

# ارزیابی روش های آماده سازی و سرخ کردن با روغن زیتون تصفیه شده بر ویژگی های شیمیایی و جذب روغن در بادمجان

الهام احمدی، مریم فهیم دانش<sup>۱\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی -دانشکده کشاورزی -دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس  
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی -دانشکده کشاورزی -دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس. تهران. ایران

(تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۱۸)

## چکیده

روغن یکی از مواد اصلی مصرفی در صنعت غذا بوده که کیفیت آن عمدتاً بستگی به میزان و نوع اسیدهای چرب موجود در آن دارد. روغن زیتون یکی از روغن های مفید به شمار می رود. به دلیل جذب بالای روغن توسط بادمجان هنگام سرخ شدن، پیدا کردن روشی برای جذب روغن کمتر هنگام سرخ کردن مهم می باشد. در این تحقیق از روغن زیتون برای سرخ کردن عمیق و ماهی تابه ای بادمجان با سه پیش تیمار (ساده، نمک و آب نمک) استفاده شد و سرخ کردن در دو مرحله انجام شد. ابتدا پروفیل روغن ها توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی مشخص گردید. از پروفیل اسید های چرب مشخص شد که در کل بعد از دو مرحله سرخ کردن همه نمونه های روغن کاهش محسوسی را در میزان مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع نشان دادند و این کاهش در روغن حاصل از سرخ کردن بادمجان با روش ماهی تابه مشهودتر بود. همین طور نتایج بیانگر جذب بالاتر روغن در سرخ کن نسبت به ماهی تابه است و پیش تیمار آب نمک باعث افزایش جذب روغن گشته است که علت آن شاید به دلیل جذب آب توسط بادمجان در اثر تماس با آب نمک باشد از نقطه نظر عدد ترکیبات مزدوج، بیشترین میزان مربوط به سرخ کن با پیش تیمار آب نمک و کمترین آن مربوط به ماهی تابه با پیش تیمار بدون نمک بود.

**کلید واژگان:** روغن زیتون، بادمجان، جذب روغن، گاز کروماتوگرافی

\*مسئول مکاتبات: m.fahimdaneshj@Qodsiau.ac.ir

## ۱- مقدمه

بادمجان (egg plant) نام عمومی گیاهیست که بومی شرق هندوستان بوده و متعلق به خانواده Solanaceae است و با نام علمی *Solanum melongena* رده بندی می شود. میوه بادمجان، بسته به نوع فنوتیپ گیاه، رنگ های بنفش، سبز یا زرد دارد که معمول ترین آنها به رنگ بنفش تیره بوده و در زمره سبزیجات در سراسر دنیا به وفور مصرف می شود. از ویتامین های موجود در بادمجان می توان به ویتامین های گروه B (مخصوصا B<sub>1</sub> و B<sub>6</sub>)، ویتامین A و C و مواد معدنی مختلف از جمله کلسیم، فسفر، مس، گوگرد، منیزیم، پتاسیم و آهن اشاره کرد [۱]. از ویژگیهای ترکیبهای شیمیایی این گیاه میزان بالای آب موجود در این گیاه می باشد که به همراه کالری غذایی کم مورد توجه کارشناسان امور تغذیه قرار گرفته است [۲].

روغن ها و چربی ها از اجزای مهم فرمولاسیون مواد غذایی در صنعت به شمار می آیند [۳] سرخ کردن روغن روشی معمول، سریع و راحت در خصوص تهیه مواد غذایی است که منجر به ایجاد عطر و طعم مطلوب محصولات می گردد [۴]. اما به خوبی مشخص شده است روغن ها در معرض دماهای بالای سرخ کردن و نیز در حضور اکسیژن و آب ناشی از ماده غذایی متحمل واکنش های مخربی چون اکسایش حرارتی، پلیمری شدن و هیدرولیز می شوند. ترکیبات شیمیایی حاصل از واکنش های مزبور به بروز طعم ها و رنگ های نامطلوبی می انجامد که ممکن است سلامتی مصرف کننده را نیز به خطر اندازد [۵].

روغن زیتون از سالم ترین و مفیدترین روغن های نباتی مایع است که ارزش غذایی و طبی آن امروزه ثابت شده است. این روغن از قابل هضم ترین روغن هاست. اسید چرب اصلی تک غیراشباعی روغن زیتون، اسید اولئیک است. روغن زیتون را طبق استاندارد ملی ایران به چهار نوع تقسیم بندی می کنند: بکر، نیمه تصفیه شده، تصفیه شده و گوگردی [۶].

سرخ کردن یک فرایند انتقال جرم و حرارت بطورهمزمان می باشد. گرما از روغن به ماده غذایی منتقل می شود، آب از ماده غذایی تبخیر می شود و روغن به داخل آن جذب می شود. در واقع سرخ کردن در روغن داغ ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه سانتی گراد نوعی خشک کردن سریع می باشد. این خشک شدن سریع در

بهبود خواص مکانیکی و ساختاری محصول نهایی بسیار حائز اهمیت می باشد. این شرایط منجر به انتقال حرارت با سرعت بالا، بخت سریع، قهوه ای شدن، بهبود بافت و عطر و طعم می شود [۷].

جذب روغن به وسیله مقدار رطوبت ماده غذایی کنترل می شود. در حین سرخ کردن عمیق آب موجود در پوسته تبخیر شده و به خارج از ماده غذایی انتقال می یابد به منظور ادامه یافتن جریان بخار، آب کافی باید قادر به مهاجرت از ماده غذایی به پوسته باشد و پوسته باید همچنان قابل نفوذ باقی بماند، خروج بخار مانع ورود روغن می شود و تا زمانی که رطوبت داخل ماده غذایی حفظ شود می تواند از ورود روغن جلوگیری نماید. سه مکانیسم مقدار چربی محصولات سرخ شده نهایی را تحت تاثیر قرار می دهند که عبارتند از: روغنی که پس از مرحله سرد کردن به سطح محصول می چسبد، روغنی که از طریق منافذ پوسته پس از برداشتن از سرخ کن توسط نیروی مکش حاصل وارد پوسته می شود و در نهایت روغنی که در حین تشکیل پوسته در هنگام سرخ کردن جذب می شود. برخی نظریه ها، بیان می کنند که حجم کل روغن جذب شده برابر مقدار آب جدا شده از ماده غذایی در حین سرخ کردن می باشد [۸].

در تحقیقی توسط آزادفر و همکاران (۱۳۹۳) بررسی تاثیر پیش تیمارهای مختلف (شیمیایی و پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی) بر سرخ کردن به عنوان یک راهکار برای کاهش جذب روغن و بهبود افزایش ماندگاری بادمجان سرخ شده مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار روی خصوصیات برش های بادمجان بعد از سرخ کردن در سطح آماری بک درصد تاثیر معنی دار ( $p > 0.1/0$ ) داشت و در دمای ۱۶۰ درجه سانتی گراد بیشینه مقدار راندمان مشاهده شد.

با توجه به اهمیت محصولات سرخ شده و مصرف فراوان این محصولات توسط طیف وسیعی از جامعه (خصوصا جوانان و نوجوانان) تحقیق در زمینه کاهش میزان روغن محصولات سرخ شده ضروری به نظر می رسد. همچنین به دلیل جذب بالای روغن توسط بادمجان هنگام سرخ شدن، پیدا کردن روشی برای جذب روغن کمتر، هم در خانه و هم در استفاده های صنعتی تاثیر بسزایی دارد [۹]. استفاده از صمغ ها به عنوان پوشش برای کاهش میزان جذب روغن در بادمجان یکی از روش های مورد استفاده

ابتدا بادمجان‌ها را شسته و سپس آن‌ها را پوستگیری شده مجدداً شسته شده و خشک گشته و به صورت ورقه‌هایی با ضخامت ۲ تا ۲٫۲ سانتی‌متر به صورت عرضی، درآمدند. بادمجان‌ها به سه صورت آماده‌سازی شدند:

۱- استفاده از نمک: به هر بادمجان با قطر تقریباً یکسان به میزان ۰/۰۵ وزن حلقه بادمجان اضافه شد و به خوبی در سطح بادمجان پخش شد. بعد از گذشت ۲۰ دقیقه بادمجان‌ها آبکشی شده و به وسیله دستمال حوله‌ای آب سطحی آن کاملاً خشک شد.

۲- استفاده از آب نمک: در ظرفی بزرگ آب نمک ۱۰٪ با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد تهیه کرده بادمجان‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در آب نمک قرار داده سپس آنها را آبکشی کرده و سپس با دستمال کاملاً خشک شد.

۳- بادمجان ساده: بدون افزودن نمک یا آب نمک بادمجان‌ها ابتدا شسته سپس با دستمال کاملاً خشک شد.

در مرحله اول توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی پروفیل اسیدهای چرب روغن زیتون مصرفی مشخص گردید [۱۱]. سپس قبل از سرخ کردن، اسیدیته و ترکیبات مزدوج دوگانه روغن‌های سرخ کردنی مصرفی مورد بررسی قرار گرفته شد.

## ۲-۲- سرخ کردن نمونه‌ها

بعد از تعیین خواص فیزیکی شیمیایی روغن زیتون تصفیه شده مصرفی سرخ کردن بادمجان‌های فراوری شده به دو صورت ذیل و در دو مرحله متوالی انجام گرفت بدین صورت که بعد از خارج کردن بادمجان‌های سرخ شده مرحله اول بادمجان‌های جدید دوباره افزوده شده و مرحله دوم سرخ کردن شکل گرفت:

۱- ماهی تابه: در کف ماهی تابه به میزان ۱۰ قاشق غذاخوری روغن ریخته شد. ماهی تابه روی هیتر دارای دماسنج قرار گرفته بعد از داغ شدن روغن، ۸ حلقه بادمجان به وزن ۲۴ گرم در ماهی تابه قرار داده شد. دو طرف بادمجان به خوبی در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ دقیقه سرخ شدند. بعد از سرخ شدن کامل بادمجان‌ها و طلایی شدن رنگشان، آنها را از ماهی تابه خارج شده و بر روی دستمال حوله‌ای قرار داده شد.

۲- سرخ کن: به میزان تعیین شده در داخل سرخ کن، آن را از روغن پر کرده (۲ لیتر) ۸ حلقه بادمجان به وزن ۲۴ گرم درون سرخ کن در دمای  $150 \pm 10$  درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه

می‌باشد با توجه به اینکه سرخ کردن هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ سلامتی افراد مصرف کننده مورد اهمیت است با وجود حساسیت روغن زیتون به حرارت، از آنجائیکه سرخ کردن بادمجان در مدت زمان کمی انجام می‌گیرد در این تحقیق از روغن زیتون به عنوان یک روغن سودمند برای سرخ کردن برش‌های بادمجان استفاده شد. Kalogeropoulos و همکاران (۲۰۰۷) نیز از روغن زیتون برای سرخ کردن بادمجان و کدو به روش سنتی مدیترانه‌ای استفاده کردند اما بادمجان‌ها با لایه‌ای از آرد گندم یا خمیر پوشش داده شده بود. همچنین نمک یکی از عوامل کاهنده جذب روغن در بادمجان می‌باشد به همین دلیل استفاده از روشهای مختلف افزودن نمک قابل تامل می‌باشد. در تحقیقی توسط آذافر و همکاران (۱۳۹۳) بررسی تاثیر پیش تیمارهای مختلف (شیمیایی و پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی) بر سرخ کردن به عنوان یک راهکار برای کاهش جذب روغن و بهبود افزایش ماندگاری بادمجان سرخ شده مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که نوع پیش تیمار روی خصوصیات برش‌های بادمجان بعد از سرخ کردن در سطح آماری بک درصد تاثیر معنی دار ( $p > 0.1$ ) داشت و در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد بیشینه مقدار راندمان مشاهده شد به همین دلیل استفاده از دو روش سرخ کردن در ماهی تابه و سرخ کن به ترتی با دماهای ۱۱۰ و ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت [۱۰].

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- آماده سازی نمونه‌های بادمجان

الف- نمونه‌های بادمجان: بادمجان به مقدار ۱۰ کیلوگرم برای هر تکرار به صورت تازه از مزارع کشاورزی منطقه شهریار تهیه و دور از نور مستقیم آفتاب در داخل کیسه پلاستیکی در یخچال به مدت ۲۴ ساعت تا انجام آزمایشات نگهداری شد.

ب- نمونه روغن سرخ کردنی: روغن زیتون تصفیه شده خالص از کارخانه روغن بهشهر تهیه و خریداری گردید.

ج- حلال‌ها و مواد شیمیایی: تمامی حلال‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش، تولیدی شرکت تجاری مرک آلمان بود.

## ۲-۴- اندیس اسیدی

این آزمون طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۴۱۷۹ انجام شد.

## ۲-۵- ترکیبات مزدوج دوگانه و سه گانه<sup>۲</sup>

غلظت ترکیبات مزدوج دوگانه و سه گانه با اندازه گیری جذبشان به ترتیب در ۲۶۸ و ۳۰۱ نانومتر طبق استاندارد ملی شماره ۳۷۳۴ تعیین و گزارش شد.

## ۲-۶- اندازه گیری جذب روغن

برای اندازه گیری جذب روغن از روش سوکسوله استفاده شد. برای استخراج روغن مواد غذایی مختلف از حلال های آلی استفاده می شود در روش سوکسوله نیز از این همین اصل پیروی شده و دستگاه طوری ساخته شده است که ماده اولیه در مجاورت حلال قرار می گیرد [۱۳]. پس از مدت معینی کلیه روغن موجود در بادمجان در حلال هگزان حل گشته و این روغن توسط دستگاه از حلال جدا و توزین شد کل مدت استخراج ۳ ساعت انجامید.

## ۲-۷- آنالیزهای آماری

برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. مقایسات میانگین در قالب آزمایش فاکتوریل به صورت طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. میانگین اثرات اصلی و متقابل فاکتور ها از طریق آزمون LSD مورد بررسی قرار گرفت. نمودار ها توسط نرم افزار Microsoft Excel ترسیم شدند.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- اسیدهای چرب

در مرحله اول پروفیل اسیدهای چرب روغن زیتون قبل و بعد از سرخ کردن توسط دستگاه گاز کروماتوگرافی تعیین گشت، جدول پروفیل اسیدهای چرب به صورت زیر می باشد:

در سرخ کن فرانسه moulinex سرخ شدند. سپس بادمجان ها از سرخ کن خارج شده و درون آبکش قرار داده شد. نمونه های مورد آزمایش ۷ عدد بود که مورد اول مربوط به نمونه شاهد یا روغن خام و ۶ تیمار دیگر به ترتیب شامل تیمار ۱: سرخ کردن در ماهی تابه بدون نمک، تیمار ۲: سرخ کردن در ماهی تابه با نمک، تیمار ۳: سرخ کردن در ماهی تابه با آب نمک، تیمار ۴: سرخ کردن در سرخ کن بدون نمک، تیمار ۵: سرخ کردن در سرخ کن با نمک، تیمار ۶: سرخ کردن در سرخ کن با آب نمک

### ۲-۳- تعیین ترکیب اسید های چرب به روش

#### گاز کروماتوگرافی (GC)

برای تعیین پروفیل اسید های چرب روغن های مورد آزمون از کروماتوگرافی گازی مجهز به ستون موئنه Gapillari ( 30m  $\times$  0/22mm  $\times$  0/22 $\mu$ m) و از گاز هلیوم با درصد خلوص ۹۹/۹۹٪ به عنوان گاز حامل استفاده شد. در این روش ابتدا اسید های چرب به منظور ایجاد شکل فرار آن ها به متیل استر های مربوطه تبدیل شدند و آن گاه محلول حاصله به دستگاه تزریق شد [۱۲].

### ۲-۳-۱- متیل استر کردن روغن

جهت متیله کردن اسید های چرب موجود در نمونه روغن، ۰/۱ گرم از روغن مورد آزمایش را با ۳ میلی لیتر هپتان نرمال و ۰/۰۵ میلی لیتر محلول متانولی هیدروکسید پتاسیم ۲ نرمال مخلوط کرده، محلول را به مدت ۲۰ دقیقه توسط همزن برقی تکان داده بعد از گذشت این مدت گلیسرول ته نشین شده و لایه رویی آن، همان استر های متیلی محلول در هپتان می باشد که جهت تعیین نوع اسید های چرب و میزان آن ها آماده تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی می باشد [۱۳]. پس از تبدیل اسید های چرب به مشتق متیل استر، نمونه ها تجزیه شده و شناسایی شدند.

2. Conjugated dienes and trienes

1. Gas – liquid chromatography

**Table 1** The combination of fatty acid of olive oil before and after frying

Treatment 6	Treatment 5	Treatment 4	Treatment 3	Treatment 2	Treatment 1	Raw olive oil	Fatty acid name
0/05±0/02 <sup>a</sup>	0/05±0/02 <sup>a</sup>	0/03±0/02 <sup>a</sup>	0/07±0/02 <sup>a</sup>	0/05±0/02 <sup>a</sup>	0/08±0/02 <sup>a</sup>	0/05±0/005 <sup>a</sup>	Myristic acid C14:0
0/07±0/02 <sup>a</sup>	0/03±0/02 <sup>a</sup>	0/08±0/02 <sup>a</sup>	-	0/06±0/03 <sup>a</sup>	0/02±0/03 <sup>a</sup>	-	Myostoleic acid C14:1
14/27±0/03 <sup>a</sup>	14/95±0/03 <sup>a</sup>	14/5±0/03 <sup>a</sup>	14/72±0/03 <sup>a</sup>	14/81±0/03 <sup>a</sup>	13/98±0/02 <sup>a</sup>	14/61±0/02 <sup>a</sup>	Palmitic acid C16:0
1/2±0/03 <sup>a</sup>	1/44±0/03 <sup>a</sup>	1.43±0/03 <sup>a</sup>	1/43±0/02 <sup>a</sup>	1/2±0/02 <sup>a</sup>	1/56±0/03 <sup>a</sup>	1/7±0/03 <sup>a</sup>	Palmitoleic acid C16:1
3/43±0/05 <sup>a</sup>	3/93±0/03 <sup>a</sup>	3/64±0/03 <sup>a</sup>	5/08±0/02 <sup>a</sup>	5/73±0/03 <sup>a</sup>	5/08±0/02 <sup>a</sup>	2/09±0/02 <sup>b</sup>	Staric acid C18:0
68/87±0/13 <sup>a</sup>	68/43±0/13 <sup>a</sup>	68/75±0/23 <sup>a</sup>	67/88±0/03 <sup>b</sup>	68/73±0/13 <sup>ab</sup>	69/81±0/13 <sup>a</sup>	67/32±0/23 <sup>b</sup>	Oleic acid C18:1
9/72±0/03 <sup>b</sup>	9/76±0/03 <sup>b</sup>	9/24±0/03 <sup>b</sup>	8/13±0/02 <sup>b</sup>	7/55±0/02 <sup>c</sup>	7/87±0/02 <sup>c</sup>	11/72±0/03 <sup>a</sup>	Linoleic acid C18:2
0/54±0/03 <sup>b</sup>	0/25±0/03 <sup>b</sup>	0/51±0/07 <sup>b</sup>	0/82±0/03 <sup>b</sup>	0/83±0/02 <sup>b</sup>	0/82±0/02 <sup>b</sup>	0/95±0/03 <sup>a</sup>	Alpha linolenic acid C18:3
17/75 <sup>b</sup>	18/64 <sup>a</sup>	18/17 <sup>a</sup>	19/87 <sup>ab</sup>	20/59 <sup>a</sup>	19/14 <sup>b</sup>	16/75 <sup>c</sup>	SFA
70/14 <sup>a</sup>	69/87 <sup>ab</sup>	70/26 <sup>a</sup>	69/31 <sup>bc</sup>	69/99 <sup>b</sup>	71/39 <sup>a</sup>	69/02 <sup>c</sup>	MUFA
10/26 <sup>b</sup>	10/01 <sup>b</sup>	9/75 <sup>b</sup>	8/95 <sup>b</sup>	8/38 <sup>b</sup>	8/69 <sup>b</sup>	12/67 <sup>a</sup>	PUFA

The numbers inside the table are the average of 3 repetitions ± standard deviations. The same lower case letters in each row indicate no significant difference at the level of  $p < 0.05$ .

Treatment 1: frying in a saucepan without salt

Treatment 2: frying in a saucepan with salt

Treatment 3: Frying in a saucepan with brine

Treatment 4: frying in a salt-free fryer

Treatment 5: Frying in a fryer with salt

Treatment 6: Frying in a fryer with brine

SFA: Fatty Acids

MUFA: Acid Non-saturated fatty acids have a double bond

PUFA: unsaturated fatty acids with multiple bonds

نسبت اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع تغییر کردند. میزان اسید اولئیک در طول سرخ کردن چندان دچار تغییر نگردید. همانطور که پروفیل‌های اسید چرب نمونه‌های روغن نشان می‌دهد روغن زیتون قبل از سرخ شدن حاوی مقادیری از اسید لینولئیک می‌باشد که در حین حرارت دیدن به دلیل غیر اشباعیت بالا شدیداً تحت تاثیر قرار گرفته و از بین رفته است روغن زیتون روغنی غنی از اسید اولئیک و اسید لینولئیک می‌باشد که هر دو جزو اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد، بیشترین درصد اسیدهای چرب اشباع را اسید پالمیتیک دارا بود، درصد اسید چرب اشباع استناریک نیز در اثر حرارت بالاتر رفته است که این افزایش در حین سرخ کردن در ماهی تابه محسوس‌تر است. در

در همه نمونه‌ها بیشترین میزان را بین اسیدهای چرب اشباع، اسید پالمیتیک و بین اسیدهای چرب غیر اشباع، اسید اولئیک و سپس اسید لینولئیک دارا بود که در حین سرخ کردن میزان اسید لینولئیک کاهش یافت ولی میزان کاهش زمانیکه از از روش سرخ کن استفاده شد در مقایسه با روش سرخ کردن به روش ماهی تابه کمتر می‌باشد. درصد تمامی اسیدهای چرب موجود در روغن خام با درصد اسیدهای چرب موجود در جدول استاندارد روغن زیتون هم‌خوانی داشت. هنگامی که درصد اسیدهای چرب در زمان سرخ کردن مقایسه می‌شود، کاهش قابل توجهی در میزان اسیدهای چرب چند غیر اشباع و در نتیجه افزایش قابل توجهی در میزان اسیدهای چرب اشباع دیده می‌شود. به عبارت دیگر

جذب بیشتر روغن باشد. در پی وارد شدن مواد غذایی در روغن داغ دمای سطح آن بسرعت بالا می رود. آب سطحی شروع به جوشیدن می کند. روغن احاطه کننده بلافاصله سرد می شود ولی به دلیل پدیده ی همرفت حرارت آن جبران می شود. در صورتی که مقدار مواد غذایی در آن از یک مقدار مشخص بالاتر رود دمای روغن بشدت تحت تاثیر قرار می گیرد. مسلما دمای اولیه خود ماده غذایی نیز در این روند موثر است (مثلا مواد منجمد و غیر منجمد). در موقع شروع جوشیدن پدیده ی همرفت (کنوکسیون) به دلیل تبخیر شدت می یابد. تبخیر باعث خشکی سطحی و چین خوردگی و توسعه بافت اسفنجی می شود. مخصوصا تبخیر با جوشش شدید روغن باعث ایجاد خلل و فرج بزرگتر می شود [۱۴].

آب درون بافت ماده غذایی داغ می شود و باعث مغز پخت شدن آن می شود. اگر غذا برای مدت بیشتری سرخ شود رطوبت موجود در آن کم کم از دست می رود بنابراین از میزان حباب های حاوی بخار کاسته می گردد. دمای سطحی می تواند بالاتر از نقطه ی جوش آب برسد. تغییرات فیزیکی شیمیایی متعدد روی می دهند (تجزیه نشاسته و واکنش های میلارد). این باعث بروز یافتن خواص ارگانولپتیک و رنگ مطلوب می شود. در طی سرخ شدن آب از ماده غذایی خارج می شود. برای تداوم تبخیر آب از مواد غذایی باید دما به اندازه ای باشد که آب داخل بافت خوراکی نیز به جوش آید تا خلل و فرج به اندازه کافی در بافت ایجاد شود. با خالی شدن جای آب، چربی جای آن را می گیرد. وبه همین دلیل است که برای تعیین میزان جذب روغن مقدار آب نمونه را اندازه گیری می کنند. به همین شکل بخش های غذایی با افت رطوبت بیشتر مقدار روغن بیشتری نیز جذب می کنند. نظریه ی تعادل جرمی<sup>۳</sup> می گوید به همان میزان که روغن جذب شده آب ازدست رفته. باید ذکر کرد با ازدست دادن آب بیشتر چروکیدگی سطحی و منافذ آن افزایش می یابند که ارتباط معکوس با مقدار رطوبت دارد. به دلیل آنکه روغن تنها در نقاطی که آب نیست نفوذ می کند می توان گفت وقتی دما به حد کافی بالا بوده نفوذ روغن شکل گرفته. میکروساختار (ریز ساختار)

کل بعد از دو مرحله سرخ کردن همه نمونه های روغن کاهش محسوسی را در میزان مجموع اسیدهای چرب غیر اشباع نشان دادند و این کاهش در روغن حاصل از سرخ کردن بادنجان با پیش تیمار نمک در ماهی تا به مشهودتر بود و تا ۴/۵٪ کاهش یافت.

### ۳-۲- اندازه گیری میزان جذب روغن

میزان جذب روغن در بادمجان های سرخ شده به دو صورت ( ماهی تا به و سرخ کن) و سه تیمار (نمک، آب نمک و بدون نمک) توسط دستگاه سوکسوله اندازه گرفته شد. آنالیز آماری وجود اختلاف معنی داری ( $p < 0.05$ ) را بین همه تیمارها نشان داد.

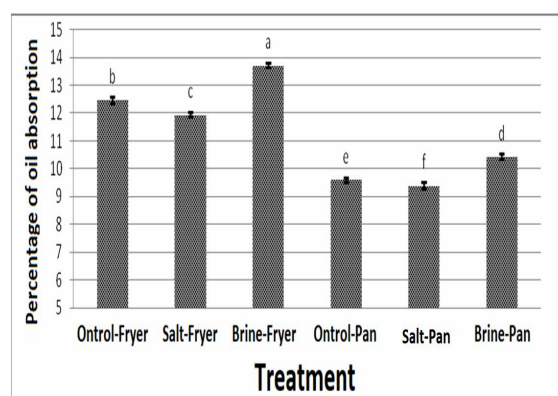


Fig 1 Oil uptake in the eggplant with different treatments

نتایج نشان داد کمترین جذب روغن مربوط به تیمار افزودن نمک و سرخ کردن در ماهی تا به و بیشترین جذب روغن مربوط به تیمار آب نمک و سرخ کردن عمیق در سرخ کن بود. همین طور نتایج (نمودار ۱) بیانگر جذب بالاتر روغن در سرخ کن نسبت به ماهی تا به است، و نتایج نشان داد پیش تیمار آب نمک باعث افزایش جذب روغن گشته است که علت آن شاید به دلیل جذب آب توسط بادمجان در اثر تماس با آب نمک باشد چرا که میزان جذب روغن نسبت مستقیمی با میزان آب دارد همین طور جذب پایین روغن در اثر تیمار با نمک که با فشار اسمزی مقداری از آب بادمجان را خارج کرده بود گواه بر صحت دلیل گفته شده می باشد. علت اینکه در سرخ کردن عمیق جذب روغن بیشتر است شاید به دلیل حرارت بالاتر در سرخ کردن عمیق و خروج زیاد آب از روزنه های بادمجان و به طبع آن

نمودار مقایسه بین تیمارها برای ترکیب مزدوج در زیر آمده است که میزان ترکیبات مزدوج به طور معنی داری در مورد بادمجان تیمار شده با آب نمک و روش سرخ کردن در سرخ کن بیشترین و در مورد بادمجان تیمار نشده و سرخ شده در ماهی تابه کمترین بود.

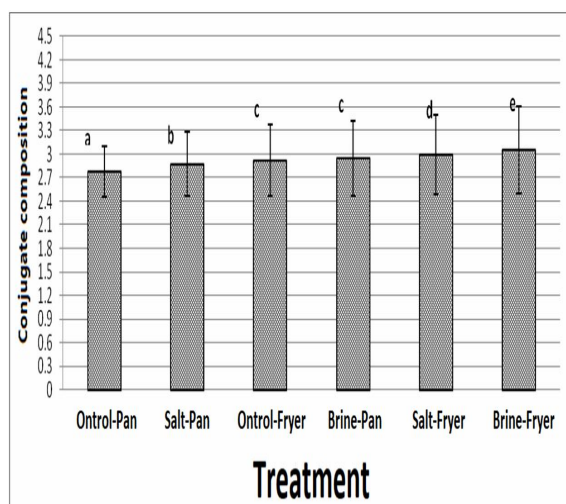


Fig 2 The interaction between the double conjugate compounds

در مورد مراحل مختلف سرخ کردن، با گذر مراحل ترکیبات مزدوج افزایش یافتند

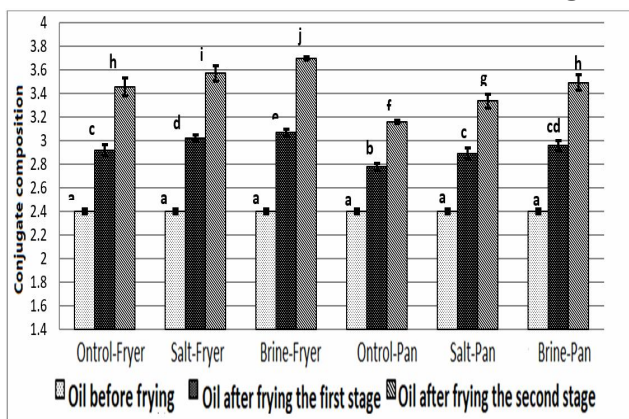


Fig 3 double conjugate compounds for different stages

نتایج (نمودار ۲ و ۳) نشان داد بیشترین ترکیب مزدوج مربوط به سرخ کن با پیش تیمار آب نمک و کمترین آن مربوط به ماهی تابه با پیش تیمار بدون نمک بود. ترکیبات مزدوج و کربونیل نیز عبارت از شاخص های تجزیه ای ارزشمندی در خصوص تغییرات اکسایشی اولیه و ثانویه روغن ها و چربی های خوراکی محسوب می شوند. هیدروپراکسیدها محصولات اولیه اکسایش

خود بافت غذا نیز در جذب روغن در مرکز غذا از اهمیت بالایی برخوردار است [۱۵].

ضخامت خلال ها عامل مهمی در مقدار کلی چربی است. نوارهای ضخیم (۱۲mm) به بالا خیلی کمتر چربی جذب می کنند. میزان چربی درون خلال ها با افزایش سطح تماس خلال ها کمتر می شود و چربی فقط در نواحی سطحی تجمع می یابد. ترک های ریز و سطوح سخت منجر به افزایش سطح می شوند و جذب چربی را می افزایند. بهتر این است که خلال ها به یک شکل برش بخورند و یکسان باشند تا زمان مساوی برای پخت شان صرف شود. ترکیب مورد استفاده در سرخ کردن تری گلیسرید است. استفاده از تری گلیسرید ها با اسید های چرب چند غیر اشباعی<sup>۴</sup> از نقطه نظر سلامتی مورد تأیید است [۱۵].

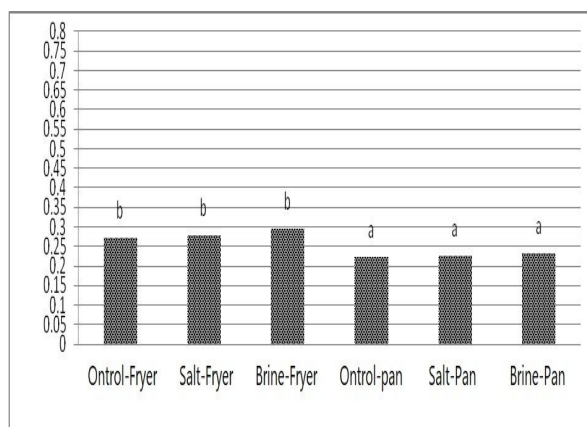
با توجه به اینکه ویژگی های سطحی مواد غذایی جذب روغن را طی سرخ کردن عمیق تحت تأثیر قرار می دهد اصلاح سطح توسط عوامل هیدروکلوئیدی می تواند موجب کاهش جذب روغن طی سرخ کردن عمیق گردد. در تحقیقی توسط آزادفر و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر پیش تیمارهای مختلف (تیمار شیمیایی و پوشش دهی با ترکیبات هیدروکلوئیدی)، زمان (۲ و ۴ دقیقه) و دمای سرخ کردن (۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتیگراد) بر روی کاهش جذب روغن و افزایش راندمان سرخ کردن بادمجان سرخ سده بررسی شد. همچنین در این شرایط به دلیل رطوبت بیشتر سفتی بافت نمونه ها نیز نسبت به نمونه شاهد کمتر بود.

### ۳-۳- اندازه گیری ترکیبات مزدوج

جدول مقایسه میانگین برای ترکیبات مزدوج اختلاف معنی داری ( $p < 0.05$ ) بین نمونه ها نشان داد.

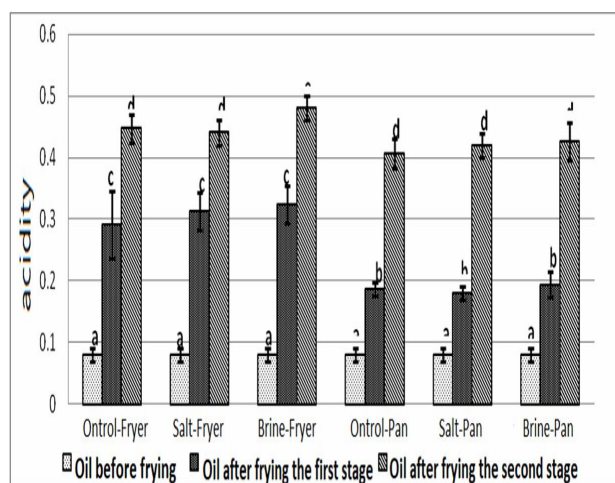
به طوری که در میزان ترکیبات مزدوج در ماهی تابه کمتر از سرخ کن و در بین پیش تیمار ها، بدون نمک، ترکیبات مزدوج کمتر از پیش تیمار نمک و پیش تیمار کمتر از پیش تیمار آب نمک داشت. نتایج آنالیز آماری نشان داد در طی سرخ کردن متوالی بادمجان در روغن زیتون بین مراحل دوم و سوم سرخ کردن و مرحله اول (قبل از سرخ کردن اختلاف معنی داری ( $p < 0.05$ )) وجود دارد و با گذر مراحل ترکیب مزدوج افزایش یافت.

4. Poly Unstaturated Fatty Acid(PUFA)



**Fig 4** Interactions the type of frying and different treatments on the acidity of oil

آنالیزهای آماری اختلاف معنی داری ( $p < 0.05$ ) بین مراحل مختلف سرخ کردن نشان داد به طوری که با گذر مراحل اسیدیته افزایش یافت که با توجه به در معرض دما بودن روغن ها در زمان سرخ کردن قابل توجیه می باشد. اسیدیته روغن ها بعد از دو مرحله سرخ کردن نیز در محدوده استاندارد (زیر ۱)، قرار داشتند.



**Fig 5** The effect of different stages on the acidity of the oil

نمودار ۵ تغییرات اسید چرب آزاد نمونه های روغن زیتون مورد استفاده برای سرخ کردن را نشان می دهد همانطور که آنالیزهای آماری نشان می دهد بین تیمارهای مختلف که بر روی بادمجانها اعمال شده است اختلاف معنی داری وجود ندارد حال آنکه اختلاف بین دو نوع سرخ کردن معنی دار می باشد و به طور معنی داری ( $p < 0.05$ ) اسیدیته روغن زیتون زمانی که بادمجان ها در ماهی تابه سرخ می شوند نسبت به زمانی که در سرخ کن سرخ می شوند، پایین تر است. احتمالاً دلیل آن به خاطر بالا

لیپیدی هستند که به دلیل پایداری اندک بلافاصله پس از تولید به طیف وسیعی از محصولات ثانویه بخصوص ترکیبات کربونیل تجزیه می شوند. هیدروپراکسیدها از دیدگاه ساختمان شیمیایی در زمره ترکیبات مزدوج قرار می گیرند و ترکیبات کربونیل عمدتاً مسیول بروز طعم های تند متعارف در روغن ها و چربی های اکسیده اند.

در تحقیقی فرهوش که بر روی پایداری حرارتی روغن های زیتون تجاری کشور کار کرده بود اشاره کرده است میزان ترکیبات مزدوج نیز به صورت خطی از ۳/۴ تا ۴/۱۰ به ۱/۱۸ تا ۱/۴۱ میلی مول بر لیتر بعد از ۱۶ ساعت فرایند حرارتی رسیده و سرعت تغییرات ترکیب مزدوج در محدوده ۸۵/۰ تا ۰۸/۲ میلی مول بر لیتر ساعت بوده است [۱۵].

از طرفی تحقیقات کوه و سوه (۲۰۱۵) نشان دادند که سبزیجات هنگام سرخ شدن سبب افزایش بیشتر میزان ترکیبات مزدوج نسبت به مواد غذایی دیگر می گردد که نتایج حاصل از این تحقیق را تایید می کند.

### ۳-۴- اندازه گیری اسیدیته

جدول مقایسات میانگین اثرات متقابل نوع سرخ کردن و تیمارهای مختلف بر روی اسیدیته ی روغن ها در زیر آمده است همانطور که آنالیزهای آماری نشان می دهد بین تیمارهای مختلف که بر روی بادمجانها اعمال شده است اختلاف معنی داری ( $p < 0.05$ ) وجود ندارد حال آنکه اختلاف بین دو نوع سرخ کردن معنی دار می باشد و به طور معنی داری ( $p < 0.05$ ) اسیدیته روغن زیتون زمانی که بادنجان ها در ماهی تابه سرخ می شوند نسبت به زمانی که در سرخ کن سرخ می شوند، پایین تر است. احتمالاً دلیل آن به خاطر بالا بودن دمای روغن در سرخ کن نسبت به ماهی تابه می باشد.



پیش تیمار نمک مطلوب تر به نظر می رسد و استفاده از روغن زیتون گزینه خوبی برای سرخ کردن مواد غذایی از جمله بادمجان می باشد.

## ۵- منابع

- [1] Noda, Y., Kneyuki, T., Igarashi, K., Mori, A. and Packer, L., 2000. Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant peels. *Toxicology*, 148(2-3): 119-123.
- [2] Choe E, Min D. 2007. Chemistry of deep-fat frying Oils. *J Food Sci.*; 72(5): 77-86.
- [3] Khoshmanesh asghari, M. 2013. Formulation a functional edible oil by flaxseed oil, sesame oil and fractionated sheep tail fat. Faculty of science – Department of Food science and technology. M.Sc. thesis. Sabzevar university.
- [4] Mellema, M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends in Food Science & Technology*. 14(9): 364-373.
- [5] Monoj K. Gupta. 2005. *Frying Oils*. MG Edible Oil Consulting International Richardson, Texas, 4:1.31.
- [6] Maghsudi, S. 1999 *Technology of olive and its products* Tehran: Iran Agriculture Science Press; [in Persian].
- [7] Krokida, M. K., V. Oreopoulou, Z. B., Maroulis, and D. Marinou-Kouris. 2001. Deep fat Frying of Potato Strips – Quality Issues, *Drying Technology*, 19(5): 879-935.
- [8] Aguilera, J. M. & Hernández, H. G. 2000. Oil absorption during frying of frozen par fried potatoes. *Journal of Food Science*, 65(3), 476–479.
- [9] Gertz, C. 2004. Optimizing the baking and frying process using oil-improving agents. *Eur. J of Lipid Sci. and Technol.*, 106 (11): 736-745.
- [10] Mohammadi, T. azizi, M.H. Taslimi, A. 2007. Relationship between fatty acid composition of the mix sunflower and canola oil stability. *Journal of Food Science and Technology*. 4(2). 67-75.
- [11] Hara, S., E. Ogawa, and Y. Totani. 2006. Evaluation of heat-deteriorated oils. I. TLC-

بودن دمای روغن در سرخ کن نسبت به ماهی تازه می باشد. در کل تغییرات درصد اسید چرب آزاد که بین تیمارهای مختلف و نوع سرخ کردن مشاهده می گردد، به نوع روغن مورد آزمون، مدت زمان حرارت دهی آن و ترکیباتی که در نتیجه واکنش های شیمیایی مختلف چون اکسیداسیون و پلیمریزاسیون طی فرایند سرخ کردن در آن به وجود آمده اند و بالطبع تغییراتی را در ترکیب شیمیایی نمونه روغن مورد آزمون بوجود آورده اند، بستگی دارد. همچنین با توجه به نمودار ۴-۷ با گذر زمان و گذر مراحل میزان اسیدیته در همه تیمارها با انواع سرخ کردن ها، افزایش میابد که با توجه به رابطه مستقیم بین اسیدیته و دما قابل توجه است.

سحری و رودکی (۱۳۹۲)، اسیدیته روغن زیتون را بین ۰ تا ۱ ساعت سرخ کردن سیب زمینی، بین ۰/۲ تا ۰/۵ تعیین کردند که با داده های حاصل از این پژوهش همخوانی داشت [۱۷]. در تحقیق انجام گرفته توسط یحیی و همکاران (۲۰۰۳) که بر روی سرخ کردن بادمجان با روغن پنبه دانه بود نیز با افزایش دما میزان اسیدیته افزایش یافت که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت و میزان اسیدیته در روش سرخ کردن با سرخ کن بیشتر از روش ماهی تازه بود که دما در روش سرخ کردن با سرخ کن ۴۰ درجه سانتی گراد بالاتر بود [۱۸].

## ۴- نتیجه گیری کلی

از پروفیل اسید های چرب مشخص شد که در کل بعد از دو مرحله سرخ کردن همه نمونه های روغن کاهش محسوسی را در میزان مجموع اسیدهای چرب چند غیر اشباع نشان دادند و این کاهش در روغن حاصل از سرخ کردن بادمجان در ماهی تازه مشهودتر بود و تا ۴/۵٪ کاهش یافت. همین طور نتایج بیانگر جذب بالاتر روغن در سرخ کن نسبت به ماهی تازه است و پیش تیمار آب نمک باعث افزایش جذب روغن گشته است که علت آن شاید به دلیل جذب آب توسط بادمجان در اثر تماس با آب نمک باشد از نقطه نظر ترکیبات مزدوج، بیشترین میزان مربوط به سرخ کن با پیش تیمار آب نمک و کمترین آن مربوط به ماهی تازه با پیش تیمار بدون نمک بود. در کل برای بادمجان استفاده از سرخ کن مطلوب نبوده و ماهی تازه گزینه بهتری بود و استفاده از

- performance chromatography (HPSEC). *Electronic Journal of processing and food storage*. 1(4).25-42.
- [16] Moyano, P., Pedreschi, F. 2006. Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments. *LWT* 39 : 285–291.
- [17] Roudaki, M.S. Sahari, M.A. 2013. Oxidative Stability of Olive Oil. *Journal of Food Science and Technology*.39(10).61-75.
- [18] Boskou, D., Elmalfa, I. 2010. Changes in starch and indigestible polysaccharides (dietary Fiber) during frying food. *Frying of Food: Oxidation, Nutrient and Non-Nutrient antioxidants, Biologically Active Compounds and High Temperatures, Second Edition*
- FID method for determining polar compounds content. *Journal of Oleo Science*, 55: 167-172.
- [12] AOAC. 2005. *Official methods of analysis*, 18 ed., Washington, DC: Association of Official Analytic Chemists.
- [13] Vida, P.2011. *Quality control and testing of chemical food* 1(6).
- [14] Rahimi pour sisakht, s. 2013. *Formulation a functional edible oil by flaxseed oil , and olive oil*. Faculty of science – Department of Food science and technology. M.Sc. thesis. Sabzevar university.
- [15] Gohari ardabili, A. Farhoush, R. Hadad khodaparast, M.H. 2009. *Stability virgin olive oils and pumpkin seeds measured in terms of polar compounds and molecular sieve high-*

## Evaluation methods of preparing and frying with refined olive oil on the sensory properties and oil uptake in eggplant

Ahmadi, E. <sup>1</sup>, Fahim Danesh, M. <sup>2\*</sup>

1. MS.c student, Dept. of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, azad University of Qods city
2. Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences, azad University of Qods city

(Received: 2014/06/08 Accepted:2015/06/09)

Oils are one the main means for consumed by human and their quality is largely dependent on the amount and type of fatty acids content. Due to high oil absorption by eggplant When blush, find a way to absorb less oil when frying is the most important. in this study, olive oil was used to deep fry and surface fry eggplant (with three pre- treatments: dry salt, brine and control) and frying was done in two steps. The fatty acid profile was determined by GC. The profile reviled that after two steps of frying, a decrease in amount of unsaturated fatty acids was seen in all samples and this decrease in the sample with surface frying was more significant. Also result indicated that oil uptake (absorption) in fryer was higher than pan and brine pretreatment increased oil uptake (absorption), it might be due to water uptake as the eggplant immersed in brine. When di en conjugate number was compared, the highest number was related to the samples deep fried with brine pre-treatment and the lowest number related to surface frying the control samples.

**Key words:** Olive oil, Eggplant, Oil absorption, GC

---

\* Corresponding Author E-Mail Address : m.fahimdaneshj@Qodsiau.ac.ir