مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر / ISSN: 2008-0026 سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۹۳ / صفحات: ۱۰۶-۹۷

قابلیت سرخ کردن تحت خلأ در کاهش محتوای چربی فیله ماهی کفال طلایی در مقایسه با شرایط اتمسفری

*آزاده قربانی‌حسن‌سرایی[۱]، سیداحمد شهیدی[۲]، حبیب وهاب‌زاده‌رودسری[۳] و فرزانه حسن‌نیا[۴]

[۱]مربی گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، [۲]استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران، [۳]استادیار گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران، [۴]کارشناس‌ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت‌الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲۸

چکیده

سرخ کردن عمیق تحت خلأ یک فناوری جدید است که می‌تواند برای بهبود ویژگی‌های کیفی مواد غذایی سرخ‌شده مورد استفاده قرار گیرد چرا که در آن دماهای پایین‌تری برای سرخ کردن استفاده می‌شود و قرار گرفتن مواد غذایی در معرض اکسیژن هنگام سرخ شدن در حداقل است. در این پژوهش فرایندهای سرخ کردن تحت خلأ و در شرایط اتمسفری برای فرآورده فیله ماهی مقایسه شدند. دو فشار سرخ کردن (فشار ۱۰۱/۳۲۵ و ۷۰/۱ کیلو پاسکال) و سه نیروی پیشران حرارتی (اختلاف دمای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد بین روغن و نقطه جوش آب در هر فشار) مورد استفاده قرار گرفت تا تأثیر این شرایط بر جذب روغن و افت رطوبت مورد بررسی قرار گیرد. افت رطوبت و جذب روغن در فیله ماهی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر دما و فشار سرخ کردن قرار داشتند. نتایج نشان داد که محتوای رطوبت با افزایش دما و فشار سرخ کردن کاهش می‌یابد اما محتوای چربی افزایش می‌یابد. بین جذب روغن و افت رطوبت در شرایط اتمسفری و تحت خلأ یک ارتباط قوی مشاهده شد. مشخص شد که سرخ کردن تحت خلأ یک روش مناسب است که می‌تواند موجب کاهش جذب روغن طی سرخ کردن فیله کفال طلایی شود.

واژه‌های کلیدی: جذب روغن، فیله ماهی، سرخ کردن تحت خلأ، سرخ کردن عمیق، کفال طلایی (*Liza auratus*)

مقدمه

سرخ کردن در پختن انواع مواد غذایی مانند گوشت، ماهی و سبزیجات مفید است. هدف این فرایند ترکیب زمان کوتاه پخت با مشخصات بی‌نظیر در فرآورده سرخ شده است (Dana و Saguy، ۲۰۰۶). این آماده‌سازی آسان و سریع موجب تولید فرآورده‌های با کیفیت حسی بهتر (رنگ، بافت و آروما) می شود که به همین دلیل مورد توجه مصرف‌کنندگان قرار دارد (Mir-Bel و همکاران، ۲۰۰۹). در هنگام فرایند سرخ کردن، خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی ماده غذایی تغییر می‌کند، هدف عمده و اصلی فرایند سرخ کردن عمیق حفظ عطر و طعم مواد در یک پوسته ترد و شکننده به‌وسیله غوطه‌ور کردن ماده غذایی در روغن داغ می‌باشد (Moyano و همکاران، ۲۰۰۲). مواد غذایی سرخ‌شده مثل غذاهای دریایی، چیپس‌های سیب‌زمینی، سیب‌زمینی سرخ‌شده، استیک‌های ماهی و ناگت‌های مرغ به‌علت مزه بی‌نظیر و تهیه فوری برای بسیاری از مردم در سرتاسر جهان لذت‌بخش هستند (Wang، ۲۰۰۵).

* مسئول مکاتبه: azade380@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

جذب روغن یک نقطه بحرانی از نظر تغذیه‌ای در سرخ کردن عمیق می‌باشد که در برخی حالات تا یک‌سوم کل وزن فرآورده می‌رسد (Freitas و همکاران، ۲۰۰۹؛ Mellema، ۲۰۰۳). مصرف زیاد غذاهای چرب برای سلامت انسان مضر است و می تواند منجر به بیماری‌هایی مانند افزایش کلسترول خون، افزایش فشار خون و افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی و برهم خوردن تعادل وزنی می‌شود (Garcia و همکاران، ۲۰۰۲؛ Bajaj و Singhal، ۲۰۰۷؛ Suárez Bertolini و همکاران، ۲۰۰۸؛ Quasem و همکاران، ۲۰۰۹). در سال‌های اخیر ترجیح مصرف‌کنندگان به مصرف مواد غذایی با چربی پایین و فرآورده‌های بدون چربی، صنعت تنقلات و میان‌وعده‌ها را مجبور به تولید فرآورده‌هایی با محتوای روغن پایین‌تر که کماکان آروما و بافت مطلوب را داشته باشند، نموده است (Garayo و Moreira، ۲۰۰۲).

سرخ کردن تحت خلأ یک انتخاب برای تولید میوه، سبزیجات و فرآورده‌های دیگر با محتوای روغن کم و با ویژگی‌های بافتی و طعم مطلوب است. سرخ کردن تحت خلأ به‌صورت فرایند سرخ کردن تعریف می شود که تحت فشارهای پایین‌تر از میزان فشار اتمسفری انجام می‌شود. به‌علت فشار پایین، نقطه جوش روغن و رطوبت در مواد غذایی پایین‌تر است (شهیدی و همکاران، ۱۳۹۲).

ماهی کفال طلایی از خانواده کفال‌ماهیان (*Mugilidae*) می‌باشد که از زئوپلانکتون‌ها، نوزاد نرم‌تنان، دتریتوس و آبزیان کوچک تغذیه می‌کند (FAO، ۲۰۰۷). ماهی کفال طلایی یکی از مهم‌ترین ماهیان استخوانی اقتصادی دریای خزر می‌باشد، به همین دلیل و نیز به‌دلیل میزان قابل‌توجه صید و بازارپسندی مطلوب، چگونگی حفظ کیفیت، شناخت ارزش غذایی و اصول فرآوری و نگهداری آن‌ها از اهمیت به‌سزایی برخوردار می‌باشد (هدایتی‌فرد و نعمتی، ۱۳۸۸).

هدف از این پژوهش مقایسه فرایندهای سرخ کردن در فشار اتمسفری و سرخ کردن تحت خلا برای فیله ماهی کفال طلایی بود. در این پژوهش، جذب روغن و افت رطوبت فیله ماهی کفال طلایی سرخ‌شده در شرایط فشار اتمسفر و تحت خلأ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

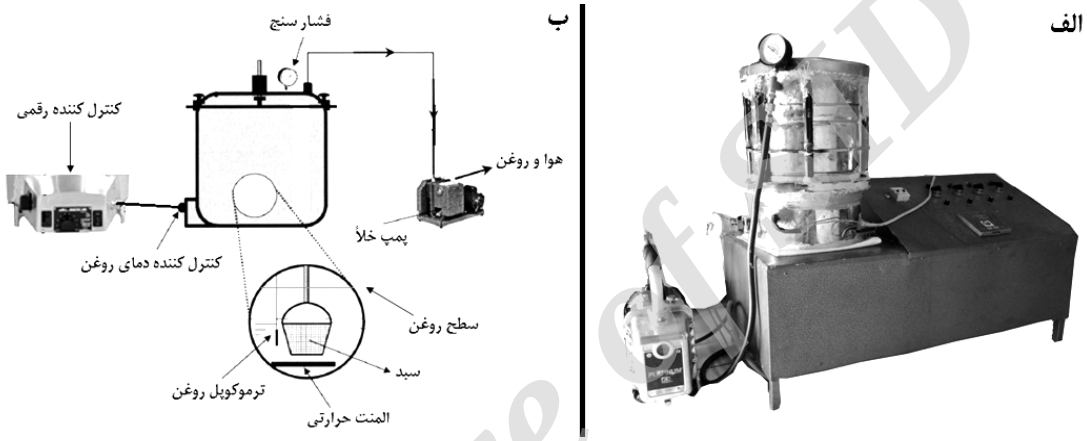
تهیه نمونه: ماهی‌های کفال طلایی با وزن تقریبی ۵۰۰ گرم از بازار ماهی‌فروشان در شهر رودسر خریداری شد و به‌صورت تازه به آزمایشگاه منتقل گردید. آزمایش‌ها در مرکز تحقیقات شیلات دکتر کیوان چمخاله (وابسته به دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان) انجام شد. بعد از شستن و تخلیه محتویات شکم ماهی، پوست‌گیری و جدا کردن استخوان از گوشت، فیله‌ای مناسب برای انجام آزمایش‌ها به‌دست آمد. از هر ماهی تنها دو فیله تهیه شد. با استفاده از یک قالب استوانه‌ای به قطر ٤ سانتی‌متر قطعات استوانه‌ای از فیله برای سرخ کردن جدا شد. از گوشت باقی‌مانده از فیله جدا شده، برای اندازه‌گیری چربی ماهی خام استفاده شد.

سرخ‌کن تحت خلأ: برای انجام این پژوهش یک سرخ‌کن تحت خلأ در مقیاس آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد (شکل ۱). مخزن سرخ‌کن از جنس استیل و با ظرفیت ۸ لیتر تهیه شد. سامانه گرمایشی الکتریکی با قابلیت تأمین دما تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌صورت گرمایش مستقیم در داخل مخزن سرخ‌کن

Archive of SID

www.SID.ir

مورد استفاده قرار گرفت. برای کنترل دمای محیط گرمایش (روغن سرخ کردن) از یک ترموکوپل با قابلیت کنترل دما از ۱۲۰۰-۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. ترموکوپل نوع T (Thermocouple T welded glass insulated, RS Components، انگلستان) و سامانه گرمایشی الکتریکی به‌وسیله سیستم کنترل‌کننده منطقی برنامه‌ریزی شدند به‌گونه‌ای که محدوده تغییرات دمای روغن در دامنه ۱± درجه سانتی‌گراد قرار داشت و با افزایش دما گرمایش متوقف و با کاهش دما گرمایش ادامه می‌یافت. برای تأمین خلأ از پمپ خلأ (DV-48 N 250, Platinum, USA) استفاده شد. همچنین برای کنترل فشار، فشارسنج در مسیر ایجاد خلأ به‌کار رفت. ماده غذایی به‌وسیله یک سبد مشبک با قابلیت بالا و پایین رفتن و همچنین چرخش به داخل روغن فرستاده می‌شد.



شکل ۱- سامانه سرخ‌کن تحت خلأ: الف) سرخ‌کن ساخته شده، ب) نمای شماتیک سرخ‌کن.

شرایط سرخ کردن: فیله‌های آماده شده در دو فشار مختلف (۷۰/۱ و ۱۰۱/۳۲۵ کیلو پاسکال) سرخ شدند. در هر کدام از فشارهای ذکر شده سه دما برای سرخ کردن مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). مبنای انتخاب دما، اختلاف دمای سرخ کردن و نقطه جوش آب در فشار متناظر بود. در هر فشار، در سه نیروی پیشران حرارتی[1] ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد، سرخ کردن انجام شد. سرخ کردن در زمان 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. در هر مرحله از سرخ کردن تنها یک فیله در سرخ‌کن قرار داده شد. در پایان فرایند، بلافاصله نمونه از سرخ‌کن خارج شد و روی حوله کاغذی قرار داده شد. بعد از خنک شدن نمونه‌ها آزمایش‌های بعدی انجام گرفت.

آنالیز نمونه‌های سرخ‌شده: اندازه‌گیری محتوای رطوبت نمونه‌های سرخ‌شده مطابق استاندارد (AOAC، ۱۹۹۰) انجام شد. نمونه‌ها در آون (فن آزماگستر، مدل BM55، ایران) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد. اندازه‌گیری محتوای روغن نمونه‌های سرخ‌شده مطابق استاندارد (AOAC، ۱۹۹۰) انجام شد. از دستگاه تمام اتوماتیک سوکسله (Gerhardt، مدل SE-414، آلمان) برای استخراج چربی استفاده شد. از حلال دی‌اتیل اتر (دکتر مجللی، ایران) برای استخراج چربی

1- Thermal Driving Force

Archive of SID
www.SID.ir

استفاده شد. مقدار روغن اندازه‌گیری شده از میزان چربی ماهی خام کسر شد و میزان روغن بر مبنای وزن خشک گزارش شد.

آزمایش در قالب آرایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۲ سطح فشار (فشارهای ۷۰/۱ و ۱۰۱/۳۲۵ کیلو پاسکال) و ۳ سطح دما (در هر فشار دمای متناظر با ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد، اختلاف با نقطه جوش آب) بودند. این رهیافت برای تعیین میزان اثرات فاکتورهای مختلف (فشار سرخ کردن و دمای سرخ کردن) به‌کار رفت (Montgomery، ۲۰۰۱). برای مقایسه میانگین‌ها و بررسی اثرات ساده و متقابل فاکتورها از آزمون توکی در سطح اطمینان ۵ درصد استفاده شد. برای بررسی‌های آماری از نرم‌افزار آماری Minitab16 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد.

جدول ۱- شرایط فشار و دمای سرخ کردن فیله.

فشار مطلق (کیلو پاسکال)	دمای سرخ کردن (درجه سانتی‌گراد)		
۱۰۱/۳۲۵	۱۹۰	۱۷۰	۱۵۰
۷۰/۱	۱۸۰	۱۶۰	۱۴۰

نتایج و بحث

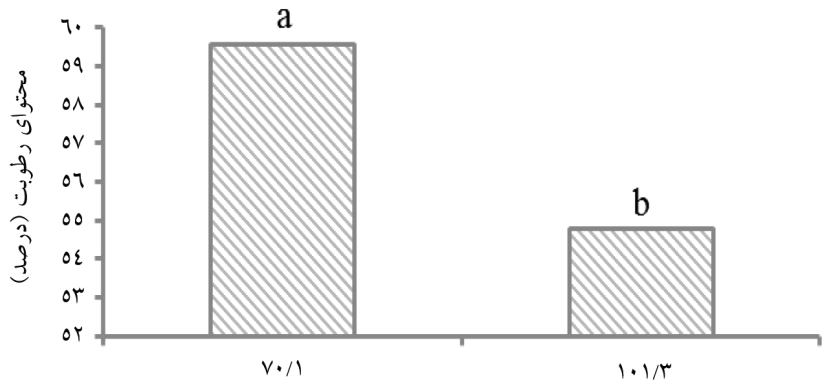
از دست رفتن رطوبت: محتوای رطوبت اولیه در فیله ماهی حدود ۷۸ درصد بود. همان‌طورکه انتظار می‌رفت، رطوبت در هنگام سرخ کردن کاهش یافت. سرعت از دست رفتن رطوبت در ابتدای سرخ کردن زمانی که رطوبت سطح نمونه تبخیر می‌شد، کاملاً بالا بود. با این‌حال سرعت از دست رفتن رطوبت با افزایش زمان سرخ کردن کاهش یافت. مشاهده شد که در دماهای بالاتر روغن، سرعت افت رطوبت بیش‌تر است. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌های نتایج در زمینه از دست دادن رطوبت، نشان می‌دهد که اثر فشار و دمای سرخ کردن و اثر متقابل این تیمارها بر محتوای رطوبت نمونه‌ها اثر معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$).

در شکل ۲، اثر فشار سرخ کردن بر محتوای رطوبت نمونه سرخ‌شده مشاهده می‌شود. فشار سرخ کردن اثر معنی‌داری بر محتوای رطوبت داشت ($P<۰/۰۵$) و بیش‌ترین افت رطوبت مربوط به نمونه سرخ‌شده در فشار اتمسفری بود و با کاهش فشار (افزایش میزان خلأ)، محتوای رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت. با توجه به اثر فشار خلأ، زمان و دمای فرایند سرخ کردن. Fan و همکاران (۲۰۰۵a) نیز گزارش کردند که طی سرخ کردن تحت خلأ با کاهش فشار خلأ محتوای رطوبتی و نیروی شکستن چیپس هویج کاهش می‌یابد و دما و زمان سرخ کردن افزایش می‌یابد و روندی مشابه این پژوهش را مشاهده کردند.

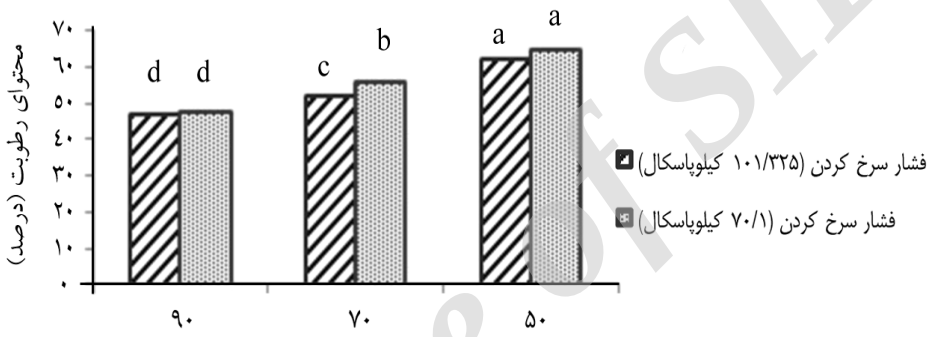
اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه نیز بر محتوای رطوبت نمونه‌ها معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). بیش‌ترین افت رطوبت مربوط به سرخ کردن نمونه‌ها با نیروی پیشران حرارتی ۹۰ درجه سلسیوس بود و این نتایج در تمام فشارهای سرخ کردن مشاهده شد. به‌گونه‌ای که اختلاف معنی‌داری در میزان رطوبت بین نمونه‌های سرخ‌شده با نیروی پیشران حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد در فشارهای مختلف مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). در هر فشار نیز با کاهش نیروی پیشران حرارتی، میزان افت رطوبت کاهش یافت (شکل ۳).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲- تأثیر فشار سرخ کردن بر محتوای رطوبت فیله ماهی سرخ‌شده.



شکل ۳- اثر متقابل فشار و نیروی پیشران حرارتی بر محتوای رطوبت فیله ماهی سرخ شده.

در سرخ کردن تحت خلأ از دست رفتن شدید اولیه رطوبت، مشابه شرایط اتمسفری است به‌خصوص وقتی که نیروی پیشران حرارتی افزایش می‌یابد. تفاوت سرخ کردن تحت خلأ و شرایط اتمسفری می‌تواند تا حدودی به‌علت تغییرات ریز ساختاری باشد که طی مرحله شکستن خلأ اولیه و پس از تبخیر آب آزاد سطحی رخ می‌دهد و ممکن است بر از دست رفتن رطوبت تأثیر بگذارد. این مشاهده‌ها توسط پژوهشگران دیگر هنگامی که بر روی سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری کار می‌کردند، مشاهده شد (Ngadi و همکاران، ۲۰۰۷؛ Mariscal و Bouchon، ۲۰۰۸؛ Adedeji و همکاران، ۲۰۰۹) و تأیید می‌کرد که کاهش روغن در قطعه‌های سرخ‌شده تحت خلأ به‌طور عمده نتیجه کاهش افت رطوبت در زمان مشابه سرخ کردن است (Mariscal و Bouchon، ۲۰۰۸). Garayo و Moreira (۲۰۰۲) به این نتیجه رسیدند که تیمار فشار تحت خلأ راهی قابل ملاحظه است که میزان افت رطوبت را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. همچنین آن‌ها یک همبستگی منفی بین فشار خلأ و سرعت افت رطوبت برای یک دمای مشابه روغن مشاهده کردند چون وقتی فشار بسیار پایین می‌آید، نقطه

Archive of SID
www.SID.ir

جوش آب نیز کاهش می‌یابد و آب در چیپس‌های سیب‌زمینی در میزان خلأ بالاتر، شروع به تبخیر سریع‌تر می‌کند.

جذب روغن: الگوی کلی جذب روغن یک افزایش سریع اولیه بود که در ادامه سرعت جذب روغن کاهش یافت و سپس طی زمان سرخ کردن ثابت شد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که در نیروی پیشران حرارتی یکسان، روش سرخ کردن بر جذب روغن اثر معنی‌دار داشت ($P<0/05$). بالاترین جذب روغن تحت شرایط اتمسفری سرخ کردن مشاهده شد در حالی‌که جذب روغن پایین‌تری در شرایط خلأ وجود داشت.

اثر نیروی پیشران حرارتی بر جذب روغن معنی‌دار بود ($P<0/05$). با افزایش نیروی پیشران حرارتی تفاوت در جذب روغن بین تکه‌های سرخ‌شده در هر فشار افزایش یافت. به‌عنوان مثال پس از سرخ کردن در ۳۰۰ ثانیه و در فشار اتمسفری، قطعات سرخ‌شده در نیروی پیشران حرارتی ۹۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب ٤۹/۹ درصد و ۱۷/۵ درصد نسبت به نیروی پیشران حرارتی ۵۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد روغن بیش‌تری دارند. اثر دمای سرخ کردن روی مقدار روغن نهایی در فرآورده‌های سرخ‌شده در مقاله‌های مختلف متناقض است (Amiryousefi و همکاران، ۲۰۱۲). این نتایج مشابه نتایج گزارش شده توسط علی‌پور و همکاران (۱۳۸۸) برای فرآورده‌های سیب‌زمینی، Fan و همکاران (۲۰۰۵b) برای تکه‌های هویج سرخ‌شده تحت خلأ، Gamble و همکاران (۱۹۸۷) برای سیب‌زمینی سرخ‌شده، Moreira و همکاران (۱۹۹۵) برای چیپس‌های تورتیلا، Vélez-Ruiz و همکاران (۲۰۰۲) برای فیله‌های مرغ و Amiryousefi و همکاران (۲۰۱۲) برای قطعات گوشت شترمرغ بود. برخی از پژوهشگران دیگر نیز افزایش در محتوای روغن را با درجه حرارت سرخ کردن گزارش کرده‌اند Alvarez و همکاران، ۲۰۰۰؛ Gupta و همکاران، ۲۰۰۰). هر چند که نتایج این پژوهش با نتایج گزارش شده توسط Dehghan Nasiri و همکاران (۲۰۱۱)، Troncoso و Pedreschi (۲۰۰۹) و Duran و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت ندارد. در پژوهش‌های ذکر شده اخیر گزارش شده است که افزایش دمای سرخ کردن منجر به کاهش جذب روغن شد.

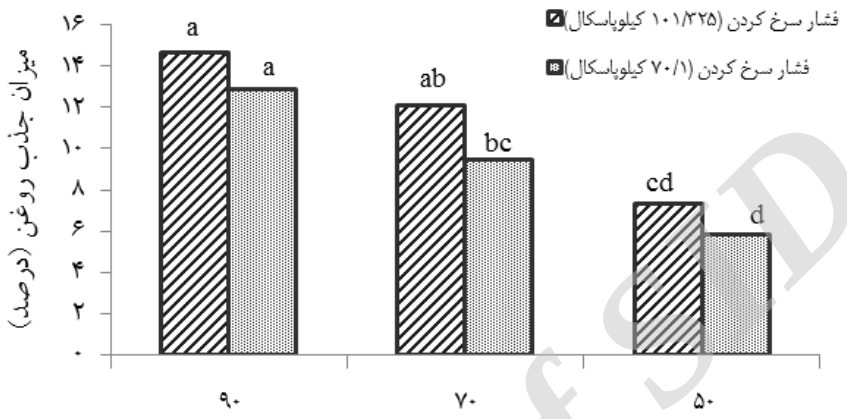
اثر متقابل تیمارهای مورد مطالعه نیز بر محتوای روغن نمونه‌ها معنی‌دار بود ($P<0/05$). بیش‌ترین جذب روغن مربوط به سرخ کردن نمونه‌ها با نیروی پیشران حرارتی ۹۰ درجه سانتی‌گراد بود و این نتایج در تمام فشارهای سرخ کردن مشاهده شد. در هر فشار نیز با کاهش نیروی پیشران حرارتی، میزان جذب روغن کاهش یافت (شکل ٤).

مدت زمان طولانی است که این ادعا که از دست رفتن رطوبت یک عامل مهم در جذب روغن است وجود دارد (Gamble و همکاران، ۱۹۸۷؛ Pinthus و همکاران، ۱۹۹۳). در واقع، مقدار آب از دست رفته طی فرایند، میزان تشکیل پوسته را تعیین می کند. بدیهی است، جذب نهایی روغن به لایه روغن باقی‌مانده روی سطح فرآورده پس از غوطه‌وری نیز بستگی دارد. شکل ۵ جذب روغن را در مقابل افت رطوبت در نیروهای پیشران حرارتی مختلف نشان می‌دهد. این رابطه نشان می‌دهد که مشاهده‌های گذشته در مورد سرخ کردن عمیق در شرایط اتمسفری (Gamble و همکاران، ۱۹۸۷) به شرایط سرخ کردن تحت خلأ نیز قابل تعمیم است. می‌توان برداشت کرد که در این مجموعه

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایش‌ها، کاهش روغن در قطعات سرخ‌شده تحت خلأ به‌طور عمده به‌دلیل کاهش میزان از دست رفتن رطوبت طی فرآیند (در همان مدت زمان سرخ کردن) است و بنابراین مکانیسم جایگزینی بخار آب برای سرخ کردن در شرایط اتمسفری به سرخ کردن تحت خلأ نیز قابل تعمیم است. به هر حال، این مورد نباید به‌عنوان تنها عامل مورد نظر برای مقایسه با سرخ کردن در شرایط اتمسفری در نظر گرفته شود.



شکل ٤- اثر متقابل فشار و نیروی پیشران حرارتی بر محتوای روغن فیله ماهی سرخ‌شده.

شکل ٥- مقایسه محتوای روغن و رطوبت فیله ماهی سرخ‌شده در فشار ۷۰/۱ کیلو پاسکال در نیروهای پیشران حرارتی مختلف.

نتیجه‌گیری

رطوبت ماده غذایی به‌دلیل تبخیر در هنگام سرخ کردن کاهش یافت. سرعت از دست رفتن رطوبت در ابتدای سرخ کردن زمانی که رطوبت سطح نمونه تبخیر می‌شد، کاملاً بالا بود. با این حال سرعت از دست رفتن رطوبت با افزایش زمان سرخ

Archive of SID
www.SID.ir

کردن کاهش یافت. در دماهای بالاتر روغن، سرعت افت رطوبت بیش‌تر است. براساس آن‌چه مورد انتظار بود با افزایش نیروی پیشران حرارتی سرخ کردن محتوای رطوبت فیله ماهی کاهش یافت. میزان رطوبت از دست رفته کاملاً به فشار سرخ کردن وابسته بود و در میزان خلأ بیش‌تر، رطوبت کم‌تری از فرآورده خارج شد. مدت زمان طولانی است که این ادعا که از دست رفتن رطوبت یک عامل مهم در جذب روغن است وجود دارد. نتایج مشاهده شده در این پژوهش در زمینه بررسی محتوای روغن نیز با این ادعا مطابقت داشت. با کاهش فشار سرخ کردن و در موازات افزایش محتوای رطوبت فرآورده سرخ‌شده میزان روغن جذب شده کاهش یافت. به همین ترتیب با افزایش زمان سرخ کردن و افزایش نیروی پیشران حرارتی، محتوای چربی هم افزایش یافت.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد آیتا... آملی و تأمین امکانات برای انجام طرح پژوهشی خاتمه یافته که نتایج آن در این مقاله آمده است، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱- شهیدی، س.ا.، محبی، م.، معتمدزادگان، ع.، ضیائی‌فر، ا.م.، ابوالفضلی‌اصفهانی، ج.، و مرتضوی، س.ع.، ۱۳۹۲. ارزیابی تأثیر سرخ کردن در شرایط اتمسفری و تحت خلأ بر ویژگی‌های رشته خوشکار سرخ‌شده. مجله علمی پژوهشی پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. ۲ (۲): ۱۹۲-۱۷۹.

۲- علی‌پور، م.، کاشانی‌نژاد، م.، مقصودلو، ی.، و جعفری، م.، ۱۳۸۸. بررسی اثر کاراگینان، دمای روغن و زمان سرخ کردن بر میزان جذب روغن در محصولات سرخ‌شده سیب‌زمینی. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی ایران. ۵ (۱): ۲۱-۲۷

۳- هدایتی‌فرد، م.، و نعمتی، س.، ۱۳۸۸. تغییرات اسیدهای چرب تخم ماهیان سفید (*Rutilus frisii kutum*) و کفال طلایی (*Liza aurata*) دریای مازندران تحت فرایند شور کردن. مجله شیلات. ۳ (۲).

4.Adedeji, A.A., Ngadi, M.O., and Raghavan, G.S.V., 2009. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets. J. Food Engin. 91, 146-153.

5.Alvarez, M.D., Morillo, M.J., and Canet, W., 2000. Characterization of the frying process of fresh and blanched potato strips using response surface methodology. European Food Research and Technology, 211, 326-335.

6.Amiryousefi, M., Mohebbi, M., and Khodaiyan, F., 2012. Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried ostrich meat plates. Food and Bioprocess Technology, 5 (3), 939-946.

7.AOAC, 1990. Official methods of analysis. 925.10 & 963.15 Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

8.Bajaj, I., and Singhal, R., 2007. Gellan gum for reducing oil uptake in sev, a legume based product during deep-fat frying. Food Chemistry, 104, 1472-1477.

9.Bertolini Suárez, R., Campanõ ne, L.A., Garcia, M.A., and Zaritzky, N.E., 2008. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. J. Food Engin. 84, 383-393.

Archive of SID

www.SID.ir

10.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.
11.Dehghan Nasiri, F., Mohebbi, M., Tabatabaee Yazdi, F., and Haddad Khodaparast, M.H., 2011. Kinetic modeling of mass transfer during deep fat frying of shrimp nugget prepared without a pre-frying step. Food and Bioproducts Processing, 89 (3), 241-247.
12.Duran, M., Pedreschi, F., Moyano, P., and Troncoso, E., 2007. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. J. Food Engin. 81, 257-265.
13.Fan, L.P., Zhang, M., and Mujumdar, A.S. 2005a. Vacuum Frying of Carrot Chips. Drying Technology: An Inter. J. 23, 645-656.
14.Fan, L.P., Zhang, M., Xiao, G.N., Sun, J.C., and Tao, Q., 2005b. The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. Inter. J. Food Sci. Technol. 40, 911-919.
15.FAO, 2007. FAO Species Catalogue, *Rutilus frisii kutum* and *Liza aurata*, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
16.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. J. Food Engin. 94, 390-394.
17.Gamble, M.H., Rice, P., and Selman, J.D., 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from C.V. Record UK tubers. Inter. J. Food Sci. Technol. 22, 233-241.
18.Garayo, J., and Moreira, R., 2002. Vacuum frying of potato chips. J. Food Engin. 55, 181-191.
19.Garcia, M.A., Ferrero, C.A., Bertola, N.A., Martino, M., and Zaritzky, N., 2002. Edible coating from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 3, 391-397.
20.Gupta, P., Shivhare, U.S., and Bawa. A.S., 2000. Studies on frying kinetics and quality of French fries. Drying Technology, 18 (1 & 2), 311-321.
21.Mariscal, M., and Bouchon, P., 2008. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. Food Chemistry, 107, 1561-1569.
22.Mellema, M., 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep fat-fried foods. Trends in Food Science and Technology. 14, 364-373.
23.Mir-Bel, J., Oria, R., and Salvador, M.L., 2009. Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling. J. Food Engin. 95, 416-422.
24.Montgomery, C.D., 2001. Design and analysis of experiments, fifth edition. Wiley, New York.
25.Moreira, R., Palau, J., and Sun, X., 1995. Simultaneous heat and mass transfer during deep fat frying of tortilla chips. J. Food Process Engin. 18 (3), 307-320.
26.Moyano, P.C., Ríoseco, V.K., and González, P.A., 2002. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated french fries. J. Food Engin. 54, 249-255.
27.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.
28.Pinthus, E.J., Weinberg, P., and Saguy, I.S., 1993. Criterion for oil uptake during deep-fat frying. J. Food Sci. 58, 204-205, 222.
29.Quasem, J.M., Mazahreh, A.S., Abu-Alruz, K., Afaneh, I.A., Al-Muhtaseb, A.H., and Magee, T.R.A., 2009. Effect of methyl cellulose coating and pre-treatment on oil uptake, moisture retention and physical properties of deep-fat fried starchy dough system. Amer. J. Agric. Biol. Sci. 4, 156-166.

Archive of SID

www.SID.ir

30. Troncoso, E., and Pedreschi, F., 2009. Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. LWT-Food Science and Technology, 42, 1164-1173.
31. Vélez-Ruiz, J.F., Vergara-Balderas, F.T., Sosa-Morales, M.E., and Xique-Hernandez, J., 2002. Effect of temperature on the physical properties of chicken strips during deep-fat frying. Inter. J. Food Properties. 5 (1), 127-144.
32. Wang, Y., 2005. Heat and mass transfer in Deep fat frying of breaded chicken nuggets. A thesis to the office of graduate and postdoctoral studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. Departmeant of Bioresource Engineering Macdonald Campus of Mc Gill University. Canada.

Archive of SID

www.SID.ir