نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۳۸۶-۳۷۸

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 8, No. 4, Winter 2013, p. 378-386

اثرآرد ذرت بر ویژگی‌های کیفی ناگت میگوی سرخ‌شده به روش عمیق با استفاده از دو نوع فرایندآماده‌سازی

فرشته دهقان نصری[1*]- محبّت محبّی[2]- فریده طباطبایی یزدی[3]- محمدحسین حدادخداپرست[4]

تاریخ دریافت:۱۳۸۹/۸/۵
تاریخ پذیرش:۱۳۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثر حذف مرحله ی پیش‌سرخ کردن با بکارگیری متیل‌سلولز 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 ($n \leq$ ۰/۶۲۴) و به‌خوبی با استفاده از مدل قانون توان برازش شدند ($R^2 \geq$۰/۹۷۹). 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 متیل‌سلولز مشاهده شد. نتایج نشان داد که حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ‌کردن روشی موثر در کاهش میزان روغن (به‌طور متوسط۴۶٪) در محصول نهایی می‌باشد.

واژه های کلیدی: آرد ذرت، پیش‌سرخ‌کردن، جذب روغن، سرخ‌کردن، ناگت میگو

مقدمه

امروزه باتوجه به تغییرات فرهنگی و اجتماعی ، مصرف موادغذایی آماده به‌ویژه غذاهای دریایی، مرغ و سبزیجات رو به افزایش است، که دراین میان موادغذایی سرخ‌شده و سوخاری بسیار مورد توجه اند (Albert *et al*, 2009). میگو باتوجه به بافت و عطر و طعم دلپذیر به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین موادغذایی دریایی در بسیاری از کشورها مطرح می‌باشد. میگو منبعی غنی از پروتئین، مواد معدنی، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب چندغیراشباع به ویژه امگا ۳ می‌باشد (Mohebbi *et al* 2009). متاسفانه به دلیل عدم فرهنگ سازی مناسب سرانه ی 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 سرانه ی مصرف و افزایش مدت زمان ماندگاری برای این منبع پروتئینی ضروری به نظر می‌رسد.

سرخ‌کردن عمیق از روش‌های رایج فرآوری موادغذایی است که شامل پختن ماده‌ی غذایی در روغن داغ در دمایی بالاتر از نقطه ی جوش آب می باشد (Chen *et al*, 2009). هدف از این فرایند، فرآوری سریع ماده‌ی غذایی به‌منظور افزایش مدت زمان نگهداری، ضمن ایجاد ویژگی‌های منحصربه‌فرد بافتی، رنگ، عطر و طعم دلپذیر است (Da Silva & Moreira, 2008; Freitas *et al*, 2009). بنابراین فرآوری میگو به‌صورت سرخ‌شده روشی مناسب برای تولید محصولی مغذی با ویژگی‌های مطلوب می‌باشد.

یکی از مشکلات مهم در رابطه با موادغذایی سرخ شده میزان بالای جذب روغن در این محصولات ضمن فرایند پیش سرخ‌کردن و سرخ‌کردن نهایی است. شرایط سرخ‌کردن (دما و زمان)، ویژگی های فیزیکوشیمیایی ماده‌ی غذایی (اندازه، شکل، دانسیته، تخلخل، میزان روغن و رطوبت اولیه در نمونه و نسبت سطح به وزن)، ویژگی های 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 (Fiszman *et al*,2005; Dana & Saguy, 2006; Ziaiifar *et al*, 2008).

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

۱،۲،۳و۴- 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

Archive of SID
www.SID.ir

۶۴٪ از روغن چسبیده به سطح، طی مرحله ی خنک کردن توسط محصول جذب می‌گردد، چراکه طی سرخ‌کردن جریان سریع بخارآب از ماده‌ی غذایی به سطح، مانع نفوذ روغن می شود . در دوره‌ی خنک‌کردن فشار بخار لوله‌های موئینه درنتیجه‌ی کندانس‌شدن بخارات کاهش یافته و اثر خلا[1] ایجاد می‌گردد، که این امر منجر به کشیده شدن روغن به داخل منافذ می شود (Dana & Saguy, 2006). بنابراین بین میزان رطوبت و جذب روغن رابطه ی معکوس وجود دارد، به‌طوری‌که هرچه میزان رطوبت ماده‌ی غذایی در پایان فرآیند سرخ‌کردن 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[2]) با آرد سایر غلات ، پوشش دار کردن محصول، اصلاح محیط سرخ‌کردن، استفاده از انواع پیش تیمارها و حذف مرحله‌ی پیش‌سرخ‌کردن صنعتی اشاره کرد (Sanz *et al*, 2004; Dogan *et al*, 2005b; Salvador *et al*, 2005; Lee & Inglett, 2006; Soorgi *et al*, 2011).

یک پیشرفت مهم در زمینه‌ی تولید موادغذایی سوخاری کم‌چرب، ابداع فرآیندی است که در آن با استفاده از افزودن متیل سلولز (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 (Desbrie`res *et al*, 2000; Lam *et al*, 2007). علاوه براین، فیلم غیرقابل حل MC که درنتیجه 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 پوشش‌دارشده در حمام آب MC ۷۰–۸۰°C به‌مدت ۳۰ ثانیه، به‌منظور بهبود توانایی تشکیل ژل و سپس حرارت‌دهی سریع نمونه با استفاده از روش‌های معمول، آون مادون قرمز و مایکروفر به منظور ایجاد ثبات در ساختار نمونه‌ی پوشش‌دار صورت می گیرد. در روش معمول تهیه ی موادغذا یی پوشش‌دار و سوخار ی، کوآگوله‌شدن خمیرابه ضمن فرایندپیش‌سرخ‌کردن رخ می‌دهد و بدین‌ترتیب خمیرابه ثبات کافی را برا ی مراحل بعد مانند انجماد بدست می آورد (Fiszman & Salvador, 2003).

مزایای حذف مرحله ی پیش‌سرخ‌کردن که بر پایه‌ی تشکیل ژل حرارتی متیل‌سلولز استوار است، هم برا ی تولید کننده و هم برا ی 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 مز ایای این روش می‌باشد (Fiszman & Salvador, 2003).

مطالعات نشان داده‌اند که تر کیب آردها ی به‌کار رفته در فرمولاسیون خمیرابه نقش به‌سزا یی در میزان جذب روغن طی فرایندسرخ‌کردن دارد (Fiszman & Salvador, 2003; Llorca *et al* 2005). آرد ذرت از آردهای پرکاربرد در تهیه محصولات سوخاری می‌باشد که با توجه به محتوا ی بالای کاروتن به‌عنوان منبعی طبیعی برا ی ایجاد رنگ زرد در محصولات سوخار ی به‌کار می رود (Salvador *et al*, 2005; Xue & Ngadi, 2006). آرد ذرت همچنین به منظور کنترل ویسکوزیته و افزایش ترد ی 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 به‌کار برده شد: روش معمول (عدم استفاده از متیل سلولز و پیش‌سرخ‌کردن) و روش نوین (استفاده از متیل‌سلولز و حذف مرحله‌ی 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. آماده سازی خمیرابه با اختلاط مواد خشک با آب با دمای ۱۴ °C به نسبت ۱/۲:۱ (وزنی/وزنی) با استفاده از هم‌زن (مولینکس BM4) به‌مدت 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 ۴/۷×۳/۵ سانتی‌متر انجام شد.

1- Vacuum effect
2- Batter

Archive of SID

www.SID.ir

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 به‌مدت یک هفته نگهداری شدند. قبل از سرخ‌کردن نهایی نیز رفع انجماد در دمای ۴ °C به مدت ۲۴ ساعت انجام گرفت. سرخ‌کردن 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 ۱۵۰°C، ۱۷۰ °C و ۱۹۰ °C و در زمان‌های ۰-۵ دقیقه انجام شد. روغن مورد استفاده برای اطمینان از یکنواختی دما یک ساعت قبل از سرخ کردن در دمای مورد نظر حرارت داده شد. به‌منظور جلوگیری از نوسانات دمایی ضمن فرآیند سرخ‌کردن در هر مرحله تنها دو نمونه سرخ شد. روغن مورد استفاده در هر آزمون تعویض گردید. در اتمام فرآیند بلافاصله نمونه ها از سرخ‌کن خارج شده و روغن اضافی موجود در سطح آنها توسط کاغذ جاذب 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) می باشد. نمونه‌های قالب زده شده هریک به‌طور جداگانه به مدت ۳۰ ثانیه در خمیرابه غوطه ور شده سپس به‌منظور حذف خمیرابه اضافی به‌مدت ۳۰ ثانیه به‌صورت عمودی نگه‌داشته شدند (مرحله‌ی چکانیدن). سپس سطح نمونه ها با استفاده از آرد سوخاری پوشانیده شد. در مرحله ی بعد نمونه ها در روغن با دمای ۱۵۰°C به‌مدت ۳۰ ثانیه پیش‌سرخ شدند.

فرآیند جدید

دراین روش فرمولاسیون خمیرابه طبق فرمولاسیون پیشنهادی سنز و همکاران (۲۰۰۶) به‌عنوان مناسب‌ترین فرمول برای تهیه ی 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 سلولز (۲ درصد وزنی/وزنی) می باشد . بلافاصله بعد از آماده‌سازی ظرف حاوی خمیرابه در حمام آب ۱۵ °C (انکوباتور یخچال‌دار دنا، Hpt slide ETUVE) به‌مدت یک ساعت قرار داده شد. بعد از مرحله‌ی پوشش‌دارکردن و چکانیدن، نمونه‌ها در حمام آب ۸۰-۷۰°C به‌مدت ۳۰ ثانیه غوطه‌ور شدند. بلافاصله بعد از این مرحله، نمونه ها 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.

آنالیز خمیرابه

ویژگی‌های رئولوژیکی خمیرابه

ویژگی‌های جریان فرمولاسیون‌های مختلف خمیرابه، با استفاده از ویسکومتر چرخشی بوهلین[1] در دمای ۲۵ °C مورد بررسی قرار گرفت. اسپیندل های[2] مناسب (C14, C25, C30) بر اساس ویسکوزیته‌ی ظاهری نمونه‌ها انتخاب گردید. درجه‌ی برش به صورت لگاریتمی از ۱۴/۲ تا۲۰۰ (s^{-1}) افزایش یافت. رفتار رئولوژیکی خمیرابه بر اساس برازش داده ها (درجه ی 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 رابطه ی ارائه شده توسط آلبرت و همکاران (۲۰۰۹) ارزیابی شد(Albert *et al*, 2009):

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

که در آن B جرم پوشش درسطح ماده‌غذایی و S جرم ماده‌غذایی بدون پوشش(پوست‌گیری‌شده) بعد از مرحله‌ی پیش‌سرخ کردن و یا تیمار حرارتی می‌باشد.

آنالیز نمونه‌های سرخ‌شده

میزان رطوبت

اندازگیری میزان رطوبت نمونه های سرخ‌شده مطابق با استاندارد AACC (۱۹۸۶) با خشک کردن نمونه‌ها در آون ۱۰۵°C به‌مدت 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 اندازگیری میزان رطوبت، ابتدا با استفاده از آسیاب (ناسیونال، K039131) آسیاب شده، سپس ۴-۲ گرم از نمونه های خشک و آسیاب شده در کارتوش قرار گرفته، استخراج روغن با استفاده از پترولیوم اتر (Extra pure, ET0091) انجام گرفت. بعد از استخراج، کارتوش ها 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.

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

Archive of SID

www.SID.ir

آنالیز آماری

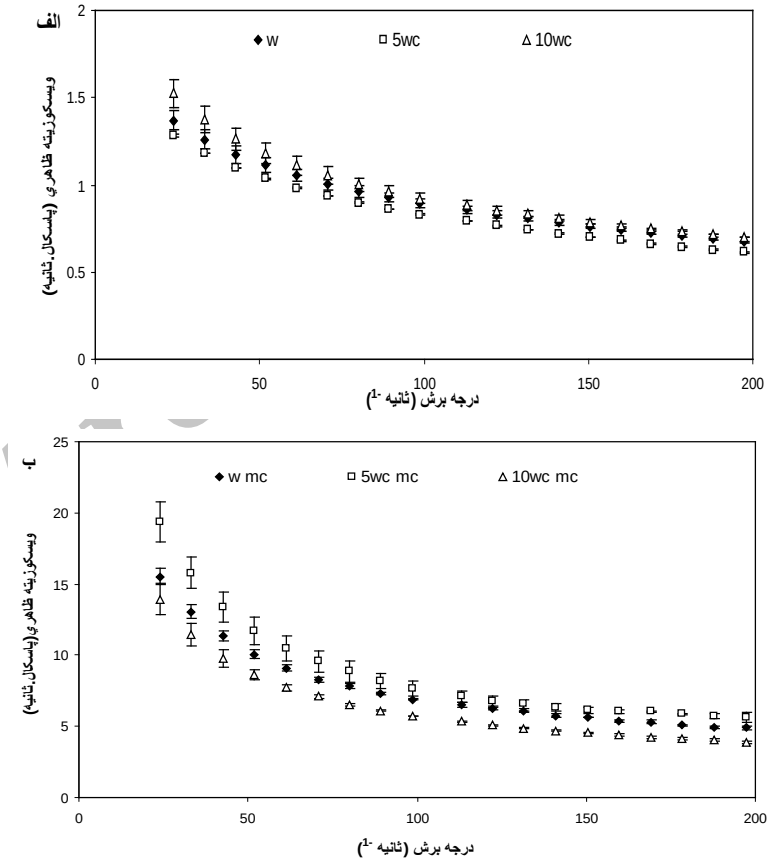
آزمون فاکتوریل و طرح کاملاً تصادفی به منظور بررسی اثر فرمولاسیون خمیرابه، دما و زمان سرخ کردن بر ویژگی های کیفی ناگت‌های سرخ‌شده مورد استفاده قرار گرفت. در هنگام مشاهده ی معنی‌دار بودن اثر تیمارها، مقایسه ی میانگین با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. سطح معنی داری آماری ۹۵٪ درنظر گرفته شد. کلیه‌ی آزمون ها 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 ، ویژگی ها ی جابجایی محصولات پوشش‌دار، ظاهر و بافت محصول نها یی موثر است.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، ویسکوزیته ی ظاهری در فرمولاسیون های مختلف خمیرابه با افزایش درجه برش کاهش می‌یابد و این بیانگر رفتار غیرنیوتونی خمیرابه می باشد. در تمامی فرمول‌های مورد مطالعه با افزودن MC ویسکوزیته‌ی ظاهری به شدت افزایش می‌یابد. به‌طورکلی، آب آزاد نقش مهمی در میزان ویسکوزیته‌ی ظاهری خمیرابه دارد و ویسکوزیته‌ی ظاهری بالاتر در نتیجه‌ی میزان آب آزاد کمتر ایجاد می شود. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در فرمول های 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 درنتیجه 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 نمی کند ، ذرات آن نیز به میزان زیادی هیدراته و متورم نمی شوند (Xue& Ngadi, 2006). این امر می تواند توجیهی برای ویسکوزیته ی پایین تر نمونه‌های حاوی آرد ذرت در مقایسه با آرد گندم در نمونه های فاقد متیل‌سلولز باشد.



شکل۱- تغییرات ویسکوزیته‌ی ظاهری در درجه برش‌های مختلف. الف: نمونه‌های فاقد متیل‌سلولز، ب: نمونه‌های حاوی متیل‌سلولز

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.

www.SID.ir

نتایج بدست آمده ، در دمای مورد مطالعه، به‌خوبی با استفاده از قانون توان ($\tau = k.\dot{\gamma}^{n}$)، برازش شدند (R^2>97%). در این رابطه τ نیروی برشی (Pa)، K ضریب قوام سیال[1] (Pa.s^n)، $\dot{\gamma}$ درجه برش (s^{-1}) و n شاخص رفتار جریان[2] (بدون واحد) است. مقادیر k و n، در جدول (۱) نشان داده شده است. مطابق جدول (۱) افزودن متیل‌سلولز، در دمای مورد مطالعه، باعث افزایش چشم‌گیر ضریب قوام سیال و کاهش شاخص رفتار جریان در تمامی نمونه‌ها می‌شود.

شاخص قانون توان در همه‌ی انواع خمیرابه کوچک تر از یک می‌باشد و این نشان‌دهنده رفتار ضعیف‌شوندگی با برش است (جدول ۱). باتوجه به کاهش شاخص رفتار جریان در نمونه های حاوی متیل‌سلولز، رفتار ضعیف‌شوندگی با برش با افزودن متیل سلولز در فرمولاسیون خمیرابه افزایش می یابد. این امر می تواند ناشی از ویژگی‌های ساختاری متیل‌سلولز (اسکلت ساختاری آب‌دوست سلولز و گروه های جانشین 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 درنظرگرفتن ویسکوزیته‌ی ظاهری در فرمول های فاقد متیل سلولز قابل توجیه است. متیل‌سلولز پلی‌مری است که در آب با متورم شدن و آب‌گیری حل می شود و این امر در بهبود و ایجاد پایداری در خمیرابه موثر می‌باشد (Navickis, 1987). همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، خمیرابه حاوی ۵ درصد آرد ذرت، بیشترین ضریب قوام را در فرمول های حاوی متیل‌سلولز دارد. مطابق شکل ۱، خمیرابه محتوی ۵ درصد آرد ذرت در فرمولاسیون های فاقد متیل‌سلولز کمترین ویسکوزیته‌ی ظاهری را در مقایسه با سایرین نشان می‌دهد و این نشان دهنده ی وجود مقادیر بالای آب آزاد در سیستم خمیرابه می‌باشد. با افزودن متیل‌سلولز و قرار دادن خمیرابه در حمام آب ۱۵°C، باتوجه به وجود مقادیر بالای آب آزاد در سیستم متیل‌سلولز به‌طور کامل هیدراته شده و این امر می‌تواند دلیل افزایش شدید ضریب قوام در این فرمول باشد.

میزان جذب پوشش

یکی دیگر از فاکتورهای کیفی در فرآورده های پوشش دار سرخ‌شده میزان جذب پوشش توسط ماده ی غذایی می باشد . در موادغذایی پوشش‌دار، جذب اساساً به معنی مقدار خمیرابه‌ای است که به ماده‌ی غذایی می‌چسبد. میزان جذب به طور مستقیم با قوام خمیرابه همبستگی دارد، به‌طوری‌که 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 پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی متیل‌سلولز کمی بیشتر این میزان در نمونه‌های فاقد متیل‌سلولز می‌باشد. این امر می‌تواند ناشی از ضریب قوام بالاتر در این نمونه ها 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 متیل‌سلولز نمونه‌های حاوی ۵ درصد آرد ذرت بالاترین میزان ویسکوزیته‌ی ظاهری را نشان دادند، این امر می‌تواند توجیهی برای بالاتر بودن میزان جذب پوشش در این نمونه ها باشد، به‌طوری‌که در زمان چکانیدن میزان جریان خمیرابه از سطح نمونه به دلیل مقاومت به جریان بالاتر، کمتر صورت می‌گیرد، درنتیجه لایه‌ی ضخیم‌تری از پوشش در سطح نمونه باقی می‌ماند.

محتوای رطوبت و روغن

نتایج نشان داد که فرمولاسیون خمیرابه، دما و زمان سرخ کردن به‌طور معنی‌داری ($p < 0.01$) بر میزان رطوبت و روغن ناگت ها ی سرخ‌شده موثراند. همان طور که انتظار می رود، افزایش زمان سرخ‌کردن منجر به کاهش میزان رطوبت نمونه های سرخ شده می‌شود. 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 دما نیز منجر به افزایش میزان افت رطوبت در نمونه ها 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 می‌شود ، نمونه های پوشش دار شده با خمیرابه حاوی متیل‌سلولز 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 متیل‌سلولز و قابلیت تشکیل فیلم آن باشد (Fiszman & 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 سرخ‌شده به روش عمیق پرداختند، مطابقت دارد (Akdeniz *et al*, 2006).

1- Consistency index
2- Flow behavior index

Archive of SID

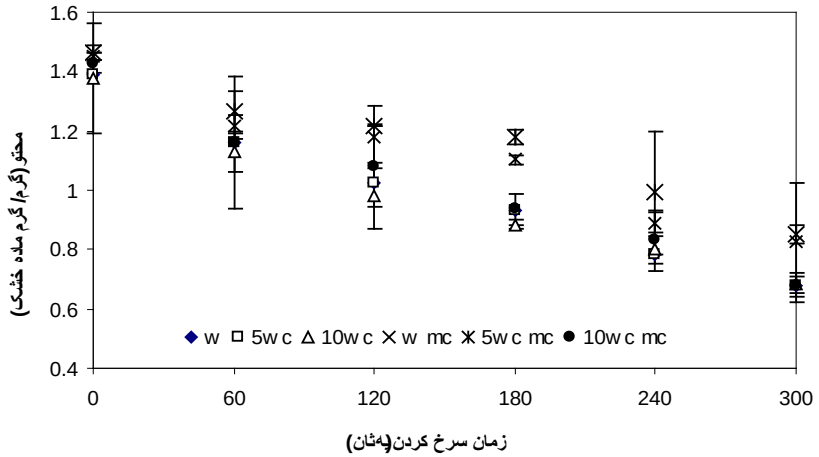
www.SID.ir

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

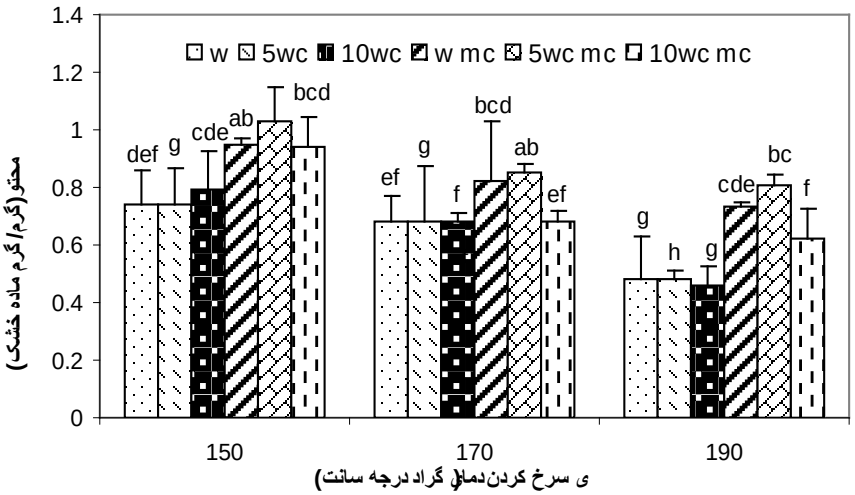
فرمولاسیون	$k(pa.s^n)$	n	ضریب تبیین	جذب٪
W	۵/۱۰۶	۰/۶۲۴	۰/۹۹۸	۴۵/۲ ±۰/۸۸
۵ wc	۴/۷۴۵	۰/۶۱۶	۰/۹۹۷	۳۶/۷۱ ± ۰/۶
۱۰ wc	۵/۲۹۹	۰/۶۱۹	۰/۹۹۹	۴۴/۶۰ ± ۱/۷
wmc	۸۶/۳۶۵	۰/۴۵۵	۰/۹۹۷	۵۱/۶۴ ± ۱/۷۷
۵ wcmc	۱۰۷/۹۵۲	۰/۴۳۳	۰/۹۷۹	۵۷/۶۸ ±۱/۶۸
۱۰ wcmc	۸۹/۶۸۲	۰/۴۰۵	۰/۹۹۷	۵۰/۶۷ ±۱/۷۹

w

w: 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.



شکل۲. اثر زمان سرخ‌کردن بر محتوای رطوبت ناگت‌های میگو سرخ‌شده در دمای ۱۷۰°C. 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.



شکل ۳. اثر دمای سرخ‌کردن بر محتوای رطوبت ناگت‌های سرخ‌شده به مدت۵ 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.

www.SID.ir

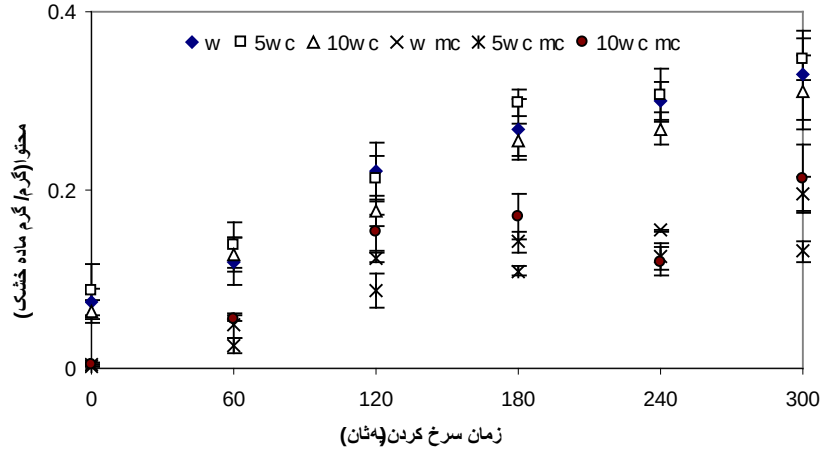
بالاترین محتوای رطوبت در نمونه های پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی متیل‌سلولز و ۵ درصد آرد ذرت و کمترین محتوای رطوبت در نمونه‌های پوشش‌دار شده با خمیرابه حاوی ۵ درصد آرد ذرت و فاقد متیل‌سلولز مشاهده شد، این نمونه‌ها پایین‌ترین میزان ویسکوزیته ی ظاهری و کمترین میزان جذب را نیز در مقایسه با سایر فرمول ها نشان دادند (شکل ۱ و جدول ۱) که ناشی از ظرفیت اتصال با آب پایین آرد ذرت در مقایسه با آرد گندم می باشد 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 سرخ‌کردن می‌شود. ازطرفی هنگامی‌که در این فرمول متیل سلولز اضافه می شود، باتوجه به محتوای آب آزاد بیشتر، متیل‌سلولز بیشتر هیدراته شده و این امر ممکن است دلیلی برای کاهش میزان افت رطوبت در نمونه ها ی حاوی ۵ درصد آرد ذرت و متیل‌سلولز در مقایسه با سایر فرمول‌ها باشد.

بالاترین میزان افت رطوبت در نمونه های پوشش دار شده با خمیرابه‌های حاوی متیل سلولز نیز در نمونه‌های حاوی ۱۰ درصد آرد ذرت مشاهده شد. این نمونه ها نیز در مقایسه با سایرین ویسکوزیته ی ظاهری پایین‌تری را در درجه‌ی برش‌های مورد مطالعه نشان دادند (شکل۱).

همان‌طور که در شکل های 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 روغن در نمونه های پوشش‌دار شده با خمیرابه فاقد متیل سلولز در تمامی دماها و زمان‌ها بیشتر از نمونه‌های حاوی متیل‌سلولز می‌باشد. افزودن متیل‌سلولز با توجه به پیوند هیدروژنی قوی بین مولکول ها ی آب و صمغ باعث کاهش میزان حذف آب و در نتیجه جذب روغن می شود (Akdeniz *et al*, 2006). به گزارش ملما و همکاران (۲۰۰۳) تشکیل ژل حرارتی و اتصالات عرضی صمغ ها منجر به بهبود تشکیل تعداد کمی منافذ عریض با فشار مویینگی کم می‌شود، که این امر باعث ورود مقادیر کم روغن به منافذ می گردد (Mellema, 2003). به گزارش آکدنیز و همکاران (۲۰۰۶) ظرفیت اتصال با آب بالا و اثر ساختار ویسکوز صمغ ها در کنترل جذب روغن موثر می باشد (Akdeniz *et al*, 2006). فیلم مقاوم به روغن که طی سرخ‌کردن در اطراف ناگت‌ها در نتیجه‌ی 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 ها ی پوشش‌دارشده با خمیرابه حاوی ۵٪ آرد ذرت و فاقد متیل‌سلولز مشاهده شد، درحالی‌که این نمونه‌ها در خمیرابه حاوی ۲ درصد متیل‌سلولز کمتر ین میزان جذب روغن را نشان دادند(شکل۵ و۴).

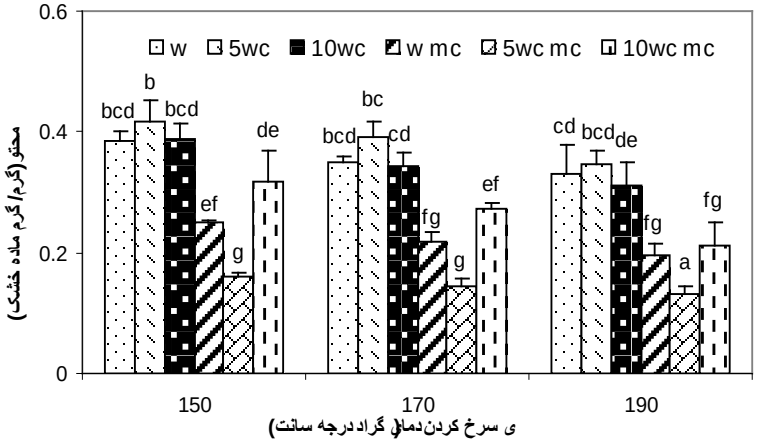
به‌طورکلی جذب روغن بیشتر در نمونه‌ها با محتوای رطوبت پایین‌تر (نمونه‌هایی که در طی سرخ‌کردن رطوبت بیشتری را از دست داده‌اند) مشاهده شد. این نتایج رابطه‌ی بین میزان حذف رطوبت و جذب روغن را تایید می‌کند. نتایج مشابهی توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (Akdeniz *et al*, 2006; Salvador *et al*, 2005).



شکل ٤. محتوای روغن ناگت‌های سرخ‌شده در دمای ۱۹۰°C. 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.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۵. 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 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.

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 ویژگی های 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 نمونه هایی که در 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.

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. Eurpean 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

Archive of SID

www.SID.ir

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.

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

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.

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., 3007, 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 hydrogenatation. 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 Fiszman 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 Fiszman S.M., 2004, Innovative method for preparing a frozen, battered food without a prefrying step. Food Hydrocolloids. 18, 227–231.

Salvador, A., Hough G. and Fiszman 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.

Ziaiifar, 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.

Archive of SID

www.SID.ir