مروری بر کره گیاهی عملکردی بر پایه روغن تخم کدو به عنوان جایگزین چربی حیوانی

زینب رحیمی [*۱]، خانم دکتر مهناز طبیبی آذر[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت و ایمنی موادغذایی،دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز،

Rahimi@tbzmed.ac.ir

۲-استاد گروه علوم و صنایع غذایی ، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز،

mahnaz-tabibiazar@yahoo.com

خلاصه

در سال‌های اخیر، نگرانی‌های جهانی پیرامون اثرات منفی چربی‌های اشباع و اسیدهای چرب ترانس بر سلامت انسان و محیط‌زیست، زمینه‌ساز تحقیقات گسترده‌ای برای یافتن جایگزین‌های سالم‌تر در صنایع غذایی شده است. در این میان، تکنولوژی اولئوژلاسیون (Oleogelation) به‌عنوان روشی نوین برای ساختاردهی روغن‌های مایع گیاهی، نقش کلیدی در توسعه چربی های سالم و عملکردی ایفا کرده است. این فرآیند با استفاده از ساختاردهنده‌های طبیعی مانند موم سبوس برنج، موم کارنائوبا و منوگلیسریدها، امکان تبدیل روغن‌های مایع به چربی‌های نیمه‌جامد با خواص فیزیکی مشابه چربی‌های جامد را فراهم می‌کند، در حالی‌که نسبت اسیدهای چرب غیراشباع در آن‌ها افزایش یافته و خطرات متابولیکی کاهش می‌یابد.در این میان، روغن تخم کدو (Pumpkin Seed Oil) با دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع، فیتواسترول‌ها، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها و ترکیبات فیتواستروژنی، به‌عنوان یک منبع چربی عملکردی طبیعی و جایگزینی سالم برای چربی‌های حیوانی مطرح است. شواهد علمی نشان می‌دهد که این روغن با اثرات آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تنظیم‌کننده هورمونی خود، در بهبود سلامت پروستات، کاهش استرس اکسیداتیو و تعادل هورمون‌های جنسی نقش دارد. ترکیب فناوری اولئوژلاسیون با روغن تخم کدو، زمینه‌ساز تولید چربی‌های ساختاریافته‌ای است که ضمن حفظ پایداری حرارتی و رئولوژیکی، از ارزش تغذیه‌ای بالایی برخوردارند و می‌توانند در تولید انواع محصولات غذایی نظیر مارگارین‌ها، شکلات‌ها، خامه‌های گیاهی و فرآورده‌های گوشتی مورد استفاده قرار گیرند. با وجود این، چالش‌هایی از جمله پایداری در شرایط صنعتی، ارزیابی ایمنی ترکیبات فعال، هزینه‌ی بالای ساختاردهنده‌ها و پذیرش مصرف‌کننده همچنان مانع تجاری‌سازی گسترده این فناوری هستند. به‌طور کلی، هم‌افزایی بین روغن تخم کدو و فناوری اولئوژلاسیون رویکردی نوآورانه برای اصلاح پروفایل چربی، ارتقای سلامت عمومی و توسعه محصولات غذایی پایدار و عملکردی فراهم می‌آورد که می‌تواند در آینده به یکی از راهکارهای کلیدی در طراحی چربی‌های سالم در صنایع غذایی تبدیل شود.

.

کلمات کلیدی: روغن تخم کدو، اولئوژل ، چربی عملکردی ، اسیدهای چرب غیر اشباع ، موم طبیعی ، فناوری ساختاردهی روغن، سلامت هورمونی ، پایداری اکسیداتیو

۱-مقدمه

چربی‌ها از اجزای اساسی و ضروری رژیم غذایی انسان به شمار می‌روند و نقش مهمی در سلامت، عملکرد فیزیولوژیک و ویژگی‌های حسی مواد غذایی دارند. چربی‌ها علاوه بر تأمین انرژی (۹ کیلوکالری در هر گرم)، به عنوان حامل ویتامین محلول در چربی (A، D، E وK)، اسیدهای چرب ضروری و ترکیبات زیست‌فعال عمل می‌کنند. از نظر تکنولوژیکی نیز، چربی‌ها در تعیین ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژیکی مواد غذایی از قبیل ویسکوزیته، پایداری حرارتی، قابلیت پخش، ساختار کریستالی، و ویژگی‌های حسی نظیر طعم، بافت و احساس دهانی (mouthfeel) نقش کلیدی دارند. چربی‌ها و روغن‌ها عمدتاً از تری‌گلیسیریدها تشکیل شده‌اند که شامل اسیدهای چرب اشباع(SFA) ، غیراشباع یگانه (MUFA) و چندغیراشباع (PUFA) هستند[1]. ترکیب و کیفیت این اسیدهای چرب، تأثیر مستقیم بر ارزش تغذیه‌ای و خواص فیزیکی چربی دارد. در این میان، چربی‌های جامد و نیمه‌جامد در صنایع غذایی به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند، چراکه به ایجاد ساختار و قوام مطلوب در محصولاتی مانند نان، شیرینی، کیک، فرآورده‌های گوشتی و لبنی کمک می‌کنند. با این حال، چربی‌های جامد معمولاً سرشار از اسیدهای چرب اشباع هستند که مصرف زیاد آن‌ها با افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن از جمله فشار خون بالا، دیابت، چاقی و بیماری‌های قلبی‌عروقی ارتباط دارد. اسیدهای چرب اشباع مانند لوریک(C12:0) ، میریستیک(C14:0) ، پالمیتیک (C16:0) و استئاریک (C18:0) در مقادیر زیاد می‌توانند موجب افزایش کلسترول تام و لیپوپروتئین با چگالی پایین (LDL) در خون شوند. به‌دلیل اثرات نامطلوب سلامتی ناشی از مصرف زیاد چربی‌های اشباع و ترانس، سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان جهانی بهداشت (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO) توصیه می‌کنند که سهم چربی‌های اشباع در رژیم غذایی روزانه کمتر از ۱۰ درصد کل انرژی دریافتی و میزان چربی‌های ترانس کمتر از ۱ درصد باشد. بر همین اساس، پژوهش‌های متعددی به‌دنبال یافتن جایگزین‌های سالم‌تر و طبیعی برای چربی‌های جامد و ترانس هستند[2]. در گذشته، هیدروژناسیون جزئی روغن‌های گیاهی برای ایجاد قوام جامد به‌طور گسترده به کار می‌رفت، اما این فرآیند منجر به تشکیل ایزومرهای ترانس و افزایش محتوای اسیدهای چرب اشباع می‌شود که از دیدگاه تغذیه‌ای نامطلوب است. بنابراین، در سال‌های اخیر روش‌های جایگزینی نظیر فرکسیوناسیون، اینتراستریفیکاسیون آنزیمی و به‌ویژه اُلئوژلاسیون (Oleogelation) مورد توجه قرار گرفته‌اند[3]. اُلئوژلاسیون روشی نوین در مهندسی چربی است که طی آن روغن‌های مایع با استفاده از ساختاردهنده‌هایی به نام اُلئوژلاتور (Oleogelator) به صورت مواد نیمه‌جامد یا جامد در می‌آیند، بدون آنکه ترکیب شیمیایی اسیدهای چرب آن‌ها تغییر کند. در این فرایند، اُلئوژلاتورهایی مانند اتیل‌سلولز، موم‌های طبیعی (کارنوبا، موم برنج، موم آفتابگردان)، مونوآسیل‌گلیسرول‌ها و استرول‌ها در غلظت‌های پایین (۱ تا ۱۰ درصد وزنی) به روغن افزوده می‌شوند و شبکه‌ای سه‌بعدی در ماتریس روغن ایجاد می‌کنند که منجر به ایجاد بافت جامد و پایدار می‌شود[4]. این روش امکان تولید چربی‌های شبه‌جامد را فراهم می‌سازد که از نظر تغذیه‌ای سالم‌تر بوده و فاقد اسیدهای چرب ترانس هستند. از سوی دیگر، چربی‌های غیراشباع به‌ویژه اسیدهای چرب تک‌غیراشباع (مانند اولئیک اسید) و چندغیراشباع (مانند لینولئیک و آلفا-لینولنیک اسید) دارای اثرات مطلوبی بر سلامت انسان هستند؛ از جمله کاهش خطر بیماری‌های قلبی‌عروقی، بهبود عملکرد متابولیک، و

اثرات ضدالتهابی. روغن‌های گیاهی همچون آفتابگردان، کلزا، سویا و به‌ویژه روغن تخم کدو (Pumpkin Seed Oil) از منابع غنی این ترکیبات محسوب می‌شوند[5] .

در سال‌های اخیر، روغن تخم کدو به دلیل پروفایل تغذیه‌ای ممتاز و خواص زیست‌فعال فراوان مورد توجه قرار گرفته است. این روغن که معمولاً از طریق فشار سرد از دانه‌های کدو (Cucurbita spp.) استخراج می‌شود، حاوی مقادیر قابل توجهی از اسیدهای چرب ضروری (عمدتاً اولئیک و لینولئیک اسید)، فیتواسترول‌ها (مانند بتا-سیتوسترول و استیگماسترول)، توکوفرول‌ها (ویتامین E)، مواد معدنی (روی و منیزیم)، پلی‌فنول‌ها و کاروتنوئیدها است. این ترکیبات با اثرات مفیدی همچون حمایت از سلامت قلب، تقویت عملکرد پروستات، کاهش التهاب و بهبود سلامت پوست و مو ارتباط دارند[6]. افزون بر این، وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در روغن تخم کدو به پایداری اکسیداتیو آن کمک کرده و آن را به گزینه‌ای مناسب برای استفاده در ساخت اُلئوژل‌ها بدل می‌کند. با این حال، ماهیت غیراشباع این روغن، آن را نسبت به اکسیداسیون در دماهای بالا حساس می‌سازد؛ از این‌رو استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی (مانند پلی‌فنول‌ها یا عصاره چای سبز) برای افزایش پایداری حرارتی و طول عمر آن ضروری است. در صنایع غذایی، یکی از چالش‌های اساسی در جایگزینی چربی‌های جامد با روغن‌های مایع، حفظ خواص فیزیکی، حسی و عملکردی محصول است؛ زیرا چربی‌ها نه‌تنها بر طعم و بافت، بلکه بر پایداری حرارتی، قابلیت ذوب، پخش‌پذیری و پذیرش مصرف‌کننده تأثیر می‌گذارند. در این راستا، استفاده از فناوری‌های جدید نظیر بی‌ژل‌ها – (Bigels) که ترکیبی از اُلئوژل و هیدروژل هستند – می‌تواند منجر به تولید سیستم‌های دوفازی با پایداری فیزیکی بالا و قابلیت تنظیم ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای شود[7].

از دیدگاه زیست‌محیطی نیز، جایگزینی روغن‌های اشباع‌شده نظیر روغن پالم که تولید آن با تخریب جنگل‌های استوایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه است، با روغن‌های گیاهی غیراشباع مانند روغن تخم کدو می‌تواند به پایداری زیست‌محیطی و توسعه کشاورزی پایدار کمک کند. در مجموع، چربی‌های اشباع و ترانس از عوامل خطر مهم در بروز بیماری‌های متابولیک و قلبی‌عروقی محسوب می‌شوند، در حالی‌که روغن‌های گیاهی غیراشباع، به‌ویژه روغن تخم کدو، به‌دلیل دارا بودن اسیدهای چرب ضروری، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و ترکیبات زیست‌فعال، جایگزین‌های ارزشمندی برای چربی‌های حیوانی و چربی‌های جامد صنعتی به شمار می‌روند[8]. به کارگیری فناوری اُلئوژلاسیون با استفاده از ساختاردهنده‌هایی مانند اتیل‌سلولز می‌تواند راهکاری نوین و مؤثر برای تولید چربی‌های سالم‌تر با ویژگی‌های فیزیکی، عملکردی و حسی مطلوب باشد، به‌گونه‌ای که ضمن حفظ کیفیت و پذیرش مصرف‌کننده، ارزش تغذیه‌ای محصولات غذایی نیز بهبود یابد[9].

۲-۱- چربی و سلامت

چربی‌ها یکی از مهم‌ترین درشت‌مغذی‌ها در رژیم غذایی انسان محسوب می‌شوند که نقش‌های متعددی از جمله تأمین انرژی، جذب ویتامین‌های محلول در چربی(A ، D ،E ، K) ، ساختاردهی غشاهای سلولی و تنظیم عملکرد هورمون‌ها را بر عهده دارند[10]. با این حال، نوع و کیفیت چربی مصرفی در سلامت انسان نقش تعیین‌کننده دارد. در دهه‌های اخیر، مصرف بیش از حد چربی‌های اشباع و اسیدهای چرب ترانس صنعتی (TFAs) با افزایش خطر بیماری‌های قلبی–عروقی،

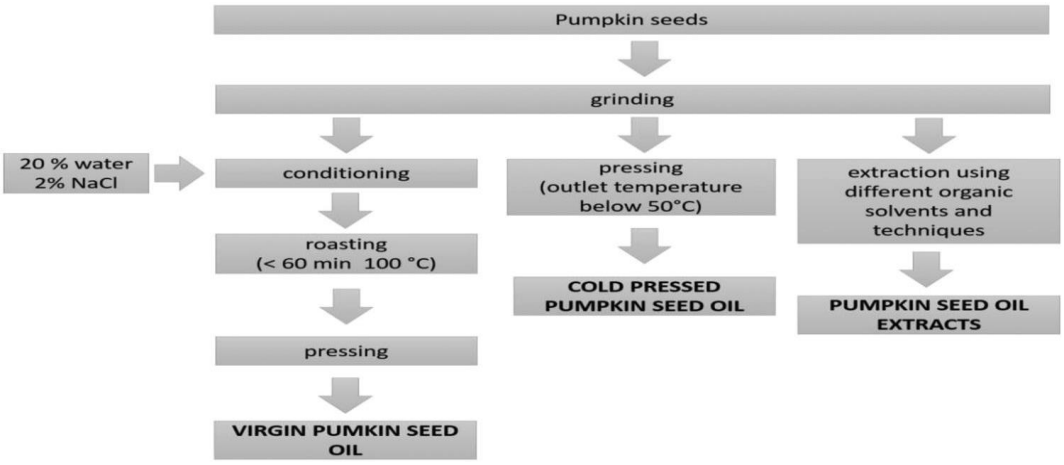
چاقی، دیابت نوع ۲، التهاب مزمن و سندرم متابولیک ارتباط مستقیم داشته است. چربی‌های ترانس به‌ویژه موجب افزایش سطح LDL-C (کلسترول بد) و کاهش HDL-C (کلسترول خوب) می‌شوند و از این طریق در پیشرفت آترواسکلروز نقش دارند [11]. در پاسخ به این نگرانی‌ها، سازمان‌های بین‌المللی از جمله WHOو FAO توصیه کرده‌اند که مصرف اسیدهای چرب ترانس باید به کمتر از ۱٪ کل انرژی روزانه کاهش یابد[12]. برنامه جهانی REPLACE که توسط WHOدر سال ۲۰۱۸ معرفی شد، هدف دارد اسیدهای چرب ترانس را به‌طور کامل از زنجیره غذایی جهانی حذف کند. این برنامه بر شش گام کلیدی متمرکز است:

۱. بازنگری در منابع تولید و مصرف ترانس‌ها در مواد غذایی
۲. جایگزینی با چربی‌ها و روغن‌های سالم‌تر
۳. قانون‌گذاری و تدوین مقررات محدودکننده
٤. پایش و ارزیابی مداوم سطوح ترانس در زنجیره غذایی
٥. آگاهی‌بخشی عمومی درباره اثرات سوء چربی‌های ناسالم
٦. اجرای سیاست‌های مؤثر در سطح ملی

در همین راستا، اتحادیه اروپا و سازمان ایمنی غذای اروپا (EFSA) نیز در سال ۲۰۱۹ مقرراتی تصویب کردند که بر اساس آن، حداکثر میزان مجاز اسیدهای چرب ترانس در مواد غذایی ۲ گرم در هر ۱۰۰ گرم چربی کل تعیین شد. این تحولات جهانی موجب افزایش تقاضا برای روغن‌های گیاهی سالم و جایگزین‌های طبیعی چربی‌های جامد شده است که ضمن داشتن خواص عملکردی مناسب، از منظر تغذیه‌ای نیز سودمند باشند[14] و [13].

۲-۲- روغن تخم کدو به عنوان جایگزین سالم تر

روغن تخم کدو (Pumpkin Seed Oil; PSO) یکی از ارزشمندترین روغن‌های گیاهی است که از دانه‌های گونه‌های مختلف کدو مانند Cucurbita pepo و Cucurbita maxima به روش فشار سرد استخراج می‌شود[15]. این روغن



شکل ۱-

نمودار شماتیک روش‌های مختلف تولید روغن تخمه کدو

به دلیل ترکیب منحصربه‌فرد اسیدهای چرب و وجود ترکیبات زیست‌فعال، در رده روغن‌های عملکرد(functional Oils) قرار می‌گیرد[16].

۲-۲-۱- ترکیب شیمیایی و خواص تغذیه‌ای

ترکیب اسیدهای چرب روغن تخم کدو معمولاً شامل حدود ۴۰–۵۰٪ اسید لینولئیک(ω-6) ، ۳۰–۴۰٪ اسید اولئیک (ω-9)، ۱۰–۱۵٪ اسید پالمیتیک و ۴–۵٪ اسید استئاریک است. علاوه بر این، PSO منبع غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نظیر توکوفرول‌ها (ویتامین E) ، فیتواسترول‌ها، پلی‌فنول‌ها و کاروتنوئیدها است که موجب پایداری اکسیداتیو بالا و خواص بیولوژیکی ارزشمند می‌شوند[17]و[18] .

۲-۲-۲- اثرات بیولوژیکی و سلامتی

مطالعات بالینی و آزمایشگاهی متعددی نشان داده‌اند که روغن تخم کدو دارای اثرات زیر است:

- کاهش کلسترول و بهبود پروفایل لیپیدی خون از طریق مهار جذب کلسترول و افزایش دفع صفراوی
- کاهش فشار خون و بهبود عملکرد اندوتلیال به واسطه افزایش سنتز نیتریک‌اکسید
- خاصیت ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی قوی از طریق کاهش رادیکال‌های آزاد و مهار سیتوکین‌های التهابی
- محافظت از کبد و کلیه در برابر سمیت اکسیداتیو
- اثرات آنتی‌پروستاتیک و کمک به درمان هایپرپلازی خوش‌خیم پروستات (BPH) به واسطه مهار آنزیم α-۵

- بهبود سلامت باروری و تعادل هورمونی در مردان و زنان

این ویژگی‌ها موجب شده‌اند که PSO به عنوان جایگزینی سالم و طبیعی برای چربی‌های جامد حیوانی مورد توجه صنایع غذایی و دارویی قرار گیرند [19].

۲-۳- تکنولوژی اولئوژلاسیون برای ساختاردهی روغن ها

با توجه به ماهیت مایع روغن‌های گیاهی، کاربرد مستقیم آنها در بسیاری از محصولات غذایی که نیاز به بافت جامد یا نیمه‌جامد دارند (مانند مارگارین، شیرینی‌جات یا سس‌ها) محدود است. فناوری اولئوژلاسیون (Oleogelation) با هدف غلبه بر این محدودیت توسعه یافته است.

۲-۳-۱- مبانی فرآیند

اولئوژلاسیون فرآیندی فیزیکی است که طی آن با افزودن مقدار کمی از مواد ساختاردهنده (اولئوژلاتور)، شبکه‌ای کریستالی یا پلیمری در روغن تشکیل می‌شود و این شبکه، روغن را در خود به دام می‌اندازد و یک سیستم نیمه‌جامد پایدار ایجاد می‌کند [20].

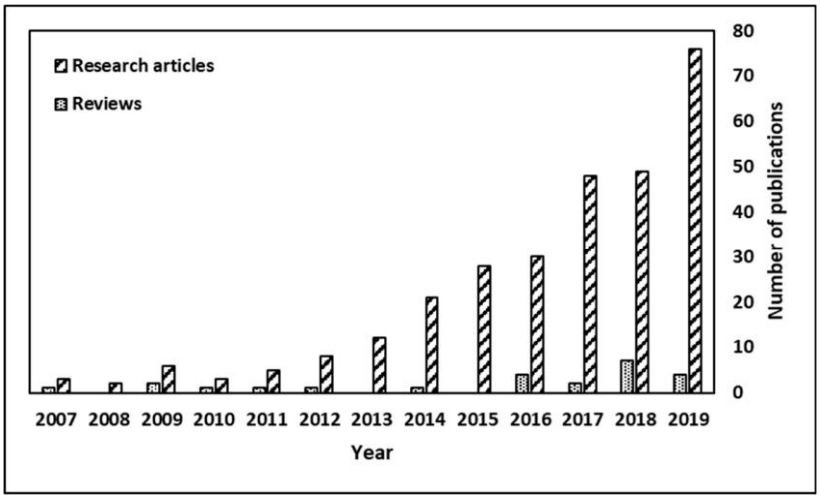
در این فرآیند، برخلاف هیدروژناسیون، هیچ تغییر شیمیایی در ساختار اسیدهای چرب ایجاد نمی‌شود، بنابراین خواص تغذیه‌ای روغن حفظ می‌گردد.

۲-۳-۲- انواع اولئوژلاتورها

- اولئوژلاتورهای با وزن مولکولی پایین :شامل موم‌های طبیعی (مانند موم زنبور عسل، موم کارنوبا)، اسیدهای چرب بلندزنجیر، مونوگلیسریدها و آلکان‌ها.
- اولئوژلاتورهای پلیمری :نظیر اتیل‌سلولز(EC) ، گلوکومانان و پلی‌استرهای طبیعی.

۲-۳-۳- ویژگی‌ها و کاربردها

اولئوژل‌ها ویژگی‌های فیزیکی مانند نقطه ذوب قابل تنظیم، پایداری اکسیداتیو بالا و رفتار رئولوژیکی مشابه چربی‌های جامد دارند. از این‌رو می‌توانند به عنوان جایگزین چربی‌های ترانس و اشباع در محصولات غذایی مورد استفاده قرار گیرند. علاوه بر کاربرد در صنایع غذایی، این فناوری در داروسازی و آرایشی–بهداشتی نیز برای کنترل آزادسازی ترکیبات فعال (مانند داروها یا آنتی‌اکسیدان‌ها) به کار می‌رود[21].



شکل ۲- افزایش تعداد مقالات در موضوع اولئوژلاسیون؛ جستجو در مجموعه اصلی ISI Web of Science Clarivate Analytics با کلمات کلیدی «"غذا" و "ارگانوژل‌ها" یا "اولئوژل‌ها"»

۲-۴- کاربردها و چالش ها

۲-۴-۱- کاربردها

- صنایع غذایی :جایگزین چربی‌های جامد در مارگارین، کره، بیسکویت، کیک، شکلات و فرآورده‌های گوشتی.
- افزایش پایداری اکسیداتیو :به‌ویژه در روغن‌های غیراشباع مانند روغن تخم کدو یا کلزا که در برابر اکسیداسیون حساس‌اند.
- رهایش کنترل‌شده ترکیبات زیست‌فعال :مانند ویتامین‌ها، پلی‌فنول‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها.
- کاهش جذب چربی در غذاهای سرخ‌شده :با ایجاد لایه‌های فیزیکی مقاوم در برابر انتقال روغن.

۲-۴-۲- چالش‌ها

- پایداری حرارتی محدود برخی اولئوژل‌ها در دماهای بالا.
- تأثیر متقابل با آب و امولسیفایرها که می‌تواند ساختار شبکه را تضعیف کند.
- تنوع زیاد در ویژگی‌های کریستالیزاسیون بسته به نوع ژلاتور و روغن پایه.
- موانع در مقیاس صنعتی شامل هزینه تولید، زمان فرآیند و کنترل یکنواختی ساختار.

به همین دلیل، تحقیقات در حال حاضر بر بهینه‌سازی فرمولاسیون و فرآیند تولید اولئوژل‌ها متمرکز شده است تا بتوان آن‌ها را در صنایع غذایی در مقیاس گسترده به کار گرفت [22].

۲-۵- راه حل های فناوری و جهت گیری های آینده

پژوهش‌های اخیر به دنبال توسعه اولئوژل‌های چندجزئی (Hybrid Oleogels) هستند که ترکیبی از چند ساختاردهنده با عملکرد هم‌افزا را شامل می‌شود. به‌عنوان مثال، ترکیب موم زنبور + مونوگلیسرید یا اتیل‌سلولز + لسیتین موجب افزایش پایداری فیزیکی و بهبود خصوصیات بافتی می‌شود. علاوه بر آن، استفاده از نانوساختارها و تکنولوژی نانوامولسیون برای بهبود پخش یکنواخت ژلاتورها در روغن و افزایش پایداری اکسیداتیو در حال گسترش است [23]. پژوهشگران همچنین به بررسی اولئوژل‌های مبتنی بر منابع پایدار مانند پلی‌ساکاریدهای استخراج‌شده از ضایعات کشاورزی (پوست میوه‌ها، سبوس‌ها و تفاله‌ها) به عنوان ساختاردهنده‌های طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر پرداخته‌اند [24]. در آینده، انتظار می‌رود اولئوژل‌ها نه‌تنها در صنایع غذایی بلکه در فرمولاسیون‌های دارویی، آرایشی و بسته‌بندی‌های زیست‌فعال نیز مورد استفاده قرار گیرند. توسعه سیستم‌های هوشمند رهایش ترکیبات زیست‌فعال (Smart Delivery Systems) با استفاده از اولئوژل‌ها، مسیر جدیدی برای تولید محصولات عملکردی و سلامت‌محور ایجاد خواهد کرد.

۳- تاثیر روغن تخم کدو بر هورمون ها

روغن تخم کدو از نظر بیوشیمیایی، حاوی مقادیر بالایی از اسیدهای چرب غیراشباع (به ویژه لینولئیک و اولئیک)، فیتواسترول‌ها، توکوفرول‌ها و ترکیبات فنولی است که در تنظیم محور هیپوتالاموس–هیپوفیز–غدد جنسی و تعادل هورمونی نقش مؤثری دارند[25] .

در مردان تحقیقات نشان داده‌اند که مصرف منظم روغن تخم کدو می‌تواند منجر به:

- افزایش سطح تستوسترون آزاد در سرم
- بهبود کیفیت اسپرم، افزایش تحرک و کاهش آسیب اکسیداتیو DNA اسپرم
- مهار آنزیم -5αردوکتاز و کاهش تولید دی‌هیدروتستوسترون(DHT) ، که عامل اصلی ریزش موی آندروژنتیک و بزرگی خوش‌خیم پروستات است
- کاهش التهاب و استرس اکسیداتیو در بافت پروستات

در زنان، ترکیبات فیتواسترولی و اسیدهای چرب ضروری موجود در روغن تخم کدو سبب:

- تعدیل ترشح استروژن و پروژسترون
- بهبود علائم سندرم پیش‌قاعدگی (PMS) و یائسگی

تنظیم تخمک‌گذاری و کاهش مقاومت به انسولین در زنان مبتلا به سندروم تخمدان پلی‌کیستیک (PCOS) می‌شود.

به دلیل این اثرات چندگانه، روغن تخم کدو به عنوان یک عامل تغذیه‌ای–هورمونی طبیعی مورد توجه گسترده در پژوهش‌های نوین قرار گرفته است [26]و[27].

۴- نتیجه گیری

با توجه به تغییرات اساسی در سیاست‌های تغذیه‌ای جهانی و افزایش نگرانی‌ها نسبت به اثرات منفی چربی‌های اشباع و ترانس، پژوهش‌ها در دهه اخیر به طور فزاینده‌ای بر یافتن جایگزین‌های سالم‌تر، پایدارتر و زیست‌سازگارتر برای چربی‌های جامد متمرکز شده‌اند. در این میان، فناوری اولئوژلاسیون (Oleogelation) به‌عنوان یک راهکار نوین برای ساختاردهی روغن‌های مایع گیاهی، توانسته است جایگاه ویژه‌ای در اصلاح ساختار چربی‌ها و تولید محصولات غذایی عملکردی پیدا کند.

اولئوژل‌ها با فراهم کردن بافت، پایداری و ویژگی‌های فیزیکی مشابه چربی‌های جامد سنتی، در حالی‌که نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع در آن‌ها به طور چشمگیری افزایش یافته است، امکان تولید فرآورده‌هایی سالم‌تر و کم‌خطرتر از نظر قلبی–عروقی را فراهم می‌سازند. استفاده از عوامل ژل‌کننده طبیعی مانند موم سبوس برنج، موم کارنائوبا، موم گل رز و ترکیبات منوگلیسریدی در ساخت این ساختارها نه تنها موجب افزایش پایداری حرارتی و اکسیداتیو می‌شود، بلکه قابلیت ترکیب با ترکیبات زیست‌فعال و آنتی‌اکسیدانی را نیز به آن‌ها می‌افزاید.

در این میان، روغن تخم کدو (Pumpkin Seed Oil) به دلیل دارا بودن ترکیبات ارزشمندی همچون اسیدهای چرب غیراشباع، فیتواسترول‌ها، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها و اسکوالن، به‌عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها برای جایگزینی

چربی‌های حیوانی مطرح شده است. این روغن علاوه بر نقش تغذیه‌ای، اثرات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی، محافظت‌کننده از پروستات، تنظیم‌کننده هورمون‌ها و کاهنده‌ی خطر اختلالات متابولیک را از خود نشان داده است. ترکیب روغن تخم کدو با فناوری اولئوژلاسیون، امکان تولید چربی‌های ساختاریافته با ویژگی‌های فیزیکی مناسب، پایداری بالا و ارزش تغذیه‌ای ممتاز را فراهم می‌کند.

از منظر فناوری، استفاده از روش‌های نوین مانند اولتراسونیک در فرآیند تبخیر حلال یا نانوساختاردهی مولکولی موجب بهبود کارایی ساختار ژل، افزایش پایداری آنتی‌اکسیدانی و تسهیل در ادغام ترکیبات فعال زیستی در ماتریس چربی می‌شود. این دستاوردها نه تنها در تولید محصولات غذایی با پروفایل چربی بهبود یافته (نظیر مارگارین‌ها، شکلات‌ها، خامه‌های گیاهی و فرآورده‌های گوشتی)، بلکه در صنایع دارویی و آرایشی نیز کاربردهای گسترده‌ای خواهند داشت. با وجود پیشرفت‌های چشمگیر، چالش‌هایی نظیر پایداری در شرایط فرآوری صنعتی، ارزیابی ایمنی و زیست دسترسی ترکیبات فعال، هزینه‌ی تولید بالا و نیاز به پذیرش مصرف‌کننده همچنان از موانع تجاری‌سازی اولئوژل‌ها محسوب می‌شود. در این راستا، تحقیقات آینده باید با تمرکز بر بهینه‌سازی فرمولاسیون‌های پایدار، استفاده از منابع ژل کننده‌ی طبیعی و ارزان، و ارزیابی دقیق اثرات فیزیولوژیکی در مدل‌های انسانی ادامه یابد.

در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب فناوری اولئوژلاسیون با روغن تخم کدو نه تنها رویکردی نوآورانه برای اصلاح پروفایل چربی در محصولات غذایی است، بلکه می‌تواند به‌عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش سلامت عمومی، کاهش خطر بیماری‌های مزمن و ترویج مصرف پایدار چربی‌های گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. این هم‌افزایی میان علم تغذیه، فناوری مواد غذایی و زیست‌فناوری، افق تازه‌ای را در طراحی نسل جدید چربی‌های عملکردی و دوستدار سلامت گشوده است.

۵- منابع

۱. Bollom, M. A., Clark, S., & Acevedo, N. C. (2021). Edible lecithin, stearic acid, and whey protein bigels enhance survival of probiotics during in vitro digestion. Food Bioscience, 39, Article 100813. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100813

۲. Ghiasi, F., & Golmakani, M. T. (2022). Fabrication and characterization of a novel biphasic system based on starch and ethylcellulose as an alternative fat replacer in a model food system. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 78, Article 103028. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103028

۳. Yang, J., Zheng, H., Mo, Y., Gao, Y., & Mao, L. (2022). Structural characterization of hydrogel-oleogel biphasic systems as affected by oleogelators. Food Research International, 158, Article 111536. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111536

٤. Zhuang, X., Gaudino, N., Clark, S., & Acevedo, N. C. (2021). Novel lecithin-based oleogels and oleogel emulsions delay lipid oxidation and extend probiotic bacteria survival. LWT - Food Science and Technology, 136(P2), Article 110353. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110353

۵. Soleimanian, Y.; Ghazani, S.M.; Marangoni, A.G. Ethylcellulose oleogels of oil glycerolysis products as functional adipose tissue mimetics. Food Hydrocoll. 2024, 151, 109756. [CrossRef]

٦. N. Mahmud, J. Islam, R. Tahergorabi, Utilizing foam-structured hydroxypropyl methylcellulose oleogels with curcumin for deep-fried chicken nuggets in carnauba wax-canola oil oleogel, J. Agric. Food Res. 18 (2024) 101364, https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101364.

۷. Md J. Ferdaus, R.J.S. Blount, R.C.D. Silva, Assessment of natural waxes as stabilizers in peanut butter, Foods 11 (19) (2022) 3127, https://doi.org/10.3390/ foods11193127.

۸. Md J. Ferdaus, N. Mahmud, S. Talukder, R.C.D. Silva, Characteristics and functional properties of bioactive oleogels: a current review, Gels 11 (1) (2025) 69, https://doi.org/10.3390/gels11010069.

۹. D. Günal-K¨oro˘ glu, B. Gultekin Subasi, B. Saricaoglu, G. Karabulut, E. Capanoglu, Exploring the frontier of bioactive oleogels in recent research, Trends Food Sci. Technol. 151 (2024) 104613, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104613.

۱۰. Qu,K.; Ma, J.; Zhang, H.; Li, X. Characterization of construction and physical properties of composite oleogel based on single low molecular weight wax and polymer ethyl cellulose. LWT 2024, 192, 115722. [CrossRef]

۱۱. Hwang,H.S.; Singh, M.; Winkler-Moser, J.K.; Bakota, E.L.; Liu, S.X. Preparation of Margarines from Organogels of Sunflower Wax and Vegetable Oils. J. Food Sci. 2014, 79, C1926–C1932. [CrossRef] [PubMed]

۱۲. Zhang, Y.; Xu, J.; Tang, C.; Li, Y. Crystallization Behavior and Physical Properties of Monoglycerides-Based Oleogels as Function of Oleogelator Concentration. Foods 2023, 12, 345. [CrossRef] [PubMed]

۱۳. Silva, S.S.; Rodrigues, L.C.; Fernandes, E.M.; Lobo, F.C.M.; Gomes, J.M.; Reis, R.L. Tailoring Natural-Based Oleogels Combining Ethylcellulose and Virgin Coconut Oil. Polymers 2022, 14, 2473. [CrossRef] [PubMed]

۱٤. W. Oyom, J. Strange, K. Nowlin, P. Tukur, Md J. Ferdaus, H. Faraji, R. Tahergorabi, Development and characterization of bigel systems as carriers for thyme essential oil utilizing hydrogel from chicken processing by-products for food applications, Int. J. Biol. Macromol. 292 (2025) 139222, https://doi.org/10.1016/j. ijbiomac.2024.139222.

۱۵. Q. He, Y. Yang, Y. Wu, F. Bai, C. Peng, R. Hou, H. Cai, Preparation and analysis of selenium-enriched oleogels: Preliminary evaluation of antioxidant activity and inhibition of fatty acids release, Lwt. 186 (2023) 115203, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115203.

۱٦. C. Lopez, E. David-Briand, V. Lollier, C. M´eriadec, T. Bizien, J. P´ erez, F. Artzner, Solubilization of free β-sitosterol in milk sphingomyelin and polar lipid vesicles as carriers: Structural characterization of the membranes and sphingosome morphology, Food. Res. Int. 165 (2023) 112496, https://doi.org/10.1016/j. foodres.2023.112496.

۱۷. Magri A, Petriccione M, Cerqueira MA and Gutiérrez T, Self-assembled lipids for food applications: a review. Adv Colloid Interface Sci 285: 102279 (2020).

۱۸. Vigor,C.,Züllig,T.,Eichmann,T.O.,Oger,C.,Zhou,B.,Rechberger, G.N.,Hilsberg,L.,Trötzmüller,M.,Pellegrino,R.M.,Alabed,H.B. R., Hartler, J., Wolinski, H., Galano, J.-M., Durand, T., & Spener, F. (2022). α-Linolenic acid and product octadecanoids in Styrian pumpkin seeds and oils: How processing impacts lipidomes of fatty acid, triacylglycerol and oxylipin molecular structures. Food Chemistry, 371,131194.

۱۹. Y. Kong, X. Wang, Z. Wu, Y. Li, F. Xu, F. Xie, Enzymatic Acylation of Black Rice Anthocyanins and Evaluation of Antioxidant Capacity and Stability of Their Derivatives, Foods. 12 (24) (2023) 4505, https://doi.org/10.3390/foods12244505.

۲۰. C. Lopez, E. David-Briand, V. Lollier, C. M´eriadec, T. Bizien, J. P´ erez, F. Artzner, Solubilization of free β-sitosterol in milk sphingomyelin and polar lipid vesicles as carriers: Structural characterization of the membranes and sphingosome morphology, Food. Res. Int. 165 (2023) 112496, https://doi.org/10.1016/j. foodres.2023.112496.

۲۱. Sree Nivetha, B.B.; Saravanan, M.; Thomas, P.E.; Vijayaraj, P.; Prabhasankar, P. Development of Chitosan Based Oleogel Using Emulsion Template Approach: Characterization and Application as Fat-Replacer in Cookies. Int. J. Biol. Macromol. 2025, 292, 139130. [CrossRef] [PubMed]

۲۲. Morales, E.; Iturra, N.; Contardo, I.; Quilaqueo, M.; Franco, D.; Rubilar, M.FatReplacersBasedonOleogelationofBeeswax/Shellac WaxandHealthy Vegetable Oils. LWT-Food Sci. Technol. 2023, 185, 115144. [CrossRef]

۲۳. Karimidastjerd, A.; Cetinkaya, T.; Tarahi, M.; Singh, L.; Konar, N.; Khiabani, A.H.; Toker, O.S. Novel Approaches in Food Grade Bigels Properties and Applications: A Review. Int. J. Biol. Macromol. 2024, 283, 137424. [CrossRef] [PubMed]

۲۴. Steinkellner, C.; Kroll, L.; Franke, K. Bigels Containing Different Wax-Based Oleogels as Laminating Fat Replacers in Croissants. Curr. Res. Food Sci. 2025, 10, 101042. [CrossRef]

۲۵. Melo, B.G.D.; Tagliapietra, B.L.; Clerici, M.T.P.S. Evolution of the Technological, Sensory, and Nutritional Quality of Gluten-Free Cookies: A Critical Review. Food Sci. Technol. 2023, 43. [CrossRef]

۲۶. Hitlamani, V.; Hemraj, T.M.; Inamdar, A.A. Optimizing Fatty Acid Composition in Cookie Formulation Using Vegetable Oil Blends: Impacts on Dough Rheology, Physical Properties, and Sensory Qualities. J. Food Meas. Charact. 2025, 19, 2461–2475. [CrossRef]

۲۷. Martínez-Velasco, A.; Trujillo-Ramírez, D.; Bustos-Vázquez, G.; Cervantes-Arista, C. The Use of Candelilla Wax/Canola Oil Oleogel in the Formulation of Sponge Cake Bread Improves Morphostructural and Sensory Properties. Discov. Food 2024, 4, 160. [CrossRef]