Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

اثر فرآیند حرارتی و مدت نگهداری بر خواص کیفی روغن سبوس برنج

کبری تجددی‌طلب، محمد شاهدی، رضا شکرانی و شهرام دخانی[1]

چکیده

از سبوس برنج در تولید انواع روغن‌های خوراکی و صنعتی، غذای کودک، بیسکویت‌سازی، کنستانتره‌های پروتئینی، خوراک دام و طیور و ماهی، و انواع فراورده‌های دارویی استفاده می‌شود. غنی بودن سبوس برنج از نظر کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه آزاد و وجود آنزیم‌های گوناگون، عامل مؤثری در بروز تغییرات شیمیایی، آنزیمی یا بیولوژیک، و میکروبی می‌باشد. فرآیند حرارتی یکی از روش‌های مؤثر در کاهش فعالیت‌های میکروبی و آنزیم‌های فاسد کننده در سبوس است. بدین منظور، در یک آزمایش فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی، اثر فرآیند حرارتی و مدت نگهداری بر خواص کیفی روغن خام سبوس برنج بررسی شد.

نتایج آزمایش‌ها نشان داد که در اثر عملیات پاربویل (فرآیند حرارتی مرطوب) بازده استحصال روغن از ۱۳/۷۲ به ۲۲/۰۴ درصد می‌رسد. در اثر پاربویل، اندوسپرم برنج درحین عملیات تبدیل در برابر شکستگی مقاوم می‌شود، و سبوس حاصله از این نوع شلتوک دارای مقادیر کمتری اندوسپرم و ناخالصی است، که اثر مثبت آن به صورت افزایش درصد روغن نمایان می‌شود. در بررسی اثر حرارت بر رنگ روغن استحصالی، مشخص گردید که روغن سبوس‌های پاربویل شده نه تنها روز اول، بلکه طی دوره نگهداری نیز روشن‌تر از دیگر تیمارها هستند. روغن حاصله از سبوس تثبیت شده نسبت به واکنش‌های هیدرولیتیک مقاوم، و به اتواکسیداسیون حساس است. عملیات پاربویلینگ و فرآیند حرارتی خشک و زیاد موجب کاهش عدد یدی طی دوره نگهداری سبوس می‌شود. نتایج کیفی و کمی کروماتوگرافی گازی نمونه‌های روغنی نشان داد که فرآیند حرارتی اثر چندانی بر تغییر درصد اسیدهای چرب نمونه‌های روغن سبوس برنج ندارد.

واژه‌های کلیدی: *سبوس برنج، روغن، خواص کیفی، فرایند حرارتی*

مقدمه

تری‌گلیسریدها ۸۰-۸۵ درصد و منوگلیسریدها ۶-۶/۵ درصد از روغن سبوس برنج را تشکیل می‌دهند، و بقیه دی‌گلیسرید و ترکیبات دیگر هستند. فسفولیپیدهای مهم روغن سبوس عبارتند از: فسفاتیدیل کولین ۳۵ درصد، فسفاتیدیل اتانل آمین ۲۷ درصد، فسفاتیدیل اینوزیتول ۲۳/۳ درصد و فسفاتیدیک اسید ۹/۱ درصد. از میان گلیکولیپیدها می‌توان استیلیتد

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد، استادیار و استاد صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

استئاریل گلوکوزید (۵۱ درصد)، دی‌گالاکتوزیل دی‌اسیل گلیسرول (۴۳ درصد) و مقدار کمی مونوگالاکتوزیل منواسیل گلیسرول را نام برد (۴ و ۷).

لوگای (۱۲) با استفاده از آزمایش‌های کروماتوگرافی، نشان داد که در اسیدهای چرب اصلی روغن سبوس برنج، اولئیک و لینولئیک به مقدار چشم‌گیری بیشتر از دیگر اسیدهای چرب است. ارزش انرژی‌زایی روغن معادل ۹۱۲۸ کالری در گرم و نقطه ذوب اسیدهای چرب آن در ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. این نوع روغن، به استثنای اسیدهای چرب غیر اشباع و مواد غیر قابل صابونی شدن بیشتر، از نظر سایر ترکیبات، تفاوت چندانی با دیگر روغن‌ها ندارد. مقادیر اسیدهای چرب روغن سبوس برنج عبارتند از: اسید میریستیک ۰/۱-۰/۴ درصد، اسید پالمتیک ۱۲-۱۸ درصد، اسید استئاریک ۱-۳ درصد، اسید اولئیک ۴۰-۵۰ درصد، اسید لینولئیک ۲۹-۴۲ درصد، اسید لینولنیک ۰/۵-۱/۰ درصد و اسید آراشیدونیک صفر درصد (۱۵). در روغن سبوس برنج، اسید لینولئیک بیشتر در موقعیت ۲ گلیسرول، اسید پالمتیک در موقعیت‌های ۱ و ۳، و اسید اولئیک در موقعیت‌های ۱، ۲ و ۳ گلیسرول توزیع می‌گردد (۱۳).

روغن سبوس برنج از ارزش تغذیه‌ای زیادی برخوردار بوده و حاوی اسیدهای چرب ضروری است. پژوهش کاهلون و همکاران (۱۰) نشان داد که مصرف سبوس برنج در رژیم غذایی باعث کاهش زیاد کلسترول، به ویژه کلسترول نوع LDL می‌گردد. روغن تصفیه شده سبوس برنج با رنگ روشن و طعم مطلوب، روغنی مناسب برای تولید سس مایونز و مصرف در صنعت مارگارین‌سازی، و نیز روغنی مطلوب برای سرخ کردن و مصرف در سالادها محسوب می‌شود. کشورهای توسعه یافته از آن برای ساخت روغن مخصوص سالاد استفاده می‌نمایند (۵، ۷، ۸ و ۱۵).

غنی بودن سبوس برنج از نظر کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه آزاد و آنزیم‌ها باعث بروز مشکلاتی در مدت نگهداری آن می‌گردد. در خوراک دام، طیور، ماهیان، و صنایع غذایی، مانند بیسکویت‌سازی، تولید غذای کودک و روغن‌کشی، از سبوسی باید استفاده نمود که آنزیم‌های آن به طریق مناسبی غیر فعال شده‌اند. در همین زمینه، در حال حاضر، بزرگ‌ترین مشکل صنعت تولید روغن خوراکی از سبوس برنج، توان انبارمانی کم آن تا پیش از فرآیند استحصال می‌باشد. رطوبت سبوس، بالا بودن درجه دما، رطوبت نسبی انبار و بسته‌بندی نامناسب، شرایط لازم برای فعالیت هرچه بیشتر آنزیم‌های لیپولیتیک را، که طی عملیات تبدیل آزاد شده‌اند، پدید آورده، و موجب فساد سبوس و تغییرات نامطلوب در روغن حاصله از آن می‌شود (۱۶) . افزون بر آن، تند شدن، کاهش ویتامینی، رشد میکروب‌ها و تولید سموم توسط برخی از آنها در شرایط انبار با رطوبت زیاد، باعث خطرناک و غیر قابل مصرف شدن سبوس برای مصرف انسان و خوراک دام می‌گردد.

با توجه به نقش ارزنده سبوس برنج، که سالیانه مقادیر بسیاری از آن در کارخانه‌های برنج کوبی بر جای می‌ماند، انجام پژوهش در زمینهٔ روش‌های حفظ و نگهداری آن تا پیش از مصرف، به ویژه در مناطق برنج‌خیز شمالی کشور، کاملاً ضروری است (۱). در روش‌های مختلف آنزیم‌بری سبوس برنج، فرآیند حرارتی یکی از روش‌های بسیار مؤثر و مطمئن شناخته شده است. البته شایان ذکر است که اعمال فرآیند حرارتی شدید بدون کنترل دقیق، آثار نامطلوبی بر ترکیبات با ارزش سبوس مانند پروتئین‌ها، ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و دیگر مواد مغذی آن خواهد گذاشت (۲۴). افزون بر این، به کارگیری حرارت‌های زیاد عامل مؤثری در بروز اکسیداسیون و تیرگی رنگ روغن استحصالی (۹، ۲۱ و ۲۵)، افزایش ویسکوزیته و خاصیت کف کنندگی، و کاهش اسیدهای چرب غیر اشباع و عدد یدی می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر فرآیند حرارتی و مدت نگهداری بر فعالیت آنزیم لیپواکسیداز، و خواص کیفی روغن سبوس برنج است.

مواد و روش‌ها

مواد

برای بررسی تأثیر فرآیند حرارتی بر خواص کیفی روغن

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

سبوس، شلتوک رقم سرخه اصفهان برگزیده شد و به دو بخش تقسیم گردید. بخشی از نمونه‌ها در یکی از کارخانه‌های برنج‌کوبی سبوس‌گیری شد و بخش دیگر برای فرآیند پاربویلینگ منظور گردید.

سبوس‌ها پس از اعمال فرآیند حرارتی خشک در دماهای ۹۰، ۱۰۰ و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه تا دماهای ۳۸-۴۰ درجه سانتی‌گراد سرد شده، و به طور جداگانه در کیسه‌های پلی‌اتیلن تیره بسته‌بندی، و به مدت سه ماه نگهداری گردیدند.

بخش دیگر نمونه‌های شلتوک برای پاربویل کردن، نخست در آب ۷۰ درجه سانتی‌گراد خیسانده، و پس از رسیدن رطوبت آنها به حدود ۳۰ درصد، به مدت ۳۰ دقیقه تحت دمای مرطوب (اتوکلاو با فشار ۱۵ پوند بر اینچ مربع) قرار گرفتند. پس از کاهش رطوبت به ۱۳ درصد، به سه قسمت تقسیم شدند. یک قسمت از آنها به صورت شلتوک پاربویل، و قسمت دوم به صورت برنج قهوه‌ای، به طور جداگانه در کیسه‌های پلی‌اتیلن تیره رنگ بسته‌بندی گردید. قسمت سوم شلتوک سبوس‌گیری شده و سبوس جدا شده در کیسه‌های یکسان بسته‌بندی شد.

روش‌های آزمایش

استخراج روغن از نمونه‌های سبوس پیش از فرآیند حرارتی و پس از آن، هر ماه در طول مدت نگهداری، و با روش سوکسله انجام شد (۲۰). به منظور بررسی اثر فرآیند حرارتی بر اسیدهای چرب روغن حاصله، از روش گازکروماتوگرافی استفاده گردید. آزمایش‌ها در دوره انبارداری شامل اندازه‌گیری درصد روغن، عدد پراکسید، رنگ روغن و عدد یدی، در چهار مرحله و هر یک به فاصله یک ماه بود. بررسی اثر فرآیند به روش فاکتوریل در چارچوب طرح کاملاً تصادفی انجام شد، و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، از نرم‌افزار ایری استات[1] استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن، و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار کواتروپرو[2] صورت پذیرفت.

به منظور اندازه‌گیری عدد پراکسید، درصد روغن، رنگ و عدد یدی، از روش‌های استاندارد AOCS به کار رفت (۲ و ۳). برای تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی اسیدهای چرب روغن، از تزریق متیل استرهای تهیه شده از نمونه‌های چربی به دستگاه گازکروماتوگرافی، و مقایسه آن با متیل استرهای استاندارد استفاده گردید. دستگاه گازکروماتوگرافی مورد استفاده، مدل واریان ۳۴۰۰، با مشخصات زیر بود:

نوع ستون: مویی سی تی سیل ۸۸[3] با طول ۱۰۰ متر، قطر داخلی ستون ۰/۲۵ میلی‌متر با دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد.

نوع دکانتور: شعله‌ای با درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد.

گاز حامل: هلیوم با فشار ورودی ۵۵۰ پاسکال.

میزان تزریق: ۰/۲ میکرولیتر.

برای تهیه متیل استر، یک گرم روغن با ۱۵۰ میلی‌لیتر متانل و ۰/۱ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ مرک مخلوط، و سه مرتبه با سوکسله، هر بار با ۵۰ تا ۶۰ میلی‌لیتر اتر دو پترول استخراج گردید. به دنبال آن، فاز اتر و روغن به کمک دکانتور از هم جدا شد. سپس، باقی‌مانده اسید سولفوریک از طریق شست‌شو با آب خارج، و به منظور جذب آب اضافی، از سولفات سدیم مرک استفاده گردید. اتر باقی‌مانده توسط آون تحت حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ تا ۳ ساعت جدا، و متیل استر حاصله پس از رقیق شدن با هپتان به دستگاه تزریق شد (۲۱).

نتایج و بحث

تندی اکسایشی معمول‌ترین و مهم‌ترین نوع فساد روغن است، که واکنش اسیدهای چرب غیر اشباع با اکسیژن، موجب بروز آن می‌گردد. از جمله عوامل مؤثر در اکسیداسیون چربی‌ها می‌توان دما، سطح تماس چربی با اکسیژن هوا، نور، تشدید کننده‌های اکسیداسیون مانند فلزات سنگین (آهن و مس)، شمار باندهای مضاعف اسیدهای چرب غیر اشباع، مقدار اسیدهای چرب آزاد،

1. Irri stat 2. Quatropro 3. Capillary CT Sil 88

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

و بود یا نبود آنتی‌اکسیدان‌ها را نام برد (۱۱ و ۲۳).

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس مربوط به عدد پراکسید را نشان می‌دهد. اختلاف میان تیمارهای حرارتی، مدت زمان نگهداری و اثر متقابل آن دو در سطح یک درصد ($P<0/01$) معنی‌دار است. این نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های شاهد نه تنها روز اول عدد پراکسید کمتری دارند، بلکه طی سه ماه انبارداری نسبت به کلیه تیمارها افزایش کمتری از خود نشان داده‌اند. یکی از دلایل افزایش کم عدد پراکسید می‌تواند وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در سبوس برنج باشد. در تأیید این مطلب، ارتویفر (۱۴) و یون و کیم (۲۶) متعقدند که سبوس برنج از نظر پایداری اکسیداسیونی بسیار عالی است، و متذکر می‌شوند که این پایداری با مخلوط آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در آن، مانند توکوفرول و مقادیر کمی استرهای اسید فرولیک ارتباط دارد. از سوی دیگر، این پژوهشگران معتقدند که اکسیداسیون باعث تخریب اسکونین و دیگر هیدروکربن‌های غیر اشباع شده، و آنها را به محصولات اسیدی تبدیل می‌نماید. اگرچه ممکن است فسفولیپیدها نیز در فساد اکسیداتیو نقش داشته باشند، ولی درستی آن تاکنون تأیید نشده است.

باتوجه به نتایج، کاملاً مشخص است که در تمامی نمونه‌ها افزایش عدد پراکسید در مدت نگهداری روند متعادلی داشته است. به نظر می‌رسد که افزایش عدد مذکور، افزون بر اثر فرآیند حرارتی در مرحله غیر فعال‌سازی آنزیم‌ها، با واکنش اسیدهای چرب آزاد حاصله از هیدرولیز تری گلیسریدها و عوامل اکسیداتیو طی نگهداری ارتباط داشته باشد. انبار تاریک، رطوبت نسبی نسبتاً کم در مقایسه با مناطق شمالی کشور، و کاربرد کیسه‌های پلی‌اتیلن تیره، می‌تواند پاسخگوی کمی افزایش عدد پراکسید در نمونه‌های سبوس برنج، طی دوره نگهداری باشد. در اثر تخریب آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی سبوس مانند ویتامین E یا توکوفرول در نتیجه اعمال فرآیند حرارتی خصوصاً عملیات پاربویل، سطح تماس سبوس با اکسیژن هوا بیشتر شده، و بنابراین سرعت اتواکسیداسیون در روغن سبوس حاصله از شلتوک پاربویل بیشتر از نوع غیرپاربویل می‌گردد. مطلب اخیر بیانگر علت روند افزایش شدیدتر عدد پراکسید در روغن‌های حاصله از عملیات پاربویل طی دوره نگهداری نسبت به نمونه‌های دیگر است.

از عوامل مؤثر در مقدار مواد موجود در روغن سبوس برنج، طبیعت فیزیکی سبوس، میزان اختلاط آن با پوسته خارجی، اندازه ذرات سبوس و درجه تبدیل را می‌توان نام برد. هرچه درجه تبدیل بیشتر باشد، انتقال کامل چربی از اندوسپرم به لایه‌های سبوس بیشتر خواهد بود (۹). سبوس‌های حاصله از سیستم‌های جدید به دلیل وجود ناخالصی کمتر، حاوی مقادیر بیشتری روغن و پروتئین می‌باشند (۹ و ۲۴). نتایج تجزیه واریانس مربوط به درصد روغن (جدول ۲) نشان داد که اختلاف میان تیمارهای حرارتی و مدت نگهداری در سطح یک درصد معنی‌دار است. این نتایج نشان می‌دهد که در اثر عملیات مذکور میزان کل روغن تغییر نمی‌کند، بلکه تنها مقدار آن در سبوس حاصله بیشتر می‌گردد. در واقع بازده استحصال روغن به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

راگاوندرا و همکاران (۱۷) اظهار نمودند که در شرایط یکسان (از نظر وزن سبوس تولیدی)، مقدار سبوس بیشتری از سطح برنج پاربویل خارج می‌شود. در تکمیل مطلب اخیر، جولیانو (۹) معتقد است چون در اثر پاربویل، اندوسپرم برنج در مقابل شکستگی حین عملیات تبدیل، مقاوم می‌گردد، بنابراین سبوس حاصله از این نوع شلتوک دارای مقادیر کمتری اندوسپرم خواهد بود. در این باره، راگاوندرا و همکاران (۱۷) مقدار نشاسته موجود در سبوس پاربویل را ۲/۱ درصد و سبوس معمولی را ۳۴ درصد گزارش کرده‌اند. مطالب یاد شده دلایل افزایش درصد روغن سبوس حاصله از عملیات پاربویل می‌باشد.

نتایج هم‌چنین نشان می‌دهد که در اثر انبارداری، به مرور زمان مقدار روغن سبوس کاهش می‌یابد. شدت این کاهش در ماه سوم بیشتر از ماه‌های قبل بوده است. به نظر می‌رسد، چون طی دوره انبارداری به تدریج بر درصد رطوبت سبوس افزوده گردید، لذا همگام با آن درصد روغن (از نظر وزنی) کاهش یافته است.

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

جدول ۱. اثر فرآیند حرارتی و مدت نگهداری بر عدد پراکسید روغن در سبوس برنج (میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم روغن)

فرآیند حرارتی	مدت انبارداری				
	روز اول	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	میانگین
شاهد	۵/۰۱۰^{g}	۵/۴۳۵^{g}	۵/۹۸۰^{h}	۶/۶۵۸^{i}	۵/۷۸۸
پاربویل	۷/۰۹۰^{e}	۹/۴۱۵^{d}	۱۱/۹۲۵^{cd}	۱۵/۰۹۵^{bc}	۱۰/۸۸۱
پاربویل ۱ پوست	۷/۰۹۰^{e}	۹/۰۶۵^{d}	۱۱/۳۰۰^{d}	۱۴/۳۶۰^{cd}	۱۰/۴۵۴
پاربویل ۲ پوست	۷/۰۹۰^{e}	۸/۸۵۰^{d}	۱۰/۲۴۰^{e}	۱۱/۹۵۰^{f}	۹/۴۴۲
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۵/۳۰^{g}	۵/۷۴۵^{g}	۶/۵۲۰^{h}	۷/۳۴۰^{i}	۶/۱۵۹
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۶/۲۷۵^{f}	۶/۷۵۰^{f}	۷/۴۱۵^{g}	۸/۵۰۵^{h}	۷/۲۳۶
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۷/۴۶۰^{e}	۸/۰۱۰^{e}	۸/۴۷۵^{f}	۹/۲۲۰^{h}	۸/۲۹۱
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۸/۲۳۵^{d}	۸/۸۷۵^{d}	۹/۹۴۰^{e}	۱۰/۱۰۰^{g}	۹/۱۹۸
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۸/۷۵۵^{d}	۱۰/۳۸۵^{d}	۱۱/۴۴۵^{e}	۱۳/۴۰۰^{f}	۱۱/۲۴۶
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۹/۷۵۵^{c}	۱۰/۳۸۵^{c}	۱۱/۴۴۵^{d}	۱۳/۴۰۰^{e}	۱۱/۲۴۶
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۰/۳۳۵^{c}	۱۱/۱۲۰^{c}	۱۲/۳۸۰^{c}	۱۳/۶۳۵^{de}	۱۱/۸۶۸
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۲/۰۴۵^{b}	۱۳/۲۱۰^{b}	۱۴/۱۱۰^{b}	۱۵/۵۲۰^{b}	۱۳/۷۲۱
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۲/۹۴۵^{a}	۱۴/۰۰۵^{a}	۱۵/۵۴۰^{a}	۱۷/۳۸۰^{a}	۱۴/۹۶۸
میانگین کل	۸/۲۴۳	۹/۲۴۷	۱۰/۳۹۳	۱۱/۸۴۳	۹/۹۳۱

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (آزمون دانکن). کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شده است.

جدول ۲. میانگین‌های اثر فرآیند حرارتی ــ مدت زمان نگهداری بر درصد روغن سبوس برنج

فرآیند حرارتی	زمان انبارداری				
	روز اول	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	میانگین
شاهد	۱۳/۷۲۰^{b}	۱۲/۶۰۰^{b}	۱۲/۱۸۰^{b}	۱۱/۳۷۰^{c}	۱۲/۴۶۸
پاربویل	۲۲/۰۴۰^{a}	۲۲/۰۰۰^{a}	۲۱/۹۳۰^{a}	۲۱/۷۹۰^{a}	۲۱/۹۴۰
پاربویل ۱ پوست	۲۲/۳۰۰^{a}	۲۲/۲۶۰^{a}	۲۲/۱۸۰^{a}	۲۲/۰۹۰^{a}	۲۲/۲۰۸
پاربویل ۲ پوست	۲۲/۱۳۰^{a}	۲۲/۱۱۰^{a}	۲۲/۰۶۰^{a}	۲۱/۹۵۰^{a}	۲۲/۰۶۳
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۳/۷۰۰^{b}	۱۳/۵۵۰^{b}	۱۳/۰۱۰^{b}	۱۲/۲۰۰^{bc}	۱۳/۱۱۵
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۳/۶۶۰^{b}	۱۳/۵۰۰^{b}	۱۲/۹۸۰^{b}	۱۲/۱۳۰^{bc}	۱۳/۰۶۸
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۳/۵۰۰^{b}	۱۳/۱۰۰^{b}	۱۲/۴۴۰^{b}	۱۲/۰۰۰^{bc}	۱۲/۷۶۰
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۳/۳۱۰^{b}	۱۲/۹۷۰^{b}	۱۲/۵۵۰^{b}	۱۱/۹۸۰^{bc}	۱۲/۷۰۳
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۳/۲۸۰^{b}	۱۲/۹۳۰^{b}	۱۲/۵۸۰^{b}	۱۱/۹۸۰^{bc}	۱۲/۶۹۳
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۳/۲۰۰^{b}	۱۲/۷۲۰^{b}	۱۲/۳۹۰^{b}	۱۲/۱۰۰^{bc}	۱۲/۶۰۳
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۳/۱۲۰^{b}	۱۲/۹۳۰^{b}	۱۲/۷۲۰^{b}	۱۲/۲۶۰^{bc}	۱۲/۷۵۸
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۳/۱۱۰^{b}	۱۳/۰۸۰^{b}	۱۲/۹۶۰^{b}	۱۲/۳۹۰^{b}	۱۲/۸۸۵
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۳/۰۸۰^{b}	۱۳/۰۶۰^{b}	۱۲/۹۸۰^{b}	۱۲/۸۷۰^{b}	۱۲/۹۹۸
میانگین کل	۱۵/۳۶۹	۱۵/۱۳۹	۱۴/۸۴۳	۱۴/۳۹۳	۱۴/۹۴۳

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (آزمون دانکن). کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شده است.

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

یکی دیگر از دلایل کاهش مقدار روغن می‌تواند تشکیل ترکیبات قطبی دارای اکسیژن و پلیمرها باشد. این ترکیبات باعث کاهش حلالیت گلیسریدها در حلال غیر قطبی مانند هگزان (عموماً در صنعت روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد)، و در نتیجه کاهش مقدار روغن قابل استحصال می‌شوند. توانایی و تمایل اسیدهای چرب به تشکیل کمپلکس با آمیلوز، یکی دیگر از دلایل کاهش درصد روغن گزارش شده است (۲۵).

رنگ یکی از شاخص‌های مهم کیفیت روغن به شمار می‌رود. رنگ نمونه‌های مختلف که تحت تیمارهای متفاوت قرار گرفته با روش رنگ سنجی لاویباند مقایسه شد، که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است. در این روش اعداد بزرگ‌تر نشان دهنده تیره‌تر بودن رنگ است. اکثر روغن‌ها به طور طبیعی دارای رنگی تیره می‌باشند (۲۶). رنگ روغن خام سبوس برنج، بسته به نوع روش استخراج روغن و درجه فساد سبوس طی دوره نگهداری، از قهوه‌ای مایل به سبز تیره تا زرد روشن متفاوت است. رنگ‌دانه غالب روغن سبوس برنج کاروتنویید، و در روغن‌های تیره‌تر کلروفیل می‌باشد.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به رنگ روغن (جدول۳) نشان می‌دهد که اختلاف مجموعه اثر تیمارهای حرارتی و مدت نگهداری بر رنگ نمونه‌ها بسیار ضعیف است. این نتایج نشان می‌دهد که نه تنها روز اول، بلکه طی نگهداری به مدت سه ماه، به تدریج از رنگ روغن‌های پاربویل کاسته می‌شود. بسیاری از رنگ‌دانه‌ها به راحتی جذب خاک‌های رنگ‌بر شده و یا توسط فرآیند حرارتی تخریب می‌گردند (۹). برخی از رنگ‌دانه‌ها نسبت به حرارت حساس و در اثر تجزیه به ترکیبات بی‌رنگ تبدیل می‌شوند. ریچ (۱۸) در سال ۱۹۶۴ نشان داد که سرعت بی‌رنگ شدن برخی از رنگ‌دانه‌ها به وسیله اکسیداسیون بیشتر از تشکیل رنگ توسط دیگر رنگ‌دانه‌ها در اثر واکنش‌های اکسیداسیون می‌باشد.

مطالب یاد شده می‌تواند پاسخ‌گوی علت کاهش رنگ در نمونه‌های پاربویل باشد. نتایج نشان می‌دهد تیمارهایی که فرآیند حرارتی شدیدتری در آنها اعمال شده تیره رنگ‌تر بوده‌اند. این حالت باید به ترکیباتی که در هنگام حرارت دادن تغییر رنگ می‌دهند ارتباط داشته باشد. به طور کلی، به کارگیری دما باعث اکسیداسیون و در نتیجه تیرگی رنگ روغن، و در واقع ثابت شدن رنگ آن می‌گردد، که در مرحله رنگ‌بری مسئله‌زا خواهد بود (۹، ۲۲، ۲۵ و ۲۶). نتایج این پژوهش نیز با مطلب مذکور هم‌خوانی دارد.

نتایج هم‌چنین نشان می‌دهد که افزایش رنگ در کلیه نمونه‌ها، بجز نمونه‌های پاربویل، طی نگهداری چشم‌گیر بوده است. عواملی همچون اندازه ذرات، فساد ترکیبات غیرگلیسریدی مانند پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، فسفاتیدها و دیگر مواد موجود در بافت‌های چرب، در اثر تغییر از حالت نامحلول به محلول در روغن، باعث تیره‌تر شدن رنگ آن می‌گردند. واکنش‌های اکسیداسیون طی انبارداری طولانی، با تبدیل توکوفرول بی‌رنگ به توکوکینون[1] رنگی، نهایتاً منجر به تیره‌تر شدن رنگ روغن می‌شوند. این مطالب بیانگر علت افزایش رنگ روغن‌ها طی دوره نگهداری می‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به عدد یدی (جدول ۴) نشان می‌دهد که اختلاف میان تیمارهای حرارتی و مدت نگهداری بر عدد یدی نمونه‌ها، و هم‌چنین اثر متقابل آنها معنی‌دار است. جدول ۴ بیانگر آن است که روز اول نمونه‌های پاربویل نسبت به کلیه تیمارها کمترین مقدار عدد یدی را داشته‌اند. شاهین و همکاران (۱۹) اظهار نمودند که اندیس یدی در سبوس برنج پاربویل کمتر از روغن سبوس خام می‌باشد. نتایج این پژوهش با مطلب اخیر هم‌خوانی دارد.

پس از تیمارهای پاربویل، تیمارهایی که فرآیند حرارتی شدیدتر (به عنوان مثال ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه) در آنها اعمال شده بود، کمترین مقدار عدد یدی را به خود اختصاص دادند. کاهش عدد یدی در اثر افزایش حرارت، می‌تواند به تغییر نسبت اسید چرب اولئیک به لینولئیک ارتباط داشته باشد. هرچه این نسبت کمتر باشد، عدد یدی بیشتر، و

1. Tocoquinone

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

جدول ۳. اثر فرآیند حرارتی و زمان انبارداری بر رنگ روغن در سبوس برنج (از سیستم لاویباند برای رنگ سنجی استفاده شده است)

فرآیند حرارتی	زمان انبارداری				
	روز اول	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	میانگین
شاهد	۹۰/۲۵۰^{d}	۹۲/۰^{e}	۹۵/۰^{d}	۱۰۰/۰^{d}	۹۴/۳۱
پاربویل	۷۶/۲۵۰^{e}	۶۸/۷۵^{f}	۶۲/۵۰^{e}	۵۲/۷۵^{e}	۶۵/۰۶
پاربویل ۱ پوست	۷۴/۵۰۰^{e}	۶۵/۰۰^{g}	۵۷/۰۰^{f}	۵۰/۵۰^{ef}	۶۱/۷۵
پاربویل ۲ پوست	۷۴/۲۵۰^{e}	۶۵/۰۰^{g}	۵۷/۰۰^{f}	۴۹/۰۰^{f}	۶۱/۳۱
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۹۷/۵۰۰^{c}	۹۸/۷۵^{d}	۱۰۰/۰۰^{c}	۱۰۲/۵۰^{cd}	۹۹/۶۱
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۹۸/۵۰۰^{c}	۱۰۰/۰۰^{d}	۱۰۲/۵۰۰^{bc}	۱۰۴/۵۰^{bc}	۱۰۱/۳۷۵
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۹۹/۷۵۰^{bc}	۱۰۰/۵۰^{cd}	۱۰۲/۵۰^{bc}	۱۰۵/۷۵^{abc}	۱۰۲/۱۲
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۹۹/۰۰۰^{c}	۱۰۰/۲۵^{cd}	۱۰۲/۰۰^{bc}	۱۰۳/۷۵^{c}	۱۰۱/۲۵
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۰۰/۵۰۰^{bc}	۱۰۱/۲۵^{bcd}	۱۰۴/۰۰^{ab}	۱۰۷/۵۰^{ab}	۱۰۳/۳۱
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۰۲/۵۰۰^{ab}	۱۰۳/۵۰^{abc}	۱۰۵/۷۵^{a}	۱۰۸/۵۰^{a}	۱۰۵/۰۶
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۰۲/۷۵۰^{ab}	۱۰۴/۰۰^{ab}	۱۰۶/۷۵^{a}	۱۰۱/۵۰^{a}	۱۰۵/۵۰
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۰۴/۵۰۰^{a}	۱۰۵/۰۰^{a}	۱۰۶/۵۰^{a}	۱۰۸/۷۵^{a}	۱۰۶/۱۸
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۰۵/۵۰۰^{a}	۱۰۵/۷۵^{a}	۱۰۷/۰۰^{a}	۱۰۹/۰۰^{a}	۱۰۶/۸۱
میانگین کل	۹۴/۲۸	۹۳/۰۵	۹۲/۹۶	۹۳/۱۵	۹۳/۳۶

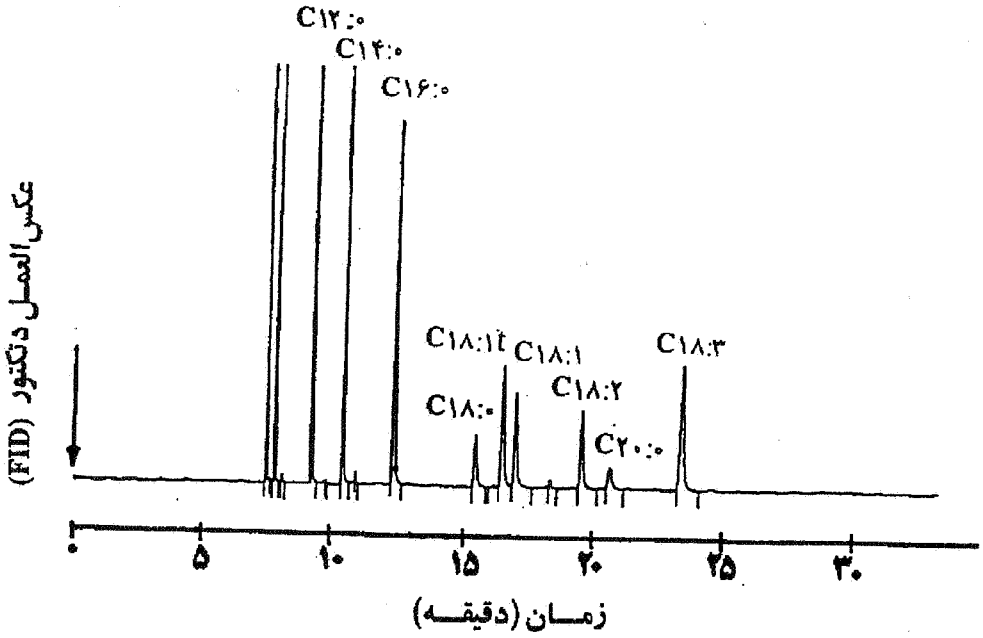
میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (آزمون دانکن). کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شده است.

جدول ۴. اثر فرآیند حرارتی و مدت نگهداری بر عدد یدی روغن در سبوس برنج

فرآیند حرارتی	زمان انبارداری				
	روز اول	ماه اول	ماه دوم	ماه سوم	میانگین
شاهد	۱۱۰/۳۵^{a}	۱۰۹/۲۱^{a}	۱۰۸/۴۷^{a}	۱۰۷/۸۳^{a}	۱۰۸/۹۶
پاربویل	۱۰۵/۰۰^{c}	۱۰۴/۵۵^{d}	۱۰۱/۰۲^{f}	۹۹/۲۷^{cd}	۱۰۲/۴۶
پاربویل ۱ پوست	۱۰۵/۱۲^{c}	۱۰۳/۷۲^{d}	۱۰۱/۸۵^{ef}	۹۹/۳۸^{cd}	۱۰۲/۵۱
پاربویل ۲ پوست	۱۰۵/۳۰^{c}	۱۰۴/۷۱^{cd}	۱۰۲/۶۶^{def}	۹۹/۹۵^{bcd}	۱۰۳/۱۵
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۱۰/۲۴^{a}	۱۰۷/۲۲^{ab}	۱۰۵/۳۹^{b}	۱۰۱/۶۷^{b}	۱۰۶/۱۳
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۱۰/۱۰^{a}	۱۰۷/۳۰^{ab}	۱۰۴/۷۶^{bc}	۱۰۰/۸۵^{bc}	۱۰۵/۷۵
۹۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۱۰/۰۲^{ab}	۱۰۷/۹۲^{ab}	۱۰۳/۸۷^{bcd}	۱۰۰/۰۰^{bcd}	۱۰۵/۴۵
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۱۰/۱۳^{a}	۱۰۸/۳۵^{ab}	۱۰۵/۲۹^{b}	۱۰۱/۸۳^{b}	۱۰۶/۴۰
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۰۹/۶۸^{ab}	۱۰۷/۲۶^{ab}	۱۰۴/۲۵^{bcd}	۱۰۰/۵۰^{bc}	۱۰۵/۴۹
۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۰۹/۰۴^{ab}	۱۰۷/۲۳^{ab}	۱۰۴/۹۰^{f}	۹۹/۴۶^{cd}	۱۰۵/۱۵
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۱۰ دقیقه	۱۰۹/۱۶^{ab}	۱۰۴/۴۲^{d}	۱۰۱/۰۹^{f}	۹۸/۱۱^{de}	۱۰۳/۱۹
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ دقیقه	۱۰۸/۷۶^{ab}	۱۰۶/۷۱^{b}	۱۰۳/۱۶^{cde}	۹۸/۹۶^{cd}	۱۰۴/۳۹
۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۳۰ دقیقه	۱۰۸/۰۰^{b}	۱۰۶/۴۵^{bc}	۱۰۲/۷۵^{def}	۹۶/۹۱^{e}	۱۰۳/۵۲
میانگین کل	۱۰۸/۵۳	۱۰۶/۵۴	۱۰۳/۸۲	۱۰۰/۳۴	۱۰۴/۸۱

میانگین‌هایی که در یک ستون دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند (آزمون دانکن). کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شده است.

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017



شکل ۱. نمودار کروماتوگرام گازی (GC) متیل‌استر اسیدهای چرب استاندارد
اسیدهای چرب: لائوریک (C۱۲:۰)، میریستیک (C۱۴:۰)، پالمتیک (C۱۶:۰)، استئاریک (C۱۸:۰)، الائدیک (C۱۸:۱t)، اولئیک (C۱۸:۱)، لینولئیک (C۱۸:۲)، آراشیدیک (C۲۰:۰) و لینولنیک (C۱۸:۳). با زمان ماندگاری به ترتیب ۹/۲۴، ۱۰/۳۹، ۱۲/۲۹، ۱۵/۴۱، ۱۶/۴۵، ۱۶/۹۴، ۱۹/۵۵، ۲۰/۶۴ و ۲۳/۳۸ دقیقه

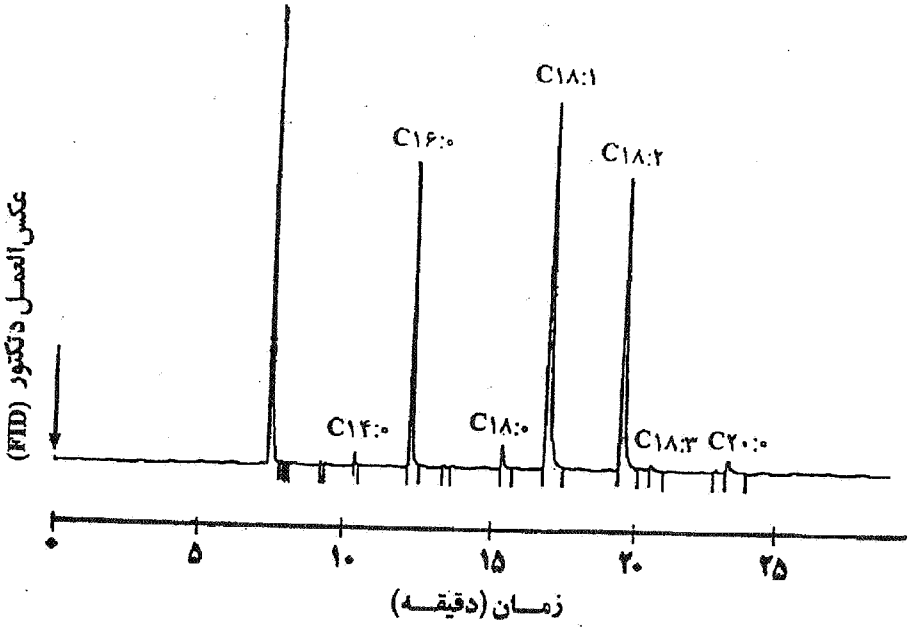
برعکس، هرچه نسبت مذکور بیشتر گردد، عدد یدی کمتر خواهد بود (۱۹).

در کلیه تیمارها بدون استثنا کاهش اندیس یدی طی دوره انبارداری مشاهده گردید، که علت این امر به تشکیل اتصالات مضاعف کنژوگه در اثر فعالیت آنزیم لیپواکسیداز مربوط است. عدد یدی اسیدهای چرب حاوی اتصالات مزدوج غیراشباع را نمی‌توان با روش‌های معمول اندازه‌گیری نمود (۲۲). هایمن (۶) نیز در سال ۱۹۷۶ گزارش داد که در اسیدهای چرب با دو اتصال مضاعف فقط اتصال اول، و در اسیدهای چرب با سه اتصال مضاعف کنژوگه فقط اتصالات اول و سوم سریعاً با هالوژن اشباع می‌گردند. افزون بر آن، چون به ازای هر اسید چرب با سه اتصال کنژوگه فقط یک مول هالوژن مصرف می‌شود، در نهایت عدد یدی کمتر خواهد بود. مطلب مذکور می‌تواند پاسخ‌گوی علت کاهش اندیس یدی روغن سبوس برنج طی دوره انبارداری باشد.

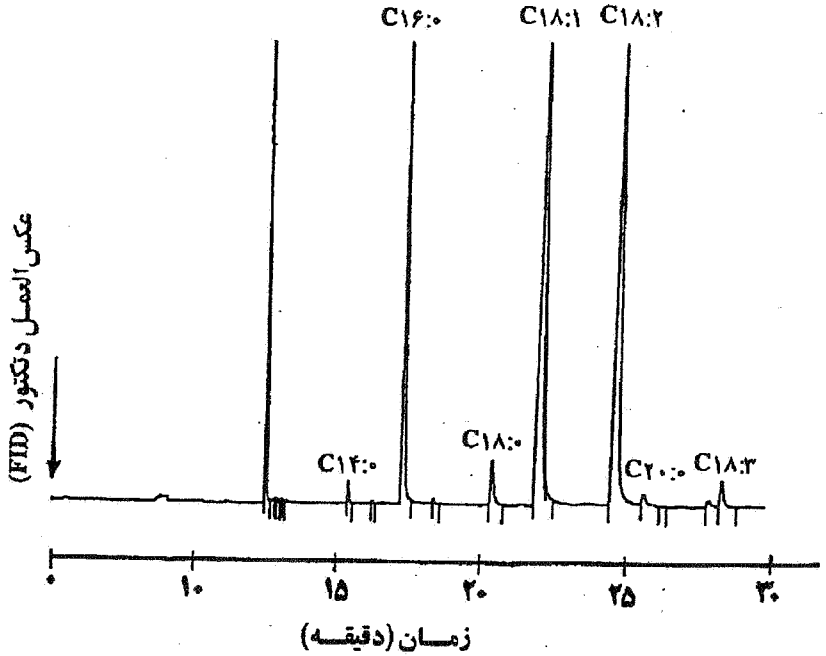
آزمایش‌های کروماتوگرافی گازی روی متیل استر روغن سبوس برنج، واریته سرخه اصفهان نشان داد که روغن مذکور دارای مقدار زیادی اسید اولئیک (۴۱ درصد)، اسید لینولئیک (۳۴/۴ درصد)، اسید پالمتیک (۱۹/۱ درصد)، و مقدار کمتری اسید مریستیک (۰/۵ درصد)، اسید استئاریک (۲/۱ درصد)، اسید لینولنیک (۲ درصد) و اسید آراشیدونیک (۰/۶۴ درصد) بوده است. باتوجه به نمودارهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌گردد با این که میان تیمارهای حرارتی و شاهد تفاوت چندانی وجود نداشته است، ولی به طور کلی دما باعث افزایش جزئی در مجموع اسیدهای چرب اشباع و کاهش جزئی اسیدهای چرب غیر اشباع می‌گردد.

به طور خیلی کلی می‌توان نتیجه گرفت که در اثر انجام عمل پاربویل روی برنج (فرآیند حرارتی مرطوب) بازده استحصال روغن افزایش می‌یابد (در این پژوهش از ۱۳/۷۲ به ۲۲/۰۴۲ درصد رسید)، اندوسپرم برنج مقاوم شده و حساسیت کمتری

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

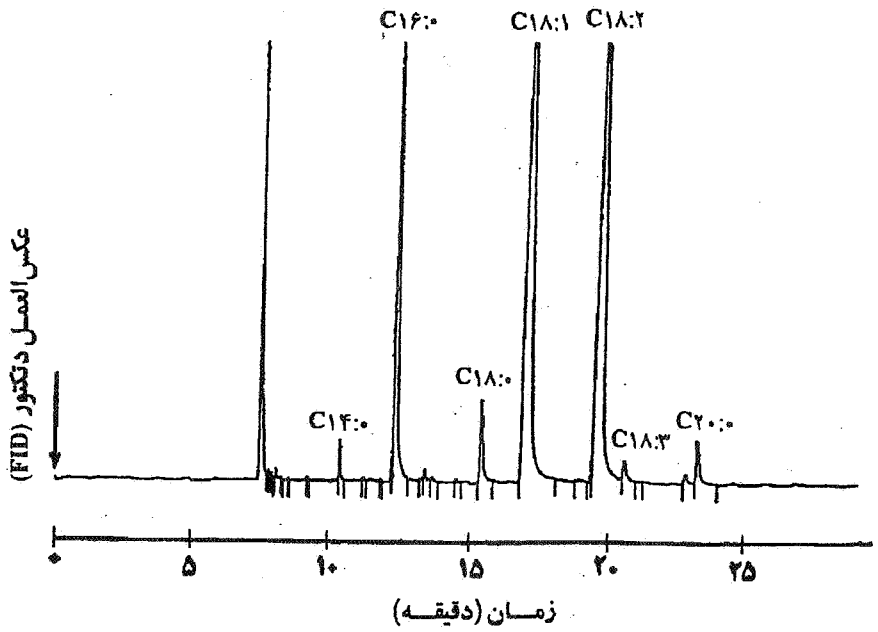


شکل ۲. نمودار کروماتوگرام گازی (GC) متیل‌استر اسیدهای چرب در روغن سبوس برنج شاهد
اســـیدهای چـــرب: مـــیریستیک (C۱۴:۰)، پـــالمتیک (C۱۶:۰)، اســـتئاریک (C۱۸:۰)، اولئـــیک (C۱۸:۱)، لینولئیک (C۱۸:۲)، آراشیدیک (C۲۰:۰) و لینولنیک (C۱۸:۳). با زمان ماندگاری به ترتیب ۱۰/۳۷، ۱۲/۲۷، ۱۵/۳۸، ۱۶/۹۷، ۱۹/۵۷، ۲۰/۵۷ و ۲۳/۲۹ دقیقه

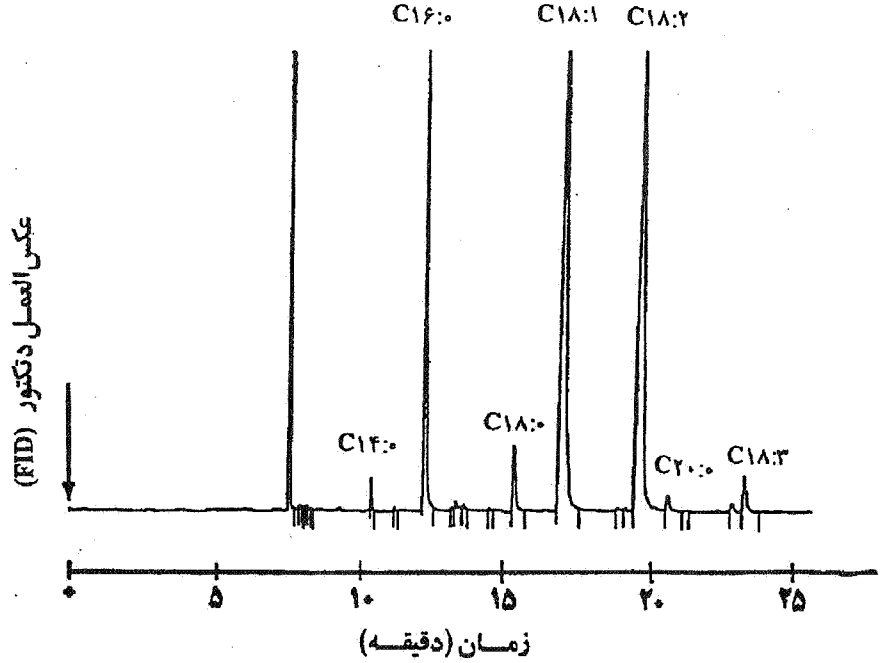


شکل ۳. نمودار کروماتوگرام گازی (GC) متیل‌استر اسیدهای چرب در روغن سبوس برنج فرایند شده تحت حرارت ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه
اســـیدهای چـــرب: مـــیریستیک (C۱۴:۰)، پـــالمتیک (C۱۶:۰)، اســـتئاریک (C۱۸:۰)، اولئـــیک (C۱۸:۱)، لینولئیک (C۱۸:۲)، آراشیدیک (C۲۰:۰) و لینولنیک (C۱۸:۳). با زمان ماندگاری به ترتیب ۱۰/۳۸، ۱۲/۳۰، ۱۵/۴۰، ۱۷/۰۵، ۱۹/۶۶، ۲۰/۵۹ و ۲۳/۳۱ دقیقه

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

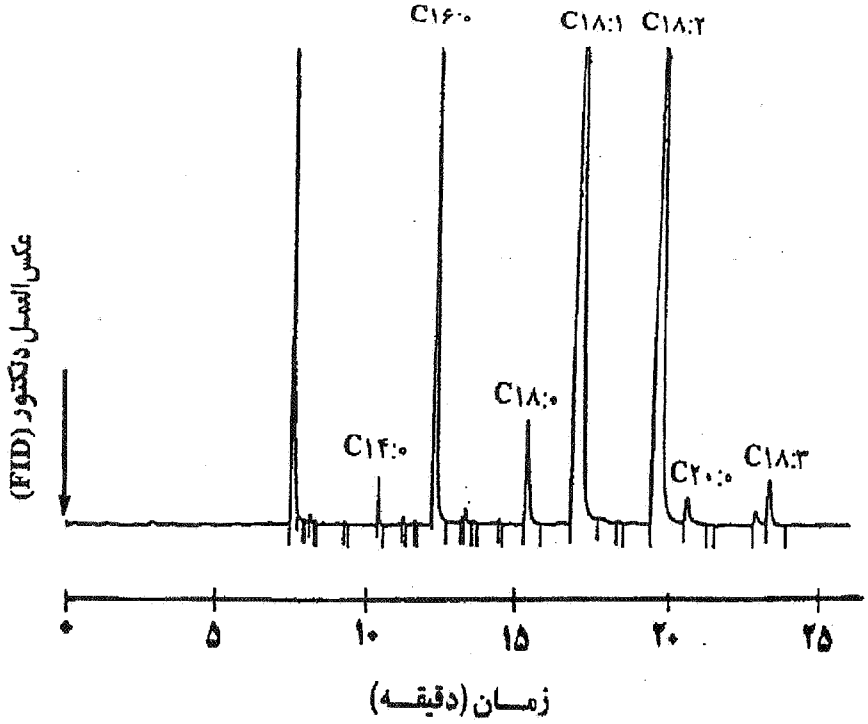


شکل ۴. نمودار کروماتوگرام گازی (GC) متیل‌استر اسیدهای چرب در روغن سبوس برنج پاربویل
اسـیدهای چـرب: مـیریستیک (C۱۴:۰)، پـالمتیک (C۱۶:۰)، اسـتئاریک (C۱۸:۰)، اولئـیک (C۱۸:۱)، لینولئیک (C۱۸:۲)، آراشیدیک (C۲۰:۰) و لینولنیک (C۱۸:۳). با زمان ماندگاری به ترتیب ۱۰/۳۷، ۱۲/۳۱، ۱۵/۴۰، ۱۷/۱۲، ۱۹/۴۷، ۲۰/۵۹ و ۲۳/۳۱ دقیقه



شکل ۵. نمودار کروماتوگرام گازی (GC) متیل‌استر اسیدهای چرب در روغن سبوس برنج فرایند تحت حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه
اسـیدهای چـرب: مـیریستیک (C۱۴:۰)، پـالمتیک (C۱۶:۰)، اسـتئاریک (C۱۸:۰)، اولئـیک (C۱۸:۱)، لینولئیک (C۱۸:۲)، آراشیدیک (C۲۰:۰) و لینولنیک (C۱۸:۳). با زمان ماندگاری به ترتیب ۱۰/۳۶، ۱۲/۲۹، ۱۵/۳۸، ۱۷/۰۵، ۱۹/۶۷، ۲۰/۵۶ و ۲۳/۲۸ دقیقه

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017



شکل ۶. نمودار کروماتوگرام گازی (GC) متیل‌استر اسیدهای چرب در روغن سبوس برنج فرایند شده تحت بخار ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه

اسیدهای چرب: میریستیک (C۱۴:۰)، پالمتیک (C۱۶:۰)، استئاریک (C۱۸:۰)، اولئیک (C۱۸:۱)، لینولئیک (C۱۸:۲)، آراشیدیک (C۲۰:۰) و لینولنیک (C۱۸:۳). با زمان ماندگاری به ترتیب ۱۰/۳۷، ۱۲/۳۲، ۱۵/۴۱، ۱۷/۱۳، ۱۹/۷۳، ۲۰/۶۰ و ۲۳/۳۲ دقیقه

نسبت به ضربه در حین عملیات فراوری خواهد داشت، و برنج کمتر خرد می‌شود. سبوس حاصل از برنج پاربویل مقدار کمتری اندوسپرم و ناخالصی دارد. افزایش درصد روغن سبوس نیز از این امر ناشی می‌شود. رنگ روغن‌های حاصل از سبوس برنج پاربویل نیز، هم در ابتدا و هم در طول دوره نگهداری، روشن‌تر از سبوس‌های دیگر است.

روغن حاصل از سبوس تثبیت شده نسبت به واکنش‌های هیدرولیتیک مقاوم، ولی نسبت به اتواکسیداسیون حساس می‌باشد. عملیات پاربویلینگ و فرآیند حرارتی خشک در دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه، و زمان کافی، موجب کاهش عدد یدی طی دوره نگهداری سبوس می‌شود.

نتایج کیفی و کمی کروماتوگرافی گازی نمونه‌های روغن سبوس برنج نشان داد که فرآیند حرارتی اثر چندانی بر تغییر درصد اسیدهای چرب نمونه‌های روغنی سبوس برنج ندارد.

منابع مورد استفاده

۱. وزارت کشاورزی. ۱۳۷۶. آمارنامه کشاورزی. معاونت برنامه‌ریزی و پشتیبانی اداره کل آمار و اطلاعات، شماره ۷۶/۰۷.

۲. حسینی، ز. ۱۳۶۹. *روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه شیراز.

3. AOCS. 1974. Official and Tentative Methods. Methods: Cd 1-25, Ca 5a-40, Cd 8-53, Ce 13b-45, Cc 13b-45. Vol. 2, Am. Oil. Chem. Soc., Chicago.

4. Bhattacharyya, A. C., M. M. Chakravarty and R. S. Vaidynanthan. 1983. A critical study of the refining of

Downloaded from jcpp.iut.ac.ir at 1:05 IRST on Saturday December 16th 2017

rice bran oil. JAOCS 60: 467.

5. Bhattacharyya, K. R. 1989. Rice Bran and its Utilization. Central Food Technol. Res. Inst., Mysore.
6. Heimann, W. 1976. Grundzuege der Lebensmittelchmie. Steinkoepff Darmstadt.
7. Hemavathy, J and J. V. Prabhakar. 1987. Lipid composition of rice (*Oryza sativa* L.) bran. JAOCS 64: 1016-1019.
8. Holla, K. S. and R. R. Press. 1987. Industrial hydrogenation of rice bran oil, a substitute for tallow. JAOCS 64: 1334-1336.
9. Juliano, B. O. 1985. Rice Chemistry and Technology. Am. Assoc. Cereal Chem. Inc., St. Paul, Minn.
10. Kahlon, T., R. Saunders, R. Sayre, F. Chow, M. Chin and A. Betschart. 1992. Cholesterol-lowering effects of rice bran and rice bran oil fraction in hypercholesterolemic hamsters. Cereal Chem. 69: 485-489.
11. Lawson, H. 1994. Food Oils and Fats. Chapman and Hall, An Internat. Thomson Pub. Co., New York.
12. Lugay, J. C. and B. O. Juliano. 1964. Fatty acid composition of rice lipids by gas liquid chromatography. AOCS 41: 273-275.
13. Miyazawa, T., H. Tazawa and Y. Fujino. 1978. Molecular species of triglyceride in rice bran. Cereal Chem. 55(2): 138-145.
14. Orthoefer, F. T. 1996. Rice Bran Oil: Healthy Lipid Source. Food Tech. December, PP. 62-64.
15. Pillaiyar, P. 1988. Rice Post Production Mannual. Paddy Process. Res. Center, Tiruvarur Tamil Nadu, India.
16. Prabhakar, J. V. and K. V. L. Venkatesh. 1986. A simple chemical method for stablization of rice bran. JAOCS 63: 644-646.
17. Raghavendra, R., T. K. Ananthachar and H. S. R. Desikachar. 1965. Oil content of bran from milled to different degrees of polishing. J. Food. Sci. Tech. 21: 115.
18. Salukhe, D. K., J. K. Chavan, R. N. Adule and S. S. Kadam. 1992. World Oilseed Chemistry, Technology and Utilization. Van Nostrand Reinhold, New York.
19. Shaheen, A. B., A. A. Eldash and A. E. Elshirbeeny. 1975. Effect of parboiling of rice on the lipase hydrolysis and deterioration of rice bran. Cereal Chem. 52: 1-8.
20. AOAC. 1966. Standards of Chemical Analysis. 3: 1858.
21. Swern, D. 1973. Bailey's Industrial Oil and Fat Products. John Wiley and Sons, New York.
22. Institute De Agroqimicay Technologia De Alimentos. 1993. Technical approach and economic study of an industry for the explotation of rice bran in egypt (Production of Edible Oil + Animal Feeds). PP. 1-59.
23. UNIDO. 1969. Unido research problems in the development of the rice bran oil industry in the eacaft region. Asian Industrial Development News. PP. 83-87.
24. UNIDO. 1985. Rice Bran, an Under-utilized Raw Matrerial United. New York.
25. Weiss, T. J. 1983. Food Oils and Their Uses. 2nd. ed., Ellis Horwood Limited, England.
26. Yoon, S. H. and S. K. Kim. 1994. Oxidative stability of high fatty acid rice bran oil at different stages of refining. JAOCS 71: 227-129.