

تأثیر سرخ کردن تحت شرایط خلاء و اتمسفری بر کیفیت روغن کانولا

ونوس نظربخش^a، حمید عزت پناه^{b*}، مسعود مشهدی اکبر بوجار^c، محمد هادی گیویان راد^d، بابک غیائی طرزی^e

^a کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه مهندسی کشاورزی - علوم و صنایع غذایی، تهران، ایران
^b دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه تخصصی علوم و صنایع غذایی،

تهران، ایران

^c دانشیار دانشگاه تربیت معلم، دانشکده علوم، تهران، ایران

^d استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه شیمی تجزیه، تهران، ایران

^e استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشکده علوم و مهندسی صنایع غذایی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۴/۳۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱/۲۳

چکیده

مقدمه: سرخ کردن یکی از روش های رایج به منظور تولید مواد غذایی با ویژگی های منحصر به فرد می باشد. هرچند که در طی سرخ کردن، تغییرات ناخواسته ای در روغن اتفاق می افتد که نه تنها بر کیفیت روغن و محصول سرخ شده اثر منفی می گذارد بلکه برای سلامتی مصرف کننده نیز مضر می باشد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تغییرات کیفی احتمالی روغن کانولا در طی سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری و خلاء می باشد.

مواد و روش ها: خلال های سیب زمینی در روغن کانولا تحت شرایط اتمسفری و خلاء برای ۴ روز متوالی و در هر روز ۴ بار سرخ شدند. سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۹ دقیقه انجام شد. ضمن اینکه سرخ کردن تحت شرایط خلاء در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد و فشار ۲۰۰ میلی بار به مدت ۱۳ دقیقه انجام شد. کیفیت نمونه های روغن مانند ترکیب اسید چرب، اندیس کاکس، عدد پراکسید، عدد آنیزیدین، عدد توتوکس و عدد اسیدی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته ها: در هر دو روش سرخ کردن میزان کل اسیدهای چرب اشباع بطور معنی داری افزایش یافت ($p < 0.05$) در حالی که اسیدهای چرب غیر اشباع تغییر معنی داری نکرد ($p \geq 0.05$). در روز اول سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری، میزان عدد پراکسید، عدد پارآنیزیدین و عدد توتوکس افزایش یافتند، ولی در سایر روزها بطور معنی داری کاهش یافتند ($p < 0.05$). تمام فاکتورهای شیمیایی ذکر شده در سرخ کردن تحت شرایط خلاء به تدریج افزایش یافت. هرچند که مقدار آنها بطور معنی داری کمتر از سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری بود. علاوه بر این در هر دو روش سرخ کردن عدد اسیدی با گذشت زمان افزایش یافت. تصور می شود که غلظت زیاد اکسیژن و همچنین کاربرد دمای بالاتر در سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری موجب افت بیشتر کیفیت روغن سرخ کردنی شده است.

نتیجه گیری: سرخ کردن تحت خلاء یک روش جایگزین به منظور کاهش تخریب روغن و افزایش دوره زمانی استفاده از آن می باشد. بعلاوه عدد آنیزیدین و توتوکس شاخص های مناسبی به منظور پایش کیفیت روغن سرخ کردنی با گذشت زمان می باشند.

واژه های کلیدی: سرخ کردن اتمسفری، سرخ کردن تحت خلاء، کیفیت روغن

مقدمه

یکی از روش های رایج به منظور تولید مواد غذایی، سرخ کردن می باشد. در طی انجام این عملیات، دمای بالا منجر به خروج رطوبت موجود در ماده غذایی به شکل بخار آب شده و در نهایت محصولی با رنگ زرد - طلایی و ویژگی های حسی منحصر به فرد تولید می شود (Gupta, 2005). با این حال در طی سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری (روش رایج مورد استفاده) عواملی همچون دمای بالا (۱۵۰ تا ۱۸۰ درجه سانتیگراد)، رطوبت آزاد شده از ماده غذایی و اکسیژن زمینه انجام واکنش های پیچیده ای را در روغن فراهم می آورند که از آن جمله می توان به اکسیداسیون، پلیمریزاسیون، ایزومریزاسیون و هیدرولیز اشاره کرد. در نهایت، واکنش های ذکر شده موجب تشکیل ترکیبات فرار و غیر فرار مختلفی می شوند که نه تنها بر ویژگی حسی محصول تولیدی تأثیر منفی می گذارند بلکه از لحاظ تغذیه ای و سلامتی نیز مضر می باشند (Alireza et al., 2010). بنابراین امروزه تلاش بر این است تا با استفاده از روش های مختلف، دوره زمانی استفاده از روغن در فرآیند سرخ کردن افزایش یابد. یکی از این روش ها استفاده از سیستم خلاء در طی عملیات سرخ کردن می باشد. در این شیوه ماده غذایی در فشار کمتر از فشار اتمسفری حرارت می بیند که نتیجه آن کاهش نقطه جوش آب موجود در ماده غذایی می باشد. در نتیجه آب موجود در ماده غذایی در دمای کمتری تبخیر می شود (Garayo and Moreira, 2002). از مزایای سرخ کردن تحت شرایط خلاء می توان به کاهش میزان جذب چربی در فرآورده سرخ شده، حفظ رنگ و عطر و طعم طبیعی محصول (به دلیل دمای پایین و حضور اکسیژن کم در طی عملیات سرخ کردن) اشاره کرد. ضمن اینکه محصول سرخ شده تحت شرایط خلاء از بافت بهتری در مقایسه با نمونه سرخ شده تحت شرایط اتمسفری برخوردار است (Garayo and Moreira, 2002). از آنجاییکه این روش در دمای پایین و حضور اکسیژن کم صورت می گیرد لذا ویژگی های کیفی روغن مورد استفاده کمتر دچار تغییر می شوند (Shyu et al., 1998). در تحقیقی که در مورد اثر سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری بر کیفیت روغن سویا و روغن تصفیه شده پالم صورت گرفت، مشخص شد که با افزایش مدت زمان حرارت دهی کیفیت روغن مورد استفاده بیشتر

افت می کند که در این میان تغییرات روغن سویا بسیار شدیدتر از روغن تصفیه شده پالم بود (Pambou-Tobi et al., 2010). در سال ۱۹۹۸ اثر سرخ کردن تحت شرایط خلاء (دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و فشار ۲۰ Torr) بر تغییرات شیمیایی سه روغن لارد، پالم و سویا مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که در تمام روغن های مورد استفاده عدد اسیدی و پراکسید با افزایش مدت زمان سرخ کردن افزایش می یابد (Shyu et al., 1998). در پژوهش دیگری که در مورد اثر سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری (۱۴۰ درجه سانتیگراد) و خلاء (فشار ۴۲ میلی بار و دمای ۹۰ درجه سانتیگراد) بر روغن آفتابگردان صورت گرفت، مشخص شد که روغن حرارت دیده تحت شرایط خلاء از کیفیت بهتری در مقایسه با روغن حرارت دیده تحت شرایط اتمسفری برخوردار است (غیائی و همکاران، ۱۳۸۶).

با توجه به ارزش تغذیه ای روغن کانولا و میزان اسید اولئیک بالای این روغن که پس از روغن زیتون در مقام دوم قرار دارد. هدف از انجام این تحقیق ارزیابی اثر سرخ کردن تحت شرایط خلاء و اتمسفری بر روند تغییرات شیمیایی روغن کانولا به عنوان روغن سرخ کردنی می باشد.

مواد و روش ها

- طراحی و ساخت دستگاه سرخ کن تحت خلاء

به منظور سرخ کردن تحت خلاء از زودپزی با ظرفیت ۶ لیتر استفاده شد. جنس زودپز از فولاد ضد زنگ انتخاب شد تا بر روی خصوصیات کیفی روغن تأثیری نداشته باشد. ضمن اینکه در این تحقیق به منظور ایجاد خلاء از پمپ خلاء (مدل DV-85N-250) مجهز به تله بخار (به منظور جلوگیری از ورود آب به داخل پمپ) استفاده شد. جهت کنترل دمای داخل سرخ کن از دماسنج دیجیتال (قدرت نمایش دما از ۵۰- تا ۳۰۰+ درجه سانتیگراد) و با دقت $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ استفاده شد. این دماسنج دارای الکترودی بود که مستقیماً داخل روغن قرار می گرفت و دمای روغن را در هر لحظه از فرآیند بصورت دیجیتالی نشان می داد. از دیگر اجزای دستگاه سرخ کن می توان به سبد توری، گرم کننده الکتریکی و فشار سنج اشاره کرد.

- سرخ کردن خلال سیب زمینی تحت شرایط اتمسفری و خلاء:

کننده ۲۸۰ درجه سانتیگراد، سرعت جریان گاز حامل (نیترژن) ۱/۴ میلی لیتر بر دقیقه و مقدار تزریق نمونه ۱ میکرولیتر بود (Firestone, 1994).

- اندیس کاکس

به منظور محاسبه اندیس کاکس^۲ از رابطه زیر استفاده می شود (Fatemi et al., 1980).

اندیس کاکس: $100 \left[\frac{1}{3} + (\% \text{ اسید اولئیک}) \right] + \frac{21}{6} (\% \text{ اسید لینولیک})$ / ۱۰۰

- اندازه گیری عدد پراکسید

در این تحقیق اندازه گیری میزان پراکسید مطابق با استاندارد ملی ایران با شماره ۴۱۷۹ انجام شد. اساس کار تیتراسیون روغن با تیوسولفات سدیم ۰/۰۱ نرمال در حضور یدید پتاسیم و معرف چسب نشاسته می باشد که در نهایت نتیجه حاصله بر حسب میلی‌اکی والان اکسیژن فعال در هر کیلوگرم نمونه روغن بیان شد.

- اندازه گیری عدد آنیزیدین

عدد آنیزیدین روشی برای تعیین مقدار آلدئیدها در روغن ها و چربی‌ها می باشد. به منظور انجام این آزمایش از استاندارد ملی ایران با شماره ۴۰۹۳ استفاده شد. در این روش ابتدا نمونه با ایزواکتان آماده سازی شده و با محلول پارا آنیزیدین در اسید استیک واکنش می‌دهد. سپس افزایش میزان جذب در طول موج ۳۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شده و عدد آنیزیدین محاسبه می‌شود.

- عدد توتوکس

پس از تعیین عدد پراکسید و عدد آنیزیدین، عدد توتوکس از رابطه زیر محاسبه می‌شود:
عدد توتوکس = دو برابر عدد پراکسید + عدد آنیزیدین

- اندازه گیری عدد اسیدی

به منظور اندازه گیری عدد اسیدی از استاندارد ملی ایران با شماره ۴۱۷۸ استفاده شد. اساس کار تیتراسیون نمونه با هیدروکسید پتاسیم ۰/۰۱ نرمال و در مجاورت معرف فنل فتالین تا ظهور رنگ ارغوانی می باشد.

در شکل ۱ مراحل انجام فرآیند سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری و خلاء بطور خلاصه نمایش داده شده است. به منظور انجام عملیات سرخ کردن از روغن کانولا و سیب زمینی وارپته اگریا (سیب زمینی مورد استفاده در صنعت چیپس سازی) استفاده شد. بدین منظور هر بار خلال سیب زمینی به ابعاد ۰/۵×۰/۵×۴/۵ سانتی متر تهیه شد و پس از شستشو با ۱/۵ لیتر آب شهری، به مدت پنج دقیقه بوسیله پارچه خشک گردید. سرخ کردن تحت شرایط خلاء در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۱۳ دقیقه انجام شد. بدین ترتیب که پس از رسیدن دمای روغن به ۱۲۰ درجه سانتیگراد و فشار ۲۰۰ میلی بار، خلال های سیب زمینی به درون روغن ریخته شدند. ضمن اینکه سرخ کردن تحت فشار اتمسفری در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۹ دقیقه صورت گرفت. لازم به ذکر است که عملیات حرارت دهی روغن چهار بار در روز و در طی چهار روز متوالی انجام شد (فاصله زمانی بین هر سرخ کردن نیم ساعت بود) ضمن اینکه نسبت سیب زمینی به روغن در طول انجام آزمایش ۱ به ۲۰ انتخاب شد. در انتهای هر روز از روغن فیلتر نشده بطور تصادفی نمونه گیری شد و تا زمان انجام آزمایش در محل تاریک و خنک (۴ درجه سانتیگراد) نگهداری گردید.

- آزمون های شیمیایی

مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق ساخت شرکت مرک آلمان^۱ می باشند.

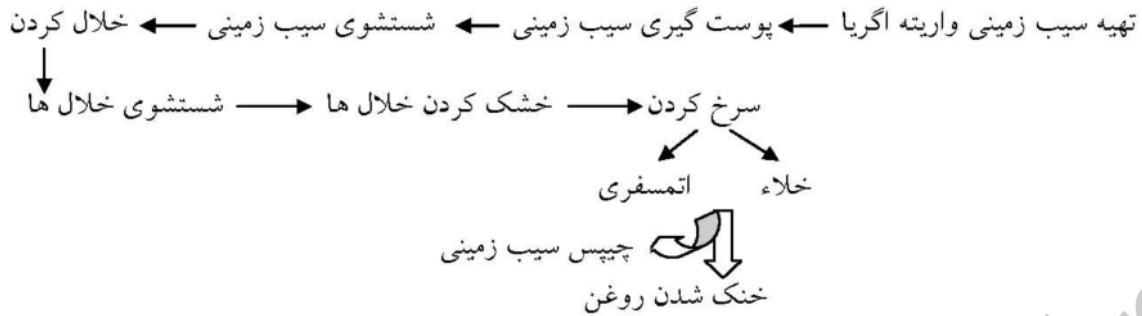
- تعیین پروفایل اسید چرب

به منظور تعیین ترکیب اسید چرب نمونه های روغن اولیه و روغن سرخ شده تحت شرایط خلاء و اتمسفری پس از چهار روز، آماده سازی نمونه ها بصورت مشتق متیل استر بر اساس استاندارد AOAC با شماره ۹۶۹/۳۳ صورت گرفت و سپس از دستگاه گاز کروماتوگراف Agilent مدل Acme 6100 مجهز به آشکار کننده شعله‌ای و ستون موئین ۱۰۰ متری cp sill 88 مطابق استاندارد AOCS با شماره Ce 1e-91 استفاده شد، بطوریکه درجه حرارت محل تزریق نمونه ۲۴۰ درجه سانتیگراد، درجه حرارت ستون ۱۹۸ درجه سانتیگراد، درجه حرارت آشکار

¹ Merck

² Calculated Oxidizability Value

تأثیر سرخ کردن تحت شرایط خلاء و اتمسفری بر کیفیت روغن کانولا



شکل ۱- مراحل انجام فرآیند سرخ کردن تحت شرایط خلاء / اتمسفری

جدول ۱- پروفایل اسید چرب روغن های مورد استفاده تحت شرایط مختلف سرخ کردن پس از چهار روز حرارت دهی (چهار بار در روز)

اسید چرب / روغن	اولیه	خلاء	اتمسفر
C12:0	۰/۰۲±۰/۰۰ ^a	۰/۰۷±۰/۰۰ ^b	۰/۰۸±۰/۰۰ ^c
C14:0	۰/۰۷±۰/۰۰ ^a	۰/۱۱±۰/۰۰ ^b	۰/۱۳±۰/۰۰ ^c
C15:0	۰/۰۲±۰/۰۰ ^a	۰/۰۶±۰/۰۰ ^b	۰/۰۹±۰/۰۰ ^c
C16:0	۵/۴۱±۰/۰۵ ^a	۵/۴۵±۰/۰۸ ^a	۵/۹۸±۰/۱۴ ^b
C16:1	۰/۳۰±۰/۰۲ ^a	۰/۳۱±۰/۰۸ ^b	۰/۳۴±۰/۰۵ ^c
C18:0	۲/۷۴±۰/۰۴ ^a	۲/۹۵±۰/۰۶ ^b	۳/۲۳±۰/۰۴ ^c
C18:1	۶۰/۶۹±۰/۶۰ ^a	۶۱/۱۲±۰/۰۴ ^a	۶۰/۴۸±۰/۴۶ ^a
C18:1t	ND ^a	ND ^a	۰/۱۴±۰/۰۰ ^b
C18:2	۲/۹۰±۰/۴۱ ^b	۱۹/۱۲±۰/۲۵ ^a	۱۹/۰۲±۰/۳۸ ^a
C18:2t	۰/۱۱±۰/۰۰ ^a	۰/۱۶±۰/۰۰ ^b	۰/۱۷±۰/۰۰ ^c
C18:3	۷/۰۹±۰/۰۳ ^b	۷/۲۵±۰/۲۰ ^b	۶/۷۸±۰/۰۸ ^a
C18:3t	۲/۲۷±۰/۰۳ ^a	۲/۸۴±۰/۰۷ ^b	۲/۸۲±۰/۰۴ ^b
C20:0	۰/۰۰±۰/۰۰ ^a	۰/۰۴±۰/۰۰ ^b	۰/۱۶±۰/۰۰ ^c
C22:1	۰/۳۲±۰/۰۰ ^a	۰/۴۶±۰/۰۱ ^b	۰/۵۱±۰/۰۱ ^c
MUFA	۶۱/۳۳±۰/۶۰ ^a	۶۱/۹۱±۱/۰۳ ^a	۶۱/۴۷±۰/۳۱ ^a
PUFA	۳۰/۳۸±۰/۳۵ ^a	۲۹/۳۸±۰/۵۲ ^a	۲۷/۸۹±۲/۰۶ ^a
SFA	۸/۲۹±۰/۱۰ ^a	۸/۷۰±۰/۱۵ ^b	۹/۷۰±۰/۱۰ ^c
کل اسیدهای چرب ترانس	۲/۳۸±۰/۰۳ ^a	۳/۰۰±۰/۰۷ ^b	۳/۱۴±۰/۵۲ ^c
اندیس کاکس	۴/۲۹±۰/۰۳ ^b	۴/۱۴±۰/۰۷ ^a	۴/۰۲±۰/۰۶ ^a

* حروف غیر مشابه در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می باشد (p < ۰/۰۵).

* کلیه مقادیر اسیدهای چرب بر حسب درصد می باشد.

- تجزیه و تحلیل آماری

در این تحقیق کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و در صورت معنی دار شدن اختلاف بین داده‌ها،

تفاوت بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن تعیین گردید. ضمن اینکه به منظور تعیین اثر متقابل روز و روش‌های مختلف فرآیند از آزمون فاکتوریل استفاده شد. نرم‌افزار آماری مورد استفاده در این تحقیق SPSS 17 بود.

یافته ها

جدول ۱ مقادیر و ترکیب اسیدهای چرب روغن اولیه و روغن مورد استفاده به منظور سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری و خلاء را نشان می دهد. بر اساس نتایج بدست آمده، سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری و خلاء منجر به کاهش معنی دار اسید لینولئیک نسبت به روغن اولیه شد ($p < 0/05$). ولی از لحاظ میزان اسید اولئیک تغییر معنی داری بین نمونه ها مشاهده نشد ($p \geq 0/05$).

اگرچه سرخ کردن تحت شرایط مختلف منجر به تغییر معنی دار میزان کل اسیدهای چرب غیر اشباع (با یک یا چند پیوند دوگانه) نشد ($p \geq 0/05$) ولی میزان کل اسیدهای چرب اشباع بطور معنی داری افزایش یافت ($p < 0/05$). در هر دو روش سرخ کردن، میزان کل اسیدهای چرب ترانس بطور معنی داری افزایش یافت که در این میان نمونه روغن مورد استفاده به منظور سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری از میزان کل اسیدهای چرب ترانس بیشتری برخوردار بود. ضمن اینکه در هر دو روش سرخ کردن اندیس کاکس نسبت به روغن اولیه بطور معنی داری کاهش یافت ($p < 0/05$) اگرچه بین دو روش سرخ کردن از لحاظ میزان اندیس کاکس اختلاف آماری معنی داری دیده نشد ($p \geq 0/05$) (جدول ۱).

در این تحقیق مقدار عدد پراکسید، عدد آیزیدین و عدد اسیدی در روغن اولیه به ترتیب $0/42 \pm 0/02$ meq O_2/kg ، $2/02 \pm 0/04$ mg KOH/g، $0/02 \pm 0/00$ بود که تغییرات آنها پس از انجام آزمایش به شرح زیر می باشد:

مقایسه عدد پراکسید روغن حرارت دیده تحت شرایط اتمسفری و خلاء نشان داد که مقدار این شاخص در روز اول و دوم سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری بطور قابل توجهی از عدد پراکسید روغن حرارت دیده تحت خلاء در دوره زمانی مشابه بیشتر بود ($p < 0/05$). در روزهای سوم و چهارم سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری مقدار عدد پراکسید به شدت کاهش یافت بطوریکه با نمونه تیمار شده تحت شرایط خلاء در روزهای مختلف سرخ کردن تفاوت آماری معنی داری نداشتند ($p \geq 0/05$). از طرف دیگر در سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری، گذشت زمان منجر به کاهش معنی دار عدد پراکسید شد در حالی که چنین تغییر معنی داری در روغن تیمار شده تحت شرایط خلاء در روزهای مختلف سرخ کردن دیده نشد (جدول ۲).

در سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری، میزان عدد آیزیدین در روز اول حرارت دهی به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن بطور معنی داری کاهش یافت ($p < 0/05$) بطوریکه روغن حرارت دیده در روز سوم سرخ کردن دارای کمترین میزان عدد آیزیدین بود (جدول ۳)، در حالی که در سرخ کردن تحت شرایط خلاء تغییرات عدد آیزیدین از یک روند مشخصی پیروی نکرد بطوری که میزان عدد آیزیدین در روزهای اول و دوم سرخ کردن به ترتیب افزایش و بعد کاهش یافت و سپس در روزهای سوم و چهارم بطور معنی داری افزایش یافت ($p < 0/05$). در بین دو روش مورد استفاده به منظور انجام فرآیند سرخ کردن، میزان عدد آیزیدین در نمونه روغن حرارت دیده تحت شرایط اتمسفری بطور معنی داری بیشتر از شرایط خلاء بود ($p < 0/05$).

بر اساس نتایج بدست آمده در سرخ کردن تحت شرایط خلاء، میزان عدد توتوکس با افزایش مدت زمان حرارت دهی بطور معنی داری افزایش یافت (جدول ۴). در حالی که در سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری، افزایش مدت زمان حرارت دهی منجر به کاهش معنی دار عدد توتوکس شد ($p < 0/05$). اگرچه عدد توتوکس نمونه های روغن حرارت دیده تحت شرایط اتمسفری در روزهای سوم و چهارم حرارت دهی اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر نداشتند ($p \geq 0/05$). بعلاوه در تمام روزهای حرارت دهی اختلاف آماری معنی داری بین مقادیر این شاخص در نمونه های سرخ شده تحت شرایط اتمسفری و خلاء وجود داشت (جدول ۴).

همان طوری که در جدول شماره ۵ نشان داده شده است، گذشت زمان در سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری منجر به افزایش معنی دار عدد اسیدی شده است در حالی که نمونه های سرخ شده تحت شرایط خلاء در روزهای دوم و چهارم حرارت دهی از لحاظ میزان این شاخص اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر نداشتند ($p \geq 0/05$). در ضمن روغن حرارت دیده در روز اول سرخ کردن تحت خلاء، از لحاظ میزان عدد اسیدی اختلاف آماری معنی داری با روغن مورد استفاده در سایر روزهای سرخ کردن نداشت (جدول ۵).

اگرچه در روز اول حرارت دهی، بین روغن حرارت دیده تحت شرایط اتمسفری و خلاء از لحاظ میزان عدد اسیدی اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت ($p \geq 0/05$) ولی در سایر روزهای حرارت دهی اختلاف آماری معنی داری

تأثیر سرخ کردن تحت شرایط خلاء و اتمسفری بر کیفیت روغن کانولا

بین روش‌های مختلف سرخ کردن مشاهده شد ($p < 0.05$).

عدد پراکسید

همانطوریکه نتایج حاصل از انجام آزمایش پراکسید نشان داد، در روز اول سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری میزان هیدروپراکسید به شدت افزایش یافته و سپس شکسته می‌شود. نتایج بدست‌آمده مشابه با یافته‌های گروهی از پژوهشگران بود که اثر دمای بالا را بر روند تشکیل هیدروپراکسید مورد بررسی قرار دادند (Sunisa et al., 2011). علت این امر به تأثیر دمای بالای مورد استفاده در این فرآیند نسبت داده شده است. با توجه به اینکه هیدروپراکسید ترکیبی ناپایدار است، استفاده از دمای بالا در طی فرآیند سرخ کردن موجب تسریع شکسته شدن این ترکیب می‌شود (Perkins, 1967). برخلاف سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری، در شرایط خلاء میزان تشکیل پراکسید بسیار کمتر بود (جدول ۲). احتمالاً علت وقوع این پدیده را می‌توان به خروج بخشی از هیدروپراکسیدهای تشکیل شده بوسیله سیستم خلاء نسبت داد. علاوه بر این استفاده از دمای پایین (۱۲۰ درجه سانتیگراد) و وجود مقادیر کم اکسیژن در فضای سرخ کن منجر به کاهش تشکیل و تجزیه هیدروپراکسیدها شده است. در تحقیق مشابهی که بر روی میزان تشکیل هیدروپراکسید در روغن آفتابگردان صورت گرفت، مشخص شد که در سرخ کردن تحت شرایط خلاء میزان عدد پراکسید به طور تدریجی افزایش می‌یابد و احتمالاً تجزیه (شکستن) آن نیز بسیار ناچیز است (غیائی و همکاران، ۱۳۸۶).

بحث

پروفایل اسید چرب و اندیس کاکس

همانطوریکه نتایج حاصل از انجام این آزمایش نشان داد، میزان کاهش معنی دار اسید لینولئیک در سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری و خلاء به ترتیب ۸/۹٪ و ۸/۵٪ و میزان افزایش معنی دار اسید استئاریک به ترتیب ۱۷/۸٪ و ۷/۶٪ بود. ضمن اینکه در سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری، اسید لینولئیک ۴/۳٪ کاهش و اسید پالمیتیک ۱۰/۵٪ افزایش یافت. نتایج بدست آمده تا حدودی مشابه با نتایج گروهی از پژوهشگران بود که در آن اثر سرخ کردن تحت شرایط خلاء را بر روند تغییرات اسیدهای چرب روغن مورد بررسی قرار دادند (Shyu et al., 1998). علاوه بر هر دو روش سرخ کردن بویژه سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری، درصد اسیدهای چرب اشباع به دلیل فرآیند اکسیداسیون و پلیمریزاسیون و در نتیجه تخریب باندهای دوگانه اسیدهای چرب غیر اشباع افزایش یافته است (Choe and Min, 2007). ضمن آنکه درصد کل اسیدهای چرب ترانس نیز در اثر پدیده اکسیداسیون و ایزومریزاسیون اسیدهای چرب غیر اشباع افزایش یافته است. نتایج بدست آمده در رابطه با اندیس کاکس، روغن‌های حرارت دیده تحت شرایط مختلف سرخ کردن نیز بیانگر این مطلب است (جدول ۱).

جدول ۲- روند تغییرات عدد پراکسید (meq O₂/kg) تحت تأثیر مدت زمان و روش‌های مختلف فرآیند

روش فرآیند/ زمان (روز)	اول	دوم	سوم	چهارم
خلاء	۰/۶۷±۰/۱۲ ^{A,a}	۰/۸۱±۰/۱۹ ^{A,a}	۰/۹۶±۰/۲۷ ^{A,a}	۱/۲۳±۰/۲۵ ^{A,a}
اتمسفری	۱۰/۳۴±۰/۵۰ ^{C,b}	۶/۳۵±۰/۴۷ ^{B,b}	۱/۰۸±۰/۵۰ ^{A,a}	۰/۸۹±۰/۰۳ ^{A,a}

* حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می‌باشد ($p < 0.05$).

* حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می‌باشد ($p < 0.05$).

جدول ۳- روند تغییرات عدد آنتی‌آکسیدان تحت تأثیر مدت زمان و روش‌های مختلف فرآیند

روش فرآیند/ زمان (روز)	اول	دوم	سوم	چهارم
خلاء	۲/۵۴±۰/۱۴ ^{B,a}	۲/۳۴±۰/۰۴ ^{A,a}	۳/۱۰±۰/۰۴ ^{C,a}	۳/۳۴±۰/۰۷ ^{D,a}
اتمسفری	۶۰/۹۸±۰/۰۳ ^{D,b}	۵۹/۹۰±۰/۰۱ ^{C,b}	۵۸/۵۷±۰/۰۳ ^{A,b}	۵۸/۷۷±۰/۰۲ ^{B,b}

* حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می‌باشد ($p < 0.05$).

* حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می‌باشد ($p < 0.05$).

جدول ۴- روند تغییرات عدد توتوکس تحت تاثیر مدت زمان و روش های مختلف فرآیند

روش فرآیند/زمان(روز)	اول	دوم	سوم	چهارم
خلاء	۳/۹۰±۰/۳۸ ^{A,a}	۳/۹۷±۰/۳۳ ^{AB,a}	۵/۰۳±۰/۵۹ ^{BC,a}	۵/۸۱±۰/۵۴ ^{C,a}
اتمسفری	۸۱/۶۷±۱/۰۴ ^{C,b}	۷۲/۶۰±۰/۹۶ ^{B,b}	۶۰/۷۳±۱/۰۳ ^{A,b}	۶۰/۵۶±۰/۰۸ ^{A,b}

* حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می باشد ($P < 0.05$).
* حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می باشد ($P < 0.05$).

جدول ۵- روند تغییرات عدد اسیدی (mg KOH/g) تحت تاثیر مدت زمان و روش های مختلف فرآیند

روش فرآیند/زمان(روز)	اول	دوم	سوم	چهارم
خلاء	۰/۰۸±۰/۰۱ ^{AB,a}	۰/۱۱±۰/۰۳ ^{B,a}	۰/۰۶±۰/۰۲ ^{A,a}	۰/۱۰±۰/۰۱ ^{B,a}
اتمسفری	۰/۱۱±۰/۰۰ ^{A,a}	۰/۲۱±۰/۰۸ ^{B,b}	۰/۲۹±۰/۰۱ ^{C,b}	۰/۳۳±۰/۰۱ ^{D,b}

* حروف بزرگ غیر مشابه در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می باشد ($P < 0.05$).
* حروف کوچک غیر مشابه در هر ستون بیانگر وجود اختلاف آماری معنی دار می باشد ($P < 0.05$).

عدد آنیزیدین

همانطوریکه پیش از این اشاره شد، در هر دو روش سرخ کردن میزان عدد آنیزیدین نسبت به روغن اولیه افزایش یافت که علت آن را می توان به پایداری کم هیدروپراکسیدها و شکسته شدن آنها به ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون مانند الکل ها، کتون ها، آلدئیدها و اسیدها نسبت داد (Warner, 2008; Sunisa *et al.*, 2011). با افزایش دمای سرخ کردن سرعت تشکیل هیدروپراکسیدها و تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون افزایش می یابد (Sunisa *et al.*, 2011). لذا علت کمتر بودن عدد آنیزیدین در سرخ کردن تحت شرایط خلاء نسبت به شرایط اتمسفری را می توان به دمای پایین سرخ کردن نسبت داد که در نتیجه آن سرعت تشکیل و شکسته شدن هیدروپراکسیدها کاهش می یابد. از طرف دیگر وجود سیستم مکش در سرخ کردن تحت شرایط خلاء، موجب خروج رطوبت و اکسیژن از فضای داخل سرخ کن می شود. لذا تشکیل پراکسید و تجزیه آنها به ترکیبات ثانویه اکسیداسیون کمتر اتفاق می افتد. ضمن اینکه احتمالاً به دلیل وجود سیستم خلاء مقداری از ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون از فضای داخل سرخ کن خارج شده اند.

عدد توتوکس

روغن حرارت دیده تحت شرایط خلاء از عدد توتوکس کمتری در مقایسه با روغن حرارت دیده تحت شرایط اتمسفری برخوردار بود که علت این امر را می توان به دمای پایین و وجود سیستم مکش در طی فرآیند سرخ کردن نسبت داد. در نتیجه اکسیداسیون روغن به دلیل دمای

پایین، خروج رطوبت، اکسیژن و برخی از ترکیبات ثانویه حاصل از اکسیداسیون از فضای داخل سرخ کن کاهش پیدا کرده و محصولات اولیه و ثانویه حاصل از اکسیداسیون کمتر تشکیل می شوند. از آنجاییکه عدد توتوکس حاصل جمع دو برابر عدد پراکسید و آنیزیدین می باشد مقدار آن کمتر از شرایط اتمسفری می شود.

عدد اسیدی

بر اساس نتایج این پژوهش، در هر دو روش سرخ کردن، با افزایش مدت زمان حرارت دهی درصد اسید چرب آزاد افزایش یافت که در این میان نمونه روغن مورد استفاده در روش سرخ کردن تحت شرایط خلاء، از اسید چرب آزاد کمتری برخوردار بود. نتایج بدست آمده مشابه با تحقیقات صورت گرفته بر روی روغن آفتابگردان در طی سرخ کردن تحت شرایط اتمسفری و خلاء بود (غیائی و همکاران، ۱۳۸۶). پژوهشگران علت وقوع این پدیده را به خروج رطوبت آزاد شده از ماده غذایی بوسیله سیستم مکش و دمای پایین سرخ کردن نسبت داده اند (غیائی و همکاران، ۱۳۸۶). ضمن اینکه احتمالاً بخشی از ترکیبات فرار تشکیل شده بوسیله سیستم تامین کننده خلاء از فضای داخل سرخ کن خارج شده است. از طرف دیگر با توجه به اینکه در مراحل اولیه سرخ کردن، افزایش اسید چرب آزاد در اثر فرآیند اتواکسیداسیون می باشد و از آنجاییکه در شرایط خلاء بخش اعظم اکسیژن از فضای داخل سرخ کن خارج شده است لذا میزان اسید چرب آزاد تشکیل شده در شرایط خلاء کمتر از شرایط اتمسفری می باشد.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از انجام این تحقیق بیانگر آن است که سرخ کردن تحت خلاء تاثیر نامطلوب کمتری بر ویژگی کیفی روغن سرخ کردنی (عدد پراکسید، عدد اسیدی، عدد آنیزیدین و توتوکس) دارد. از آنجاییکه روغن مورد استفاده تحت شرایط خلاء نسبت به شرایط اتمسفری کمتر دچار تغییر می شود، لذا استفاده از این سیستم، نه تنها منجر به تولید محصولی با ویژگی های مطلوب می گردد بلکه با افزایش عمر ماندگاری روغن باعث حفظ ارزش تغذیه ای محصول تولیدی و احتمالاً استفاده طولانی تر از روغن می شود.

بر اساس نتایج بدست آمده در بین اسیدهای چرب غیر اشباع، اسید اولئیک از مقاومت حرارتی بیشتری برخوردار است و با توجه به ارزش تغذیه ای این اسید چرب، توصیه می شود که به منظور انجام فرآیند سرخ کردن، روغن های گیاهی با اسید اولئیک بالا مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر این، توجه به اینکه پراکسید نسبت به حرارت ناپایدار است، این فاکتور شاخص مناسبی به منظور تعیین ویژگی کیفی روغن حرارت دیده نمی باشد. عدد آنیزیدین و توتوکس شاخص های قابل قبولی به منظور بررسی روند تغییرات روغن می باشند که در این میان عدد آنیزیدین شاخص کافی و عدد توتوکس شاخص قابل اعتمادتری می باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کلیه کارکنان بخش کنترل کیفیت و تحقیق و توسعه شرکت صنعتی بهشهر که در انجام این تحقیق همکاری صمیمانه داشته اند قدردانی و تشکر می شود.

منابع

بی نام. (۱۳۷۷). استاندارد اندازه گیری اسیدیته در روغن ها و چربی های خوراکی. استاندارد ملی ایران، شماره ۴۱۷۸، چاپ اول.
بی نام. (۱۳۸۷). اندازه گیری مقدار پراکسید به روش یدومتری. استاندارد ملی ایران، شماره ۴۱۷۹، تجدید نظر اول.
بی نام. (۱۳۸۶). اندازه گیری عدد آنیزیدین. استاندارد ملی ایران، شماره ۴۰۹۳، تجدید نظر اول.

غیائی طرزی، ب.، قوامی، م.، بصیری، ع. و بامنی مقدم، م. (۱۳۸۶). تاثیر فرآیند سرخ کردن تحت خلاء بر کیفیت روغن مورد استفاده. مجله علمی پژوهشی علوم غذایی و تغذیه، سال چهارم، شماره ۴، صفحات ۹۳-۸۹.

Alireza, S., Tan, C. P., Hamed, M. & Che Ma, Y. B. (2010). Effect of frying process on fatty acid composition and iodine value of selected vegetable oils and their blends. *International Food Research Journal*, 17, 295-302.

Choe, E. & Min, V. (2007). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5), 77-86.

Fatemi, S. H. & Hammond, E. G. (1980). Analysis of oleate, linoleate and linolenate hydroperoxide in oxidized ester mixtures. *Lipids*, 15, 379-385.

Firestone, D. (1994). Official methods & recommended practice of the American oil chemists society, (4thed), AOCS press, Champaign, IL, USA.

Garayo, J. & Moreira, R. (2002). Vacuum frying of potato chips. *J. Food Engineering*, 55, 181-191.

Gupta, M.K. (2005). *Frying Oils, Bailys industrial oil and fat products*, edited by Shahid, F. Jhon Wiley and Sons, Inc, pp. 1981.

P Pambou-Tobi, N. P., Nazikou, J. M., Mastos, L., Ndangui, C. B., Kimbonguila, A., Abena, A. A., Silou, Th., Scher, J. & Desobry, S. (2010). Comparative study of stability measurements for two frying oils: Soy bean oil and Refined Palm oil. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 2 (1), 22-27.

Perkins, E. G. (1967). Non volatile decomposition products in heated fats and oils. *Food Technology*, 21, 611-616.

Shyu, S., Lung, B. H., Hwang, B. H. & Sun, L. (1998). Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils. *J. American Oil Chemists' Society*, 75, 1393-1398.

Sunisa, W., Worapong, U., Sunisa, S., Saowaluck, J. & Saowakon, W. (2011). Quality changes of chicken frying oil as affected of frying conditions. *International Food Research Journal*, 18, 606-611.

Warner, K. (2008). Chemistry of frying oils, *Food Lipid Chemistry, Nutrition and Biotechnology*, edited by Akoh, C.C & Min, D. B. CRC Press, pp. 207.