاوی سطوح مختلف آرد گندم، سویا و ذرت مورد مطالعه قرار گرفت. داده‌های رفتار جریان به‌خوبی با استفاده از قانون توان برازش شدند. تمامی نمونه‌ها رفتار ضعیف‌شونده با برش را نشان دادند. شاخص رفتار جریان در فرمولاسیون‌های مختلف بین ۰/۳۶ تا ۰/۶۲ بدست آمد. نتایج نشان داد که افزودن متیل سلولز باعث افزایش ثبات و رفتار ضعیف‌شوندگی با برش پوشش می‌شود. ویسکوزیته‌ی ظاهری نمونه‌ها در شرایط آزمایش و در درجه‌ی برش  $s^{-1}$  ۲۰۰ بین ۰/۶۸ تا ۷/۳۳ Pa.s تغییر کرد. در کلیه نمونه‌ها، پوشش با ۵۰٪ آرد سویا، بالاترین ویسکوزیته ظاهری را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: خواص رئولوژیکی، پوشش خمیری، آرد سویا، آرد گندم، آرد ذرت

## Rheological properties of deep frying batters prepared with different composition

F Dehghan Nasiri<sup>1</sup>, M Mohebbi<sup>2\*</sup>, F Tabatabae Yazdi<sup>2</sup> and MH Haddad Khodaparast<sup>3</sup>

Received: March 11, 2010 Accepted: April 08, 2012

<sup>1</sup> MSc Graduated Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

\*Corresponding author: E-mail: Mohebbat2000@yahoo.com

### Abstract

Battered foods are popular due to appearance and taste characteristics such as their crispy texture, desirable color and flavor. The quality of coated products is influenced by rheological properties of the batter. In this study, the rheological properties of two types of batters (batter with typical formulation and batter with 2% MC) were investigated. The batters were formulated using different ratios of wheat, soy and corn flours. The batters in power-law model showed shear-thinning behavior. The rheological properties varied with different types of flours and their combination ratios. The values of flow behavior index (n) in different batter formulations were found between 0.36 to 0.62. MC increases the batter consistency and enhanced the shear-thinning behavior of the batters. Batters viscosity varied from 0.68 to 7.33 Pa.s at 200 s<sup>-1</sup> shear rates. In all samples, batter with 50% soy flour provided the highest apparent viscosity among all formulations.

**Keywords:** Rheological properties, Batter, Soy flour, Wheat flour, Corn flour

### مقدمه

روش‌ها می‌توان به اصلاح فرمولاسیون پوشش خمیری اشاره کرد (شیه و همکاران ۲۰۰۴).

پوشش خمیری، ترکیبی متشکل از آرد، آب و ادویه می‌باشد که ماده غذایی قبل از سرخ شدن در آن غوطه‌ور می‌گردد. این پوشش با توجه به بهبود ظاهر، عطر و طعم، کاهش آبرزایی، کمک به قهوه‌ای شدن و ایجاد بافتی ترد در مواد غذایی سرخ شده به روش عمیق، بسیار مورد توجه می‌باشد (فیزمان و سالوادور ۲۰۰۳؛ دوگان و همکاران ۲۰۰۵).

هنگامی‌که پوشش خمیری خام است باید لایه‌ای هموزن را ایجاد کند که سطح ماده غذایی را که آن نیز عموماً خام است بپوشاند، ضمناً این پوشش باید قبل، بعد و ضمن سرخ شدن به ماده غذایی متصل باقی بماند و بعد

با توجه به آماده‌سازی آسان و سریع مواد غذایی پوشش داده شده با پوشش‌های خمیری<sup>۱</sup>، مصرف این دسته از مواد غذایی که عمدتاً بصورت سرخ‌شده عرضه می‌شوند رو به افزایش است (لورکا و همکاران ۲۰۰۷). سرخ‌کردن یکی از روش‌های مرسوم آماده‌سازی مواد غذایی است که با توجه به ویژگی‌های مطلوب محصول نهایی بسیار مورد توجه است (بلوریان و همکاران ۱۳۸۸). با این وجود، این محصولات محتوی مقادیر بالای روغن می‌باشند و با توجه به اثر منفی چربی بر سلامتی، تلاش‌های زیادی به منظور کاهش محتوای چربی در این دسته از مواد غذایی صورت گرفته است که از این

کالپ (۱۹۹۳). ترکیبی از آردهای مختلف ممکن است اثر ویژه‌ای بر کیفیت موادغذایی پوشش‌دار داشته باشد. زو و نگادی (۲۰۰۶) به بررسی اثر نسبت‌های مختلف آردهای گندم، ذرت و برنج بر ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش پرداختند. نتایج نشان داد که پوشش حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم، در مقایسه با پوشش‌های خمیری حاوی ۱۰۰٪ آرد ذرت و ۱۰۰٪ آرد برنجویسکوزیته بالاتری دارند. دوگان و همکاران (۲۰۰۵)، به بررسی اثر افزودن ۵٪ آرد برنج و آرد سویا بر ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش و خصوصیات کیفی ناگت مرغ پرداختند. نتایج نشان داد که جایگزینی بخش کوچکی از آرد گندم با آرد سویا اثرات مطلوبی بر کیفیت محصول نهایی دارد.

در بین ترکیبات مختلف که به منظور کاهش محتوای چربی در موادغذایی سرخ‌شده بکار گرفته می‌شوند، مشتقات سلولز بسیار مورد توجه‌اند (سالوادور و همکاران ۲۰۰۸). قابلیت تشکیل فیلم و ایجاد ژل حرارتی متیل سلولز (MC) و هیدروکسی متیل سلولز (HPMC) به میزان زیادی باعث کاهش جذب چربی طی سرخ‌کردن بسیاری از موادغذایی می‌شود (آکدنیز و همکاران ۲۰۰۶). ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۰) نیز به بررسی اثر استفاده از MC بصورت پوشش در سطح پیراشکی پرداختند. نتایج نشان داد که بعلت تشکیل فیلم و کاهش تخلخل پوسته، این پوشش منجر به کاهش جذب روغن می‌شود. به‌طور کلی موادغذایی پوشش‌دار شده، به‌صورت پیش سرخ‌شده در بازار عرضه می‌شوند. در روشی که توسط فیزمان و همکاران (۲۰۰۳) به ثبت رسیده است، دیگر نیازی به استفاده از فرایند پیش سرخ کردن نمی‌باشد. این مرحله یکی از مشکل سازترین فرایندها در تولید محصولات پوشش‌دار شده می‌باشد. در این روش از قابلیت تشکیل ژل حرارتی متیل سلولز در فرمولاسیون پوشش خمیری استفاده می‌شود. آب مورد استفاده در تهیه این پوشش باید دمای ۱۵-۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد داشته باشد. در این دما متیل سلولز به‌طور کامل هیدراته می‌شود و توانایی تشکیل ژل قوی

از کوآگوله شدن<sup>۱</sup> دمای انجماد را تحمل کند و بدون ترک خوردن و خرد شدن به پوسته‌ای ترد با عطر و طعمی دلپذیر، در محصول نهایی تبدیل گردد (فیزمان و سالوادور ۲۰۰۳). آرد گندم متداول‌ترین آرد مورد استفاده در فرمول پوشش می‌باشد (سالوادور و همکاران ۲۰۰۳؛ لویی ۱۹۹۳)، البته سایر آردها مانند آرد سویا، برنج و ذرت نیز در این سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرند (فیزمان و همکاران ۲۰۰۳؛ رابرت ۱۹۹۰). آرد ذرت در این سیستم به عنوان کنترل کننده‌ی ویسکوزیته مورد توجه است، چرا که میزان بالای نشاسته در آن باعث افزایش توانایی پوشش خمیری در جذب آب می‌شود (راجر ۱۹۹۰). آرد ذرت به دلیل وجود پیگمان‌های بتا کاروتن باعث ایجاد رنگ متمایل به زرد می‌شود، بنابراین منبع طبیعی مناسبی برای ایجاد رنگ زرد در موادغذایی سرخ‌شده می‌باشد (زو و نگادی ۲۰۰۶؛ سالوادور و همکاران ۲۰۰۳). آرد ذرت همچنین با کاهش میزان رطوبت باقی مانده در پوشش، باعث ایجاد پوسته‌ای ترد می‌گردد. آرد سویا و جو نیز همانند آرد ذرت و برنج، اساساً به‌منظور افزایش چسبندگی و ظرفیت حفظ آب بکار می‌روند (لویی ۱۹۹۰). اجزا پروتئینی سویا باعث افزایش حفظ طعم و رطوبت، کمک به امولسیون کنندگی و تقویت بافت بسیاری از غذاها می‌شوند (رواقی و همکاران ۱۳۹۰). آرد سویا به‌دلیل ظرفیت بالای جذب آب، باعث کنترل حذف آب و جذب روغن طی سرخ کردن می‌گردد. ویسکوزیته‌ی بالا و میزان جذب بالا نیز از عوامل موثر در کاهش جذب روغن می‌باشند. به‌طور کلی جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد برنج و سویا با توجه به وجود اسیدآمین‌های مکمل در این آردها باعث افزایش ارزش غذایی می‌گردد (گنزالس و همکاران ۱۹۹۱؛ باکر وهین ۱۹۸۵). به‌طورکلی کیفیت آرد یکی از مهمترین فاکتورهای موثر بر ویسکوزیته‌ی پوشش خمیری، رنگ، تردی و چسبندگی پوشش سرخ‌شده می‌باشد (اولوینک و

مشخص، در کیفیت نهایی محصولات دارد. ویسکوزیته‌ی پوشش یک ویژگی کلیدی در کیفیت پوشش‌دهی است و به‌عنوان یکی از مهمترین فاکتورها در کارایی سرخ کردن مطرح می‌باشد (شیه و دیگل ۱۹۹۹). ویسکوزیته بر کمیت و کیفیت جذب، چسبندگی پوشش، ویژگی‌های جابجایی محصولات پوشش‌دار شده، ظاهر و بافت محصول نهایی موثر است. این پارامتر تحت تاثیر خواصی مانند مواد تشکیل‌دهنده‌ی پوشش خمیری، به‌ویژه میزان نشاسته، پروتئین و میزان پنتوزان، اندازه ذرات، میزان آب موجود و دما قرار می‌گیرد (زو و نگادی ۲۰۰۶). از آنجایی‌که بسیاری از خمیرها رفتارهای، ضعیف شوندگی با برش، وابسته به زمان و تیکسوتروپ را نشان می‌دهند، توصیف ویژگی‌های رئولوژیکی در دامنه‌ای از درجه‌ی برش و زمان اطلاعات جامع‌تری را به منظور بهینه کردن فرایند اختلاط، پمپ کردن، پوشش‌دهی، جذب و چسبندگی فراهم می‌نماید (چن و کانگ ۲۰۰۸).

مطالعات اندکی در زمینه‌ی تاثیر ترکیبات مختلف بر ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش‌های خمیری صورت گرفته است (سنز و همکاران ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵؛ دوگان و همکاران ۲۰۰۵). نتایج این مطالعات نشان داده است که ترکیب مواد مختلف در فرمولاسیون پوشش‌های خمیری تنها بر ثبات پوشش تاثیر می‌گذارد بلکه بر ویژگی‌های کیفی محصول نهایی نیز موثر می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر سطوح مختلف آردهای ذرت و سویا بر ویژگی‌های رئولوژیکی دو نوع پوشش خمیری، به‌منظور انتخاب پوشش، مناسب برای استفاده در تولید مواد غذایی پوشش‌دار می‌باشد. آگاهی از این ویژگی‌ها برای ایجاد فرمولاسیونی جدید، با خواص کاربردی و تغذیه‌ای مناسب بسیار سودمند است.

#### مواد و روش‌ها

مواد اولیه شامل آرد گندم، آرد سویا و آرد ذرت، نمک، فلفل، بکینگ پودر و نشاسته از فروشگاه‌های عمومی

را هنگامی‌که محصول پوشش‌دار شده، در حمام آب داغ قرار می‌گیرد، بدست می‌آورد. استفاده از متیل سلولز باعث تغییر ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش خمیری می‌گردد.

اهمیت رئولوژی در صنعت تولید بسیاری از مواد غذایی به‌خوبی شناخته شده است. کیفیت مواد غذایی پوشش‌دار شده، تحت تاثیر ویژگی‌های رئولوژیکی مواد تشکیل‌دهنده‌ی پوشش خمیری و تغییر ویژگی‌های آنها ضمن تغییر حالت از فرم مایع به جامد طی سرخ شدن، قرار می‌گیرد (زو و نگادی ۲۰۰۶). ویژگی‌های رئولوژیکی از جمله مهمترین خواص فیزیکی تعیین‌کننده رفتار پوشش خمیری می‌باشند. ویژگی‌های جریان به‌طور مستقیم بر ویژگی‌های کلیدی محصولات پوشش‌دار شده (ظاهر، بافت، تردی، رنگ، میزان جذب، محتوای رطوبت و روغن و قابلیت انتقال) موثراند، بنابراین نقش قابل توجه‌ای در فرایند تولید صنعتی این محصولات دارند (سنز و همکاران ۲۰۰۵؛ لووی ۱۹۹۳).

از فاکتورهای موثر بر ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش خمیری، می‌توان به ترکیب و نسبت مواد اولیه در فرمول پوشش، نسبت آب به ماده جامد و دما اشاره کرد (کانیگام و تید ۱۹۸۱). پوشش خمیری با فرمولاسیون‌های مختلف بسته به نوع محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد. هدف از بکارگیری ترکیبات مختلف ایجاد پوششی مناسب برای ایجاد ویژگی‌های مطلوب از لحاظ ظاهر، تردی، رنگ، چسبندگی، عطر و طعم محصولات پوشش‌دار سرخ‌شده می‌باشد (لووی ۱۹۹۰).

ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش به‌منظور درک تغییرات سختی، الاستیسیته، چسبندگی و دمای ژلاتیناسیون در طی فرایند حرارتی، با استفاده از رئومتر و یا ویسکومتر ارزیابی می‌گردد (سنز و همکاران ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵؛ سالوادور و همکاران، ۲۰۰۳؛ بیکسالی و همکاران ۲۰۰۳). در مراحل خاص تولید مواد غذایی پوشش‌دار، ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش خمیری خام نقشی

نشانگر پوششی است که در فرمول آن متیل سلولز نیز بکار رفته است.

### آزمون‌های رئولوژیکی

ویژگی‌های جریان فرمولاسیون‌های مختلف پوشش خمیری، با استفاده از ویسکومتر چرخشی بولین<sup>۱</sup> در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر درجه برش، تنش برشی و ویسکوزیته ظاهری نیز با استفاده از نرم افزار ویسکومتر بولین تعیین شد. اسپیندل‌های<sup>۲</sup> مناسب بر اساس ویسکوزیته‌ی نمونه‌ها انتخاب گردید. درجه‌ی برشی به صورت لگاریتمی از ۱۴/۲ تا ۲۰۰ (بر ثانیه) افزایش یافت. رفتار رئولوژیکی پوشش بر اساس برازش داده‌ها (درجه‌ی برش-نیروی برشی) با مدل قانون توان ( $\tau = k \dot{\gamma}^n$ ) توصیف گردید. در این رابطه  $\tau$  نیروی برشی (پاسکال)،  $K$  ضریب قوام (پاسکال ثانیه<sup>n</sup>)،  $\dot{\gamma}$  درجه برش (بر ثانیه) و  $n$  شاخص رفتار جریان (بدون واحد) است (استف ۱۹۹۶). کلیه آزمون‌ها با حداقل ۲ تکرار انجام شد.

### نتایج و بحث

کاهش ویسکوزیته‌ی پوشش خمیری با افزایش درجه برش، بیانگر رفتار غیرنیوتونی آن می‌باشد. مطابق جدول ۱، در کلیه پوشش‌ها، شاخص قانون توان و یا رفتار جریان کوچک‌تر از یک می‌باشد، همچنین مطابق شکل ۲ و ۳، با افزایش درجه‌ی برش، تنش برشی افزایش می‌یابد، که این نشان‌دهنده‌ی رفتار ضعیف‌شوندگی با برش است. نتایج بدست آمده، در دمای مورد مطالعه، به‌خوبی با استفاده از قانون توان، برازش شدند ( $R^2 > 99\%$ ). همان‌طور که مشاهده می‌شود، در دمای مورد مطالعه، افزودن متیل سلولز باعث افزایش چشمگیر شاخص قوام سیال و رفتار ضعیف‌شوندگی با برش پوشش می‌شود.

خریداری شد. متیل سلولز نیز از شرکت سیگما تهیه گردید.

### آماده‌سازی پوشش خمیری

سه ترکیب از آرد، با اختلاط دو نوع آرد، آرد گندم (W)، آرد گندم و ذرت (WC) آرد گندم و سویا (WS)، با نسبت‌های ۱۰۰:۰، ۹۵:۵، ۹۰:۱۰، ۷۰:۳۰ و ۵۰:۵۰ تهیه گردید. دو روش مختلف برای آماده‌سازی پوشش مورد استفاده قرار گرفت. در روش اول، پوشش خمیری با اختلاط مواد خشک شامل آرد گندم (۹۰/۸٪)، نمک (۵/۵٪)، مواد طعم‌دهنده (۰/۶٪)، مواد حجیم‌کننده (۳/۱٪)، با آب با دمای ۱۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به نسبت ۱:۱/۲ (w/w) به مدت ۲ دقیقه به‌منظور اطمینان از اختلاط کامل ترکیبات با استفاده از هم‌زن مولینکس (مدل BM40) با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه تهیه گردید.

در روش دوم (روش فیزمان و همکاران<sup>۲۰۰۳</sup>)، بعد از اختلاط مواد خشک شامل آرد گندم (۷۸/۸٪)، نشاسته گندم (۱۰٪)، نمک (۵/۵٪)، مواد حجم‌دهنده (۳/۱٪)، ادویه (۰/۶٪) و صمغ متیل سلولز (۲٪) با آب با دمای ۱۴ درجه‌ی سانتی‌گراد به نسبت ۱:۱/۲ (w/w) به مدت ۲ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه مخلوط شدند، سپس پوشش خمیری قبل از اندازگیری ویژگی‌های رئولوژیکی به مدت ۱ ساعت در حمام آب ۱۵ درجه‌ی سانتی‌گراد (در انکوباتور یخچال‌دار دنا)، به‌منظور آبیگری کامل متیل سلولز قرار گرفت. سطوح مختلف آردهای دیگر با جایگزینی آنها با آرد گندم تامین گردید. پوشش بر پایه آرد گندم نیز به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

در این مطالعه کدبندی فرمول‌های مختلف پوشش به صورت زیر می‌باشد: w: پوشش خمیری حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم، 5wc: ۹۵٪ آرد گندم و ۵٪ آرد ذرت، 10wc: ۹۰٪ آرد گندم و ۱۰٪ آرد ذرت، 5ws: ۹۵٪ آرد گندم و ۵٪ آرد سویا، 10ws: ۹۰٪ آرد گندم و ۱۰٪ آرد سویا می‌باشد. بنابراین عدد گزارش شده بیانگر درصد آرد جایگزین‌شده با آرد گندم می‌باشد، ضمن این‌که، MC

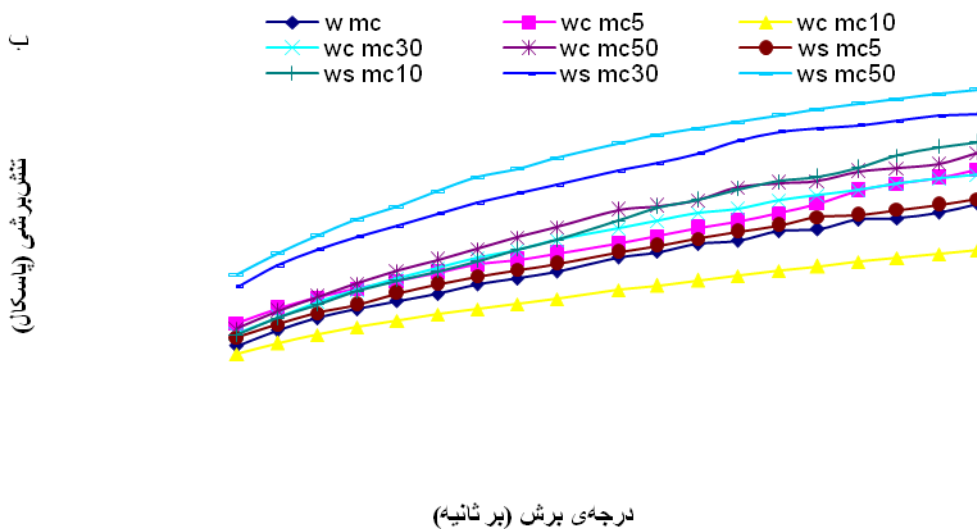
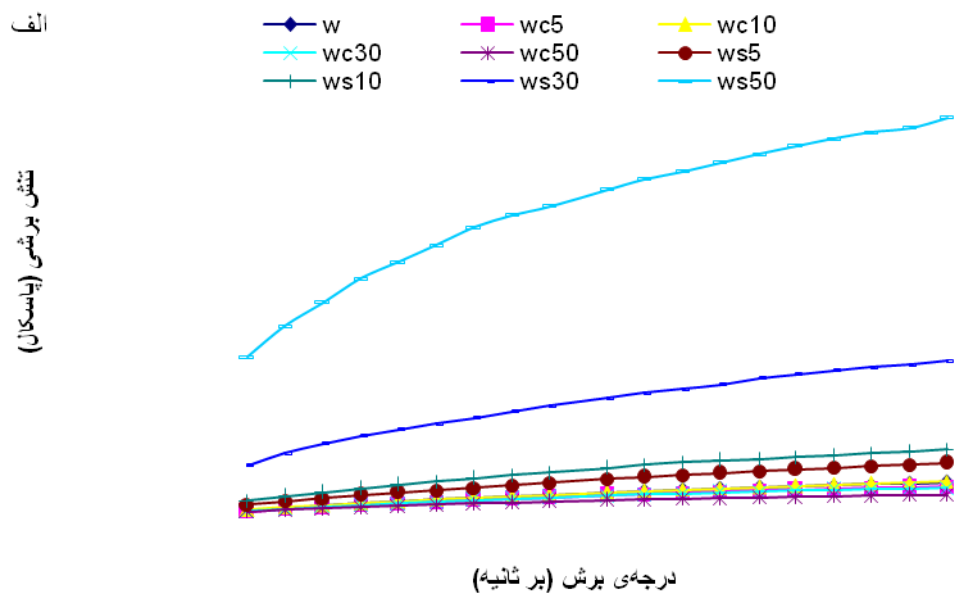
جدول ۱- مقادیر شاخص قوام (k)، شاخص رفتار جریان (n) و ضریب تعیین بر اساس برآزش داده‌های رئولوژیکی با مدل قانون توان

R <sup>2</sup>	n	K (پاسکال ثانیه)	فرمولاسیون
۰/۹۹	۰/۶۲۴	۵/۱۰۶	w
۰/۹۹	۰/۶۱۷	۴/۷۴۵	5wc
۰/۹۹	۰/۶۱۹	۵/۲۹۹	10wc
۰/۹۹	۰/۵۸۴	۵/۴۶۱	30wc
۰/۹۹	۰/۵۱۳	۶/۲۲۹	50wc
۰/۹۹	۰/۶۲۵	۷/۵۹۶	5ws
۰/۹۹	۰/۶۰۴	۱۰/۶۳۵	10ws
۰/۹۹	۰/۴۹۳	۴۲/۶۲۵	30ws
۰/۹۹	۰/۳۹۷	۱۷۹/۳۷۹	50ws
۰/۹۹	۰/۴۵۶	۸۵/۷۳۹	w mc
۰/۹۹	۰/۴۳۳	۱۰۷/۹۵۳	5wc mc
۰/۹۹	۰/۴۰۵	۸۹/۶۸۳	10wc mc
۰/۹۹	۰/۴۴۸	۱۰۳/۰۱۲	30wc mc
۰/۹۹	۰/۴۶۲	۱۰۲/۶۳۷	50wc mc
۰/۹۹	۰/۴۳۶	۹۷/۸۸۶	5ws mc
۰/۹۹	۰/۵۴۳	۶۹/۲۰۲	10ws mc
۰/۹۹	۰/۳۷۷	۱۸۶/۵۶۷	30ws mc
۰/۹۹	۰/۳۶۳	۲۱۵/۵۶۵	50ws mc

اعداد: درصد جایگزینی آرد گندم با آرد ذرت یا سویا، w: آرد گندم، c: آرد ذرت، s: آرد سویا، mc: فرمول‌هایی که در آن ۲٪ متیل سلولز بکار رفته است.

و متورم نمی‌شوند، بنابراین ویسکوزیته‌ی پوشش خمیری حاوی آرد ذرت به سرعت پوشش‌های حاوی آرد گندم افزایش نمی‌یابد (زو و نگادی ۲۰۰۶). همان‌گونه که در شکل ۲-الف مشاهده می‌شود، در مخلوط آرد گندم و ذرت، ویسکوزیته‌ی پوشش، با افزایش نسبت آرد ذرت کاهش می‌یابد. ظاهراً آرد ذرت باعث کاهش اثر تقویت‌کنندگی گلوتن گندم می‌شود (ناویکس ۱۹۸۷) و این امر باعث افزایش میزان آب آزاد در پوشش خمیری شده، و در نتیجه موجب روان شدن ذرات و کاهش ویسکوزیته‌ی سیستم می‌گردد (ماکپرست و همکاران ۲۰۰۰).

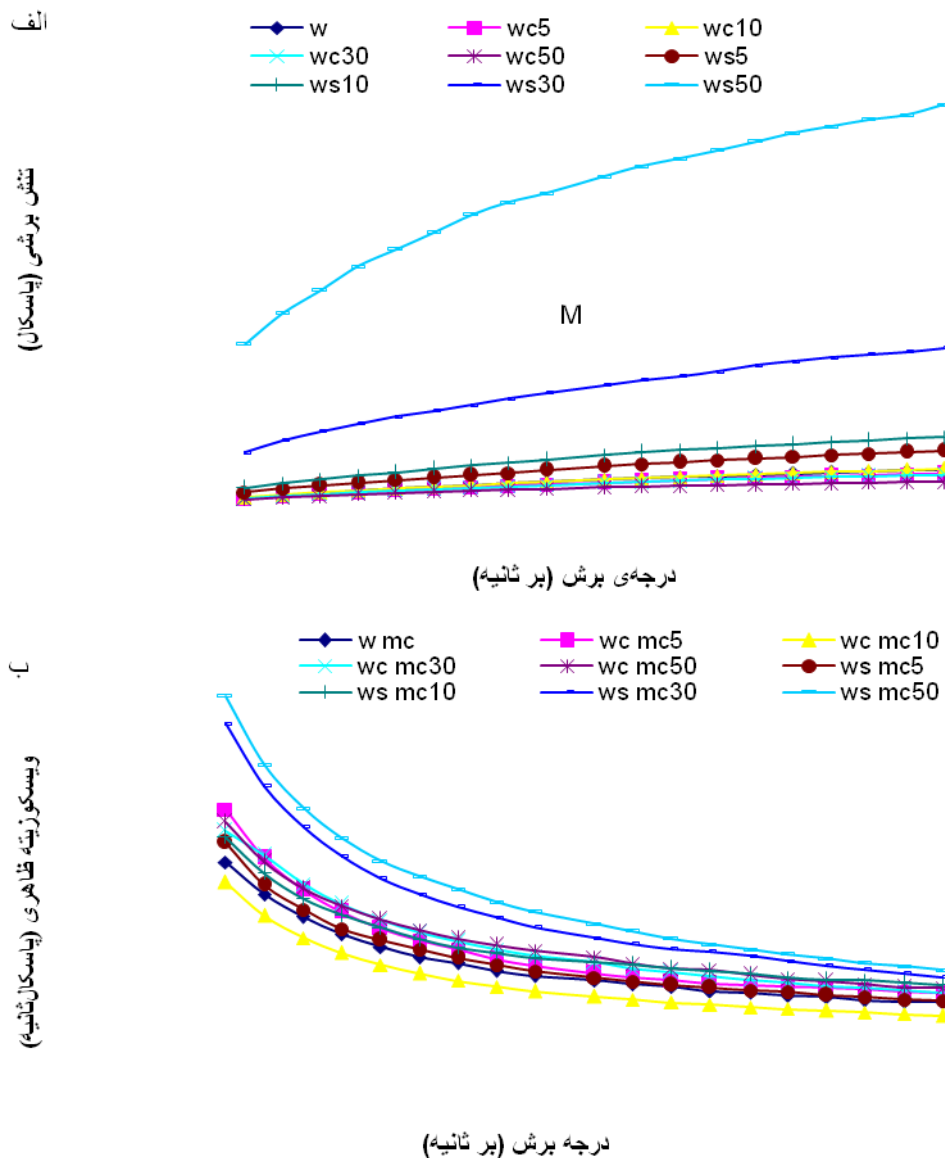
نتایج بدست آمده در این مطالعه با نتایج سنز و همکاران (۲۰۰۴) و سالوادور و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش نسبت آرد ذرت و آرد سویا، اندیس n کاهش می‌یابد و این امر نشان‌دهنده افزایش سودوپلاستیسیته سیال می‌باشد (جدول ۱ و شکل ۱). به‌طور کلی، آب آزاد نقش مهمی در میزان ویسکوزیته‌ی پوشش دارد و ویسکوزیته‌ی بالاتر در نتیجه‌ی میزان آب آزاد کمتر ایجاد می‌شود. گلوتن گندم توانایی جذب آب بالایی دارد و این امر موجب کاهش میزان آب آزاد در سیستم می‌گردد. پروتئین ذرت در دمای پایین به آسانی آب جذب نمی‌کند. ذرات آن نیز به میزان زیادی هیدراته



شکل ۱- منحنی تنش برشی- درجه‌ی برش در پوشش خمیری با فرمولاسیون‌های مختلف در دمای ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد.

داده شده است، افزایش نسبت آرد سویا در پوشش با فرمولاسیون متداول، باعث افزایش چشم‌گیر ویسکوزیته می‌گردد، درحالی‌که در پوشش‌های حاوی متیل‌سلولز این افزایش ملایم‌تر است که این امر می‌تواند ناشی از توانایی بالای پروتئین‌های سویا در جذب آب آزاد باشد، درنتیجه، میزان آب آزاد در پوشش خمیری کاهش یافته و آگیری متیل‌سلولز به‌میزان کمتری صورت می‌گیرد و این امر موجب توسعه‌ی ملایم‌تر ویسکوزیته در پوشش‌های حاوی متیل‌سلولز می‌گردد.

در مخلوط آرد گندم و سویا، افزایش نسبت سویا باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری می‌شود. درمقایسه‌ی پوشش‌های حاوی آرد سویا و آرد ذرت، علت بالاتر بودن ویسکوزیته، در پوشش حاوی آرد سویا، بالاتر بودن میزان جذب آب در نتیجه‌ی محتوای پروتئینی بالاتر آرد سویا ذکر شده است ( دوگان و همکاران ۲۰۰۵). جذب آب بیشتر همچنین ممکن است ناشی از میزان بالاتر پروتئین‌های محلول در آب آرد سویا باشد (سینگ و همکاران ۱۹۹۶). همان‌گونه که در شکل ۲ نشان



شکل ۲- تاثیر درجه برش بر ویسکوزیته ظاهری فرمولاسیون‌های مختلف پوشش خمیری در دمای 25 درجه‌ی سانتی‌گراد.

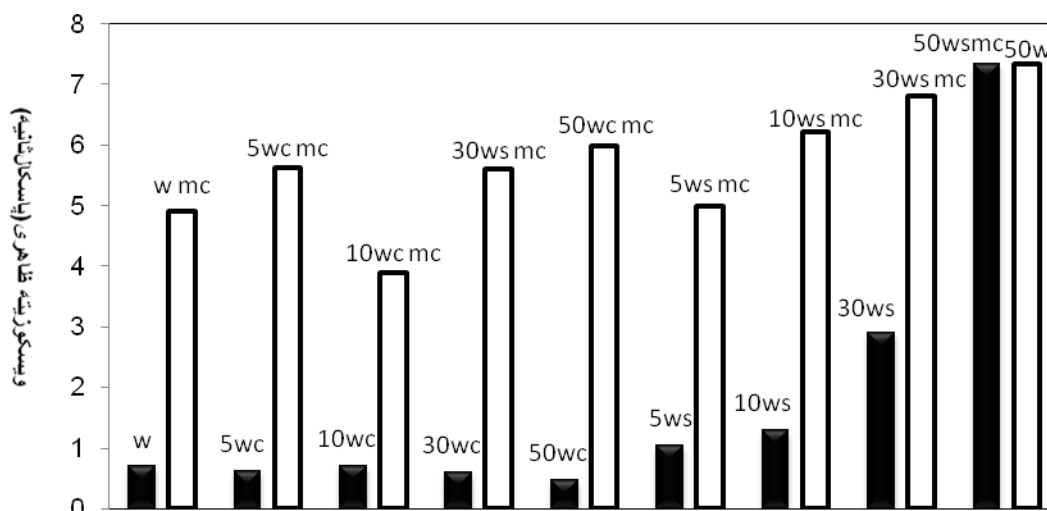
سانتی‌گراد، باعث آگیری کامل متیل سلولز می‌شود و این امر در افزایش ویسکوزیته نقش دارد.

#### نتیجه‌گیری

در این مطالعه ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش خمیری با نسبت‌های مختلف آرد سویا و ذرت مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به اینکه ویژگی‌های رئولوژیکی پوشش بر میزان جذب و ویژگی‌های محصول نهایی موثر می‌باشند، اندازه‌گیری آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

مطابق شکل ۳ افزودن متیل سلولز باعث افزایش چشم‌گیر ویسکوزیته در تمامی پوشش‌ها، به جز پوشش خمیری حاوی ۵۰٪ آرد سویا شده است، که این اثر با محتوای پروتئینی بالا و توانایی جذب آب بالای پروتئین‌های سویا قابل‌توجه است، بدین ترتیب میزان آب آزاد موجود در پوشش کم است و این باعث آگیری کم متیل‌سلولز می‌شود. قرارگیری ظرف حاوی پوشش خمیری به مدت یک ساعت در حمام آب ۱۵ درجه‌ی





شکل ۳- مقایسه مقادیر ویسکوزیته ظاهری (در درجه برش ۲۰۰ یک برثانیه) برای فرمولاسیون‌های مختلف دو نوع پوشش خمیری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد

می‌گردد. علاوه بر این بخشی از این لایه طی مراحل مختلف مانند انجماد و یا انتقال، از سطح ماده‌ی غذایی حذف می‌شود که شکل نامناسبی به محصول می‌دهد. پوشش خمیری با ویسکوزیته‌ی بالا نیز با ایجاد لایه‌ای ضخیم روی سطح محصول، باعث عدم پخت کافی، عدم تردی و تشکیل پوسته‌ای ناهموار و غیریکنواخت در سطح محصول می‌شود. در مقایسه تمامی فرمول‌های تهیه شده با در نظر گرفتن اثر متیل سلولز بر میزان قوام پوشش‌ها می‌توان گفت که نمونه‌های حاوی ۵ و ۱۰٪ آرد سویا و ذرت در هر دو نوع پوشش خمیری خواص رئولوژیکی مناسبی را برای پوشش‌دار کردن نشان می‌دهند.

کلیه نمونه‌ها، رفتار ضعیف‌شونده با برش را نشان دادند و داده‌های حاصل با استفاده از قانون توان به‌خوبی برازش شدند. افزایش نسبت آرد سویا به میزان زیادی باعث افزایش ویسکوزیته پوشش می‌شود، درحالی‌که افزایش میزان آرد ذرت باعث کاهش ویسکوزیته ظاهری آن می‌گردد. افزودن متیل سلولز نیز باعث افزایش ویسکوزیته کلیه نمونه‌ها می‌گردد. ویسکوزیته‌ی پوشش خمیری باید در محدوده‌ای مشخص قرار گیرد چراکه یک پوشش خمیری نازک غیریوسکوز، باعث آزاد شدن مقدار زیادی آب طی فرآیند سرخ‌شدن می‌شود، همچنین ضمن ایجاد پوششی متخلخل، باعث افزایش جذب روغن نیز

#### منابع مورد استفاده

- بلوریان ش، گلی موحد غ، افشاری م، ممد نوعی ف و کرمی ف، ۱۳۸۸. بررسی مقاومت حرارتی و کارایی مخلوط روغن پالم اولئین و کلزا در سرخ کردن چیپس سیب زمینی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی ۳۱-۳۶:۲.
- رواقی م، مظاهری تهرانی م و آسوده ا، ۱۳۹۰. نقش نوع آرد سویا و روش تولید بر خصوصیات شیمیایی و عملکردی کنسانتره پروتئینی حاصل از آن. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی ۵۸-۶۷:۲۱.

ذوالفقاری زس، محبی م، حداد خداپرست م ح، ۱۳۹۰. تاثیر نوع پوشش هیدروکلوئیدی و افزودن آرد سویا بر ویژگیهای شیمیایی و فیزیکی پیراشکی. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی ۲۱: ۱۳۹-۱۲۷.

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.

Baixauli R, Sanz T, Salvador A and Fiszman SM, 2003. Effect of the addition of dextrin or dried egg on the rheological and textural properties of batters for fried food. *Food Hydrocolloids* 17: 305–310.

Bakar J and Hin YS, 1985. High-protein rice-soya breakfast cereal. *Journal of Food Processing and Preservation* 8: 163–174.

Chen H, Kang H and Chen S, 2008. The effects of ingredients and water content on the rheological properties of batters and physical properties of crusts in fried foods. *Journal of Food Engineering* 88: 45–54.

Cunningham FE and Tiede LM, 1981. Influence of batter viscosity on breading of chicken drumsticks. *Journal of Food Science* 46: 1950–52.

Dogan SF, Sahin S and Sumnu G, 2005. Effects of soy and rice flour addition on batter rheology and quality of deep-fat fried chicken nuggets. *Journal of Food Engineering* 71: 127–132.

Fiszman SM and Salvador A, 2003. Recent developments in coating batters. *Trends in Food Science and Technology* 14: 399–407.

Gonzalez-Galan A, Wang SH, Sgarbieri VC and Moraes MAC, 1991. Sensory and nutritional properties of cookies based on wheat-rice-soybean flours baked in a microwave-oven. *Journal of Food Science* 56: 1699–170.

Lorca E, Hernando I, Pe'rez-Munuera I, Quiles A, Larrea V and Lluch MA, 2007. The structure of starch granules in fried battered products. *Food Hydrocolloids* 21: 1407–1412.

Loewe R, 1990. Ingredient selection for batter systems. In K. Kulp, and R. Loewe (Eds.), *Batters and Breadings in Food Processing* (pp. 11–28).

Loewe R, 1993. Role of ingredients in batter systems. *Cereal Foods World* 38: 673–677.

Mukprasirt A, Herald T J and Flores R A, 2000. Rheological characterization of rice flour-based batters. *Journal of Food Science* 65: 1194–1197.

Navickis LL, 1987. Corn flour addition to wheat flour doughs— effect on rheological properties. *Cereal Chemistry* 64: 307–310.

Olewink M and Kulp K, 1993. Factors influencing wheat flour performance in batter systems. *Cereal Foods World* 38(9): 679–684.

Roger MB, 1990. Functionality of corn in food coatings. In K. Karel and L. Robert (Eds.), *Batters and breadings in food processing* [Chapter 3]. St. Paul, MN 55121, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc.

Robert L, 1990. Ingredient selection for batter systems. In K. Karel and L. Robert (Eds.), *Batters and breadings in food processing* [Chapter 2]. St. Paul, MN 55121, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc.

Salvador A, Sanz T and Fiszman SM, 2003. Rheological properties of batters for coating products – Effect of addition of corn flour and salt. *Journal of Food Science and Technology International* 9: 23–27.

Salvador A, Sanz T and Fiszman SM, 2008. Performance of methyl cellulose in coating batters for fried products. *Food Hydrocolloids* 22: 1062–1067.

- Sanz T, Salvador A, Velez G, Munoz J and Fiszman SM, 2005. Influence of ingredients on the thermo-rheological behavior of batters containing methylcellulose. *Food Hydrocolloids* 19: 869–877.
- Sanz T, Salvador A and Fiszman SM, 2004. Effect of concentration and temperature on properties of methylcellulose-added batters. Application to battered, fried seafood. *Food Hydrocolloids* 18: 127–131.
- Shih FF, Boué SM, Daigle KW and Shih BY, 2004. Effects of flour sources on acrylamide formation and oil uptake in fried batters. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 81: 265–268.
- Shih FF and Daigle KW, 1999. Batter up. *Agricultural Research* 47:11-15.
- Steffe JF, 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. MI: Freeman Press. p: 1- 91.
- Singh R, Singh G and Chauhan GS, 1996. Effect of incorporation of defatted soy flour on the quality of biscuits. *Journal of Food Science and Technology* 33: 355–357.
- Xue J and Ngadi M, 2006. Rheological properties of batter systems formulated using different flour combinations. *Journal of Food Engineering* 77: 334–341.