

## اثر آرد ذرت بر ویژگی‌های کیفی ناگت میگوی سرخ‌شده به روش عمیق با استفاده از دو نوع فرایند آماده‌سازی

فرشته دهقان نصری<sup>۱\*</sup> - محبت محبی<sup>۲</sup> - فریحه طباطبایی یزدی<sup>۳</sup> - محمدحسین حدادخداپرست<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ کردن با بکارگیری متیل سلولوز و جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد ذرت (۵ و ۱۰٪) بر ویژگی‌های کیفی ناگت میگوی سرخ‌شده به روش عمیق و مقایسه نتایج با نتایج حاصل از ناگت‌های تهیه شده به روش معمول می باشد. تمامی خمیرابه‌ها رفتار رقیق‌شوندگی با برش را نشان دادند ( $\eta \leq 0.624$ ) و به خوبی با استفاده از مدل قانون توان برازش شدند ( $R^2 \geq 0.979$ ). افزودن MC باعث افزایش چشم‌گیر ضریب قوام خمیرابه شد. بالاترین میزان جذب پوشش (۵۷/۶۸ درصد) و کمترین میزان جذب روغن در نمونه‌های پوشیده شده با خمیرابه حاوی ۵٪ آرد ذرت و متیل سلولوز مشاهده شد. نتایج نشان داد که حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ کردن روشی موثر در کاهش میزان روغن (به‌طور متوسط ۴۶٪) در محصول نهایی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آرد ذرت، پیش‌سرخ کردن، جذب روغن، سرخ کردن، ناگت میگو

### مقدمه

فرآوری سریع ماده‌ی غذایی به منظور افزایش مدت زمان نگهداری، ضمن ایجاد ویژگی‌های منحصر به فرد بافتی، رنگ، عطر و طعم دلپذیر است (Da Silva & Moreira, 2008; Freitas et al, 2009). بنابراین فرآوری میگو به صورت سرخ‌شده روشی مناسب برای تولید محصولی مغذی با ویژگی‌های مطلوب می‌باشد. یکی از مشکلات مهم در رابطه با مواد غذایی سرخ شده میزان بالای جذب روغن در این محصولات ضمن فرایند پیش‌سرخ کردن و سرخ کردن نهایی است. شرایط سرخ کردن (دما و زمان)، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی ماده‌ی غذایی (اندازه، شکل، دانسیته، تخلخل، میزان روغن و رطوبت اولیه در نمونه و نسبت سطح به وزن)، ویژگی‌های روغن (نوع و ترکیبات شیمیایی و کیفیت روغن)، شرایط فرآیند (پیش‌تیمارها و شرایط نمونه بعد از خروج از روغن) از فاکتورهای مهم موثر بر میزان جذب روغن می‌باشند (Fizman et al, 2005; Dana & Saguy, 2006; Ziaifar et al, 2008).

سه مکانیزم عمده‌ی جذب روغن، جایگزینی با رطوبت، جذب روغن طی دوره‌ی سرد کردن و اثر مواد فعال سطحی می‌باشند. تحقیقات نشان داده‌اند که جذب روغن اساساً پدیده‌ای سطحی است و

امروزه با توجه به تغییرات فرهنگی و اجتماعی، مصرف مواد غذایی آماده به‌ویژه غذاهای دریایی، مرغ و سبزیجات رو به افزایش است، که در این میان مواد غذایی سرخ‌شده و سوخاری بسیار مورد توجه اند (Albert et al, 2009). میگو با توجه به بافت و عطر و طعم دلپذیر به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین مواد غذایی دریایی در بسیاری از کشورها مطرح می‌باشد. میگو منبعی غنی از پروتئین، مواد معدنی، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب چندغیراشباع به‌ویژه امگا ۳ می‌باشد (Mohebbi et al, 2009). متأسفانه به دلیل عدم فرهنگ سازی مناسب سرانه‌ی مصرف میگو در ایران پایین است. به همین دلیل و با توجه به فسادپذیری بالای گوشت میگو تلاش برای تولید محصولات جدید با ویژگی‌های مطلوب جهت افزایش سرانه‌ی مصرف و افزایش مدت زمان ماندگاری برای این منبع پروتئینی ضروری به نظر می‌رسد. سرخ کردن عمیق از روش‌های رایج فرآوری مواد غذایی است که شامل پختن ماده‌ی غذایی در روغن داغ در دمایی بالاتر از نقطه‌ی جوش آب می‌باشد (Chen et al, 2009). هدف از این فرایند،

۱، ۲، ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، دانشیار و استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،  
\* نویسنده مسئول: (Email: fereshteh.dehghannassiri@yahoo.com)

5- Water replacement  
6- Cooling-phase effect  
7- Surface-active agents

مصرف‌کننده مطرح می‌باشد. کاهش محتوا ی چربی در محصول نهایی، عدم وجود روغن صنعتی در محصول و حذف مشکلات مربوط به سرخ‌کردن مانند تولید دود، کف و حرارت از مزایای این روش می‌باشد (Fiszman & Salvador, 2003).

مطالعات نشان داده‌اند که ترکیب آردها ی به کار رفته در فرمولاسیون خمیرابه نقش به‌سزایی در میزان جذب روغن طی فرایند سرخ‌کردن دارد (Fiszman & Salvador, 2003; Llorca et al, 2005). آرد ذرت از آردهای پرکاربرد در تهیه محصولات سوخاری می‌باشد که با توجه به محتوای بالای کاروتن به‌عنوان منبعی طبیعی برای ایجاد رنگ زرد در محصولات سوخاری به کار می‌رود (Salvador et al, 2005; Xue & Ngadi, 2006). آرد ذرت همچنین به منظور کنترل ویسکوزیته و افزایش تردی در این محصولات مورد توجه است (Xue & Ngadi, 2006). در این مطالعه اثر افزودن سطوح مختلف آرد ذرت (۵ و ۱۰ درصد) بر ویژگی‌های رئولوژیکی خمیرابه، میزان جذب پوشش، میزان جذب روغن و حذف رطوبت ناگت‌های میگو سرخ‌شده که با دو روش تهیه شدند مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش دو فرایند آماده‌سازی برای تهیه ناگت‌های میگو به کار برده شد: روش معمول (عدم استفاده از متیل سلولوز و پیش‌سرخ‌کردن) و روش نوین (استفاده از متیل سلولوز و حذف مرحله ی پیش‌سرخ‌کردن). در هر دو روش به منظور تعیین اثر آرد ذرت بر ویژگی‌های کیفی محصول نهایی، ۵ و ۱۰ درصد از آرد گندم (رطوبت ۱۴/۱۲ درصد، پروتئین ۱۰/۱ درصد، خاکستر ۰/۶۸ درصد، چربی ۱/۳۲ درصد) با آرد ذرت (رطوبت ۱۰/۶۳ درصد، پروتئین ۶ درصد، خاکستر ۰/۶۱ درصد، چربی ۲/۱۸ درصد) جایگزین شد. آماده‌سازی خمیرابه با اختلاط مواد خشک با آب با دمای ۱۴ °C به نسبت ۱/۲:۱ (وزنی/وزنی) با استفاده از هم‌زن (مولینکس BM4) به مدت ۲ دقیقه به‌منظور اطمینان از اختلاط کامل ترکیبات صورت گرفت.

### آماده‌سازی نمونه

در هر دو روش ماتریکس ماده ی غذایی مخلوطی از گوشت میگوی چرخ‌شده (*Penaeus*, spp)، پیاز و سیر رنده شده به همراه نمک می‌باشد. این مواد بعد از اختلاط کامل تا رسیدن به یک مخلوط همگن و یکنواخت در کیسه‌ی فریزر ریخته شده و تا رسیدن به ضخامت ۱ سانتی‌متر نازک شدند. به‌منظور سهولت در عمل برش زدن، پلاستیک‌های حاوی خمیر ناگت به مدت پانزده دقیقه در فریزر (۱۸ °C-) نگهداری شدند. سپس برش‌زنی با استفاده از یک قالب دستی به شکل مکعب مستطیل با ابعاد ۳/۵×۴/۷ سانتی‌متر انجام شد.

۶۴٪ از روغن چسبیده به سطح، طی مرحله ی خنک کردن توسط محصول جذب می‌گردد، چراکه طی سرخ کردن جریان سریع بخار آب از ماده‌ی غذایی به سطح، مانع نفوذ روغن می‌شود. در دوره‌ی خنک کردن فشار بخار لوله‌های موئینه در نتیجه‌ی کندانس شدن بخارات کاهش یافته و اثر خلا<sup>۱</sup> ایجاد می‌گردد، که این امر منجر به کشیده شدن روغن به داخل منافذ می‌شود (Dana & Saguy, 2006). بنابراین بین میزان رطوبت و جذب روغن رابطه ی معکوس وجود دارد، به‌طوری‌که هرچه میزان رطوبت ماده‌ی غذایی در پایان فرایند سرخ کردن بالاتر باشد، محصول نهایی حاوی روغن کمتری خواهد بود (Mellema, 2003; Akdeniz et al, 2006). مطالعات زیادی در زمینه‌ی کاهش محتوای روغن در محصولات سرخ شده صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به جایگزینی بخشی از آرد گندم (آرد غالب در فرمول خمیرابه<sup>۲</sup>) با آرد سایر غلات، پوشش دار کردن محصول، اصلاح محیط سرخ‌کردن، استفاده از انواع پیش‌تیمارها و حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ‌کردن صنعتی اشاره کرد (Sanz et al, 2004; Dogan et al, 2005b; Salvador et al, 2005; Lee et al, 2004; Inglett, 2006; Soorgi et al, 2011).

یک پیشرفت مهم در زمینه‌ی تولید مواد غذایی سوخاری کم‌چرب، ابداع فرآیندی است که در آن با استفاده از افزودن متیل سلولوز (MC) به فرمولاسیون خمیرابه مرحله‌ی پیش‌سرخ‌کردن حذف می‌شود. MC یک پلی‌مر طبیعی است که توانایی تشکیل هیدروژل برگشت‌پذیر حرارتی را دارد. این بدان معنی است که بسته به دما می‌تواند به فرم مایع و یا ژل باشد (Desbrières et al, 2000; Lam et al, 2007). علاوه بر این، فیلم غیرقابل حل MC که در نتیجه ی برهم‌کنش‌های آب‌گریز بین مولکول‌های با گروه متوکسیل ایجاد می‌شود، می‌تواند از نفوذ مولکول‌های روغن و آب طی حرارت دهی جلوگیری کند (Chen et al, 2008). در این فرآیند کوآگوله شدن خمیرابه، با غوطه‌وری ماده‌ی غذایی پوشش‌دار شده در حمام آب ۸۰-۷۰ °C به مدت ۳۰ ثانیه، به‌منظور بهبود توانایی تشکیل ژل MC و سپس حرارت‌دهی سریع نمونه با استفاده از روش‌های معمول، آون مادون قرمز و مایکروفر به منظور ایجاد ثبات در ساختار نمونه‌ی پوشش‌دار صورت می‌گیرد. در روش معمول تهیه ی مواد غذایی پوشش‌دار و سوخار ی، کوآگوله‌شدن خمیرابه ضمن فرایند پیش‌سرخ‌کردن رخ می‌دهد و بدین ترتیب خمیرابه ثبات کافی را برای مراحل بعد مانند انجماد بدست می‌آورد (Fiszman & Salvador, 2003).

مزایای حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ‌کردن که بر پایه‌ی تشکیل ژل حرارتی متیل سلولوز استوار است، هم برای تولید کننده و هم برای

1- Vacuum effect  
2- Batter

### آنالیز خمیرابه

#### ویژگی‌های رئولوژیکی خمیرابه

ویژگی‌های جریان فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه، با استفاده از ویسکومتر چرخشی بوهلین<sup>۱</sup> در دمای ۲۵ °C مورد بررسی قرار گرفت. اسپیندل های مناسب (C14, C25, C30) بر اساس ویسکوزیته‌ی ظاهری نمونه‌ها انتخاب گردید. درجه‌ی برش به صورت لگاریتمی از ۱۴/۲ تا ۲۰۰ (s<sup>-1</sup>) افزایش یافت. رفتار رئولوژیکی خمیرابه بر اساس برازش داده‌ها (درجه‌ی برش - نیروی برش) با مدل مناسب توصیف گردید.

#### جذب خمیرابه

آنالیز جذب بعد از مرحله‌ی پیش‌سرخ و بعد از تیمار حرارتی در نمونه‌ها با استفاده از رابطه‌ی ارائه شده توسط آلبرت و همکاران (۲۰۰۹) ارزیابی شد (Albert et al, 2009):

$$Batter\ pick - up(\%) = \left( \frac{B}{B + S} \right) \times 100$$

که در آن B جرم پوشش در سطح ماده غذایی و S جرم ماده غذایی بدون پوشش (پوست‌گیری شده) بعد از مرحله‌ی پیش‌سرخ کردن و یا تیمار حرارتی می‌باشد.

#### آنالیز نمونه‌های سرخ‌شده

##### میزان رطوبت

اندازگیری میزان رطوبت نمونه‌های سرخ‌شده مطابق با استاندارد AACC (۱۹۸۶) با خشک کردن نمونه‌ها در آون ۱۰۵ °C به مدت ۲۴ ساعت (Memmert, 154 Beschickung-loading, Model 100-800) تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. میزان رطوبت بر مبنای وزن خشک محاسبه گردید.

##### میزان روغن

تعیین میزان روغن با استفاده از استاندارد AOAC (۱۹۹۰) انجام گرفت. نمونه‌های خشک‌شده‌ی مورد استفاده برای اندازه‌گیری میزان رطوبت، ابتدا با استفاده از آسیاب (ناسیونال، K039131) آسیاب شده، سپس ۲-۴ گرم از نمونه‌های خشک و آسیاب شده در کارتوش قرار گرفته، استخراج روغن با استفاده از پترولیوم اتر (Extra pure, ET0091) انجام گرفت. بعد از استخراج، کارتوش‌ها به مدت یک ساعت در آون ۱۰۵ °C قرار گرفتند تا رطوبت و باقی مانده حلال تبخیر شود. میزان روغن نیز بر مبنای وزن خشک محاسبه گردید.

یکنواختی نمونه‌ها با استفاده از کولیس کنترل شد. در هر دو روش نمونه‌های آماده شده بعد از خنک‌شدن در ظروف پلاستیکی در دمای ۱۸ °C - به مدت یک هفته نگهداری شدند. قبل از سرخ کردن نهایی نیز رفع انجماد در دمای ۴ °C به مدت ۲۴ ساعت انجام گرفت. سرخ کردن نهایی در ۱/۵ لیتر روغن آفتابگردان (نینا، ساخت ایران)، باتوجه به نقطه‌ی دود بالا، در سرخ کن با کنترل دما (Black & Decker, Type 01) در دماهای ۱۷۰ °C، ۱۵۰ °C و ۱۹۰ °C و در زمان‌های ۵-۰ دقیقه انجام شد. روغن مورد استفاده برای اطمینان از یکنواختی دما یک ساعت قبل از سرخ کردن در دمای مورد نظر حرارت داده شد. به منظور جلوگیری از نوسانات دمایی ضمن فرآیند سرخ کردن در هر مرحله تنها دو نمونه سرخ شد. روغن مورد استفاده در هر آزمون تعویض گردید. در اتمام فرآیند بلافاصله نمونه‌ها از سرخ کن خارج شده و روغن اضافی موجود در سطح آنها توسط کاغذ جذب گرفته شد. بعد از خنک شدن نمونه‌ها، آزمایش‌های بعدی انجام گرفت.

#### فرآیند متداول

فرمولاسیون خمیرابه شامل آرد گندم (۹۰/۸ درصد وزنی/وزنی)، بکینگ پودر (۳/۱ درصد وزنی/وزنی)، ادویه (فلفل) (۰/۶ درصد وزنی/وزنی) و نمک (۵/۵ درصد وزنی/وزنی) می‌باشد. نمونه‌های قالب زده شده هریک به طور جداگانه به مدت ۳۰ ثانیه در خمیرابه غوطه ور شده سپس به منظور حذف خمیرابه اضافی به مدت ۳۰ ثانیه به صورت عمودی نگه‌داشته شدند (مرحله‌ی چکانیدن). سپس سطح نمونه‌ها با استفاده از آرد سوخاری پوشانیده شد. در مرحله‌ی بعد نمونه‌ها در روغن با دمای ۱۵۰ °C به مدت ۳۰ ثانیه پیش‌سرخ شدند.

#### فرآیند جدید

در این روش فرمولاسیون خمیرابه طبق فرمولاسیون پیشنهادی سنز و همکاران (۲۰۰۶) به عنوان مناسب‌ترین فرمول برای تهیه‌ی فرآورده‌های پوشش‌دار با حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ کردن تهیه شد (۱۳). فرمولاسیون خمیرابه شامل آرد گندم (۷۸/۸ درصد وزنی/وزنی)، نشاسته گندم (۱۰ درصد وزنی/وزنی)، بکینگ پودر (۳/۱ درصد وزنی/وزنی)، ادویه (فلفل) (۰/۶ درصد وزنی/وزنی)، نمک (۵/۵ درصد وزنی/وزنی) و متیل سلولوز (۲ درصد وزنی/وزنی) می‌باشد. بلافاصله بعد از آماده‌سازی ظرف حاوی خمیرابه در حمام آب ۱۵ °C (انکوباتور یخچال دار دنا، Hpt slide ETUVE) به مدت یک ساعت قرار داده شد. بعد از مرحله‌ی پوشش‌دار کردن و چکانیدن، نمونه‌ها در حمام آب ۸۰-۷۰ °C به مدت ۳۰ ثانیه غوطه‌ور شدند. بلافاصله بعد از این مرحله، نمونه‌ها در معرض تیمار حرارتی در مایکروفر (بوتان، S4821) با توان ۶۵۰ وات به مدت ۳۰ ثانیه (۱۵ ثانیه هر طرف) قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها با آرد سوخاری پوشش‌دار شدند.

1- Bohlin Model Visco 88, Bohlin Instruments, UK  
2- Spindles, C14, C25 & C30

## آنالیز آماری

آزمون فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی اثر فرمولاسیون خمیرابه، دما و زمان سرخ کردن بر ویژگی‌های کیفی ناگت‌های سرخ‌شده مورد استفاده قرار گرفت. در هنگام مشاهده معنی‌دار بودن اثر تیمارها، مقایسه‌ی میانگین با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. سطح معنی‌داری آماری ۹۵٪ در نظر گرفته شد. کلعی آزمون‌ها با حداقل ۳ تکرار انجام شد.

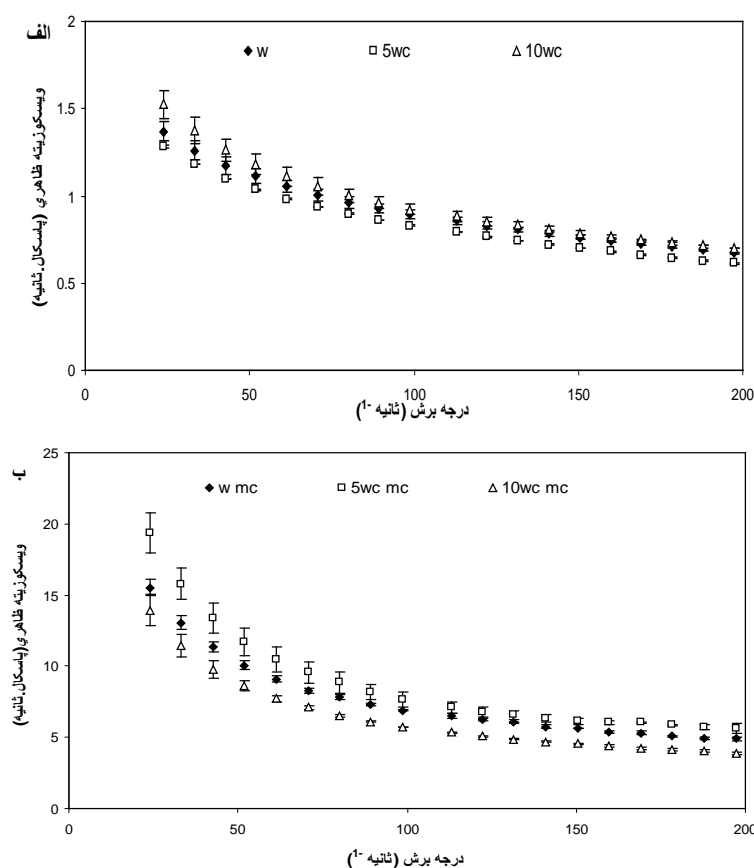
## بحث و نتایج

### ویژگی‌های رئولوژیکی خمیرابه

ویسکوزیته‌ی خمیرابه یک ویژگی کلیدی در کیفیت پوشش‌دهی است که بر کمیت و کیفیت جذب و چسبندگی پوشش، ویژگی‌های جایجایی محصولات پوشش‌دار، ظاهر و بافت محصول نهایی موثر است.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ویسکوزیته‌ی ظاهری در فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه با افزایش درجه برش کاهش می‌یابد و این بیانگر رفتار غیرنیوتونی خمیرابه می‌باشد. در

تمامی فرمول‌های مورد مطالعه با افزودن MC ویسکوزیته‌ی ظاهری به شدت افزایش می‌یابد. به‌طور کلی، آب آزاد نقش مهمی در میزان ویسکوزیته‌ی ظاهری خمیرابه دارد و ویسکوزیته‌ی ظاهری بالاتر در نتیجه‌ی میزان آب آزاد کمتر ایجاد می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در فرمول‌های حاوی مخلوط آرد گندم و ذرت، ویسکوزیته‌ی ظاهری خمیرابه، با افزایش نسبت آرد ذرت کاهش می‌یابد. ظاهراً آرد ذرت باعث کاهش اثر تقویت‌کنندگی گلوتن گندم می‌شود (Sahin & Sumnu, 2009) و این امر باعث افزایش میزان آب آزاد در سیستم خمیرابه شده، و در نتیجه موجب روان شدن ذرات و کاهش ویسکوزیته‌ی ظاهری سیستم می‌گردد (Navickis, 1987). گلوتن گندم توانایی جذب آب بالایی دارد که این امر موجب کاهش میزان آب آزاد در سیستم می‌شود. به گزارش زو و نگادی (۲۰۰۶) پروتئین ذرت در دمای پایین به آسانی آب جذب نمی‌کند، ذرات آن نیز به میزان زیادی هیدراته و متورم نمی‌شوند (Xue & Ngadi, 2006). این امر می‌تواند توجیهی برای ویسکوزیته‌ی پایین‌تر نمونه‌های حاوی آرد ذرت در مقایسه با آرد گندم در نمونه‌های فاقد متیل سلولز باشد.



شکل ۱- تغییرات ویسکوزیته‌ی ظاهری در درجه برش‌های مختلف. الف: نمونه‌های فاقد متیل سلولز، ب: نمونه‌های حاوی متیل سلولز. W: خمیرمایع حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم، 5wc: آرد گندم و ۵٪ آرد ذرت، 10wc: آرد گندم و ۱۰٪ آرد ذرت. MC: خمیرابه‌ای که در آن MC نیز بکار رفته است.

خمیرابه همبستگی دارد، به طوری که با افزایش قوام، بعد از مرحله‌ی چکانیدن، خمیرابه بیشتری بر روی ماده‌ی غذایی باقی می ماند (Mukprasirt et al, 2000; Doganet et al, 2005a).

همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، میزان جذب در نمونه‌های پوشش دار شده با خمیرابه حاوی متیل سلولز کمی بیشتر این میزان در نمونه‌های فاقد متیل سلولز می باشد. این امر می تواند ناشی از ضریب قوام بالاتر در این نمونه‌ها باشد. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط چن و همکاران (۲۰۰۸) که در آن خمیرابه های حاوی HPMC که دارای شاخص قوام بالاتری در مقایسه با سایر فرمول ها بودند میزان جذب بالاتری را نشان دادند مطابقت دارد (Chen et al, 2008). همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است در نمونه های حاوی متیل سلولز نمونه‌های حاوی ۵ درصد آرد ذرت بالاترین میزان ویسکوزیته‌ی ظاهری را نشان دادند، این امر می تواند توجهی برای بالاتر بودن میزان جذب پوشش در این نمونه‌ها باشد، به طوری که در زمان چکانیدن میزان جریان خمیرابه از سطح نمونه به دلیل مقاومت به جریان بالاتر، کمتر صورت می گیرد، در نتیجه لایه‌ی ضخیم‌تری از پوشش در سطح نمونه باقی می ماند.

#### محتوای رطوبت و روغن

نتایج نشان داد که فرمولاسیون خمیرابه، دما و زمان سرخ کردن به طور معنی داری ( $p < 0.01$ ) بر میزان رطوبت و روغن ناگت های سرخ شده موثراند. همان‌طور که انتظار می رود، افزایش زمان سرخ کردن منجر به کاهش میزان رطوبت نمونه های سرخ شده می شود. این روند کاهشی در دقیقه اول فرایند سرخ کردن سریع تر است، که این امر اساساً ناشی از حذف رطوبت سطحی می باشد (شکل ۲). روند مشابهی توسط بسیاری از محققان طی فرایند سرخ کردن عمیق گزارش شده است (Cunningham & Tiede, 1981; Ngadi et al, 2007; Mariscal & Bouchon, 2008). افزایش میزان افت رطوبت در نمونه‌ها شد، به طوری که با افزایش دما میزان رطوبت برای زمان مشابه کاهش نشان داد (شکل ۳). این نتایج با نتایج کروکیدا و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت دارد (Adedeji et al, 2009).

همان‌طور که مشاهده می شود، نمونه های پوشش دار شده با خمیرابه حاوی متیل سلولز میزان رطوبت بالاتری را در مقایسه با سایر فرمول‌ها دارند (شکل ۲ و ۳).

این امر ممکن است ناشی از ظرفیت بالای اتصال با آب متیل سلولز و قابلیت تشکیل فیلم آن باشد (Fizman & Salvador, 2003). این نتایج با نتایج گزارش شده توسط آکدنیز و همکاران (۲۰۰۶) که به بررسی اثر خمیرابه حاوی صمغ های مختلف بر ویژگی‌های اسلایس‌های هویج سرخ شده به روش عمیق پرداختند، مطابقت دارد (Akdeniz et al, 2006).

نتایج بدست آمده، در دمای مورد مطالعه، به خوبی با استفاده از قانون توان ( $\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n$ )، برازش شدند ( $R^2 > 97\%$ ) در

این رابطه  $\tau$  نیروی برشی (Pa)،  $k$  ضریب قوام سیال ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ )،  $\dot{\gamma}$  درجه برش ( $\text{s}^{-1}$ ) و  $n$  شاخص رفتار جریان (بدون واحد) است. مقادیر  $k$  و  $n$  در جدول (۱) نشان داده شده است. مطابق جدول (۱) افزودن متیل سلولز، در دمای مورد مطالعه، باعث افزایش چشم‌گیر ضریب قوام سیال و کاهش شاخص رفتار جریان در تمامی نمونه‌ها می شود.

شاخص قانون توان در همه‌ی انواع خمیرابه کوچک تر از یک می باشد و این نشان دهنده رفتار ضعیف شونده‌گی با برش است (جدول ۱). باتوجه به کاهش شاخص رفتار جریان در نمونه های حاوی متیل سلولز، رفتار ضعیف شونده‌گی با برش با افزودن متیل سلولز در فرمولاسیون خمیرابه افزایش می یابد. این امر می تواند ناشی از ویژگی‌های ساختاری متیل سلولز (اسکلت ساختاری آب دوست سلولز و گروه های جانبی متیل آب گریز) باشد (Navickis, 1987). موکپاراستی و همکاران (۲۰۰۰) نیز در خمیرابه با نسبت‌های مختلف آرد برنج به نتیجه مشابهی دست یافتند (Navickis, 1987).

روند افزایش شاخص قوام در خمیرابه‌های حاوی متیل سلولز با در نظر گرفتن ویسکوزیته‌ی ظاهری در فرمول‌های فاقد متیل سلولز قابل توجیه است. متیل سلولز پلی مری است که در آب با متورم شدن و آب‌گیری حل می شود و این امر در بهبود و ایجاد پایداری در خمیرابه موثر می باشد (Navickis, 1987). همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، خمیرابه حاوی ۵ درصد آرد ذرت، بیشترین ضریب قوام را در فرمول‌های حاوی متیل سلولز دارد. مطابق شکل ۱، خمیرابه محتوی ۵ درصد آرد ذرت در فرمولاسیون های فاقد متیل سلولز کمترین ویسکوزیته‌ی ظاهری را در مقایسه با سایرین نشان می دهد و این نشان دهنده ی وجود مقادیر بالای آب آزاد در سیستم خمیرابه می باشد. با افزودن متیل سلولز و قرار دادن خمیرابه در حمام آب  $15^\circ\text{C}$ ، باتوجه به وجود مقادیر بالای آب آزاد در سیستم متیل سلولز به طور کامل هیدراته شده و این امر می تواند دلیل افزایش شدید ضریب قوام در این فرمول باشد.

#### میزان جذب پوشش

یکی دیگر از فاکتورهای کیفی در فرآورده های پوشش دار سرخ شده میزان جذب پوشش توسط ماده ی غذایی می باشد. در مواد غذایی پوشش دار، جذب اساساً به معنی مقدار خمیرابه‌ای است که به ماده‌ی غذایی می چسبد. میزان جذب به طور مستقیم با قوام

1- Consistency index

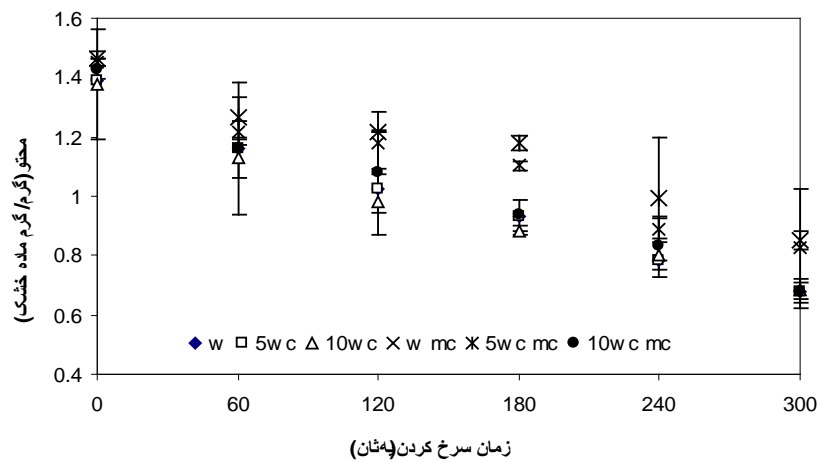
2- Flow behavior index

جدول ۱- اثر فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه بر پارامترهای قانون توان و میزان جذب پوشش

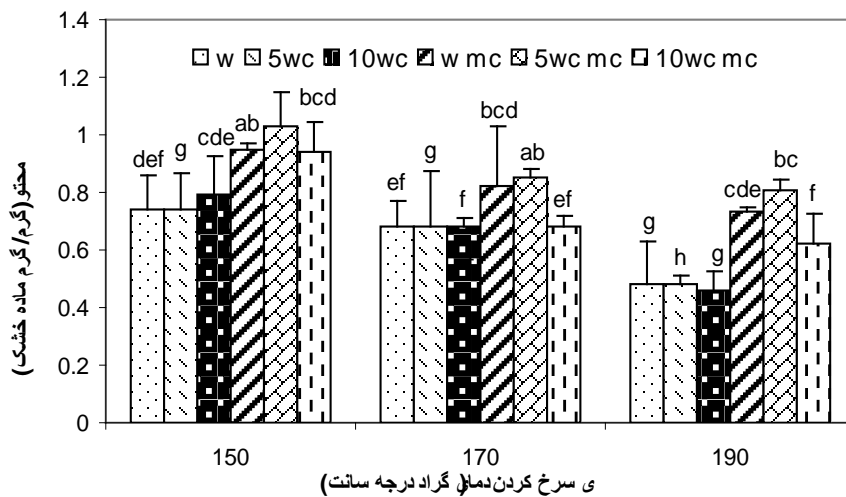
فرمولاسیون	k(pa.s <sup>n</sup> )	n	ضریب تبیین	جذب %
W	۵/۱۰۶	۰/۶۲۴	۰/۹۹۸	۴۵/۲ ± ۰/۸۸
۵ wc	۴/۷۴۵	۰/۶۱۶	۰/۹۹۷	۳۶/۷۱ ± ۰/۶
۱۰ wc	۵/۲۹۹	۰/۶۱۹	۰/۹۹۹	۴۴/۶۰ ± ۱/۷
wmc	۸۶/۳۶۵	۰/۴۵۵	۰/۹۹۷	۵۱/۶۴ ± ۱/۷۷
۵ wmc	۱۰۷/۹۵۲	۰/۴۳۳	۰/۹۷۹	۵۷/۶۸ ± ۱/۶۸
۱۰ wmc	۸۹/۶۸۲	۰/۴۰۵	۰/۹۹۷	۵۰/۶۷ ± ۱/۷۹

w

خمیرابه حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم، ۵wc: آرد گندم و ۵٪ آرد ذرت، ۱۰wc: آرد گندم و ۱۰٪ آرد ذرت. MC: خمیرابه‌ای که در آن MC نیز بکار رفته است.



شکل ۲. اثر زمان سرخ‌کردن بر محتوای رطوبت ناگت‌های میگو سرخ‌شده در دمای ۱۷۰°C. نمونه پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم، 5wc: آرد گندم و ۵٪ آرد ذرت، 10wc: آرد گندم و ۱۰٪ آرد ذرت. MC: خمیرابه‌ای که در آن MC نیز بکار رفته است.



شکل ۳. اثر دمای سرخ‌کردن بر محتوای رطوبت ناگت‌های سرخ‌شده به مدت ۵ دقیقه (ستون‌ها با حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد). W: نمونه پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی ۱۰۰٪ آرد گندم، 5wc: آرد گندم و ۵٪ آرد ذرت، 10wc: آرد گندم و ۱۰٪ آرد ذرت. MC: خمیرابه‌ای که در آن MC نیز بکار رفته است.

روغن در نمونه‌های پوشش‌دار شده با خمیرابه فاقد متیل سلولز در تمامی دماها و زمان‌ها بیشتر از نمونه‌های حاوی متیل سلولز می‌باشد. افزودن متیل سلولز با توجه به پیوند هیدروژنی قوی بین مولکول‌ها ی آب و صمغ باعث کاهش میزان حذف آب و در نتیجه جذب روغن می‌شود (Akdeniz et al, 2006). به گزارش ملما و همکاران (۲۰۰۳) تشکیل ژل حرارتی و اتصالات عرضی صمغ‌ها منجر به بهبود تشکیل تعداد کمی منافذ عریض با فشار مویبندی کم می‌شود، که این امر باعث ورود مقادیر کم روغن به منافذ می‌گردد (Mellema, 2003). به گزارش آکدنیز و همکاران (۲۰۰۶) ظرفیت اتصال با آب بالا و اثر ساختار ویسکوز صمغ‌ها در کنترل جذب روغن موثر می‌باشد (Akdeniz et al, 2006). فیلم مقاوم به روغن که طی سرخ کردن در اطراف ناگت‌ها در نتیجه ی تشکیل ژل حرارتی MC تشکیل می‌شود، می‌تواند دلیل دیگری برای کاهش جذب روغن در نمونه های پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی MC باشد.

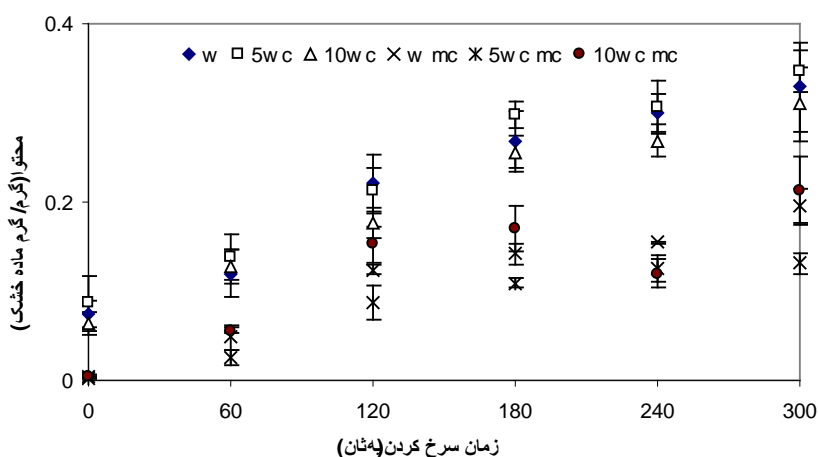
بالاترین میزان جذب روغن در نمونه های پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی ۵٪ آرد ذرت و فاقد متیل سلولز مشاهده شد، درحالی‌که این نمونه‌ها در خمیرابه حاوی ۲ درصد متیل سلولز کمترین میزان جذب روغن را نشان دادند (شکل ۵ و ۴).

به‌طور کلی جذب روغن بیشتر در نمونه‌ها با محتوای رطوبت پایین‌تر (نمونه‌هایی که در طی سرخ کردن رطوبت بیشتری را از دست داده‌اند) مشاهده شد. این نتایج رابطه‌ی بین میزان حذف رطوبت و جذب روغن را تایید می‌کند. نتایج مشابهی توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (Akdeniz et al, 2006; Salvador et al, 2005).

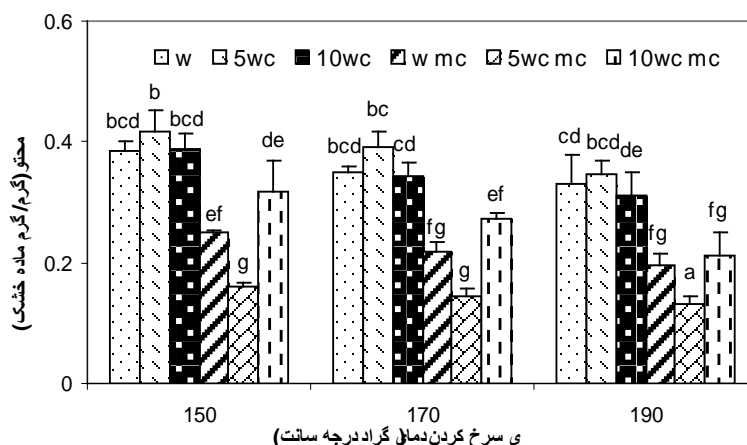
بالاترین محتوای رطوبت در نمونه های پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی متیل سلولز و ۵ درصد آرد ذرت و کمترین محتوای رطوبت در نمونه‌های پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی ۵ درصد آرد ذرت و فاقد متیل سلولز مشاهده شد، این نمونه‌ها پایین‌ترین میزان ویسکوزیته ی ظاهری و کمترین میزان جذب را نیز در مقایسه با سایر فرمول‌ها نشان دادند (شکل ۱ و جدول ۱) که ناشی از ظرفیت اتصال با آب پایین آرد ذرت در مقایسه با آرد گندم می‌باشد که منجر به افزایش میزان آب آزاد، افزایش میزان حذف خمیرابه از سطح نمونه طی چکانیدن و تسهیل فرایند تبخیر در نتیجه ی ویژگی ممانعت‌کنندگی ضعیف پوسته‌ی تشکیل‌شده طی فرایند سرخ کردن می‌شود. از طرفی هنگامی‌که در این فرمول متیل سلولز اضافه می‌شود، با توجه به محتوای آب آزاد بیشتر، متیل سلولز بیشتر هیدراته شده و این امر ممکن است دلیلی برای کاهش میزان افت رطوبت در نمونه های حاوی ۵ درصد آرد ذرت و متیل سلولز در مقایسه با سایر فرمول‌ها باشد.

بالاترین میزان افت رطوبت در نمونه های پوشش‌دار شده با خمیرابه‌های حاوی متیل سلولز نیز در نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد آرد ذرت مشاهده شد. این نمونه‌ها نیز در مقایسه با سایرین ویسکوزیته ی ظاهری پایین‌تری را در درجه‌ی برش‌های مورد مطالعه نشان دادند (شکل ۱).

همان‌طور که در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است، جذب روغن با افزایش زمان، افزایش و با افزایش دما، کاهش نشان می‌دهد. این نتایج با نتایج کیتا و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد (Krokida et al, 2000). همان‌طور که در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است جذب



شکل ۴. محتوای روغن ناگت‌های سرخ‌شده در دمای  $190^{\circ}\text{C}$ : نمونه پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی ۱۰٪ آرد گندم، 5wc: آرد گندم و ۵٪ آرد ذرت، 10wc: آرد گندم و ۱۰٪ آرد ذرت. MC: خمیرابه‌ای که در آن MC نیز بکار رفته است.



شکل ۵. محتوای روغن ناگتهای سرخ‌شده در دماهای مختلف به مدت ۵ دقیقه (ستون‌ها با حروف غیرمشابه بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد). w: نمونه پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی ۱۰٪ آرد گندم، 5wc: آرد گندم و ۵٪ آرد ذرت، 10wc: آرد گندم و ۱۰٪ آرد ذرت. MC: خمیرابه‌ای که در آن MC نیز بکار رفته است.

فرمولاسیون آن‌ها MC بکار نرفته بود شد. حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ کردن میزان حذف رطوبت و جذب روغن را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. این مطالعه رابطه‌ی بین میزان حذف رطوبت و جذب روغن را تایید می‌کند.

### سپاسگزاری

از شرکت شهرک‌های صنعتی خراسان رضوی به خاطر مساعدت در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

### نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

در این پژوهش اثر دما و زمان سرخ کردن، فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه و روش‌های آماده‌سازی متفاوت بر ویژگی‌های کیفی ناگت میگوی سرخ‌شده به روش عمیق مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که فرمولاسیون خمیرابه اثر قابل توجهی بر ویژگی‌های رئولوژیکی آن و ویژگی‌های کیفی محصول سرخ‌شده مانند میزان جذب پوشش، میزان روغن و رطوبت دارد. افزودن آرد ذرت باعث افزایش میزان حذف رطوبت و جذب روغن در نمونه‌هایی که در

### منابع

- AACC., 1986, Moisture content, "In Approved methods of the American Association of Chemists". St Paul, MN: AACC.
- Adedeji, A.A., Ndsgi M.O. & Raghavan G.S.V., 2009, Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep fat fried chicken nuggets. *Journal of food Engineering*. 91, 146-153.
- 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.
- Albert, A., Varela P., Salvador A. and Fiszman S.M., 2009, Improvement of crunchiness of battered fish nuggets. *European Food Research Technology*, 228, 923-930.
- AOAC., 1990, Official Methods of Analysis. "Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC".
- Chen, C. L., Li P. Y., Hu W.Y., Lan M.H., Chen M.J., and Chen H.H., 2008, Using HPMC to improve crust crispness in microwave-reheated battered mackerel nuggets: Water barrier effect of HPMC. *Food Hydrocolloids*. 22, 1337-1344.
- Chen, S.D., Chen H.H., Chao Y.C. and Lin R.S., 2009, Effect of batter formula on qualities of deep-fat and microwave fried fish nuggets. *Journal of Food Engineering* 95, 359-364.
- Cunningham, F.E. and Tiede L.M., 1981, Influence of batter viscosity on breading of chicken drumsticks. *Journal of Food Science*. 46, 1950-1952.
- Cunningham, F.E. and Tiede L.M., 1981, Influence of batter viscosity on breading of chicken drumsticks. *Journal of Food Science*. 46, 1950-1952.
- 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*. 128–130, 267–272.

Da Silva, P. and Moreira R., 2008, Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *LWT- Food Science and Technology*. 41, 1758-1767.

Desbrie`res, J., Hirrien M., and Ross-Murphy S.B., 2000, Thermogelation of methylcellulose: rheological considerations. *Polymer*. 41, 2451–2461.

Dogan, S.F., Sahin S. and Sumnu G., 2005a, 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.

Dogan, S.F., Sahin S. and Sumnu G., 2005b, Effects of batters containing different protein types on the quality of deep-fat-fried chicken nuggets. *European Food Research and Technology*. 220, 502–508.

Fizzman, S.M. and Salvador A., 2003, A review. Recent developments in coating batters. *Trends in Food Science and Technology*. 14, 399–407.

Fizzman, 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.

Freitas, D., Berbari S., Prati P., Fakhouri F., Queiroz F. and Vicente E., 2009, Reducing of fat uptake in cassava product during deep-fat frying. *Journal of Food Engineering*. 94, 390–394.

Kita, A., Lisin´ska G. and Gołubowska G., 2007, The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chemistry*. 102, 1–5.

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.

Mariscal, M. and Bouchon P., 2008, Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slice. *Food Chemistry*. 107, 1561–1569.

Mellema, M., 2003, Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science and Technology*. 14, 364–373.

Mohebbi, M., Akbarzadeh M.R., Shahidi F., Moussavi M. and Ghoddusi, H.B., 2009, Computer vision systems (CVS) for moisture content estimation in dehydrated shrimp. *Computers and Electronics in Agriculture*. 69, 128–134.

Mukprasirt, A., Herald T.J., Boyle D.L. and Rausch K.D., 2000, Adhesion of rice flourbased batter to chicken drumsticks evaluated by laser scanning confocal microscopy and texture analysis. *Poultry Science*. 79 (9), 1356–1363.

Navickis, L.L. 1987. Corn flour addition to wheat flour doughs effect on rheological properties. *Cereal Chemistry*. 64(4), 307–310.

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, 1784–91.

Lam, Y.C., Sunil C., Joshi and Tan B.K., 2007, Thermodynamic characteristics of gelation for methyl-cellulose hydrogels. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 87, 475–482.

Lee, S. and Inglett G.E., 2006, Functional characterization of steam jet-cooked–glucanrich barley flour as an oil barrier in frying batters. *Journal of Food Science*. 71(6), 308–313.

Llorca, E., Hernando I., Pe´rez-Munuera I., Quiles A., Larrea V. and Fizzman S.M., 2005, Microstructural study of frozen batter-coated squid rings prepared by an innovative process without a pre-frying step. *Food Hydrocolloids*. 19, 297–302.

Sahin, S. and Sumnu S.G., 2009, *Advances in deep fat frying of foods*, CRC Press, USA.

Sanz, T., Salvador A. and Fizzman S.M., 2004, Innovative method for preparing a frozen, battered food without a pre-frying step. *Food Hydrocolloids*. 18, 227–231.

Salvador, A., Hough G. and Fizzman S.M., 2005, Acceptability of batter-coated squid rings prepared without industrial pre-frying. *European Food Research and Technology* 221, 36–40.

Soorgi, M., Mohebbi M., Mousavi S. M. and Shahidi F., 2011, Theeffect of methylcellulose, temperature and microwave pretreatment on kinetic of mass transfer during deep fat frying of chicken nuggets. *Food bioprocess technology*. DOI 10.1007/s 11947-011-0520-z.

Xue, J. and Ngadi M., 2006, Rheological properties of batter systems formulated using different flour combinations. *Journal of Food Engineering*. 77, 334–341.

Ziaififar, A.M., Achir N., Courtois F., Trezzani I. and Trystram G., 2008, Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process *International Journal of Food Science and Technology*. 43, 1410–1423.