اثر پیش تیمار پخت بر فرایند سرخ کردن بادمجان و بررسی سینتیک رفتار جذب روغن و تغییرات رطوبت در نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق و مرحله سرد کردن

صفیه خلیلیان[1*]، امان محمد ضیائی‌فر[2]، علی اصغری[3]، مهدی کاشانی‌نژاد[2]، محبت محبی[4]

١- دانشجوی دکتری مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده علوم و صنایع غذایی
٢- هیات علمی گروه مهندسی فرایند علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده علوم و صنایع غذایی
٣- هیات علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
٤- هیات علمی گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم و صنایع غذایی

(تاریخ دریافت: ٩٤/٣/١٤ تاریخ پذیرش: ٩٤/٥/١٩)

چکیده

فناوری سرخ کردن به عنوان قدیمی‌ترین روش تهیه مواد غذایی به طور وسیعی در مقیاس خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به تمایل روزافزون مصرف‌کنندگان به استفاده از فراورده‌های کم چرب، تلاش‌های زیادی جهت کاهش جذب روغن در فراورده‌های سرخ شده صورت پذیرفته است. بادمجان به دلیل دارا بودن میزان رطوبت بالا و بافت بسیار متخلخل، میزان روغن بالایی را حین فرایند سرخ کردن جذب می‌کند. در این پژوهش اثر زمان‌های مختلف سرخ کردن (٩٠، ١٢٠، ١٥٠ و ١٨٠ ثانیه) و پخت (١، ٤، ٧ و ١٠ دقیقه) بر سینتیک انتقال جرم (روغن و رطوبت) نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق و مرحله سرد کردن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای مستقل بر محتوی روغن و رطوبت، نشان داد که تغییرات محتوی روغن و رطوبت نمونه‌های بادمجان به طور معنی‌داری تحت تاثیر زمان سرخ کردن و پخت قرار داشت ($p<0/05$). نتایج این پژوهش، حاکی از آن بود که پیش تیمار پخت (در آب داغ و فشار اتمسفری) در مجموع و به طور میانگین ٦٠ درصد، میزان جذب روغن را نسبت به نمونه‌هایی که هیچ‌گونه فرایند پخت قبل از سرخ کردن را نداشتند، کاهش داد. لازم به ذکر است که مدت زمان پخت ٧ دقیقه، بیشترین تاثیر را بر کاهش محتوی روغن نمونه‌های بادمجان (٧٢ درصد) داشت. به منظور بررسی روابط سینتیکی، نمونه‌های بادمجان به مدت زمان‌های ١، ٣، ٥، ٨، ١٠، ١٢، ١٥، ٣٠، ٦٠، ٧٥، ٩٠، ١٢٠ و ١٥٠ ثانیه سرخ شدند و بعد از هر مرحله میزان روغن و رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری شد. افزون بر این، در پایان هر یک از این زمان‌ها، نمونه‌ها بلافاصله از روغن خارج شده و به منظور اندازه‌گیری روغن سطحی، با اتر شستشو داده شده و میزان روغن جذب شده (ساختاری) و روغن سطحی نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری شد.نتایج حاصل از بررسی روابط سینتیکی انتقال جرم نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق، نشان داد که محتوی روغن نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق در دمای ١٨٠ درجه‌سانتی‌گراد، در اوایل فرایند سرخ کردن به حداکثر مقدار خود رسیده و بعد از آن در ادامه، روند کاهشی بود. محتوی رطوبت نمونه‌های بادمجان نیز در اوایل فرایند سرخ کردنبه سرعت کم شده و پس از آن، سرعت کاهش محتوی رطوبت نمونه‌ها، نیز کاهش یافت.

کلید واژگان: سرخ کردن عمیق، بادمجان، جذب روغن، پیش فرآوری پخت.

*مسئول مکاتبات: Khaliliansafie02@gmail. com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

بادمجان با نام علمی *SolanumMelongena*از تیره سیب زمینیان بوده که بومی کشور هندوستان می‌باشد. بادمجان به لحاظ اقتصادی یک محصول مهم کشاورزی در آسیا و اروپا محسوب می‌شود [۱]. طبق آمار منتشره سازمان خوار و بار و کشاورزی [۲] ایران بعد از چین و هندوستان با تولید ۱/۲ میلیون تن در سال، مقام سوم تولید بادمجان در جهان را دارد. میزان ترکیبات اصلی بادمجان با استناد برپایگاه اطلاعاتی مواد غذایی آمریکا در هر ۱۰۰ گرم به طور متوسط به صورت ذیل می‌باشد: آب ۸۶/۱۳، کربوهیدرات ۹/٤۱، فیبر ۳، پروتئین ۰/۹۸، چربی ۰/۱۸، ویتامین‌ها و موادمعدنی ۰/۳ گرم. بادمجان به دلیل دارا بودن میزان رطوبت بالا و نرم شدن بافت طی مدت زمان نگهداری، عمر ماندگاری کوتاهی دارد. بنابراین استفاده از روش‌های مناسب برای فرآوری، افزایش زمان نگهداری و حفظ ارزش تغذیه‌ای آن ضروری می‌باشد [۳]. تا کنون پژوهش‌های اندکی جهت فرآوری و یا افزایش مدت ماندگاری بادمجان صورت‌گرفته است. از جمله می‌توان به بهبود کیفیت ماندگاری بادمجان و بررسی ویژگی‌های کیفی بادمجان در شرایط مختلف بسته‌بندی [٤]و مطالعه شرایط خشک کردن بادمجان و مدل‌سازی فرایند خشک کردن آن اشاره نمود[٥].

فناوری سرخ کردن یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تهیه مواد غذایی می‌باشد. طیف وسیعی از مواد غذایی جامد و نیمه جامد را می‌توان با استفاده از این فرایند، فرآوری نمود، که از آن جمله می‌توان به مواردی همچون ریشه‌های گیاهی گوناگون، سبزی‌ها، میوه‌ها، فراورده‌های گوشتی و لبنی اشاره نمود [٦]. فرایند سرخ کردن ویژگی‌های منحصر به فردی در فراورده حاصل ایجاد نموده (طعم، بافت، احساس دهانی خاص و رنگ مطلوب) که جایگزینی آن با سایر فرایندها را مشکل می‌سازد. همزمان با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به مصرف مواد غذایی کم چرب و سالم، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه سرخ کردن مواد غذایی در جهت بهبود کیفیت فراورده و کاهش جذب روغن در فراورده نهایی انجام شده است. پیش بینی می‌شود توجه به موارد مذکور، می‌تواند پیامدهای سلامتی و اقتصادی افراد جامعه را به دنبال داشته باشد.

آلویس و همکاران (۲۰۰۹) طی پژوهشی به عوامل کنترل‌کننده میزان جذب روغن مواد غذایی طی فرایند سرخ کردن، نظیر ترکیبات و ساختار مواد غذایی (میزان کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها، میزان رطوبت، شکل و ضخامت قطعات ماده غذایی، نحوه آرایش در بافت (ریزساختارها)، تخلخل و چگالی)، درک اثر و نوع و چگونگی تغییرات آن ها در شرایط و مراحل مختلف سرخ کردن و رفتار و عکس العمل ریزساختارها در برابر پدیده‌های انتقال حرارت و جرم اشاره نمودند[۷]. افزون بر این، ضیائی‌فر و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که علاوه بر شرایط فرایند سرخ کردن، مرحله اتمام فرایند که ماده غذایی از روغن خارج می‌شود و به مرحله سرد کردن معروف است نیز بر میزان جذب روغن موثر است[۸]. لذا بهینه‌سازی دمای این مرحله و شرایط هیدرودینامیک نمونه در این حالت می‌تواند بر کاهش محتوی روغن نمونه‌های سرخ شده موثر باشد. آن ها به توسعه تخلخل، طی مرحله سردکردن و نقش آن در جذب روغن اشاره نمودند و شناخت ساختار حفرات شکل گرفته و اشباع از روغن را در این مرحله، ضروری دانستند.طی این **پژوهش**، برش‌های سیب زمینی در دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد سرخ شده و سپس روغن سطحی نمونه‌ها را تحت شرایط مختلف (دمای محیط و فشار اتمسفر، حذف روغن با کاغذ جاذب، حذف روغن با اتر، قرار دادن نمونه‌ها در خلا و سانتریفیوژ کردن) در مرحله سرد کردن جدا نمودند. نتایج بررسی محتوی روغن نمونه‌ها، به اهمیت مرحله سرد کردن بر محتوی روغن نمونه‌های سرخ شده، تاکید نمود.

تا کنون مطالعات گسترده‌ای در خصوص کاهش محتوی روغن مواد غذایی سرخ شده صورت پذیرفته است. استفاده از انواع پوشش‌های خوراکی، خشک کردن اولیه، استفاده از خلا، تحت فشار و سرخ کردن در مایکروویو [۹، ۱۰، ۱۱]. از دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه می‌باشد. لیود و همکاران (۲۰۰۰) جهت بررسی اثر فرایند پخت بر کاهش جذب روغن خلال‌های سیب زمینی، با استفاده از آون در دمای ۲۳۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ دقیقه، مشاهده کردند که محتوی روغن نمونه‌های سیب‌زمینی سرخ شده در ۱۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳/۵ دقیقه، ١٤ درصد کاهش نشان داد[۱۲].

Archive of SID

www.SID.ir

بررسی منابع بیانگر آن است که تحقیقات بسیار اندکی در خصوص میزان جذب روغن بادمجان طی فرایند سرخ کردن و تاثیر پیش فرایند پخت بر آن صورت پذیرفته است. از این رو بررسی رفتار و سینتیک انتقال جرم طی فرایند سرخ کردن عمیق و مرحله سرد کردن و بررسی اثر پیش تیمار پخت بر محتوی روغن آن می‌تواند گام موثری بر بهبود و بهینه‌سازی شرایط فرایند سرخ کردن بادمجان و نیز استفاده از روش‌های مناسب برای کاهش محتوی روغن آن و پیش‌بینی ویژگی‌های فراورده، باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد اولیه

بادمجان واریته بلک بل[1] از بازار محلی واقع در شهرستان گرگان، روغن آفتابگردان (تولید شرکت لادن، ایران)، پترولیوم اتر از شرکت مرک[2] آلمان خریداری شد.

۲-۲- آماده‌سازی برش‌های بادمجان

بادمجآن ها از بازار محلی شهر گرگان تهیه و در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد تا شروع انجام آزمایش‌ها نگهداری شدند. به منظور یکسان بودن قطر برش‌ها از قالب دستی به قطر ۲/۵ و ضخامت ۱ سانتی‌متر استفاده شد.

۲-۳- پیش تیمار پخت

پیش تیمار پخت درون آب در حال جوش (۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) در فشار یک اتمسفر، به مدت زمان های ۱، ٤، ۷ و۱۰ دقیقه صورت پذیرفت و بعد از توزین وارد مرحله سرخ شدن شدند.

۲-٤- فرایند سرخ کردن

فرایند سرخ کردن در سرخ کن خانگی (Model BDZ-5A-1) مجهز به کنترل‌کننده دما، دارای ترموکوپل نوع K، انجام شد. قبل از فرایند سرخ کردن ابتدا۱/۵ لیتر روغن درداخل سرخ کن ریخته و به مدت یک ساعت گرم شد. سپس نمونه‌های آماده شده در دمای ۱۸۰درجه سانتی‌گراد به مدت زمان های ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ ثانیه سرخ شدند. در پایان هر یک از این زمان ها، نمونه ها بلافاصله از داخل روغن خارج شده وروی توری سیمی به مدت ۵ دقیقه به منظور سرد شدن، قرار گرفت و محتوی رطوبت و روغن آنها ارزیابی شد.

به منظور بررسی روابط سینتیکی، نمونه‌های بادمجان ۱، ۳، ۵، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۳۰، ٦۰، ۷۵، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ ثانیه سرخ شدند و بعد از هر مرحله میزان روغن و رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری شد. جهت بررسی میزان روغن سطحی، بعد از این که نمونه‌های بادمجان درمدت زمان‌های فوق سرخ شدند، در پایان هر یک از این زمان‌ها، نمونه‌ها بلافاصله از روغن خارج شده و به منظور حذف روغن سطحی، نمونه‌های سرخ شده درون بشرهای محتوی ۵۰ میلی‌لیتر اتر، حدود یک ثانیه قرار داده شدند. سپس روغن باقیمانده در نمونه شستشو داده با اتر و روغن حل شده درون بشر حاوی اتر به صورت جداگانه اندازه‌گیری شد.

۲-۵- اندازه‌گیری محتوی رطوبتی

اندازه گیری میزان رطوبت نمونه های سرخ شده مطابق با روش استاندارد [۱۳]، با خشک کردن نمونه ها در آون۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت انجام گرفت. نمونه ها پس از خروج از آون، داخل دسیکاتور سرد شدند و میزان رطوبت بر مبنای وزن خشک محاسبه گردید.

۲-٦- اندازه‌گیری محتوی روغن

کارتوش‌های حاوی نمونه‌های خشک شده برای اندازه‌گیری محتوی روغن به روش سوکسله [۱۳] استفاده شدند. ابتدا نمونه‌های خشک شده درون کارتوش خرد شدند و سپس توسط حلال پترولیوم اتر با نقطه جوش ٤۰ درجه سانتی‌گراد، استخراج روغن نمونه‌ها به مدت ٦ ساعت انجام گرفت و در نهایت میزان روغن بر مبنای وزن خشک محاسبه شد.

۲-۷- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش اثر زمان های مختلف سرخ کردن (۹۰، ۱۲، ۱۵۰ و ۱۸۰ ثانیه) و پخت (۱، ٤، ۷ و ۱۰ دقیقه) بر میزان جذب روغن توسط نمونه‌های بادمجان در قالب طرح کاملا تصادفی و آرایش فاکتوریل مورد بررسی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل نتایج از نرم افزار SPSSنسخه ۱۹، استفاده شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام گرفت.

1. Black Bell
2. Merk

Archive of SID

www.SID.ir

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اثر پیش تیمار پخت بر محتوی روغن و رطوبت نمونه‌های بادمجان سرخ شده به روش عمیق

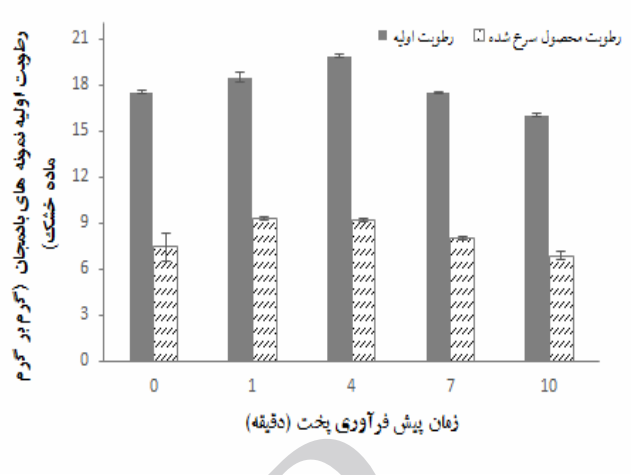
نتایج آنالیز واریانس اثر زمان‌های پخت و سرخ کردن نمونه‌های بادمجان نشان داد که زمان سرخ کردن و پخت بر محتوی روغن و رطوبت نمونه‌های بادمجان معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بود. در حالی که اثرات متقابل آن‌ها در سطح آماری ۵ درصد بی‌معنی بود (جدول ۱). اما همان‌طور که در مورد نمونه‌های بادمجان پیش فرآوری شده با فرایند پخت مشاهده می‌گردد (شکل ۱) در دقایق ابتدایی پخت (دقیقه اول و چهارم)، میزان رطوبت نمونه‌ها به طور چشمگیری نسبت به نمونه‌ای که هیچ پیش فرآوری پختی روی آن صورت نگرفته، افزایش پیدا کرده اما در ادامه در دقیقه هفتم و دهم کاهش یافته است. بافت نمونه‌ها طی فرایند پخت علاوه بر تغییر ساختاری، پتانسیل جذب و نگهداری آب را نیز داشته‌اند اما در ادامه در دقیقه هفتم و دهم، افت وزن رخ داده است. علاوه بر این، فرایند پخت در آب داغ نیز بر محتوی رطوبت اولیه نمونه‌های بادمجان نیز موثر بوده است (شکل ۱). همان طور که در شکل ۲، مشاهده می‌گردد کلیه نمونه‌هایی که پیش فرآوری‌های پخت روی آن‌ها انجام شده است نسبت به نمونه شاهد، به طور قابل توجهی، میزان روغن کمتری داشتند که در بین این پیش فرآوری‌ها، نمونه‌هایی که به مدت ۷ دقیقه، پخته شده بودند به میزان ۷۰ درصد نسبتبهنمونهشاهدمحتوی روغن کمتری را نشان دادند. طبق مشاهدات لیود و همکاران (۲۰۰۰) آن‌ها بافت خلال‌های پخته شده میزان روغن کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد را داشتند [۱۲]. نتایج پژوهش‌های صورت پذیرفته در این زمینه حاکی از آن است که میزان رطوبت ماده غذایی بر محتوی روغن نمونه‌های سرخ شده نقش داشته و طی یک مکانیسم پیچیده، رفتاری کاملا متفاوت با رفتار جذب روغن طی فرایند سرخ شدن از خود نشان می‌دهد [۱۱]. به طوری که گمبل و همکاران (۱۹۸۷) بین محتوی رطوبت و جذب روغن توسط برش‌های سیب زمینی، ارتباطی خطی را مشاهده کردند [۱٤] در حالی که کوزمپل و همکاران (۱۹۹۱) هیچ ارتباطی بین محتوی رطوبت و روغن نمونه‌های سرخ شده را گزارش نکردند [۱۵]. با توجه به این مشاهدات و این که حداکثر کاهش جذب روغن در زمان پخت ۷ دقیقه، وجود داشته است، می‌توان از اهمیت نقش و حضور آب در بافت نمونه‌ها چشم‌پوشی نموده و علت اصلی کاهش جذب روغن در نمونه‌های پیش فرآوری شده با فرایند پخت را به تغییر ساختار بافت آن‌ها، شکست دیواره سلولی، از هم گسیختگی **پلی**ساکاریدها از جمله **پکتین**، ژلاتینه شدن نشاسته نسبت داد. بنابراین، می‌توان اظهار داشت که وجود ارتباط بین محتوی رطوبت و رفتار جذب روغن در نمونه‌های بادمجان پیش‌تیمار شده با فرایند پخت طی مرحله سرخ کردن عمیق، ضعیف پیش بینی می‌گردد. همچنین بررسی ضرایب همبستگی پیرسون بین محتوی روغن و رطوبت نمونه‌های بادمجان پیش فرآوری شده با فرایند پخت و نمونه‌های سرخ شده حاکی از عدم وجود ارتباط بین رطوبت و جذب روغن می‌باشد ($R=۰/۲٤۱$).

جدول ۱ آنالیز واریانس میانگین میزان روغن و رطوبت نمونه‌های بادمجان سرخ شده تحت تاثیر زمان‌های مختلف پخت و سرخ کردن

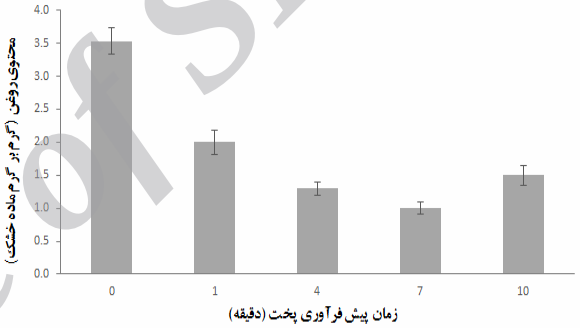
منبع	درجه آزادی		میانگین مربعات
		m_o	m_m
زمان پخت	۳	۰/۳۱۸*	٦۳/٤٦٤*
زمان سرخ کردن	۳	۰/۲۰۵*	۱۰/۰۱۱*
زمان پخت * زمان سرخ کردن	۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳۸
خطا	۳۲	۰/۰۰۱	.۰/۱۰۳
کل	٤۸		

*معنی‌داری در سطح ۵ درصد.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ١ تاثیر زمان پیش فرآوری پخت بر میزان رطوبت اولیه نمونه‌های بادمجان پخته شده در آب داغ.



شکل ٢ تاثیر زمان پیش فرآوری پخت بر میزان جذب روغن نمونه‌های بادمجان سرخ شده به روش عمیق در دمای ١٨٠°C.

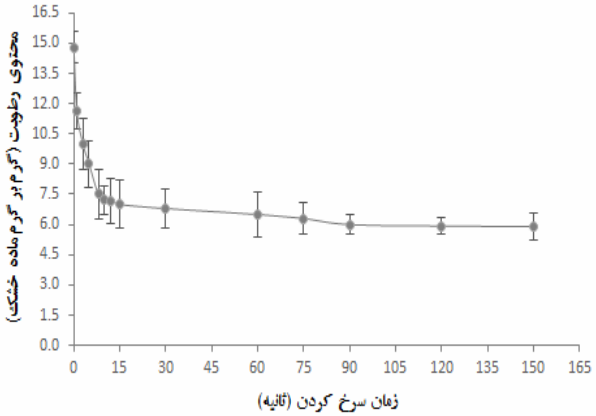
٣-٢- کینتیک تغییرات محتوی روغن نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق

طبق پژوهش‌های صورت گرفته در رابطه با سرخ کردن مواد غذایی، هنگامی که آب ماده غذایی تبخیر می‌شود روغن جایگزین آن می‌شود[٩ و ١١]. بنابراین مقدار رطوبت یک فاکتور مهم در تعیین میزان جذب روغن در فرایند سرخ کردن عمیق است[١٦ و ١٧] و بین کاهش رطوبت و جذب روغن رابطه عکس وجود دارد. بنابراین هرچه مقدار رطوبت در محصول نهایی بیشتر باشد جذب روغن کمتر است[١٨]. همان‌طور که در شکل ٣، مشاهده می‌شود تغییرات محتوی رطوبت در اوایل فرایند سرخ کردن، چشمگیر بوده در حالی که با ادامه فرایند سرخ کردن، سرعت تغییرات آن روند آهسته‌تری به خود می‌گیرد. در شکل ٤، تغییر میزان روغن محصول طی زمان سرخ کردن مشاهده می‌شود.با افزایش زمان سرخ کردن نمونه‌های بادمجان، دو رفتار متمایز طی فرایند رخ می‌دهد. به طوری که در اوایل فرایند سرخ کردن، میزان روغن نمونه‌ها به حداکثر میزان خود می‌رسد و سپس در ادامه روند کاهشی مشاهده می‌گردد. در ابتدای فرایند سرخ کردن، میزان روغن با افزایش زمان دوره سرخ‌کردن افزایش می‌یابد زیرا هنگامی که ماده غذایی وارد روغن می‌شود رطوبت به سرعت از ماده غذایی خارج شده و این پدیده با ورود روغن به ماده غذایی همراه است[١٦] و در ادامه به علت گسترش تغییرات بافتی، ظرفیت بافت جهت نگهداری روغن جذب شده کاهش یافته و در ادامه فرایند سرخ کردن، روغن ساختاری نمونه‌های بادمجان در مسیر خروج از بافت حرکت می‌کند. این رفتار را می‌توان به بافت بسیار متخلخل و دانسیته بسیار پایین بافت نمونه‌های بادمجان نسبت داد به طوری که در همان ثانیه‌های نخست، نمونه‌های بادمجان مانند اسفنجی عمل کرده که به محض تماس با روغن داغ، میزان زیادی از روغن را به درون بافت جذب نموده و در ادامه هم جهت با مسیر خروج رطوبت، روغن مازاد و خارج از ظرفیت نگهداری به بیرون از بافت رانده می‌شود.

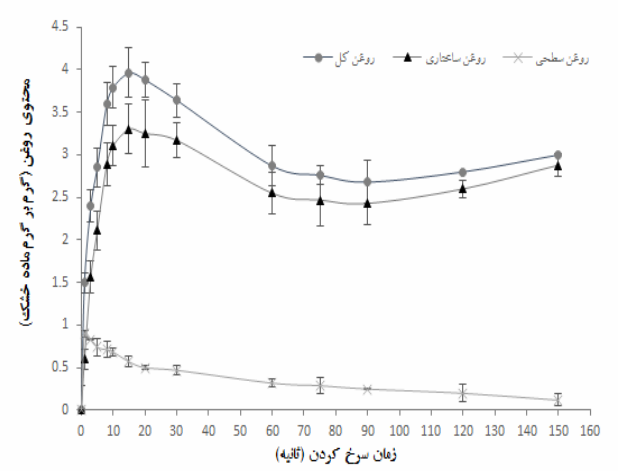
تحقیقات در زمینه جذب روغن مواد غذایی سرخ شده نشان می‌دهد که جذب روغن طی فرایند سرخ کردن یک پدیده سطحی مهم است. به طوری که با بخار شدن آب درون بافت نمونه، شیب فشار مثبت ایجاد شده و به محض خروج از روغن، مقدار زیادی روغن به مناطق سطحی متصل شده و با کاهش فشار به دلیل کندانس شدن بخارهای درون حفرات بافت، فشار منفی درون بافت ایجاد شده و روغن سطح فراورده را به درون بافت جذب می‌کند [٢١]. متز (١٩٩٣) طی پژوهشی بیان نمود که از کل میزان روغنی که در مواد غذایی سرخ شده وجود دارد ١٥ درصد آن حین فرایند سرخ شدن جذب می‌شود و ٦٥ درصد جذب روغن مربوط به مرحله سرد کردن و نفوذ روغن سطحی به درون بافت می‌باشد [٢٢]. همان‌طور که درشکل ٤، مشاهده می‌شود، روند تغییرات میزان روغن سطحی و ساختاری نمونه‌های بادمجان نشان می‌دهد که میزان روغن سطحی در مجموع، ٢٠ تا ٤٠ درصد محتوی روغن کل نمونه‌های بادمجان

Archive of SID
www.SID.ir

سرخ شده طی مدت زمان‌های مختلف سرخ شدن را تشکیل می‌دهد. این نتایج حاکی از بافت بسیار متخلخل و دانسیته بسیار پایین بافت بادمجان بوده که در همان اوایل فرایند سرخ کردن و تحت تاثیر دمای بالا، روغن از طریق کانال‌ها و حفرات گسترده و پیوسته سطح و نواحی مرکزی، درون بافت بادمجان به سرعت نفوذ کرده و در نهایت جزئی از روغن ساختاری شده است. ضیائی‌فر و همکاران (۲۰۰۸) به گسترش تخلخل سطحی و چروکیدگی بافت نمونه‌های سیب‌زمینی در مرحله سرد کردن اشاره نمودند که این موارد نیز می‌تواند مکش روغن سطحی به درون بافت نمونه‌های سرخ شده در مرحله سرد کردن تشدید نماید [۸]. نمونه‌های بادمجان بلافاصله بعد از سرخ شدن در مدت زمان‌های مختلف، بلافاصله بعد از خروج از روغن، درون اتر، جهت شستشو و حذف میزان روغن سطحی، قرار داده شد. همان‌طور که در شکل ۳، مشاهده می‌گردد بیشترین سهم در میزان روغن کل نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق را روغن جذب شده (ساختاری) تشکیل داده است که این نتیجه مغایر با کلیه نتایجی بوده است که توسط سایر پژوهش‌ها در این زمینه منتشر شده است. کلر و همکاران (۱۹۸٦) وجود میزان بالایی از روغن را در نواحی و حفرات نزدیک به سطح نمونه‌های سیب‌زمینی سرخ شده را با استفاده از مواد رنگی محلول در روغن، را نشان دادند [۲۳]. افزون بر این، بوچون و همکاران (۲۰۰۳) بیان نمودند که در مرحله سرد کردن دو نوع روغن مشاهده می‌شود. روغنی که در لایه‌های سطحی نفوذ می‌کنند و روغنی که در سطح نمونه‌های سرخ شده باقی می‌مانند [۲٤].



شکل ۳ تغییرات محتوی رطوبت نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق.



شکل ٤ تغییرات محتوی روغن نمونه‌های بادمجان طی فرایند سرخ کردن عمیق.

٤- نتیجه‌گیری

بررسی سینتیک جذب روغن و دفع رطوبت حین سرخ شدن نمونه‌های بادمجان حاکی از وجود دو نوع رفتار متمایز حین فرایند بوده است. به طوری که در اوایل فرایند سرخ شدن، میزان جذب روغن نمونه‌ها به ماکزیمم مقدار خود رسیده و در ادامه فرایند، این میزان روغن شروع به خارج شدن از بافت نموده است و مجدد روند افزایشی به خود گرفته است. در نمودار تغییرات رطوبت محتوی نمونه‌های بادمجان سرخ شده نیز دو نوع ناحیه متفاوت دیده شد. حداکثر تا ۳۰ ثانیه اول از شروع فرایند سرخ شدن، به علت کاهش شدید محتوی رطوبت نمونه‌ها، جذب مقادیر بالایی از روغن مشاهده گردید و نیز در ادامه فرایند با کاهش بیشتر میزان رطوبت محصول (اما با سرعت کمتر) میزان جذب روغن نیز ادامه پیدا کرد. همچنین نتایج بررسی روغن سطحی و ساختاری نمونه‌های بادمجان سرخ شده نشان داد که بیشترین سهم در میزان روغن نمونه‌های سرخ شده را روغن ساختاری داشته که به دلیل اسفنجی بودن بافت بادمجان و مکش سریع روغن محیط، بلافاصله بعد از خروج از روغن و کاهش دما و افت فشار، توسط بافت نمونه‌ها صورت می‌گیرد. علاوه بر این، پیش فرآوری پخت توانسته است تا ۷۰ درصد از میزان روغن نمونه‌ها را نسبت به نمونه‌هایی که بدون پیش فرآوری پخت در دمای ۱۸۰ درجه‌سانتی‌گراد سرخ شدند را کاهش دهد. از آن جایی که طی فرایند پخت محتوی رطوبت نمونه‌ها تفاوت

Archive of SID
www.SID.ir

معنی‌دار با یکدیگر نداشتند ($p>0/05$) بنابراین این طور پیش بینی می‌شود که عامل مهم تاثیر گذار بر رفتار کاهش جذب روغن نمونه‌هایی که پیش فرآوری پخت بر آن‌ها اعمال شده بود تغییر ساختار درونی بافت آن‌ها بوده است به طوری که حین سرخ شدن از ورود روغن به درون بافت جلوگیری نموده است.

۵- منابع

[1] Van Eck, J. and Snyder, A. 2006. Eggplant (*Solanummelongena L.*). Methods of Molecular Biology, 343, 439-47.

[2] FAO, 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations

[3] Hu, W. , Jiang, A. , Tian, M. , Liu, C. , Wang, Y. 2010. Effect of ethanol treatment on physiological and quality attributes of fresh-cut eggplant. J. *Sci. Food Agric*. 90, 1323–1326.

[4] Arvanitoyannis, I. S. , Khah, E. M. , Christakou, E. C. and Bletsos, F. A. 2005. Effect of grafting and modified atmosphere packaging on eggplant quality parameters during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 311–322.

[5] Brasiello, A. , Adiletta, G. , , SilvestroCrescitelli, P. , Albanese, D. and Di Matteo, M. 2013. Mathematical modeling of eggplant drying: Shrinkage effect. *Journal of Food Engineering*, 114, 99–105.

[6] Vitrac, O. , Dufour, D. , Trystram, G. , and Raoult-Wack, A. L. 2002. Characterization of heat and mass transfer during deep-fat frying and its effect on cassava chip quality. *Journal of Food Engineering*, 53, 161-176.

[7] Alvis, A. C. 2009. Heat transfer coefficient during deep-fat frying. Food Control, 20, 321-325.

[8] Ziaiifar, A. M. 2008, Oil absorption deep-fat frying: mechanism and important factors, PhD Thesis, Agro Paris Tech.

[9] Fiszman, S. M. , Salvador, A. , and Sanz, T. 2005. Why, when and how hydrocolloids areemployed in batter-coated food - A review. *Progress in Food BiopolymerResearch*, 1, 55–68.

[10] Dana, D. , and Saguy, I. S. 2006. Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and thesurfactant effect-theory and myth- A review. *Advances in Colloid and InterfaceScience*, 128–130, 267–272.

[11] Sahin, S and Sumnu, G. 2009. Advances in deep -fat frying of foods . New York: Taylor & Francis Group.

[12] Lioyd, B. J. , Farkas, B. E. , and Keener, K. M. 2004. Quality comparison of French fry style potatoes produced by oven heating, immersion frying and controlled dynamic radiant heating. 28, 460-472.

[13] AOAC. 1995. Official methods of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

[14] Gamble, M. H. , Rice, P. & Selman, J. D. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from C. V. Record U. K. *International Journal of Food Science and Technology*, 22, 233-241.

[15] Kozempel, M. F. , Tomasula, P. M. & Craig, J. C. Jr. 1991. Correlation of moisture and oil concen- tration in French Fries. Lebensmittel- Wissenschaftund Technologie, 24, 44. 5-448.

[16] Duran, M. , Pedreschi, F. , Moyano, P. , and Troncoso, E. 2007. Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling. *Journal of Food Engineering*, 81, 257-265.

[17] Ziaiifar, A. M. , Achir, N. , Courtois, F. , Trezzani, I. , and Trystram, G. 2009. 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.

[18] Ngadi, M. , Dirani, K. , and Oluka, S. 2006. Mass transfer characteristics of chicken nuggets. International Journal of Food Engineering, 2, 1–16.

[19] Moreira, R. G. , Sun, X. , & Chen, Y. 1997. Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying. *Journal of Food Engineering*, 31, 485–498.

[20] Mats, S. A. 1993. Snack Food Technology. Van NostrandReinholdlAVI, New York.

[21] Keller, Ch., Escher, F. and Solms, J. 1986. A method for localization fat distribution in deep fat fried potato products, Lebensm.-Wiss.u.-Technol., 19, 346-348.

[22] Bouchon, P., Aguilera, J.M. and Pyle, D.L. 2003. Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. *Journal of Food Science*, 68, 2711-2716.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of cooking pretreatment on frying process of eggplant and evaluation of kinetic of oil absorption and moisture changes of eggplant during deep fat frying and cooling period

Khalilian, S. [1*], Ziaiifar, A. M. [2], Asghari, A. [3], Kashaninejad, M. [2], Mohebbi, M.[4]

1. Phd student of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources:
2. Assistant professor of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. Assistant professor of biosystem mechanic, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 94/3/14 Accepted: 94/5/19)

Frying technology is one of the oldest of food preparing that it used in household and industrial scale, widely. Due to the increasing tendency of consumers to use low-fat products, efforts to reduce oil uptake in fried products has been done. Eggplant absorbs high amount of oil during frying because of high amount moisture and porous texture. In this study effect of different frying times (90, 120, 150 and 180 seconds) and cooking times (1, 4, 7 and 10 minutes) on mass transfer kinetic (oil and moisture)eggplant samples during deep fat drying and cooling period was investigated. Results of analysis variance (ANOVA) showed that independent variables on oil and moisture content was significant ($p<0.05$).Results of this study showed that cooking pretreatment (hot water and atmospheric pressure) 60 %, decreased oil content in comparison with which did not any pretreatment (control). In mention that cooking time 7 minutes had higher than effect on oil content decreasing (72%). To investigate the kinetic relationships, eggplant samples for 1, 3, 5, 8, 10, 12, 15, 30, 60, 75, 90, 120 and 150 seconds were fried and after each stage of oil and moisture were measured. In addition, at the end of each of these times, were immediately removed from the oil in order to measure the surface oil, immersed in ether, and the amount of oil absorbed (structural) and surface oil samples were measured.Results of mass transfer kinetic during deep fat frying at 180°C, showed that oil content fried eggplant had maximum value on the first time of deep fat frying process and then decreased. Also fried eggplant moisture content decreased, quickly and then velocity of reducing the moisture content of the samples, also declined.

Keywords: Deep fat frying, Eggplant, Oil absorption, cooking preprocessing.

* Corresponding Author E-Mail Address: Khaliliansafie02@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir