مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفدهم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۱۱۲-۱۰۵

مطالعه پایداری ویتامین D3 در سیستم‌های روغن آفتابگردان و اولئوژل بر پایه موم سبوس برنج و سوربیتان مونو استئارات

سید ضیاء الدین امامی[۱]، لیلا گلستان[۲]، خدیجه خوش‌طینت[۳]، سید احمد شهیدی[۴]، مهرداد محمدی[۳]

۱- گروه بهداشت مواد غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

۲- نویسنده مسئول: گروه بهداشت مواد غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران. پست الکترونیکی: golestan57@yahoo.com

۳- گروه تحقیقات صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۴- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد آیت ا... آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۶/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: به دلیل قابلیت انحلال مناسب ویتامین D در روغن، فرآورده‌های روغنی می‌تواند مناسب‌ترین حامل برای غنی‌سازی باشد. با این حال، پایداری و افت ویتامین D در مدت نگهداری مواد غذایی، همواره از اصلی‌ترین نگرانی‌های سیاست‌گزاران و تولیدکنندگان مواد غذایی ا ست. بنابراین، هدف تحقیق حا ضر غنی سازی و مقایسه پایداری ویتامین D_3 روغن آفتابگردان و اولئوژل بر پایه موم سبوس برنج و سوربیتان مونو استئارات حین فرآیند حرارت‌دهی و انبارمانی بود.

مواد و روش‌ها: اولئوژل (بر پایه موم سبوس برنج/سوربیتان مونواستئارات/روغن آفتابگردان) و روغن آفتابگردان با ویتامین D3 غنی‌سازی و پایداری آنها در دو شرایط حرارت‌دهی در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه و انبارمانی به مدت ۶۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مطالعه شد.

یافته‌ها: ویتامین D_3 در نمونه روغن آفتابگردان و نمونه اولئوژل به ترتیب ۲۹/۵ و ۲۴/۶ درصد کاهش یافت. بنابراین میزان افت ویتامین D_3 در نمونه اولئوژل کمتر بود. همچنین نتایج مشخص کرد که شرایط انبارمانی در هیچ‌کدام از نمونه‌ها منجر به تخریب ویتامین D_3 نشد.

نتیجه‌گیری: پایداری مطلوب ویتامین D_3 درهر دو نمونه حین شرایط حرارت‌دهی و انبارمانی بود و در این میان نمونه اولئوژلی توانایی بیشتری در حفظ ویتامین D_3 داشت.

واژگان کلیدی: ویتامین D_3، غنی‌سازی، روغن آفتابگردان، اولئوژل، میزان افت، پایداری

• مقدمه

دریافت کافی و مناسب ویتامین D برای کنترل تعادل عملکرد استخوان ضروری است. کمبود ویتامین D خطر ابتلا به مقاومت به انسولین و انواع دیابت، سرطان، بیماری‌های نقص سیستم ایمنی و قلبی و عروقی و میزان مرگ‌ومیر را افزایش می‌دهد. مرکز روماتیسم ایران اشاره کرده است که بیش از ۵۰ درصد افراد زیر ۴۰ سال کشور به کمبود ویتامین D3 مبتلاء هستند. این مرکز دلیل این موضوع را مصرف نسبتاً مناسب مکمل های ویتامین D توسط افراد میانسال و پیر می‌داند در حالی که افراد جوان به دلیل مصرف کمتر مکمل‌های غذایی، در معرض خطر کمبود ویتامین D هستند (۱).

یکی از بهترین روش‌ها برای جبران کمبود ویتامین D، غنی‌سازی مواد غذایی می‌باشد. غنی‌سازی محصولات غذایی را می‌توان مقرون به‌صرفه‌ترین راه برای مبارزه با مشکلات کمبود مواد مغذی در بین مداخلات بهداشتی به حساب آورد. غنی‌سازی عبارت است از افزودن ریزمغذی‌ها به غذاها به منظور غنی کردن آن‌ها از یک ریزمغذی معین. این استراتژی منجر به بهبود نسبتاً سریع وضعیت ریزمغذی‌های یک جمعیت با هزینه

بسیار مناسب شده است، به ویژه اگر از فن‌آوری‌های نو و شبکه‌های توزیع محلی در این راستا استفاده شود. با این‌حال، متأسفانه اجرای برنامه‌های غنی‌سازی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، ناکارآمد بوده است. از دلایل این موضوع می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ۱- عدم وجود اطلاعات مربوط به وضعیت کمبود ریزمغذی‌ها؛ ۲- عدم درک اهمیت کمبود ریزمغذی‌ها و نگرانی آن برای سیستم مراقبت‌های بهداشتی؛ ۳- اطلاعات ناکافی در مورد الگوهای مصرف غذا و ۴- نگرانی در مورد پذیرش مصرف‌کننده، مسائل رقابتی محصولات غذایی و هزینه‌های مربوط به قیمت تمام‌شده محصولات غذایی (۲).

چندین برنامه غنی‌سازی ویتامین D در سراسر جهان اجرا شده است. غذاهای مختلف غنی‌شده با ویتامین D بیشتر شامل شیر، محصولات لبنی و روغن خوراکی بوده است. انتخاب اقلام غذایی برای غنی‌سازی به الگوی مصرف غذاهای جمعیت کشور بستگی دارد (۳). روش‌های غنی‌سازی در کشورهای مختلف جهان به مقررات آن کشورها بستگی دارد؛ مثلاً در ابتدا، تمام مارگارین تولید شده برای مصارف داخلی در انگلستان و ایرلند مشمول غنی‌سازی اجباری بود، اما اکنون داوطلبانه شده است. سایر مواد غذایی مانند شیر خشک و شیر تغلیظ شده، غلات صبحانه، ماکارونی، رشته‌فرنگی، نوشیدنی‌ها، روغن‌های خوراکی و آرد گندم نیز ممکن است بطور داوطلبانه با ویتامین D همراه با سایر ریزمغذی‌ها غنی شوند. گزارش‌های مختلفی در مورد غنی سازی موفقیت‌آمیز ویتامین D و رعایت مقررات برای آمریکای شمالی منتشر شده است. برنامه غنی‌سازی با ویتامین Dدر ایران را می‌توان از موفق‌ترین نمونه‌های غنی‌سازی در جهان دانست که از اوایل دهه ۹۰ شمسی شروع شد و در سال ۱۳۹۵ با شروع غنی‌سازی روغن خوراکی به اوج خود رسید (۱). با توجه به تشابه ساختاری و انحلال آسان ویتامین D در روغن، روغن خوراکی را می توان جز بهترین گزینه ها برای غنی سازی در نظر گرفت (۴).

ایران جزء کشورهایی است که قوانین مدون و دقیقی در مورد غنی‌سازی با ویتامین D دارد. طبق آخرین دستورالعمل اجرایی غذاهای عملگرا و غنی‌سازی اختیاری مواد خوراکی و آشامیدنی سازمان غذا و دارو ایران تدوین شده در سال ۱۳۹۸، در صورتی که ماده غذایی ۳۰ ٪ مقدار مرجع مواد مغذی NRV (Nutrient reference value) را تأمین کند، یک ماده غذایی غنی شده به حساب می‌آید. از آنجا که مقدار مرجع برای ویتامین D معادل ۱۵ میکروگرم در روز می‌باشد، برای هر سهم روغن (معادل ۱۴ گرم یا یک قاشق غذا خوری روغن) باید ۴/۵ میکروگرم ویتامین D را تأمین نماید (۵).

از اصلی ترین چالش‌ها و نگرانی‌های سیاست‌گذاران و تولیدکنندگان مواد غذایی در طی غنی‌سازی با ویتامین D، اطمینان از پایداری و توزیع ناهمگن آن در مواد غذایی است. بطورکلی، موفقیت غنی‌سازی ویتامین D عمدتاً به ثبات ماتریس چربی در غذا بستگی دارد زیرا ویتامین D ، محلول در چربی است. مطالعات در مورد پایداری در غذاهای غنی‌شده به غیر از شیر بسیار محدود است و گزارش‌های مربوط به توزیع یکنواخت حتی نادر است. بنابراین، نیاز است که برای درک و هدایت بهتر تولیدکنندگان در جریان طراحی غذاهای غنی‌شده، مطالعات مربوط به پایداری، همگن‌سازی و زیسترسی (فراهمی زیستی Bio-availability) ویتامین D در غذاهای غنی‌شده بیش از پیش انجام گیرد (۶، ۲).

میزان پایداری و افت ویتامین D در طول تولید و ذخیره مواد غذایی، از اصلی‌ترین نگرانی‌های سیاست‌گذاران و تولیدکنندگان مواد غذایی است. از آنجا که یتامین D محلول در چربی است، موفقیت غنی‌سازی ویتامین D عمدتاً به ثبات ماتریس چربی در غذا بستگی دارد. غنی‌سازی با ویتامین D به دلیل بی‌ثباتی و توزیع ناهمگن در غذا یک چالش برای صنایع غذایی می‌باشد. مطالعات در مورد پایداری در غذاهای غنی‌شده، به غیر از شیر، بسیار محدود و گزارش‌های مربوط به توزیع یکنواخت نادر است. بنابراین، مطالعات مربوط به ثبات، همگن‌سازی و زیسترسی ویتامین D در غذاهای غنی‌شده باید برای درک بهتر در طراحی غذاهای غنی‌شده انجام شود (۲). با این حال مطالعات محدودی در زمینه پایداری ویتامین D3 در روغن خوراکی وجود دارد. Saghafi و همکاران (۱) میزان ویتامین D3 حفظ‌شده در روغن‌های آفتابگردان، کانولا و ذرت در طی فرآیند شبیه‌سازی پخت‌وپز (حرارت دادن روغن در حضور آب (۸۰درصد روغن/۲۰درصد آب) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه) را مطالعه کردند. نتایج نشان داد که میزان بقای ویتامین D3 اضافه شده به روغن‌های ذرت، آفتابگردان و کانولا در طول فرآیند پخت عادی از ۶۸/۶ تا ۸۷/۴ درصد متغیر است و میزان تخریب و بقای ویتامین D3 کمتر وابسته به نوع روغن و بلکه بیشتر وابسته به دما و زمان حرارت‌دهی می‌باشد. با این حال مطالعات در زمینه پایداری ویتامین D در محصولات روغنی غنی‌شده همچنان محدود است، به ویژه در محصولات روغنی جدید این خلاء پر رنگ‌تر است. به عنوان مثال تاکنون مطالعاتی در مورد غنی-سازی و پایداری روغن های ساختاریافته (Structured oils) مانند اولئوژل‌ها (Oleogels) با ویتامین D انجام نگرفته است.

اولئوژل یک سیستم روغنی شبه جامد می‌باشد که در آن روغن در یک شبکه سه بعدی ژل- مانند حاصل از ترکیبات

اولئوژل‌ساز به دام افتاده است. ترکیبات اولئوژل‌ساز امکان تولید ماتریسی ژل- مانند از روغن خوراکی با حداقل مقدار اشباعیت را فراهم می‌کنند. در چند سال اخیر اولئوژل با توجه به میزان اشباعیت بسیار پایینی که دارد جهت استفاده در کاربردهای مختلف غذایی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۹-۷).

با وجود برنامه موفق غنی‌سازی روغن‌های خوراکی با ویتامین D در ایران، همچنان دغدغه‌هایی در مورد میزان پایداری و افت این ویتامین در محصولات روغنی برای مصرف-کنندگان و سازمان‌های نظارتی طی فرآیندهای معمول حرارتی و انبارمانی وجود دارد. همچنین اطلاعات چندانی نیز در مورد پایداری ویتامین D در سیستم‌های اولئوژلی در دسترس نیست. لذا در مطالعه حاضر، غنی‌سازی ماتریس اولئوژل و روغن مایع آفتابگردان (۰/۹ میکروگرم ویتامین D در هر میلی لیتر روغن) انجام شد. سپس میزان پایداری و افت ویتامین D در ماتریس اولئوژل و روغن مایع آفتابگردان طی فرآیند حرارت‌دهی (در ۱۱۰ درجه سانتی گراد برای مدت یک ساعت) و انبارمانی (برای مدت ۶۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد) مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

روغن آفتابگردان خنثی، بی‌رنگ و بی‌بو اهدایی شرکت صنعت غذایی کورش (اشتهارد) استفاده شد. موم سبوس برنج (با نقطه ذوب ۷۸/۵ درجه سانتی‌گراد، اندیس صابونی ۷۹/۵، اندیس اسیدی ۵/۹ mgKOH/g، اندیس یدی ۸/۵، محتوای موم ۹۷ درصد و محتوای روغن ۲/۵ درصد) از Xi'an Green Spring technology Co (China) ، سدیم مونو استئارات (نقطه ذوب ۶۲ درجه سانتی‌گراد، اندیس صابونی ۱۵۵، عدد یدی ۲/۵، اندیس اسیدی ۵ mgKOH/g) از Fine Organics Ltd Agro-Kanesho Co Ltd. (India) خریداری شد. ویتامین D3 استاندارد با غلظت ۱ MIU/gr از شرکت DSM با نام تجاری Quali®-D (vitamin D) تهیه و سایر مواد شیمیایی از جمله اتانول، متانول و هگزان با درجه HPLC از Merck Millipore (Darmstadt, Germany) خریداری شد.

تهیه اولئوژل بر پایه موم سبوس برنج و سوربیتان مونو استئارات

در این تحقیق به منظور تولید اولئوژل، از فرمولاسیون اولئوژل بهینه‌سازی شده بر پایه اولئوژل‌سازهای سوربیتان مونواستئارات و موم سبوس برنج بهره گرفته شد. برای تولید ۱۰۰ گرم اولئوژل مطابق با روش Emami و همکاران (۷) ابتدا ۹۴/۷ گرم روغن تحت خلاء ۰/۸ bar تا دمای ۱۱۰ °C برای مدت ۵ دقیقه تحت همزدن ۳۰۰ rpm حرارت داده شد. در ادامه پس از قطع کردن لحظه ای خلاء، ۱ گرم از سوربیتان مونو استئارات و ۴/۳ گرم موم سبوس برنج به روغن افزوده و حرارت دهی روغن تا ذوب شدن کامل ترکیبات اولئوژل ساز و رفع کدورت از مخلوط تحت همزدن ۳۰۰ rpm ادامه یافت. پس از انحلال کامل ترکیبات اولئوژل ساز و رفع کدورت از مخلوط، حرارت‌دهی متوقف و همزدن برای مدت ۳۰ دقیقه تحت خلاء تا خنک شدن مخلوط و تشکیل اولئوژل ادامه داده شد.

غنی‌سازی روغن آفتابگردان و اولئوژل با ویتامینD3

غنی‌سازی با استفاده محلول استاندارد ۱ MIU/gr ویتامین D3 برای حصول غلظت ۰/۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر ویتامین D3معادل ۱۴میکروگرم از ویتامین D3 در ۱۴ گرم روغن (معادل ۱۰۰۰ ppb) انجام شد. پس از توزین و افزودن ویتامین D3 به روغن عمل اختلاط برای ۱۰ دقیقه در دمای اتاق مطابق روش Saghafi و همکاران (۱) انجام گرفت. مقدار ۱۴ میکروگرم از ویتامین D3 در هر سهم روغن تقریباً معادل با نیاز روزانه تعیین شده برای ویتامین D3 می‌باشد. در غنی‌سازی روغن آفتابگردان مقادیر مورد نظر ویتامین D پس از توزین به روغن افزوده و به مدت ۱۰ دقیقه جهت اختلاط مناسب همزده شد. در مورد غنی‌سازی اولئوژل نیز، در انتهای مراحل تهیه اولئوژل (مشابه با روش تهیه اولئوژل و قبل از تشکیل کامل اولئوژل) مقادیر مورد نظر ویتامین D به مخلوط اضافه و ۱۰ دقیقه مخلوط گردید.

اندازه‌گیری ویتامین D به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC)

در این تحقیق روش اندازه‌گیری ویتامین D3 بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۵۷۹ با عنوان «مواد غذایی - اندازه‌گیری ویتامین D به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا- اندازه‌گیری کوله کلسیفرول (D3) یا ارگوکلیسفرول (D2)» انجام شد. این روش سه مرحله کلی دارد: ۱- صابونی کردن نمونه روغنی با KOH اتانولی و حذف ترکیبات صابونی شونده از ماتریکس نمونه طی ۵ مرحله شست‌وشو با هگزان و آب مقطر. ۲- استخراج ویتامین D از سایر ترکیبات غیرقابل صابونی به‌وسیله دستگاه HPLC و ستون فاز نرمال نیمه تهیه‌ای DIOL (Normal Phase column) (سیلیکا باند شده با ذرات ۵ میکرومتر، قطر ۴ میلی متر و طول ۲۵۰ میلی متر) به کمک زمان بازداری استاندارد ویتامین D3 ۳- در نهایت اندازه‌گیری غلظت ویتامین D3 استخراج‌شده با دستگاه HPLC و ستون تجزیه فاز معکوس C18 (Analytical reverse phase column) (جنس ذرات سیلیکاژل با اندازه ذرات ۵ میکرومتر، قطر ۵ میلی متر و طول ۲۵۰ میلی متر) انجام گرفت. برای این منظور از

دستگاه HPLC شرکت(Japan) SHIMADZU10-ATVP و ستون C18 از شرکت Beijing Analysis Instrument (China) Company بهره گرفته شد. فاز متحرک مورد استفاده متانول بود و اندازه‌گیری در دمای محیط و سرعت جریان فاز متحرک ۱ لیتر در دقیقه بود (۱۰).

بررسی تأثیر زمان و حرارت بر مقدار ویتامین D3 در نمونه‌ها

بدین منظور نمونه‌های غنی‌شده با غلظت ۰/۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر از ویتامین D3 در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد روی گرم‌کن الکتریکی مجهز به حس‌گر دما قرار دادن و در زمان‌های ۰ و ۱ ساعت بعد از حرارت‌دهی از روغن‌ها نمونه‌برداری شد. پس از استخراج، نمونه‌ها به دستگاه HPLC تزریق شد.

بررسی تأثیر شرایط انبارمانی روی مقدار ویتامین D3 در نمونه‌ها

پایداری ویتامین D روغن آفتابگردان غنی‌شده و اولئوژل غنی‌شده در دوره انبارمانی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ روز به روش HPLC برای هر ۱۰ روز یک‌بار مورد ارزیابی قرار گرفت.

آنالیزهای آماری

آزمایش ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با حداقل سه تکرار انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون آنالیز واریانس یک طرفه و در سطح اطمینان ۹۵ ٪ و با استفاده از نسخه ۲۱ نرم افزار SPSS انجام گرفت.

• یافته‌ها

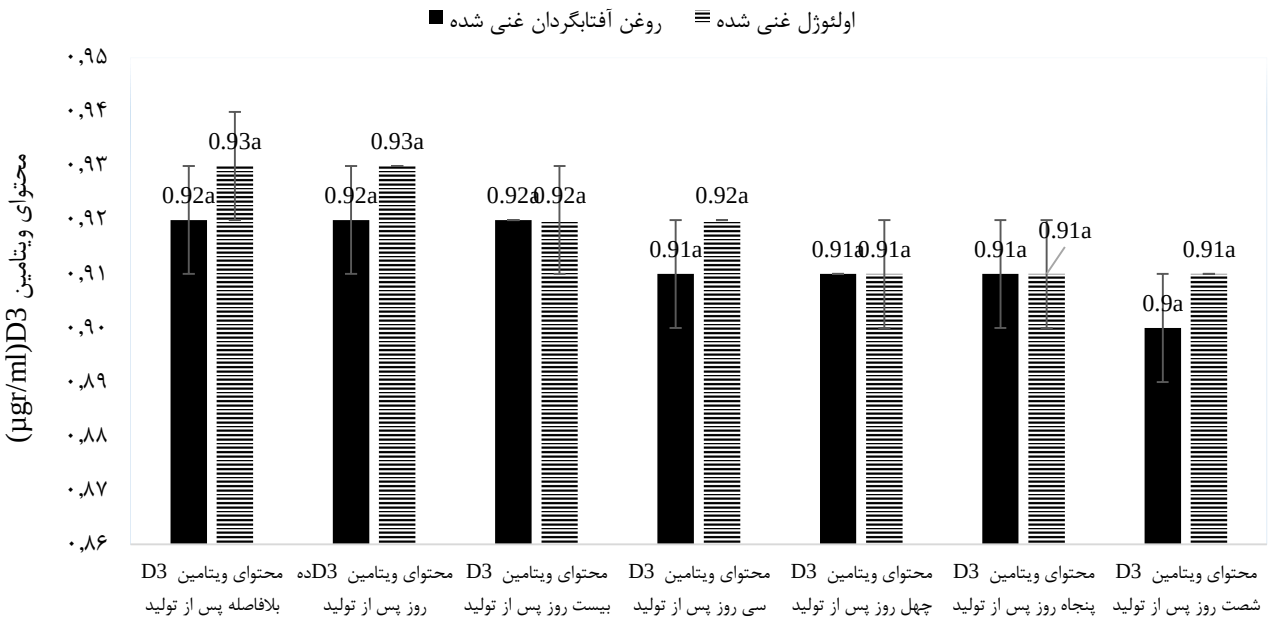
بررسی تأثیر زمان و حرارت بر مقدار ویتامین D3 در روغن آفتابگردان و اولئوژل

شکل ۱ تغییرات محتوای ویتامین D3 افزوده شده به نمونه اولئوژل و روغن آفتابگردان (شاهد) پس از حرارت دهی در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۶۰ دقیقه را نشان می‌دهد. چنانچه مشخص است در هر دو نمونه شاهد کاهش معنی‌دار محتوای ویتامین D3 طی فرآیند حرارت‌دهی بودیم، به‌گونه‌ای که ۲۹/۵ درصد افت ویتامین D در نمونه روغن آفتابگردان غنی‌شده و ۲۴/۶ درصد افت این ویتامین در نمونه اولئوژل مشاهده شد ($p<۰/۰۵$).

بررسی تأثیر شرایط انبارمانی روی مقدار ویتامین D3 در روغن آفتابگردان و اولئوژل

میزان ویتامین D3 افزوده‌شده به روغن آفتابگردان و اولئوژل در دوره انبارمانی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ روز به روش HPLC برای فواصل زمانی هر ۱۰ روز یک‌بار مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۲). چنانچه می‌توان مشاهده کرد، مقدار ویتامین D3 بلافاصله پس از تولید در روغن آفتابگردان و اولئوژل به ترتیب ۰/۹۲ و ۰/۹۳ میکروگرم بر میلی‌لیتر بود و میزان این ویتامین در روز شصتم پس از تولید به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۹۱ میکروگرم بر کیلوگرم بود که نشان‌دهنده کاهش جزئی و غیر معنی‌دار ویتامین D3 طی انبارمانی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مدت ۶۰ روز می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

شکل ۱. محتوای ویتامین D3 در نمونه اولئوژل و روغن آفتابگردان پس از حرارت دهی در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۶۰ دقیقه
اعداد با حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).



شکل ۲. میزان ویتامین D3 در روغن آفتابگردان و اولئوژل در دوره ۶۰ روزه انبارمانی
اعداد با حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p<۰/۰۵$).

• بحث

بررسی تأثیر زمان و حرارت بر مقدار ویتامین D3 در روغن آفتابگردان و اولئوژل

نیاز روزانه ویتامین D3 در گروه‌های سنی مختلف در جدول ۱ قابل مشاهده است (۱۱). چنانچه مشخص است نیاز روزانه گروه‌های سنی مختلف بطور متوسط ۱۰ تا ۲۰ میکروگرم در روز است. طبق آخرین ضابطه غنی‌سازی اداره غنی‌سازی سازمان غذا و دارو وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی ایران مربوط به سال ۱۳۹۸، حداقل میزان نیاز روزانه افراد به ویتامین D در ایران ۱۵ میکروگرم در روز است که در صورت اعلام ادعای غنی‌سازی توسط تولیدکنندگان روغن، حداقل ۳۰ درصد نیاز روزانه (معادل ۴/۵ میکروگرم در سهم روغن) باید توسط روغن تأمین شود.

طی فرآیند حرارت‌دهی روغن در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه، کاهش ۲۹/۵ و ۲۴/۶ درصد ویتامین D3 به ترتیب در نمونه روغن آفتابگردان و اولئوژل مشاهده می‌شود (به ترتیب پس از حرارت‌دهی ۰/۶۴ و ۰/۶۹ میکروگرم بر میلی‌لیتر. (یا ۹/۹۵ و ۱۰/۷۳ میکروگرم در هر ۱۴ گرم روغن). به این ترتیب هر دو نمونه غنی‌شده همچنان توانایی تأمین قسمت اعظم نیاز روزانه به ویتامین D را حتی پس از حرارت‌دهی داشته‌اند. نکته قابل‌توجه دیگر این است که نمونه اولئوژل غنی‌شده توانایی بیشتری در حفظ ویتامین D طی حرارت دهی داشت. دلیل این موضوع می‌تواند ساختار نیمه جامد و طبیعتاً انتقال حرارت مشکل‌تر در نمونه اولئوژلی نسبت به نمونه روغن مایع باشد. در واقع نمونه اولئوژلی به دلیل بافت نیمه جامد و فرآیند انتقال حرارت سخت‌تر نسبت به نمونه روغن مایع آفتابگردان، توانایی بیشتری در حفظ ویتامین D طی حرارت از خود نشان می‌دهد.

جدول ۱. نیاز روزانه گروه‌های مختلف سنی به ویتامین D3

گروه سنی	واحد بین‌المللی در روز (IU/day)	میکروگرم در روز (µg/day)
نوزادان ۰ تا ۱ سال	۴۰۰	۱۰
کودکان ۱ تا ۱۳ سال، نوجوانان ۱۳ تا ۱۷ سال، افراد ۱۸ تا ۷۰ سال، زنان ۷۱ سال و بیشتر	۶۰۰	۱۵
مردان ۷۱ ساله و بیشتر	۸۰۰	۲۰

Goli و همکاران (۱۲) با بررسی میزان پایداری و رهایش ویتامین D در اولئوژل بر پایه ژلاتین و زانتان طی ۴۵ روز انبارمانی در دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس نتایجی متفاوت با تحقیق حاضر به دست آوردند. آنها مشاهده کردند، نتایج آن‌ها نشان داد که حضور شبکه زیست پلیمر در کوتاه‌مدت تأثیر معنی‌داری بر پایداری ویتامین ندارد اما، بر رهایش کنترل‌شده ویتامین در مقایسه با روغن مؤثر است.

Saghafi و همکاران (۱) گزارش دادند که میزان بقای ویتامین D3 اضافه‌شده به روغن‌های ذرت، آفتابگردان و کانولا در طول فرآیند پخت عادی از ۶۸/۶ تا ۸۷/۴ درصد متغیر است و میزان تخریب و بقای ویتامین D3 کمتر وابسته به نوع روغن و بلکه بیشتر وابسته به دما و زمان حرارت‌دهی می‌باشد.

Jakobsen و Knuthsen (۱۳) گزارش کردند که میزان حفظ و ماندگاری ترکیبات ویتامین D در تخم‌مرغ و مارگارین در طول عملیات حرارتی در فر به مدت ۴۰ دقیقه در دمای معمولی پخت در محدوده ۳۹ تا ۴۵ درصد می‌باشد، درحالی‌که طبق نتایج آن‌ها، سرخ کردن منجر به بقای ۸۲ تا ۸۴ درصد ویتامین D می‌شود. تخم‌مرغ‌های آب پز دارای سطح نگهداری مشابهی بودند (۸۶ تا ۸۸ درصد). برای نان پخته‌شده، آن‌ها گزارش کردند همان‌طور که در دستور غذا توصیه شده است، میزان حفظ ویتامین D3 در نان چاودار (۶۹ درصد) کمتر از احتباس در نان گندم (۸۵ درصد) بود. آن‌ها مشاهده مشابهی برای ویتامین D2 نیز داشتند. Ložnjak و همکاران (۱۴) از روغن آفتابگردان به عنوان محیطی برای مطالعه تجزیه ویتامین های D3 و D2 در دمای ۱۰۰ و ۲۱۰ درجه سانتیگراد استفاده کردند و مشخص شد که هر دو ایزومر با سرعت یکسانی در برابر حرارت تجزیه می‌شوند. در مجموع طبق نتایج تحقیقات مختلف می‌توان نتیجه گرفت ویتامین D پایداری نسبتاً مطلوبی طی حرارت‌دهی دارد و همچنین میزان افت این ویتامین به عوامل مختلفی مانند نوع ماده غذایی، شرایط حرارت‌دهی و نوع فرآیند مورد استفاده بستگی دارد.

بررسی تأثیر شرایط انبارمانی روی مقدار ویتامین D3 در روغن آفتابگردان و اولئوژل

یکی از نگرانی‌هایی که در مورد پایداری ویتامین D در محصولات روغنی وجود دارد چگونگی روند پایداری و کاهش احتمالی ویتامین D در روغن طی شرایط معمول انبارمانی است. از آنجا که طبیعتاً طی فرآیندهای حرارتی افت مقداری از ویتامین D غنی شده در محصولات روغنی روی می‌دهد، اهمیت حفظ بیشترین میزان این ویتامین طی انبارمانی بالا مشخص می‌شود. از این رو در تحقیق حاضر علاوه بر مطالعه روند افت ویتامین D طی فرآیند حرارتی، میزان پایداری و افت این ویتامین طی شرایط معمول انبارمانی نیز مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد انبارمانی هر دو نمونه روغن آفتابگردان و اولئوژل تأثیر معنی‌داری بر میزان ویتامین D3 نداشت و تمام ویتامین D3 افزوده شده به نمونه‌ها طی شرایط انبارمانی باقی می‌ماند. این نشان‌دهنده پایداری بسیار مطلوب این ویتامین در سیستم‌های روغنی طی شرایط انبارمانی می‌باشد. در ادامه برخی مطالعات که به بررسی پایداری ویتامین D در شرایط مختلف نگهداری پرداخته اند، اشاره می‌گردد.

Zareie و همکاران (۱۵) تأثیر شرایط نگهداری از جمله نور، هوا، دمای نگهداری و زمان را بر حفظ ویتامین D3 در روغن کانولا غنی شده مورد ارزیابی قرار دادند. علاوه بر این، آن‌ها یک مطالعه سینتیکی بر روی تجزیه ویتامین D3 در روغن انجام دادند. برای این منظور، آن‌ها روغن کانولای غنی شده را در دو غلظت اولیه ۶/۸۷ mg/kg-1 و ۱۳/۸ mg/kg-1 تهیه کردند و سپس در بطری‌های پلی اتیلن ترفتالات شفاف و قهوه‌ای تیره در دو سطح پر شدن ۵۰ درصد و ۱۰۰ درصد، پر نمودند. در ادامه نمونه‌ها در دو دمای ۴ درجه سانتی گراد و دمای اتاق (۲۷ درجه سانتی گراد) نگهداری شدند. نتایج این محققان نشان داد که حفظ ویتامین D3 در نمونه‌های مختلف تحت تأثیر نوع بسته‌بندی، دمای نگهداری و غلظت اولیه قرار دارد. ویتامین D3 در نمونه‌ها با غلظت کمتر این ویتامین که در یخچال نگهداری شده بودند، پس از ۷۰ روز نگهداری بیشترین میزان ماندگاری (۹۱ درصد) را از خود نشان دادند و نمونه‌ها با غلظت اولیه بالاتر در ظروف شفاف که در دمای اتاق نگهداری شده بودند، بیشترین افت (۵۵/۶ درصد) را نشان دادند. همچنین نتایج مطالعه سینتیکی آن‌ها نشان داد که غلظت ویتامین D3 تحت تأثیر شرایط ذخیره سازی قرار می‌گیرد و نیمه عمر ویتامین D3 بسته به شرایط نگهداری از ۹۶ تا ۵۷۷ روز متفاوت است.

Andarwulan و همکاران (۱۶) تأثیر سطوح ۲، ۴ و ۹ meq/kg بر پایداری ویتامین A در روغن پالم را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان افت ویتامین در سطوح بیشتر عدد پراکسید، بالاتر می‌باشد.

Hemery و همکاران (۱۷) روغن سویا بسته‌بندی شده در بطری‌های پلی اتیلن ترفتالات را به عنوان ماتریس مدل برای مطالعه اثرات وضعیت اکسایشی، محتوای آنتی اکسیدانی (α-توکوفرول) و قرار گرفتن در معرض نور و اکسیژن بر میزان تخریب ویتامین D3 در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد را بررسی و نشان دادند که تخریب ویتامین D3 از طریق اکسیداسیون اتفاق می‌افتد. زمان نگهداری و قرار گرفتن در معرض نور و در نهایت وضعیت اکسایشی اولیه بیشترین تأثیر را داشتند. نتایج آن‌ها

نشان داد که توکوفرول دارای نقش محافظتی بر ویتامین D3 می‌باشد. طبق مطالعه این محققان، میزان افت ویتامین D3 پس از نگهداری در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵۰ روز در محدوده ۳۲ تا ۷۶ درصد متغیر است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اقدام به غنی سازی روغن آفتابگردان و اولئوژل برپایه موم سبوس برنج/سدیم مونو استئارات با ویتامین D3 شد. در ادامه میزان پایداری و افت ویتامین D3 تحت شرایط حرارت دهی در ۱۱۰ درجه سانتی گراد به مدت ۶۰ دقیقه و شرایط انبارمانی در ۲۵ درجه سانتی گراد به مدت ۶۰ روز مورد مطالعه قرار گرفت. به صورت مختصر نتایج نشان‌دهنده پایداری مطلوب ویتامین D در روغن آفتابگردان و اولئوژل طی شرایط حرارت دهی و انبارمانی بود و در این میان نمونه اولئوژلی توانایی بیشتری در حفظ ویتامین D داشت. در مجموع می‌توان نتیجه گیری کرد که هر دو محیط روغن آفتابگردان و اولئوژل بستر مناسبی برای غنی‌سازی با ویتامین D می‌باشند.

سپاسگزاری

از شرکت "صنعت غذایی کورش" به ویژه "جناب آقای دکتر کورش منتصر" و همچنین "جناب آقای دکتر محمدحسین نائلی" برای تمامی کمک‌ها در انجام این کار، بسیار سپاسگزاریم.

• References

1. Saghafi Z, Nikooyeh B, Jamali A, Mehdizadeh M, Zargaraan A. Influence of time and temperature on stability of added vitamin D3 during cooking procedure of fortified vegetable oils. Nutrition and Food Sciences Research 2018; 5.4: 43-48.
2. Maurya VK, Bashir K, Aggarwal M. Vitamin D microencapsulation and fortification: Trends and technologies. The Journal of steroid biochemistry and molecular biology 2020; 196: 105489.
3. Lavelli V, D'Incecco P, Pellegrino L. Vitamin D incorporation in foods: Formulation strategies, stability, and bioaccessibility as affected by the food matrix. Foods 2021; 10.9: 1989.
4. Yang Z, Laillou A, Smith G, Schofield D, Moench - Pfanner R. A review of vitamin D fortification: implications for nutrition programming in Southeast Asia. Food and nutrition bulletin 2013; 34(2_suppl1): S81 -S9.
5. Iranian Food and Drug Administration (IFDA). Implementation guidelines for functional foods and optional fortification of food and beverages. 1398.
6. Chen PS, Raymond Terepka A, Lane K, Marsh A. Studies of the stability and extractability of vitamin D. Analytical Biochemistry. 1965; 1965/03/01/;10(3):421-34.
7. Emami SZ, Golestan L, Khoshtinat K, Shahidi SA, Mohammadi M. Optimization of the oleogel- vanaspati formulation based on rice bran wax and sorbitan monostearate. Journal of Food Processing and Preservation 2021; 45.11: e15913.
8. Naeli MH, Milani JM, Farmani J, Zargaraan A. Development of innovative ethyl cellulose-hydroxypropyl methylcellulose biopolymer oleogels as low saturation fat replacers: Physical, rheological and microstructural characteristics. International journal of biological macromolecules 2020; 156, 792-804.
9. Naeli MH, Milani JM, Farmani J, Zargaraan, A. Developing and optimizing low-saturated oleogel shortening based on ethyl cellulose and hydroxypropyl methyl cellulose biopolymers. Food Chemistry 2022; *369*: 130963.
10. Institute of Standards and Industrial Research of Iran (ISIRI). Foodstuffs - Determination of vitamin D by high performance liquid chromatography -Measurement of cholecalciferol (D3) or ergocalciferol (D2). 1398.
11. Buttriss JL, Lanham- New SA. Is a vitamin D fortification strategy needed?. Nutrition Bulletin 2020; 45.2: 115.
12. Goli A, Investigation of oleogel characteristics in non-thermal process using gelatin and xanthan biopolymers and its fortification with vitamin D. Journal of food science and technology (Iran) 2019; 89: 249-261 [in Persian].
13. Jakobsen J, Knuthsen P. Stability of vitamin D in foodstuffs during cooking. Food chemistry 2014; 148: 170-175.
14. Ložnjak P, Jakobsen J. Stability of vitamin D3 and vitamin D2 in oil, fish and mushrooms after household cooking. Food Chem. 2018; 254, 144–149.
15. Zareie M, Abbasi A, Faghih S. Influence of Storage Conditions on the Stability of Vitamin D3 and Kinetic Study of the Vitamin Degradation in Fortified Canola Oil during the Storage. Journal of Food Quality 2021.
16. Andarwulan N, Gitapratiwi D, Laillou A, Fitriani D, Hariyadi P, Moench-Pfanner R, Martianto D. Quality of vegetable oil prior to fortification is an important criterion to achieve a health impact. Nutrients 2014; 6.11: 5051-5060.
17. Hemery YM, Fontan L, Moench-Pfanner R, Laillou A, Berger J, Renaud C, Avallone S. Influence of light exposure and oxidative status on the stability of vitamins A and D3 during the storage of fortified soybean oil. Food chemistry 2015; 184: 90-98.

Stability Study of Vitamin D_3 in Sunflower Oils and Oleogels Based on Rice Bran Wax and Sorbitan Monostearate

Emami Z [1], Golestan L[2], Khoshtinat Kh[3], Shahidi S.A[4], Mohammadi M [3]*

1- Department of Food Hygiene, Ayatollah Amoli Branch,, Islamic Azad University, Amol, Iran.

*2- *Corresponding author: Department of Food Hygiene, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.. Email:Golestan57@yahoo.com*

3- Department of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4 Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

Received 30 May, 2022 **Accepted 12 Sep, 2022**

Background and Objectives: Due to the good solubility of vitamin D in oils, oil products can be addressed as one of the most suitable fortification vehicle. However, sustainability and loss of vitamin D during food storage is one the major concerns for the food policymakers and producers. Therefore, the objectives of this study was to fortify and compare the stability of vitamin D3 in sunflower oil and oleogel based on rice bran wax and sorbitan monostearate, during heating and storage.

Materials and methods: Oleogels (based on rice bran wax/sorbitan monostearate/sunflower oil) and sunflower oil fortified by vitamin D_3, then stabilities of them was compaired, under two various conditions; including heating at 110 °C for 60 min and storage for 60 days at 25 °C.

Results: Vitamin D_3 in sunflower oil and oleogel samples decreased 29.5 and 24.6%, respectively. Thus, the rate of vitamin D_3 lost was less in oleogel sample. Moreover, results showed that storage conditions did not degrade vitamin D_3 in the samples.

Conclusion: The optimal stability of vitamin D_3 in the two samples during heating and storage conditions and oleogel samples showed greater abilities to preserve vitamin D_3.

Keywords: Vitamin D_3, Enrichment, Sunflower oil, Oleogel, Stability