بررسی خواص آنتی اکسیدانی و ساختار توکوفرولی روغن پوست بنه در مقایسه با روغنهای کنجد و سبوس برنج تحت شرایط سرخ کردن عمیق در روغن آفتابگردان

علی شریف[1]، رضا فرهوش*[2]، محمدحسین حداد خداپرست[3]، محمدحسین توسلی کفرانی[4]، وحید نجفی[5]

۱-۲-۳: اعضای هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۵- دانشجوی کارشناسی مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

*rfarhoosh@um.ac.ir

چکیده

فعالیت آنتی اکسیدانی روغن پوست بنه با روغنهای کنجد و سبوس برنج طی فرایند سرخ کردن روغن آفتابگردان در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد موردمقایسه قرار گرفت. نسبت میان اسیدهای چرب چند غیراشباع و اشباع و شاخص اکسایش پذیری روغن آفتابگردان به ترتیب عبارت از ۴/۲۶ و ۶/۴۸ بود؛ این مقادیر به طرز معنی داری ($P<0.05$) به ترتیب بیش از مقادیر یاد شده در خصوص روغنهای کنجد (به ترتیب ۳/۱۸ و ۶/۲۷)، سبوس برنج (به ترتیب ۷۵۳ و ۴/۳۷) و پوست بنه (به ترتیب ۰/۳۷ و ۷/۶۷) بود. اعداد پراکسید و

اسیدی روغنهای مورد مطالعه به ترتیب از ۰/۳۴ تا ۳/۰۷ میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم و از ۰/۱۹ تا ۵/۲۰ میلی گرم بر گرم متغیر بود. میزان کل ترکیبات توکوفرولی و فنلی روغن کنجد (به ترتیب ۱۰۹۳/۲۸ و ۱۰۲۴/۴۳ میلی گرم بر کیلوگرم) به طور معنی داری بیش از موارد یاد شده در خصوص روغنهای آفتابگردان (به ترتیب ۷۴۰/۲۷ و ۳۸/۶۸ میلی گرم بر کیلوگرم)، پوست بنه (به ترتیب ۵۷۳/۴۱ و ۲۷۶/۶۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و سبوس برنج (به ترتیب ۸۳۲/۹۸ و ۶۷/۹۸ میلی گرم بر کیلوگرم) بود. در مجموع، مبنی بر اندازه گیری اعداد دی ان مزدوج و کربنیل طی فرایند سرخ کردن، فعالیت آنتی اکسیدانی روغن پوست بنه در سطح ۲ درصد بیش از فعالیت آنتی اکسیدانی روغنهای کنجد و سبوس برنج بود، و سطوح بالغ بر ۲ درصد روغنهای آنتی اکسیدانی مورد مطالعه سبب کاهش پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان شد. به عبارت دیگر، روغنهای مزبور در این سطوح از خود آثار پرواکسیدانی بروز دادند.

کلمات کلیدی

روغن آفتابگردان، روغن سبوس برنج، روغن پوست بنه، روغن کنجد، سرخ کردن، فعالیت آنتی اکسیدانی

بررسی خواص آنتی اکسیدانی و ساختار توکوفرولی روغن پوست بنه در مقایسه با روغنهای کنجد و سبوس برنج تحت شرایط سرخ کردن عمیق در روغن آفتابگردان

علی شریف[1]، رضا فرهوش*[2]، محمدحسین حداد خداپرست[3]، محمدحسین توسلی کفرانی[4]، وحید نجفی[5]

۱-۲-۳: اعضای هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

٤- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

۵- دانشجوی کارشناسی مهندسی علوم و صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد

E-mail: rfarhoosh@um.ac.ir

چکیده

فعالیت آنتی اکسیدانی روغن پوست بنه با روغنهای کنجد و سبوس برنج طی فرایند سرخ کردن روغن آفتابگردان در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد مورد مقایسه قرار گرفت. نسبت میان اسیدهای چرب چند غیراشباع و اشباع و شاخص اکسایش پذیری روغن آفتابگردان به ترتیب عبارت از ٤/٢٦ و ٦/٤٨ بود؛ این مقادیر به طرز معنی داری ($P<0.05$) به ترتیب بیش از مقادیر یاد شده در خصوص روغنهای کنجد (به ترتیب ۳/۱۸ و ٦/٢٧)، سبوس برنج (به ترتیب ۱/۵۳ و ٤/٣٧) و پوست بنه (به ترتیب ۰/۳۷ و ۱/٦٧) بود. اعداد پراکسید و اسیدی روغنهای مورد مطالعه به ترتیب از ۰/۳٤ تا ۳/۰۷ میلی اکی والان گرم بر کیلوگرم و از ۰/۱۹تا ۵/۲۰ میلی گرم بر گرم متغیر بود. میزان کل ترکیبات توکوفرولی و فنلی روغن کنجد (به ترتیب ۱۰۹۳/۲۸ و ۱۰۲٤/٤۳ میلی گرم بر کیلوگرم) به طور معنی داری بیش از موارد یاد شده در خصوص روغنهای آفتابگردان (به ترتیب ۷٤۰/۲۷ و ۳۸/٦۸ میلی گرم بر کیلوگرم)، پوست بنه (به ترتیب ۵۷۳/٤۱ و ۲۷٦/٦۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و سبوس برنج (به ترتیب ۸۳۲/۹۸ و ٦۷/۹۸ میلی گرم بر کیلوگرم) بود. در مجموع، مبنی بر اندازه گیری اعداد دی ان مزدوج و کربنیل طی فرایند سرخ کردن، فعالیت آنتی اکسیدانی روغن پوست بنه در سطح ۲ درصد بیش از فعالیت آنتی اکسیدانی روغنهای کنجد و سبوس برنج بود، و سطوح بالغ بر ۲ درصد روغنهای آنتی اکسیدانی مورد مطالعه سبب کاهش پایداری اکسایشی روغن آفتابگردان شد. به عبارت دیگر، روغنهای مزبور در این سطوح از خود آثار پرواکسیدانی بروز دادند.

کلید واژه ها: روغن آفتابگردان، روغن سبوس برنج، روغن پوست بنه، روغن کنجد، سرخ کردن، فعالیت آنتی اکسیدانی

مقدمه

سرخ کردن از جمله فرایندهای متداول در زمینه آماده سازی مواد غذایی در مقیاس خانگی و صنعتی به شمار می آید. طی فرایند سرخ کردن عمیق، روغن به مدت طولانی در معرض درجه حرارتهای بالا (۱۸۰ تا ۲۲۰ درجه سانتیگراد) و شرایط اکسایشی قرار می گیرد. ضمن آن که آب ناشی از ماده غذایی به انجام واکنشهای هیدرولیزی در روغن منجر می شود. این شرایط باعث تولید آلدئیدهای کوتاه زنجیره، پراکسیدها و مشتقات کتونی می گردد. به واسطه تولید این مواد، طعم نامطلوبی در روغن و محصول سرخ شده ایجاد می شود. علاوه بر این، برخی ترکیبات حاصل از فساد روغنهای اکسیده به آسانی جذب خون انسان می شوند و آثار نامطلوب تغذیه ای شامل اختلال در عملکرد سلولهای اندوتلیال شریانی و تسریع در بروز تصلب شرایین را ایجاد می کنند. از این رو، پایداری اکسایشی روغنهای سرخ کردنی از جمله موضوعات بسیار مهم در این خصوص محسوب می شود.

یکی از روشهای پایدار کردن روغنهای سرخ کردنی، اضافه کردن آنتی اکسیدانهای سنتزی به روغنهای سرخ کردنی است ولی اغلب آنتی اکسیدانهای سنتزی در دماهای بالا ناپایدارند و دچار واکنشهای تجزیه ای شده، یا از محیط عمل خارج می شوند. مضاف بر این که استفاده از این نوع آنتی اکسیدانها به دلیل آثار مضر آنها بر سلامتی انسان روز بروز

محدود تر می شود. تمایل به حذف مواد شیمیایی سنتزی به عنوان افزودنیهای غذایی در حال حاضر رو به افـزایش اسـت (برانن، ۱۹۷۵؛ دا و همکاران، ۱۹۹۲؛ ایمایدا و همکاران، ۱۹۸۳). از جمله مؤثرترین روشهای پایدار کردن روغنهای سـرخ کردنی، مخلوط کردن روغنهای سرخ کردنی با روغنهایی است که فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی دارند، مثل روغنهای کنجد و سبوس برنج که به طور وسیعی برای این منظور به کار می روند. میزان تولید روغنهای کنجد و سـبوس بـرنج در ایـران چندان قابل توجه نبوده، انواع وارداتی آنها نیز قیمت بسیار بالایی دارند. از این رو، شناسایی منابع بومی روغنـی در ایـران که احتمالاً از فعالیت آنتی اکسیدانی مطلوبی برخوردار باشند، ضمن کاهش واردات قابل توجه روغن بـه کـشور، زمینـه را برای تولید روغنهای ماندگارتر و پایدارتر در خصوص فرایندهای حرارتی رایج در صنعت مواد غذایی فراهم آورده، کشت و توسعه آنهارا نیز رونق می بخشد. بنه یا پسته وحشی از جمله این منابع بومی و ارزشمند در کشور محسوب مـی گـردد که بررسیهای اولیه حاکی از فعالیت آنتی اکسیدانی بسیار بالای روغن پوست آن بوده است. بنـابراین، پـژوهش حاضـر بـا هدف بررسی امکان استفاده از روغن پوست بنه برای پایدار سازی روغن آفتابگردان به عنـوان یکـی از روغنهـای رایـج و بومی کشور و مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی آن با فعالیت آنتی اکسیدانی روغنهای کنجد و سبوس برنج طی فرآیند سـرخ کردن عمیق انجام شد.

مواد و روشها

مواداولیه

میوه های رسیده بنه از مزارع اسلام آباد در استان ایـلام تهیـه گردیـد. روغـن تـصفیه، رنگبـری و بـوگیری شـده آفتابگردان فاقد هرگونه آنتی اکسیدان اضافه شده از کارخانه روغن سه گل نیشابور تامین شد. روغنهـای کنجـد و سـبوس برنج از بازار محلی خریداری شدند. میوه های رسیده بنه و روغنهای کنجد و سبوس بـرنج تـا زمـان انجـام آزمایـشها در سردخانه ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری گردیدند. نمونه های سیب زمینی نیز از بازار خریداری شد. مواد شـیمیایی مـورد نیاز نیز، با درجه آنالیتیکال از شرکتهای مرک و سیگما-آلدریچ خریداری شدند.برای استخراج روغن از هگزان تولید داخل استفاده شد.

عملیات استخراج روغن

بعد از خشک کردن بنه در سایه، پریکارپ پسته برداشته و توسط آسیاب پودر شد. پودرهـا بـه نـسبت ٤:١ وزنـی حجمی با حلال n- هگزان مخلوط و عملیات استخراج روغن با هم زدن شدید بـه مـدت ٤٨ سـاعت در محـیط تاریـک انجام شد. حلال در خلأ در دمای ٤٠ درجه سانتیگراد تبخیر شد.

فرایند سرخ کردن

برای سرخ کردن از سرخ کن مدل (مدل تفال ۱۲۵۰، فرانسه) با گنجایش ۲/۵ لیتر در دمای $180C^{\circ}$ استفاده شـد. سیب زمینی ها پس از شستشو و پوست گیری برای جلوگیری از تغییر رنگ در آب قرار گرفتـه و پـس از آب گیـری بـه ابعاد ۰/۳× ۰/۵×۷ سانتیمتر برش زده شدند و سپس در هر بچ به مقدار ۲۰ گرم سیب زمینی در سرخ کن به مدت ۵ دقیقه سرخ شد. پس از هر ٤ ساعت سرخ کردن روغن از سرخ کن نمونه گیری شد و پارامترهای (عدد کربونیل و عـدد دی ان مزدوج) تعیین گردید. هر روز ۸ ساعت سرخ کردن انجام گرفت و پس از هر ٤ ساعت ۱۰ گرم نمونـه روغـن برداشـته و

دمای آن به ٤ درجه سانتیگراد رسانده شد و تا زمان انجام آزمایشها در همان دما نگهداری شد. طی عملیات سرخ کردن به هیچ وجه روغن تازه اضافه نشد. عملیات سرخ کردن در خصوص هر نمونه روغن با دو تکرار انجام پذیرفت (یاگی، ١٩٩٦). در مجموع با ٤ سرخ کن یکسان فرایند سرخ کردن انجام شد و برای هر آزمایش از دو تکرار استفاده گردید.

تجزیه اسیدهای چرب

ترکیب اسید چربی نمونه روغن به وسیله کروماتوگرافی گاز-مایع تعیین شد و بر اساس درصد نسبی سطوح گزارش شد. اسیدهای چرب استری شده با استرهای متیل اسیدهای چرب همخوانی داشت که از تکان دادن شدید محلولهای روغن در هگزان (٠/٣ گرم در ٧ میلی لیتر) با ٢ میلی لیتر هیدراکسید پتاسیم متانولی در دمای ٥٠ درجه سانتیگراد به مدت١٠ دقیقه ایجاد شد. FAME با استفاده از کروماتوگراف HP-5890 (Hewlett-Packard, CA,USA) مجهز به ستونهای مویینه CP-SIL88 شیشه ای سیلیکا، ٦٠ متر طول در ٠/٢٢ میلی متر I.D، 2/0 میکرومتر ضخامت فیلم و شناساگر یونی شعله ای شناسایی شد. گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ٠/٧٥ میلی لیتر در دقیقه استفاده شد. آون در دمای ١٩٨ درجه سانتیگراد و ترزیق کننده و شناساگر در دمای ٢٥٠ درجه سانتیگراد حفظ شد.

محاسبه شاخص اکسایش پذیری

شاخص اکسایش پذیری روغنها بر اساس درصد اسیدهای چرب غیر اشباع ١٨ کربنه بر طبق فرمول ذیل محاسبه شد؛

$$\text{Cox value} = \frac{\left[1(C18:1\%) + 10.3(C18:2\%) + 21.6(C18:3)\right]}{100}$$

که C18:1 ، C18:2 و C18:3 به ترتیب اسیدهای اولئیک، لینولئیک و لینولنیک هستند (فاطمی و هامند، ١٩٨٠).

اندازه گیری عدد پراکسید

با استفاده از روش اسپکتروفتومتری شانتا و دکر ١٩٩٤ اندازه گیری شد.

اندازه گیری عدد اسیدی

با استفاده از روش تیتراسیون EEC REG 2568/91، 1991 اندازه گیری شد.

اندازه گیری ترکیبات توکوفرولی کل

بر طبق روش اسپکتروفتومتری با استفاده از منحنی استاندارد ونگ و همکاران ١٩٨٧ اندازه گیری شد.

اندازه گیری ترکیبات فنولی

با استفاده از روش اسپکتروفتومتری کاپانسی و همکاران ٢٠٠٠ اندازه گیری شد.

اندازه گیری عدد دی ان مزدوج

با استفاده از روش اسپکتروفتومتری ساگوی ١٩٩٦ اندازه گیری کرد.

اندازه گیری عدد کربونیل

با استفاده از روش اسپکتروفتومتری فرهوش و موسوی ٢٠٠٥ اندازه گیری شد.

جدول ۱. ساختار اسید چربی (درصد) روغنهای آفتابگردان، پوست بنه، کنجد و سبوس برنج *

		روغن آفتابگردان	روغن پوست بنه	روغن کنجد	روغن سبوس برنج
اسید میریستیک (C14:0)		۰/۱۱±۰/۱۶ ab	–	۰/۰۹±۰/۱۲ b	۰/۶۷±۰/۲۳ a
اسید پالمیتیک (C16:0)		۸/۵۴±۰/۲۱ d	۲۲/۴±۰/۰۱ ab	۱۰/۴±۰/۱۰ c	۱۹/۵±۰/۸۳ b
اسید پالمیتولئیک (C16:1)		۰/۲۱±۰/۰۵ b	۱۲/۴±۰/۲۲ a	۰/۲۲±۰/۰۸ b	۰/۳۹±۰/۰۷ b
اسید استئاریک (C18:0)		۴/۷۶±۰/۱۱ b	۳/۶۵±۰/۰۶ c	۵/۷۷±۰/۱۰ a	۲/۸۶±۰/۰۴ d
اسید اولئیک (C18:1)		۲۸/۰±۰/۰۴ d	۵۱/۶±۰/۰۱ a	۲۹/۶±۰/۲۵ c	۴۰/۲±۰/۶۲ b
اسید لینولئیک (C18:2)		۵۴/۲±۰/۲۱ a	۸/۲۷±۰/۰۶ d	۴۷/۶±۰/۵۰ b	۳۲/۰±۰/۰۱ c
اسید لینولنیک (C18:3)		۲/۸۴±۰/۲۰ c	۱/۴۰±۰/۰۴ d	۴/۹۹±۰/۰۸ a	۳/۱۲±۰/۰۱ b
اسید آراشیدیک (C20:0)		–	–	۰/۳۰±۰/۰۲	–
اسید گادولئیک (C20:1)		۰/۴۲±۰/۰۶ b	۰/۳۷±۰/۰۱ b	۰/۴۳±۰/۰۶ b	۰/۹۴±۰/۰۲ a
اسید بهنیک (C22:0)		۰/۹۴±۰/۱۳ a	–	۰/۶۱±۰/۰۷ b	۰/۳۴±۰/۴۸ ab
اسیدهای چرب اشباع (SFA)		۱۳/۴±۰/۴۷ d	۲۶/۰±۰/۰۸ a	۱۶/۵±۰/۳۴ c	۲۳/۱±۱/۰۳ b
اسیدهای‌چرب‌تک‌غیراشباعی (MUFA)		۲۸/۶±۰/۰۷ d	۶۴/۳±۰/۲۱ a	۳۰/۲±۰/۱۱ c	۴۱/۵±۰/۵۳ b
		۵۷/۰±۰/۴۰ a	۹/۶۷±۰/۱۰ d	۵۲/۶±۰/۴۲ b	۳۵/۱±۰/۰۱ c
اسیدهای‌چرب‌چند غیراشباعی (PUFA)		۴/۲۶±۰/۱۸ a	۰/۳۷±۰/۰۰ d	۳/۱۸±۰/۰۹ b	۱/۵۳±۰/۰۷ c
		۶/۴۸±۰/۰۶ a	۱/۶۷±۰/۰۲ d	۶/۲۷±۰/۰۴ b	۴/۳۷±۰/۰۱ c
نسبت PUFA/SFA					
شاخص اکسایش پذیری					

* ارقام (± انحراف استاندارد) دارای حروف مشترک در هر ردیف از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، P<۰/۰۵)

تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آزمایشها در قالب طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. میانگینها با نرم افزار MStatC و بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد (p<۰/۰۵) مقایسه شدند. به منظور برازش دهی منحنیها از نرم افزار SlideWrite Plus 2.0استفاده شد. نمودارها با نرم افزار Microsoft Excel ترسیم گردیدند.

نتایج و بحث

ساختار اسید چربی روغنهای آفتابگردان، پوست بنه، کنجد و سبوس برنج در جدول ۱ نشان داده شده است. بیشترین میزان اسیدهای چرب اشباع از دیدگاه آماری به ترتیب به روغنهای پوست بنه (۲۶/۰۴ درصد)، سبوس برنج (۲۳/۰۶ درصد)، کنجد (۱۶/۵۲ درصد) و آفتابگردان (۱۳/۴۰ درصد) تعلق داشت.

روغن پوست بنه حاوی میزان بی نظیری از اسید پالمیتولئیک (C16:1) در بین روغنهای گیاهی رایج بود (۱۲/۳۹ در مقابل کمتر از ۲ درصد)؛ میزان این اسید چرب تک غیراشباع ۱۶ کربنه در چربیهای حیوانی و روغنهای دریایی به

ترتیب از ۲ تا ۹ درصد و از ۳ تا ۱۷ درصد متغیر است (دمان، ۱۹۹۱). بـه دلیـل سـطوح بـالای اسـیدهای پالمیتولئیـک و اولئیک (C18:1)، روغن پوست بنه به طور معنی داری حائز بیشترین میزان اسـیدهای چـرب تـک غیراشـباع (MUFA) 28/64) درصد) بود؛ این میزان در خصوص روغنهای سـبوس بـرنج، کنجـد و آفتـابگردان بـه ترتیـب ٤١/٤٩، ٣٠/٢٠ و ٢٨/٦٢ درصد تعیین گردید. روغن پوست بنه از دیـدگاه آمـاری دارای کمتـرین میـزان اسـیدهای چـرب چنـد غیراشـباع (PUFA) در بین روغنهای مورد مطالعه بـود (٩/٦٧ درصـد). میـزان آن در خـصوص روغنهـای سـبوس بـرنج، کنجـد و آفتابگردان به ترتیب عبارت از ٣٥/١٢، ٥٢/٥٧ و ٥٧/٠٤ درصد بود. بیشترین میزان معنی دار نسبت اسیدهای چـرب چنـد غیراشباع به اشباع (PUFA/SFA) به روغن آفتابگردان (٤/٢٦) و پس از آن به ترتیب به روغنهای کنجـد (٣/١٨)، سـبوس برنج (١/٥٣) و پوست بنه (٠/٣٧) اختصاص داشت. این نسبت معمولاً به عنوان معیـاری از میـزان سیـرناشدگی روغنها و چربیهـا و نیز تمایل آنهـا به خوداکسـایش لیپیدی در نظر گرفته می شود (مندز و همکاران، ١٩٩٦).

اعداد پراکسید و اسیدی روغنهای مورد مطالعه به ترتیب در محدوده ٠/٣٤ تا ٣/٠٧ میلی اکی والان گرم برکیلوگرم و ٠/١٩ تا ٥/٢٠ میلی گرم بر گرم قرار داشت. مقادیر بالاتر این دوکمیت، بخصوص در مورد روغن پوسـت بنـه، احتمـالاً ناشی از شرایط نامناسب حمل و یا نگهداری روغنهای مورد مطالعه بوده است (فرهوش و پژوهان مهر، ٢٠٠٩).

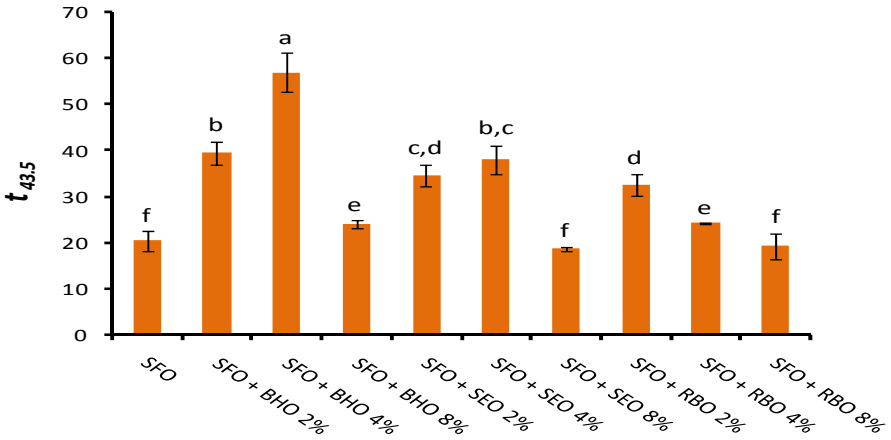
میزان کل ترکیبات توکوفرولی روغن کنجد (١٠٩٣/٣ میلی گرم بر کیلوگرم) به طور معنی داری بیش از روغنهـای سبوس برنج (٨٣٣/٠ میلی گرم بر کیلوگرم)، آفتابگردان (٧٤٠/٣ میلی گرم برکیلوگرم) و پوست بنه (٥٧٣/٤ میلی گـرم بـر کیلوگرم) بود. بر این اساس، روغن پوست بنه حاوی میزان کل ترکیبات توکوفرولی نسبتاً کمتری از روغنهای رایج گیاهی نیز هست. توکوفرولها یا همان ویتامینهای گروه E، اجزاء بسیار مهم بخش صابونی ناشونده روغنهای نباتی بـه شـمار مـی آیند. آنها دارای فعالیت آنتی اکسیدانی هستند و این سبب ارزش فوق العاده آنها در خصوص سلامتی انسان می شود.

بیشترین میزان معنی دار ترکیبات فنلی در روغن کنجد (١٠٤٢/٤ میلی گرم بر کیلوگرم) و پس از آن به ترتیـب در روغنهای پوست بنه (٢٧٦/٧ میلی گرم بر کیلوگرم)، سبوس برنج (٦٨/٠ میلی گرم بر کیلوگرم) و آفتـابگردان (٣٨/٧ میلـی گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. ترکیبات فنلی بیشتر از دیدگاه بروز فعالیت آنتی اکسیدانی مورد توجه قرار می گیرند، از این رو، روغن پوست بنه پس از روغن کنجد، منبع با ارزشی از نظر حضور مقادیر قابل توجـه ترکیبـات فنلـی در مقایـسه بـا روغنهای رایج گیاهی محسوب می گردد.

شیب تغییرات معادلات خطی (عدد a) که معیاری از سرعت افزایش عدد دی ان مزدوج طی فراینـد سـرخ کـردن محسوب می شود، حائز تفاوت معنی داری در خصوص نمونه های آزمایش شده بود. کمترین میزان پایداری سرخ کردنی به روغن آفتابگردان با شیب تغییرات ١/٦٣ تعلق داشت و هیچ اختلاف معنـی داری بـین میـزان عـدد a آن بـا روغنهـای آفتابگردان حاوی ٨ درصد روغنهای کنجد (a = ١/٥٤) یا سبوس برنج (a = ١/٥٣) وجود نداشت. این بدان معنـی اسـت که روغنهای کنجد و سبوس برنج در سطح ٨ درصد فاقـد هرگونـه اثـر آنتـی اکـسیدانی روی روغـن آفتـابگردان بودنـد. روغنهای آفتابگردان حاوی ٢ درصد روغنهای پوست بنه و کنجد حائز کمترین میزان عدد a (به ترتیب ١/١٤ و ١/١٧) یـا به عبارت دیگر بیشترین مقاومت به تخریب اکسایشی طی فرایند سرخ کردن بودند. . همان طور که در جدول ٢ نشان داده شده است، سطوح بیش از ٢ درصد روغنهای پوست بنه، کنجـد و سبوس برنج سبب کاهش پایـداری اکسایـشـی روغـن آفتابگـردان (افزایش اعداد a مربوطه) شد. این حاکی از اثر پرواکسیدانی این روغنها در سطوح اضافه شده می باشد.که می توان چنین نتیجه گرفت که فراکسیون فنلی روغن پوست بنه احتمالاً حاوی جزء یا اجزائی با فعالیت آنتی اکسیدانی مشابه یا حتی بهتر از لیگنانهای روغن کنجد (سزامین و سزامولین) و یا گاما- اوریزانول روغن سبوس برنج است.

جدول۳. نتایج محاسبه شده از برازش معادله خطی برازش یافته بر تغییرات عدد دی ان مزدوج طی فرایند سرخ کردن روغن آفتابگردان تحت تاثیر روغنهای پوست بنه، کنجد و سبوس برنج در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد *

روغن	CDV = *a* (time) + *b*		
	R^2	b ± SE	a ± SE
آفتابگردان	۰/۹۹۲	۱۱/۰±۱/۰۸ abc	۱/۶۳±۰/۰۶ a
پوست بنه (درصد)			
۲	۰/۹۹۵	۱۰/۱±۰/۵۷ bc	۱/۱۴±۰/۰۳ d
٤	۰/۹۹۲	۱۱/۲±۰/۸۲ ab	۱/۳۰±۰/۰۴ c
۸	۰/۹۹۱	۱۰/۷±۰/۹۹ abc	۱/۴۳±۰/۰۵ b
کنجد (درصد)			
۲	۰/۹۹۳	۱۱/۰±۰/۷۰ ab	۱/۱۷±۰/۰۴ d
٤	۰/۹۹۵	۱۲/۱±۰/۶۲ a	۱/۲۷±۰/۰۳ c
۸	۰/۹۹۳	۹/۱±۰/۹۵ c	۱/۵۴±۰/۰۵ a
سبوس برنج (درصد)			
۲	۰/۹۹۲	۱۰/۴±۰/۸۳ bc	۱/۳۱±۰/۰۴ c
٤	۰/۹۹۲	۹/۸±۰/۹۲ bc	۱/۴۰±۰/۰۵ b
۸	۰/۹۹۵	۱۰/۸±۰/۸۱ ab	۱/۵۳±۰/۰۴ a



شکل ٤. زمان لازم برای رسیدن عدد کربنیل به عدد ٤۳/۵ میکرومول بر گرم ($t_{43.5}$) برای روغن آفتابگردان (SFO) تحت تاثیر روغنهای پوست بنه (BHO)، کنجد (SEO) و سبوس برنج (RBO) طی فرایند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد. ستونهای دارای حروف مشترک از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند (آزمون دانکن، $P < ۰/۰۵$). تیرکهای ترسیم شده بر بالای ستونها نشان دهنده انحراف استاندارد داده های اندازه گیری شده است.

به استثنای روغنهای آفتابگردان حاوی ٤ درصد روغن سبوس برنج و ۸ درصد از هریک ازروغنهای آنتی اکسیدانی مورد استفاده، سایر نمونه ها روندی افزایشی در عدد کربنیل خود تا انتهای فرایند سرخ کردن را نشان دادند (جدول ٤-۵).

بر طبق مطالعات فرهوش و موسوی (۲۰۰۸)، چنانچه عدد کربنیل روغنی طی فرایند سرخ کردن کمتر از ٤٣/٥ میکرومـول بر گرم باشد، آن روغن کماکان ایمن و قابل استفاده بوده، طعمی پذیرفتـه دارد. بر ایـن اساس، با فـرض حـد قابـل قبـول ٤٣/٥ میکرومول بر گرم برای عدد کربنیل، زمان لازم برای رسیدن عدد کربنیل به این حد بـه عنـوان معیـاری از پایـداری سرخ کردنی نمونه های روغن ($t_{43.5}$) مد نظر قرار گرفت. همان طور که در شکل ٤ نشان داده شده است، ۲ تـا ٤ درصـد روغن پوست بنه دارای بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در بین تمام سطوح کمی روغنهای آنتی اکسیدانی مورد مطالعه بود. همچنین، افزایش سطح روغن آنتی اکسیدانی اضافه شده به ۸ درصد در خصوص تمام روغنهای آنتی اکسیدانی سبب بروز آثار پرواکسیدانی در روغن آفتابگردان شد.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد روغن پوست بنه از دیدگاه ساختار اسید چربی دارای پایداری اکسایشی فوق العاده ای نسبت به روغنهای بسیار پایدار کنجد و سبوس برنج می باشد. با وجود میزان کمتر کـل ترکیبـات توکـوفرولی در روغـن پوست بنه نسبت به روغنهای کنجد و سبوس برنج و نیز میزان کل ترکیبات فنلی حدود یک چهارم آن در روغـن کنجـد، قدرت روغن پوست بنه در ممانعت از انجام اکسایش اولیه و ثانویه لیپیدی در روغن آفتابگردان طی فرایند سرخ کردن در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد به طور قابل ملاحظه ای بیش از روغنهای آنتی اکسیدانی کنجد و سبوس برنج بود. عـلاوه بـر این، بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی روغن پوست بنه در غلظت ۲ درصد ظاهر شد و مقادیر بیش از آن سبب بروز فعالیت پرواکسیدانی گردید.

در مجموع، پژوهش حاضر به معرفی نمونه ای جدید از روغنهای گیاهی (روغن پوست بنه یا پسته وحشی، بـومی ایران) برای تغذیه انسان پرداخت که بر حسب ساختار اسید چربـی و نیـز حـضور آنتـی اکـسیدانهای ذاتـی خـود ضـمن برخورداری از پایداری اکسایشی بسیار بالا حائز فعالیت آنتی اکسیدانی بیشتری نسبت به روغنهای بـسیار پایـدار کنجـد و سبوس برنج بود.

منابع

ADDIS, P.B. and PARK, S. 1989. Role of lipid oxidation products in atheroscicrosis. In *Food Toxicology a Perspective on the Risks* (S.L. Taylor and R.A. Scanlan, eds.), Marcel Dekker, New York.

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

APARICIO, R., RODA, L., ALBI, M.A. and GUTIERREZ, F. 1999. Effect of various compounds on virgin olive oil stability measured by Rancimat. J. Agric. Food Chem. *47*, 4150–4155.

BUDOWSKI, P. and MARKELY, K.S. 1951. The chemical and physiological properties of sesame oil. Chem. Rev. *48*, 125–151.

CHOW, C.K. 1992. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*. Marcel Dekker, New York.

DANESHRAD, A. and AYNEHCHI, Y. 1980. Chemical studies of the oil from pistacia nuts growing wild in Iran. J. Am. Oil Chem. Soc. *57*, 248–249.

DEMAN, J.M. 1991. *Principles of Food Chemistry* (3rd ed.). Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD.

ENDO, Y., LI, C.M., TAGIRI-ENDO, M. and FUGIMOTO, K. 2001. A modified method for the estimation of total carbonyl compounds in heated and frying oils using 2-propanol as a solvent. J. Am. Oil Chem. Soc. *10*, 1021–1024.

FARHOOSH, R. and MOOSAVI, S.M.R. 2006. Determination of carbonyl value in rancid oils: A critical reconsideration. J. Food Lipids *13*, 298–305.

FARHOOSH, R. and MOOSAVI, S.M.R. 2008. Carbonyl value in monitoring of the quality of used frying oils. Anal. Chim. Acta *617*, 18–21.

FARHOOSH, R., NIAZMAND, R., REZAEI, M. and SARABI, M. 2008. Kinetic parameter determination of vegetable oil oxidation under Rancimat test conditions. Eur. J. Lipid Sci. Technol. *110*, 587–592.
FARHOOSH, R. and PAZHOUHANMEHR, S. 2009. Relative contribution of compositional parameters to the primary and secondary oxidation of canola oil. Food Chem. *114*, 1002-1006.
FARHOOSH, R., TAVAKKOLI, J. and HADDAD KHODAPARAST, M.H. 2008. Chemical Composition and Oxidative Stability of Kernel Oils from Two Current Subspecies of *Pistacia atlantica* in Iran. J. Am. Oil Chem. Soc. *85*, 723–729.
FATEMI, S.H. and HAMMOND, E.G. 1980. Analysis of oleate, linoleate and linolenate hydroperoxides in oxidized ester mixtures. Lipids *15*, 379–385.
GOPALA KRISHNA, A.G. 2002. Nutritional components of rice bran oil in relation to processing. Lipid Technol. *14*, 80–84.
GUARDIOLA, F., CODONY, R., ADDIS, P.B., RAFECAS, M. and BOATELLA, J. 1996. Biological effects of oxysterols: Current status. Food Chem. Toxicol. *34*, 193-211.
LINDERSCHMIDT, R., TRYLKA, A., GOAD, M. and WITSCHI, H. 1986. The effects of dietry butylated hydroxytoulene on liver and colon tumor development in mice. Toxicology, 38, 151–160.
MENDEZ, E., SANHUEZA, J., SPEISKY, H., Valenzuela, A. 1996. Validation of the Rancimat test for the assessment of the relative stability of fish oils. J Am. Oil Chem. Soc. *73*, 1033–1037.
MORELLO, J.R., MOTILVA, M.J., TOVAR, M.J. and ROMERO, M.P. 2004. Changes in commercial virgin olive oil (cv Arbequina) during storage, with special emphasis on the phenolic fraction. Food Chem. *85*, 357–364.
NAMIKI, M. 1995. The chemistry and physiological functions of sesame. Food Rev. Int. *11*, 281–329.
NAWAR, W.W. 1996. Lipids. In *Food Chemistry* (O.R. Fennema, ed.) pp. 225–321, Marcel Dekker, New York.
NICOLOSI, R.J., ROGERS, E.J., AUSMAN, L.M. and OTHOEFER, F.T. 1994. Rice bran oil and its health benefits. In *Rice Science and Technology* (W.E. Marshall and J.I. Wadsworth, eds.) pp. 350–421, Marcel Dekker, New York.
SABETI, H. 1994. *Forest, trees, and shrubs of Iran*. Iran University of Science and Technology Press, Tehran.
SAGUY, I.S., SHANI, A., WEINBERG, P. and GARTI, N. 1996. Utilization of jojoba oil for deep-fat frying of foods. Lebensm. Wiss. u.-Technol. *29*, 573–577.
SHANTHA, N.C. and DECKER, E.A. 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. J. AOAC Int. *77*, 21–424.
SONNTAG, N.O.V. 1981. Composition and characteristics of individual fats and oils. In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* (D. Swern, ed.) pp. 289–477, John Wiley and Sons, New York.
TAPPEL, A. 1995. Antioxidant's protection against peroxidation. Inform *6*, 780–783.
TYAGI, V.K. and VASIHTHA, A.K. 1996. Changes in the characteristics and composition of oils during deep-fat frying. J. Am. Oil Chem. Soc. *73*, 499–506.
WANASUNDARA, U., AMAROWICZ, R. and SHAHIDI, F. 1994. Isolation and identification of an antioxidative component in canola meal. J. Agric. Food Chem. *42*, 1285–1290.
WONG, M.L., TIMMS, R.E. and GOH, E.M. 1988. Colorimetric determination of total tocopherols in palm oil, olein and stearin. J. Am. Oil Chem. Soc. *65*, 258–261.
YASUKAWA, K., AKIHISA, T., KIMURA, Y., TAMURA, T. and TAKIDO, M. 1998. Inhibitory effect of cycloartenol ferulate, a component of rice bran, on tumor promotion in two-stage carcinogenesis in mouse skin. Biol. Pharm. Bull. *21*, 1072-1076.
JULIANO, C., COSSU, M., ALAMANNI, M.C. and PIU, L. 2005. Antioxidative activity of gamma-oryzanol: Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oil. Int. J. Pharm. *299*, 146–154.
SEETHARAMAIAH, G.S., KRISHNAKANTHA, T.P. and CHANDRASEKHHARA, N. 1990. Influence of oryzanol on platelet aggregation in rats. J. Nutr. Sci. Vit. *36*, 291–297.
WHITE, P.J. 1995. Conjugated diene, anisidine value and carbonyl value analysis. In *Methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods* (K. Warner and N.A.M. Eskin, eds.) pp. 158–178, AOCS Press, Champaign.