پایداری حرارتی روغن ارقام رایج کانولا در ایران

رضا فرهوش[1*]، سمانه پژوهان مهر[2]، هاشم پورآذرنگ[3]

1- دانشیار، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی،
2- دانشجوی دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی،
3- استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی
(تاریخ دریافت: 87/5/2 تاریخ پذیرش:88/10/15)

چکیده

در این تحقیق، پایداری حرارتی روغن ارقام رایج کانولا در ایران (اوکاپی، هایولا 401، زرفام و طلایه) بر حسب میزان مقاومت به تولید هیدروپراکسیدهای دی ان مزدوج طی فرایند حرارتی (دمای 180 درجه سانتیگراد) اندازه گیری و مقایسه شد. نتایج آزمون پایداری مبنی بر داده هایی چون شاخص پلی ان، اعداد پراکسید و اسیدی، و میزان ترکیبات توکوفرولی و فنلی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بیشترین میزان اولیه عدد دی ان مزدوج به روغن ارقام زرفام و اوکاپی خراسان رضوی (به ترتیب 8/18 و 7/73)، و هایولای گلستان (7/78)، و کمترین آن به روغن ارقام زرفام تهران (5/38) و طلایه فارس (5/85) تعلق داشت. عدد دی ان مزدوج روغن ارقام کانولا طی فرایند حرارتی به صورت نمایی افزایش پیدا کرد. روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی به طور کلی دارای بیشترین مقاومت حرارتی از دیدگاه تولید هیدروپراکسیدهای دی ان مزدوج بود. روغن رقم زرفام خراسان رضوی پس از 4 ساعت فرایند حرارتی دچار تغییرات شدیدتری در عدد دی ان مزدوج خود گردید اما سرانجام در انتهای فرایند حرارتی وضعیتی مشابه روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی را از خود بروز داد. روغن رقم زرفام تهران دارای پایداری حرارتی نسبتاً کمتری از روغن رقم زرفام خراسان رضوی بود. روغن رقم هایولای گلستان دارای پایداری حرارتی میانه ای در بین روغنهای کانولای مورد مطالعه بود و پس از آن، روغن رقم هایولای مازندران قرار داشت. روغن رقم طلایه فارس پس از 4 ساعت فرایند حرارتی دارای کیفیتی چون روغن رقم زرفام خراسان رضوی بود اما کیفیت آن در انتهای فرایند حرارتی با شدت بیشتری از سایر ارقام غیر طلایه کاهش پیدا کرد. سرانجام، روغن رقم طلایه خراسان رضوی حائز کمترین پایداری حرارتی پس از 8 ساعت فرایند حرارتی بود. در پایان، پایداری حرارتی روغنهای کانولای مورد مطالعه با فرض کیفیت اولیه یکسان عبارت از زرفام خراسان رضوی > اوکاپی خراسان رضوی > هایولای گلستان > زرفام تهران > هایولای مازندران > طلایه فارس = طلایه خراسان رضوی بود.

کلیدواژگان: روغن کانولا، پایداری، فرایند حرارتی، عدد دی ان مزدوج.

1- مقدمه

روغنهای خوراکی در ضمن فرایندهای حرارتی رایج در صنعت مواد غذایی به مدت زیاد در معرض دماهای بال ا قرار می گیرند. در این فرایندها روغن به عنوان محیطی برای انتقال حرارت و نیز بهبود طعم محصول به کار گرفته می شود. عملیات شدید حرارتی در حضور هوا به انجام بسیاری از واکنشهای شیمیایی مخرب در روغن از جمله اکسایش، هیدرولیز و پلیمری شدن اسیدهای چرب غیراشباع منجر می شود. این به تغییر ساختار شیمیایی محیط حرارتی و تشکیل مشتقات فرار و غیرفرار اکسیده و نیز ترکیبات دیمری، پلیمری و یا حلقوی می انجامد. ترکیبات مزبور نه تنها ویژگیهای حسی بلکه خواص تغذیه ای محصول را تحت

*مسئول مکاتبات: rfarhoosh@um.ac.ir

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

تاثیر قرار داده، سلامت مصرف کننده را به خطر می اندازند [1،2]. بنابراین، پایداری حرارتی، امری حیاتی در خصوص انتخاب روغنهای خوراکی بویژه در مصارف صنعتی مانند سرخ کردن عمیق است، زیرا روغنهای سرخ کردنی به رغم مصارف خانگی که به طور معمول پس از یک یا دو بار مصرف دور ریخته می شوند، بکرات و در زمانهای طولانی تری در واحدهای صنعتی و تجاری مورد استفاده قرار می گیرند [3].

پایداری حرارتی روغنهای نباتی رایج از جمله سویا، آفتابگردان، ذرت و کلزا به دلیل میزان بالای اسیدهای چرب چند غیراشباع غالباً بسیار نامناسب ارزیابی می شود. کانولا یا کلزای اصلاح شده با 40 درصد روغن، دومین گیاه زراعی-روغنی پس از سویا و روغن آن سومین روغن گیاهی پس از روغنهای سویا و نخل روغنی در سطح دنیاست. تحقیقات اخیر حاکی از آن است که روغن کانولا با وجود میزان تاحدی بالای اسیدهای چرب غیراشباع از پایداری حرارتی نسبتاً مناسبی برخوردار است [4]. ضمن آن که مزایای متعددی چون موارد ذیل در خصوص آن مطرح می باشد: (الف) غلظت بسیار پایین اسیدهای چرب اشباع (7 درصد)، (ب) میزان نسبتاً بالای اسیدهای چرب تک غیراشباع (60 درصد)، (ج) میزان متوسط اسیدهای چرب چند غیراشباع (32 درصد)، (د) غنی ترین منبع اسیدهای چرب ضروری امگا-3 (9 تا 11 درصد)، (ه) نسبت منحصر به فرد اسیدهای چرب ضروری امگا-6 به امگا-3 (2 به 1)، و (و) منبعی غنی از ویتامین E [5]. خواص یاد شده به انضمام برخورداری از مزایای متعدد زراعی، کشت و توسعه این دانه روغنی را از سیاستهای راهبردی کشور در بخش دانه های روغنی به شمار آورده است. ارقام کانولا در ایران بر حسب عوامل زراعی نظیر عملکرد محصول، درصد روغن دانه، میزان گلوکوزینولات دانه، وزن هزار دانه، زمان رسیدن، میزان مقاومت به اقلیمهای مختلف و متغیرهایی از این دست انتخاب می شوند، حال آن که پایداری حرارتی روغن استحصالی که از دیدگاه صنعت مواد غذایی حائز اهمیت فوق العاده ای است، در این بین کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از این رو، هدف از اجرای این پژوهش، بررسی پایداری حرارتی روغن ارقام رایج کانولا در ایران و مقایسه آنها با یکدیگر می باشد.

2- مواد و روشها

2-1- مواد اولیه

ارقام کانولا از مناطق تولید خریداری و تا زمان انجام آزمایشها در دمای 4 درجه سانتیگراد نگهداری شدند. رقم اوکاپی از مزرعه تحقیقات و اصلاح بذر طرق مشهد (استان خراسان رضوی) تامین شد. هیبرید هایولا 401 از دودانگه ساری (استان مازندران) و مینودشت (استان گلستان) خریداری گردید. رقم زرفام از مزرعه تحقیقات و اصلاح بذر کرج (استان تهران) و مزارع تربت جام (استان خراسان رضوی) جمع آوری شد. رقم طلایه (کبری) از اقلید (استان فارس) و مزرعه تحقیقات و اصلاح بذر طرق مشهد (استان خراسان رضوی) تامین گردید. استاندارد متیل استر اسیدهای چرب و تمام مواد شیمیایی و حلالهای مورد استفاده در این تحقیق از درجه آنالیتیکال بودند و از شرکتهای مرک و سیگما تامین گردیدند.

2-2- استخراج روغن

دانه های کانولا پس از خشک کردن زیر نور غیرمستقیم خورشید آسیاب شدند. روغن پودرهای حاصل طی مدت 48 ساعت با هگزان نرمال (به نسبت 1 به 4 وزنی حجمی) و تحت شرایط دمای محیط، تاریکی و هم زدن استخراج شد. حلال تحت خلأ و دمای 40 درجه سانتیگراد تبخیر گردید.

2-3- کمیتهای شیمیایی

شاخص پلی ان[1] نمونه های روغن که عبارت از نسبت اسیدهای چرب چند غیراشباع[2] (PUFA) به اشباع[3] (SFA) است، بر حسب تعیین ساختار اسید چربی نمونه های به روش کروماتوگرافی گازی محاسبه گردید [4]. روش تیوسیانات برای تعیین عدد پراکسید نمونه های روغن مورد استفاده قرار گرفت [6]. عدد اسیدی بر طبق روش AOCS تعیین شد [7]. میزان ترکیبات توکوفرولی به روش رنگ سنجی اندازه گیری شد [8]. ترکیبات فنلی به روش طیف سنجی مبتنی بر معرف فولین-سیوکالچیو تعیین مقدار گردید [9].

1. Polyene index
2. Polyunsaturated fatty acids
3. Saturated fatty acids

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

2-4- آزمون پایداری حرارتی

دویست گرم نمونه روغن در یک دستگاه سرخ کن[1] قرار داده شد و دمای آن به مدت 8 ساعت در 180 درجه سانتیگراد حفظ گردید. طی فرایند حرارتی از روغنهای کانولا نمونه برداری و عدد دی ان مزدوج آنها مورد اندازه گیری قرار گرفت. به منظور اندازه گیری عدد دی ان مزدوج، نمونه روغن با نسبت 1 به 600 با هگزان HPLC رقیق و جذب آن در طول موج 234 نانومتر در مقابل هگزان HPLC به عنوان شاهد خوانده شد (ضریب خاموشی توصیه شده عبارت از 29000 مول بر لیتر بود) [10].

2-5- تجزیه و تحلیل آماری

تمام اندازه گیریها در سه تکرار انجام و نتایج در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس گردید. میانگین صفات با نرم افزار آماری MSTATC و بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح 5 درصد مقایسه شدند. به منظور ترسیم نمودارهای مربوطه از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

3- نتایج و بحث

کمیتهای شیمیای روغن ارقام کانولای مورد مطالعه در جدول 1 نشان داده شده است. بالاترین شاخص پلی ان به روغنهای طلایه خراسان رضوی (3/64) و زرفام تهران (3/59) تعلق داشت. این بدان معنی است که روغن این ارقام از دیدگاه ساختار اسید چربی دارای تمایل بیشتری نسبت به انجام واکنشهای خوداکسایش لیپیدی است [11]. روغن ارقام طلایه فارس (3/44)، هایولای مازندران (3/29) و زرفام خراسان رضوی (3/15) از دیدگاه آماری به ترتیب در اولویتهای بعدی از این نظر قرار گرفتند. هیچگونه تفاوت معنی داری بین شاخص پلی ان روغنهای ارقام زرفام خراسان رضوی و اوکاپی خراسان رضوی (3/14) مشاهده نشد. روغن رقم هایولای گلستان دارای کمترین میزان معنی دار این شاخص بود (3/06). به استثنای روغن ارقام زرفام تهران و هایولای گلستان با اعداد پراکسید کمتر از 1/20 میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم، روغن سایر ارقام دارای اعداد پراکسید بیش از 2/0 اکی والان گرم بر کیلوگرم بودند (جدول 1). این احتمالاً ناشی از شرایط نامناسب حمل و نگهداری دانه های روغنی بوده است. بالطبع انتظار می رود تحت شرایط یکسان از دیدگاه سایر عوامل موثر بر فساد اکسایشی روغنها و چربیها، روغنهای با عدد پراکسید پایین تر را بتوان به مدت طولانی تری نگهداری کرد. همچنین، عدد اسیدی نسبتاً بالای روغن ارقام کانولای مورد مطالعه (جدول 1)، بخصوص روغن ارقام زرفام خراسان رضوی (1/49) و هایولای مازندران (1/88)، تایید دیگری بر نامناسب بودن شرایط حمل و نگهداری روغنهای مربوطه است.

توکوفرولها و ترکیبات فنلی، ملکولهایی با فعالیت آنتی اکسیدانی هستند که از دیدگاه پایداری روغنهای گیاهی حائز اهمیت فراوانی می باشند. همان طور که در جدول 1 نشان داده شده است، روغن ارقام زرفام و اوکاپی خراسان رضوی حائز بیشترین میزان ترکیبات توکوفرولی بودند (به ترتیب 793/35 و 765/14 پی پی ام)، و کمترین میزان آن در روغن ارقام طلایه فارس (573/57 پی پی ام) و هایولای مازندران (555/97 پی پی ام) مشاهده شد. میزان ترکیبات توکوفرولی روغن رقم زرفام تهران فاقد هرگونه تفاوت معنی داری با میزان ترکیبات توکوفرولی روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی بود و روغن ارقام هایولای گلستان (648/96 پی پی ام) و طلایه خراسان رضوی (606/75 پی پی ام) به ترتیب دارای اولویتهای میانی از این نظر بودند. میزان ترکیبات فنلی روغن ارقام کانولای مورد مطالعه به طرز معنی داری با یکدیگر تفاوت داشت (جدول 1). بیشترین و کمترین میزان ترکیبات فنلی به ترتیب به روغن ارقام هایولای مازندران (127/27 پی پی ام) و اوکاپی خراسان رضوی (35/27 پی پی ام) اختصاص داشت. روغن ارقام هایولای گلستان (83/92 پی پی ام) و سپس زرفام تهران (47/81 پی پی ام) و زرفام خراسان رضوی (47/13 پی پی ام) در اولویتهای دوم و سوم از این نظر قرار گرفتند. میزان ترکیبات فنلی روغن ارقام زرفام خراسان رضوی با طلایه خراسان رضوی و طلایه خراسان رضوی با اوکاپی خراسان رضوی تفاوت معنی داری نداشت.

تغییرات عدد دی ان مزدوج روغن ارقام کانولای مورد مطالعه طی فرایند حرارتی در جدول 2 نشان داده شده است. عدد دی ان مزدوج، شاخص مناسبی برای نشان دادن میزان اکسایش لیپیدی است و میزان آن با جذب اکسیژن و تشکیل پراکسیدهای لیپیدی افزایش می یابد [12]. نتایج این تحقیق نشان داد میزان اولیه این شاخص در خصوص روغنهای کانولای مورد مطالعه حائز تفاوت

1. Kenwood DF280, Havant, Hampshire, UK

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

معنی داری با یکدیگر بود. بیشترین میزان آن به روغن ارقام زرفام و اوکاپی خراسان رضوی (به ترتیب 8/18 و 7/73)، و هایولای گلستان (7/78)، و کمترین آن به روغن ارقام زرفام تهران (5/38) و طلایه فارس (5/85) تعلق داشت. همان طور که داده های جدول 2 نشان می دهد، عدد دی ان مزدوج نمونه های روغن طی فرایند حرارتی افزایش یافته اما روند افزایشی آن طی 4 ساعت دوم فرایند حرارتی با شیب تندتری دنبال شده است.

به عبارت دیگر، عدد دی ان مزدوج روغن ارقام کانولای مورد مطالعه طی فرایند حرارتی به صورت نمایی افزایش پیدا کرده است. بررسی منابع حاکی از گزارش چنین روندی در خصوص عدد دی ان مزدوج روغنهای خوراکی طی فرایند سرخ کردن است [13].

جدول 1 کمیتهای شیمیایی روغن ارقام کانولای مورد مطالعه*.

نوع رقم	شاخص پلی ان	عدد پراکسید (meq O_2/kg oil)	عدد اسیدی (mg KOH/g oil)	توکوفرولها (ppm)	ترکیبات فنلی (ppm)
اوکاپی خراسان رضوی	3/14±0/06 d	2/84±0/09 b	0/67±0/06 d	765/14±39/75 ab	35/27±2/62 e
هایولای گلستان	3/06±0/06 e	1/15±0/09 e	0/99±0/03 c	648/96±27/93 c	83/92±1/23 b
هایولای مازندران	3/29±0/03 c	3/19±0/05 a	1/88±0/03 a	555/97±28/20 e	127/27±5/22 a
زرفام تهران	3/59±0/02 a	0/32±0/10 f	0/45±0/00 e	750/42±14/18 b	47/81±1/49 c
زرفام خراسان رضوی	3/15±0/05 d	3/31±0/09 a	1/49±0/06 b	793/35±11/03 a	47/13±4/78 cd
طلایه فارس	3/44±0/02 b	2/03±0/11 d	0/36±0/03 f	573/57±10/75 e	23/81±1/50 f
طلایه خراسان رضوی	3/64±0/04 a	2/48±0/13 c	0/45±0/01 e	606/75±23/18 d	41/11±4/72 de

*ارقام دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $p < 0/05$)

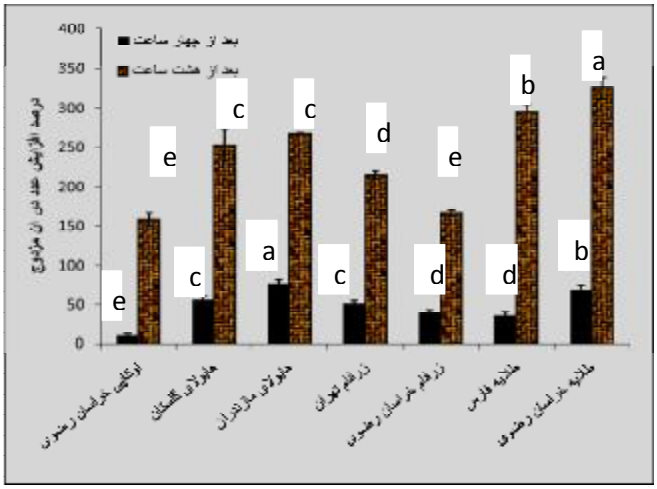
جدول 2 اعداد دی ان مزدوج (میلی مول بر لیتر) روغن ارقام کانولای مورد مطالعه طی فرایند حرارتی*.

نوع رقم	ساعت صفر	ساعت 4	ساعت 8
اوکاپی خراسان رضوی	7/73±0/62 ab	8/50±0/63 c	19/90±1/18 d
هایولای گلستان	7/78±0/94 ab	11/94±0/95 ab	27/15±1/33 b
هایولای مازندران	7/25±0/14 b	12/78±0/53 a	26/57±0/21 b
زرفام تهران	5/38±0/11 c	8/15±0/28 c	16/91±0/76 e
زرفام خراسان رضوی	8/18±0/18 a	11/43±0/78 b	21/77±1/60 cd
طلایه فارس	5/85±0/22 c	7/93±0/68 c	23/05±0/37 c
طلایه خراسان رضوی	7/31±0/69 b	12/26±0/49 ab	30/97±0/71 a

*ارقام دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $p < 0/05$)

همان طور که در شکل 1 نشان داده شده است، روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی به طور کلی دارای بیشترین پایداری حرارتی از دیدگاه تولید هیدروپراکسیدهای دی ان مزدوج بود. بررسی کمیتهای شیمیایی مندرج در جدول 1 حاکی از کیفیت اولیه نسبتاً پایین (اعداد پراکسید و اسیدی) اما شاخص پلی ان نسبتاً مطلوب روغن این رقم در بین روغنهای مورد مطالعه است.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]



شکل 1 درصد افزایش عدد دی ان مزدوج روغن ارقام کانولای مورد مطالعه پس از 4 و 8 ساعت عملیات حرارتی. ستونهای هم رنگ دارای حروف مشترک از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن $P<0/05$). تیرکهای ترسیم شده بر بالای ستونها نشان دهنده انحراف استاندارد داده های اندازه گیری شده است.

ضمن آن که حاوی بیشترین میزان معنی دار توکوفرولهایی است که مبنی بر مطالعات انجام شده از جمله آنتی اکسیدانهایی به شمار می آیند که توانایی خود را در دماهای بالا بخوبی حفظ می کنند [14]. روغن رقم زرفام خراسان رضوی پس از 4 ساعت فرایند حرارتی دچار تغییرات شدیدتری در عدد دی ان مزدوج خود گردید اما سرانجام در انتهای فرایند حرارتی وضعیتی مشابه روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی را از خود بروز داد. مقایسه کمیتهای شیمیایی این دو نوع روغن (جدول 1) نشان می دهد که به استثنای داده های مربوط به کیفیت اولیه، سایر کمیتهای روغن رقم زرفام خراسان رضوی حائز وضعیت بهتری از روغن رقم اوکاپی خراسان رضوی هستند. روغن رقم زرفام تهران دارای پایداری حرارتی نسبتاً کمتری از روغن رقم زرفام خراسان رضوی بود. جالب توجه است که کیفیت اولیه روغن رقم زرفام تهران بهتر از روغن رقم زرفام خراسان رضوی است اما شاخص پلی ان و میزان توکوفرولهای آن نامناسب ترند. روغن رقم هایولای گلستان دارای پایداری حرارتی میانه ای در بین روغنهای کانولای مورد مطالعه بود. در واقع، به استثنای شاخص پلی ان آن به عنوان بهترین کمیت در بین روغنهای کانولای مورد مطالعه، سایر کمیتهای شیمیایی روغن مزبور دارای جایگاه میانه ای بودند. پس از آن، روغن رقم هایولای مازندران قرار داشت که ویژگیهای بارز آن عبارت از شاخص پلی ان متوسط، نامطلوبترین کیفیت اولیه، پایین ترین میزان توکوفرولها اما بهترین وضعیت از نظر ترکیبات فنلی بودند. روغن رقم طلایه فارس پس از 4 ساعت فرایند حرارتی دارای کیفیتی چون روغن رقم زرفام خراسان رضوی بود اما کیفیت آن در انتهای فرایند حرارتی با شدت بیشتری از سایر ارقام غیر طلایه کاهش پیدا کرد. مقایسه روغن این دو رقم به طور اخص حاکی از آن است که ترکیبات توکوفرولی روغن رقم طلایه فارس در پایین ترین سطح ممکن نسبت به روغن رقم زرفام خراسان رضوی است. این بدان معنی است که با توجه به شاخص پلی ان بالاتر آن، این روغن پس از 4 ساعت فرایند حرارتی به نقطه ای می رسد که از میزان توکوفرولها و بالطبع توان آنتی اکسیدانی آن به میزان قابل ملاحظه ای کاسته شده است. جالب توجه است که میزان توکوفرولهای این روغن فاقد هرگونه تفاوت معنی داری با روغن رقم هایولای مازندران است اما روغن یاد شده حامل بیشترین میزان ترکیبات فنلی و نیز شاخص پلی ان مطلوبتری می باشد. سرانجام، روغن رقم طلایه خراسان رضوی حائز کمترین پایداری حرارتی پس از 8 ساعت فرایند حرارتی بود و این بخوبی با داده های جدول 1 مطابقت می نماید. ذکر آن ضروری است که پایداری حرارتی روغنهای کانولای مورد مطالعه تحت شرایطی با یکدیگر مقایسه شده است که کیفیت اولیه نمونه های روغن به دلایل نامشخص از جمله کیفیت نامناسب حمل و نگهداری دانه های روغنی یکسان نبوده است؛ حال آن که کیفیت اولیه روغن ضمن اثرگذاری عمیق بر پایداری اکسایشی نمونه های روغن، خاصیتی ذاتی برای روغنهای مربوطه به شمار نمی آید. از این رو، انتظار می رود پایداری روغنهای کانولای مورد مطالعه به تولید هیدروپراکسیدهای دی ان مزدوج طی فرایند حرارتی با فرض کیفیت اولیه یکسان عبارت از زرفام خراسان رضوی > اوکاپی خراسان رضوی > هایولای گلستان > زرفام تهران > هایولای مازندران > طلایه فارس = طلایه خراسان رضوی باشد.

4- سپاسگزاری

بدین وسیله از مدیریت محترم مجتمع کارخانجات روغن نباتی کشت و صنعت شمال که در تامین بخشی از منابع مالی و نیز

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]

امکانات پژوهشی اجرای این طرح ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می گردد.

5- منابع

[1] Chang, S.S., Peterson, R.J., and Ho, C. 1978. Chemical reactions involved in the deep-fat frying of foods. Journal of the American Oil Chemists' Society, 55, 718-725.

[2] Xu, X.-Q., Tran, V.H., Palmer, M., White, K., and Salisury, P. 1999. Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep-frying oils. Journal of the American Oil Chemists' Society, 76, 1091-1099.

[3] Gertz, C., Klostermann, S., and Kochhar, S.P. 2000. Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. European Journal of Lipid Science and Technology, 102, 543-551.

[4] Farhoosh, R., Niazmand, R., Rezaei, M., Sarabi, M. 2008. Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. European Journal of Lipid Science and Technology, 110, 587-592.

[5] Ackman, R.G. 1990. Canola fatty acids – an ideal mixture for health, nutrition and food use. In Canola and Rapeseed, Shahidi, F. (ed), Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 81-89.

[6] Shantha, N.C., and Decker, E.A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. The Journal of AOAC International, 77, 421-424.

[7] AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Champaign, IL.

[8] Wong, M.L., Timms, R.E., and Goh E.M. 1988. Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. Journal of the American Oil Chemists' Society, 65, 258-261.

[9] Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M., and Parenti, A. 2000. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. Food Chemistry, 71, 553-562.

[10] Saguy, I.S., Shani, A., Weinberg, P., Garti, N. 1996. Utilization of jojoba oil for deep-fat frying of foods. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 29, 573-577.

[11] Mendez, E., Sanhueza, J., Speisky, H., and Valenzuela, A. 1996. Validation of the Rancimat test for the assessment of the relative stability of fish oils. Journal of the American Oil Chemists' Society, 73, 1033-1037.

[12] Farmer, E.H., and Sutton, D.A. 1946. Peroxidation in relation to olefinic structure. Transactions of the Faraday Socity, 42, 228-232.

[13] White, P.J. 1991. Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. Food Technology, 45, 75-80.

[14] Fennema, O.R. 1996. Food Chemistry. Marcel Dekker, Inc., New York.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-04-26]