

خواص عملکردی پروتئین دانه چیا

سعیده شفیعی ورزنده

دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرضا، اصفهان، ایران

نفیسه زمیندار

دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

چکیده

پروتئین‌های گیاهی به دلیل دسترسی آسان، تولید پایدار، ارزش تغذیه‌ای مناسب و کاربرد آنها در طیف وسیعی از غذاها، گزینه‌ای مناسب برای استفاده به جای پروتئین حیوانی محسوب می‌شوند. علاوه بر این، پروتئین‌های گیاهی خواص عملکردی مناسبی دارند. استفاده مؤثر از ایزوله‌ها یا کنسانتره‌های پروتئینی در ترکیب‌های غذایی عمدتاً به قابلیت انطباق ویژگی‌های عملکردی آن‌ها وابسته است، که به طور قابل توجهی تحت تأثیر ساختار پروتئینی آن‌ها قرار دارد. دانه‌های چیا منبع خوبی از روغن، پروتئین و فیبر محسوب می‌شوند و به همین دلیل نقش مهمی در تغذیه ایفا می‌کنند. پروتئین دانه چیا دارای خواص عملکردی مناسب از جمله حلالیت، قدرت امولسیون‌کنندگی بالا و توانایی جذب آب و روغن است که نشان‌دهنده پتانسیل آن برای تولید غذاهای گیاهی می‌باشد. این پژوهش بر ویژگی‌های عملکردی پروتئین موجود در دانه چیا نظیر حلالیت، ظرفیت جذب آب و روغن، خاصیت امولسیون‌کنندگی، کف‌کنندگی و خواص ژل‌کنندگی تمرکز دارد. با توجه به خصوصیات عملکردی مطلوب ایزوله‌های پروتئینی دانه چیا، می‌توان از این منبع مفید در فراورده‌های غذایی برای جایگزینی سایر منابع پروتئینی بهره برد.

واژگان کلیدی: ظرفیت تولید کف، خاصیت ژل شدن، پروتئین گیاهی، حلالیت پروتئین.

مقدمه

اصطلاح "چیا" که به معنای روغنی در زبان اسپانیایی است، به یک گیاه زراعی با پتانسیل بالا و ارزش اقتصادی اشاره دارد (Chaudhary et al., 2021). چیا به دلیل قابلیت رشد در شرایط خشک، به عنوان یک محصول جایگزین مناسب برای صنعت کشاورزی معرفی شده است. این گیاه به دلیل غنی بودن از مواد مغذی، به طور مؤثری در بازار عرضه شده است. چیا به عنوان یک منبع غذایی مغذی شناخته می‌شود که شامل ۳۰٪ روغن، ۲۰٪ پروتئین، ۲۵٪ کربوهیدرات، ۲۰٪ فیبر غذایی، ۵۰٪ اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ و ۱۷٪ اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۶ است (Prathyusha et al., 2019). همچنین، این گیاه حاوی ویتامین‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد معدنی ضروری مانند فسفر، منگنز، کلسیم، پتاسیم و سدیم می‌باشد. به خاطر فواید سلامتی، دانه‌های چیا به عنوان یک "ابر غذا" یا منبع غنی از مواد مغذی شناخته می‌شوند. این دانه‌ها حاوی انواع آنتی‌اکسیدان‌ها، پلی‌فنول‌ها، فلاوانول‌ها و اسیدهای چرب ضروری (که حدود ۸۰ درصد آن‌ها را تشکیل می‌دهد) هستند و به همین دلیل به منبعی ارزشمند از مواد مغذی تبدیل شده‌اند (Motyka et al., 2023). خواص مختلفی از جمله اثرات ضد انعقادی، ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی، محافظت از قلب و کبد، کاهش قند و چربی خون، کاهش فشار خون و تقویت سیستم ایمنی را می‌توان به این دانه‌ها نسبت داد (Ghafoor et al., 2022). دانه‌های چیا دارای خواص غذایی ارزشمندی هستند و مزایای مغذی خاصی را ارائه می‌دهند. قابل توجه است که دانه‌های چیا به دلیل قابلیت جذب آب و ایجاد بافتی مشابه ژل، ویژگی‌هایی مشابه تخم‌مرغ دارند. این خصوصیت آن‌ها را به گزینه‌ای مناسب برای جایگزینی تخم‌مرغ در دستورهای آشپزی وگان تبدیل می‌کند (Muñoz et al., 2013). دانه‌های چیا و پروتئین‌های آن ویژگی‌های عملکردی متنوعی را از خود نشان می‌دهند. این ویژگی‌ها شامل حلالیت، توانایی جذب آب و روغن، ظرفیت و پایداری کف، خاصیت امولسیون‌کنندگی و پایداری آن، خواص رنگی و قابلیت تشکیل ژل می‌باشد (López et al., 2019). پروتئین‌های موجود در دانه چیا به عنوان مکمل غذایی عمل کرده و می‌توانند به محصولات نانوائی افزوده شوند (Fernandez-López et al., 2021). برای به‌دست آوردن عصاره پروتئینی با غلظت بالا، انجام فرآیند خالص‌سازی ضروری است. در این مرحله، شکستن دانه‌های چیا منجر به تولید اجزای پروتئینی مانند آلبومین‌ها، گلوبولین‌ها، پرولامین‌ها و گلوپلین‌ها می‌شود (Senna et al., 2024). این مطالعه با تأکید بر ویژگی‌های عملکردی پروتئین دانه چیا، به دنبال افزایش آگاهی درباره مزایای بالقوه آن‌ها در صنایع غذایی است. با ارائه نتایج تحقیقات اخیر، این پژوهش به درک بهتر روش‌های استخراج، کاربردهای بالقوه و ویژگی‌های عملکردی پروتئین دانه چیا در صنایع غذایی کمک خواهد کرد.

استخراج پروتئین دانه چیا

استخراج پروتئین از دانه‌های چیا یک فرآیند مهم و آینده‌نگر است، زیرا عصاره‌های پروتئینی به‌دست‌آمده می‌توانند به‌عنوان ترکیبات کاربردی، مکمل‌ها یا حامل‌های مولکول‌های کوچک در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار گیرند. فرآیند استخراج پروتئین با انتخاب دانه‌های چیا آغاز می‌شود. در این مرحله، دانه‌های آسیب‌دیده حذف شده و دانه‌های سالم با آب مقطر ترکیب می‌شوند. طبق پروتکل‌های موجود، نسبت بذر به آب می‌تواند در محدوده ۱:۱۰ تا ۱:۴۰ (وزنی/حجمی) تنظیم شود. این فرآیند باید به مدت ۱ تا ۲ ساعت با هم زدن مداوم انجام گیرد تا دانه‌ها به حالت متورم برسند (Salazar Vega et al., 2020). موسیلاژ به‌دست‌آمده را می‌توان به‌صورت مکانیکی با استفاده از روش‌های خشک کردن انجمادی یا با سانتریفیوژ کردن به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۰۰۰ دور در دقیقه از دانه‌ها جدا کرد (Lopez et al., 2018). برای چربی‌گیری از دانه‌های چیا می‌توان از حلال‌های مختلف مانند آن هگزان استفاده کرد. دانه چربی‌گیری شده، آسیاب شده و با اندازه مش مشخص الک می‌گردد. مرحله بعدی تنظیم pH کنجاله دانه چیا به حالت قلیایی است که بر اساس الزامات تجربی خاص انجام می‌شود (Salazar Vega et al., 2020). سپس می‌توان مایع بدست آمده را در دمای اتاق ترکیب کرده و پس از آن، یک مرحله سانتریفیوژ به مدت ۱۵ تا ۶۰ دقیقه انجام داد. محلول اسید سیتریک می‌تواند به عنوان یک ماده اسیدی برای تنظیم pH مایع حاصله و تسهیل فرآیند رسوب پروتئین مورد استفاده قرار گیرد. در پایان، نمونه‌ها پس از انجام سانتریفیوژ و شستشوی رسوب، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شوند (Grancieri et al., 2022).

پروتئین دانه چیا دارای یک نقطه ایزوالکتریک در 3 pH است که در این حالت، محلولیت آن به حداقل می‌رسد و می‌تواند رسوب کند. این امر به دلیل ضعیف‌ترین برهمکنش‌های بین مولکولی میان پروتئین دانه چیا و آب در این pH می‌باشد (Ivanova et al., 2013). بر اساس مطالعات انجام شده ایزوله پروتئین چیا شامل ۸۲.۸۵ درصد پروتئین، ۱۱.۰۱ درصد فیبرهای غذایی، ۴.۸۰ درصد رطوبت و ۰.۱۳ درصد خاکستر می‌باشد (Villanueva-Lazo et al., 2022). بازده استخراج غلظت پروتئین چیا که توسط Salazar Vega et al در سال ۲۰۲۰ گزارش شده، به ۴۰.۵ درصد رسید. این عصاره دارای نیتروژن کمی (۶.۱ درصد) بود و شامل کربوهیدرات‌های پیچیده (مانند نشاسته)، فیبر محلول، صمغ و غیره، همچنین خاکستر (۲.۱ درصد) و الیاف خام (۱.۳ درصد) بود. در عین حال، محتوای پروتئین آن به ۸۹.۵ درصد می‌رسید.

خواص عملکردی

خواص عملکردی پروتئین چیا به نحوه‌ی عملکرد این پروتئین در مراحل آماده‌سازی، پردازش و نگهداری غذا مرتبط است و تحت تأثیر عواملی مانند اندازه پروتئین، شکل، ترکیب اسیدهای آمینه، توزیع بار، ساختار و سایر ویژگی‌ها قرار دارد. خواص عملکردی پروتئین چیا تأثیر قابل توجهی بر کیفیت محصولات غذایی دارد و همچنین تحت تأثیر عوامل خارجی مختلفی از جمله pH، دما، میزان نمک، روش استخراج و شرایط هیدرولیز قرار می‌گیرد (Małecki et al., 2021).

حلالیت

حلالیت می‌تواند بر ویژگی‌های عملکردی نظیر فعالیت امولسیون‌کنندگی، ظرفیت تولید کف، خاصیت ژل‌سازی و موارد مشابه تأثیر داشته باشد (Julio et al., 2019). حلالیت پروتئین چیا می‌تواند تحت تأثیر عواملی همچون pH و دما قرار گیرد، همچنین با افزودن نمک، استفاده از روش‌های مختلف خشک کردن و هیدرولیز نیز قابل تغییر است. نتایج مطالعات نشان داد که ایزوله‌های پروتئین چیا در pH نزدیک به ۱۲ تقریباً به طور کامل حل می‌شوند (Timilsena et al., 2016). در حالی که در تحقیقی دیگر، حداکثر حلالیت پروتئین‌های استخراج‌شده از دانه‌های سیاه و سفید چیا در pH 10 به ترتیب ۷۷.۷۵ و ۷۶.۰۷ درصد به دست آمد (Malik and Riar, 2022). این موضوع به دلیل تقویت دافعه الکترواستاتیکی بین پروتئین‌های دارای بار منفی در pH نسبتاً بالا است که از تجمع آن‌ها جلوگیری می‌کند (Grossmann and McClements, 2023). بر اساس گزارش محققان فرآیند همگن‌سازی تحت فشار بالا ممکن است حلالیت پروتئین را به طور جزئی کاهش دهد که این امر به دلیل تغییرات ساختاری در ساختار سوم پروتئین است، به طوری که بخش‌های آبگریز پروتئین به سطح نزدیک می‌شوند (Renoldi et al., 2023). حلالیت پروتئین چیا با افزودن ۱ مولار NaCl به بالاترین حد خود رسید، زیرا گلوبولین‌ها به راحتی در محلول نمکی حل می‌شوند. اما با افزایش مقدار NaCl، حلالیت کاهش می‌یابد که این موضوع به دلیل اثر نمک‌زدایی است (Timilsena et al., 2016). مولکول‌های آب در غلظت‌های بالای نمک بیشتر تمایل دارند به نمک متصل شوند تا به پروتئین‌ها، که این امر باعث کاهش قدرت تعاملات پروتئین-آب نسبت به تعاملات پروتئین-پروتئین می‌شود. این وضعیت منجر به کاهش حلالیت پروتئین در آب می‌گردد (Timilsena et al., 2016).

ظرفیت جذب آب و روغن

ظرفیت جذب آب به مقدار آبی اشاره دارد که در هنگام تماس با مواد یا غوطه‌وری در آن‌ها جذب می‌شود. همچنین، توانایی یک ماده در به دام انداختن روغن به عنوان ظرفیت جذب روغن شناخته می‌شود (Villanueva-Lazo et al., 2021). روش متداول اندازه‌گیری برای هر دو مورد، محاسبه جرم آب یا روغن جذب شده نسبت به کل جرم آب یا روغن مورد استفاده است (Timilsena et al., 2016). حداقل ظرفیت جذب آب برای پروتئین چیا در 3 pH قابل دستیابی است که به آن نقطه ایزوالکتریک می‌گویند. در این حالت، پروتئین تعاملات بین مولکولی کمتری با آب برقرار می‌کند (Coelho et al., 2018). در بررسی فراکسیون‌های پروتئینی، گلولتین‌ها بالاترین میزان جذب آب را با مقدار ۴۰.۱۷ گرم در هر گرم نشان دادند. پس از آن، آلبومین‌ها با ۲۰.۴ گرم در هر گرم قرار گرفتند، در حالی که جذب

آب در گلوبولین ها و پرولامین ها تقریباً مشاهده نشد (Segura-Campos, 2020). علاوه بر این، نتایج یک تحقیق دیگر نشان داد که فراکسیون های پروتئینی غنی از دانه چیا به دلیل خاصیت آب دوستی پروتئین های استخراج شده، توانایی کمتری در جذب روغن دارند. این موضوع به این دلیل است که فرآیند حرارتی استخراج ممکن است تا حدی باعث دناتوره شدن پروتئین ها شود و در نتیجه، نواحی چربی دوست پروتئین ها در معرض قرار می گیرند (Coelho et al., 2018).

فعالیت امولسیون کنندگی

خاصیت امولسیون کنندگی یکی از ویژگی های اساسی پروتئین ها در تولید محصولاتی مانند بستنی، مارگارین، سس و سایر غذاها به شمار می آید. این ویژگی به پروتئین ها اجازه می دهد تا به عنوان امولسیفایر عمل کرده و دو مایع غیرقابل اختلاط را به طور کامل با یکدیگر ترکیب کنند. ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون پروتئین های دانه چیا به طور قابل توجهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف، از جمله تنظیم pH، هم زدن و هیدرولیز آنزیمی قرار می گیرد. دانه چیا به عنوان یک منبع غنی از پروتئین، نتایج مشابهی در زمینه ظرفیت امولسیون و پایداری آن نشان داد که تقریباً ۸۰٪ در محدوده pH بین ۲ تا ۱۱ مشاهده گردید (Coelho et al., 2018). Segura-Campos (۲۰۲۰) گزارش داد که پس از بررسی پروتئین های موجود در دانه چیا، بالاترین میانگین ظرفیت امولسیون کنندگی در پرولامین و گلوکلین به ترتیب حدود ۶۱٪ و ۶۰٪ مشاهده شد. این یافته ها نشان دهنده قابلیت استفاده از پروتئین های دانه چیا به عنوان یک امولسیفایر در صنایع غذایی هستند. امولسیون های تثبیت شده با گلوبولین ها و گلوکلین ها در شرایط قلیایی، به ویژه در سطوح pH ۷ و ۹، پایداری بیشتری از خود نشان دادند که این امر ممکن است به حالیت بالاتر آن ها مرتبط باشد (Julio et al., 2019).

خاصیت کف کردن و پایداری کف

ویژگی کف کردن در صنعت تولید مواد غذایی از اهمیت بالایی برخوردار است، مانند فرآیند تولید خامه و سایر محصولات مشابه. تشکیل فوم به فرآیند توزیع حباب های هوا در یک فاز مایع یا جامد پیوسته اطلاق می شود که منجر به ایجاد یک لایه سطحی انعطاف پذیر می گردد (Moure et al., 2006). ظرفیت کف به توانایی پروتئین در تولید کف اشاره دارد که می تواند با اندازه گیری افزایش حجم کف یا درصد افزایش آن ارزیابی شود. علاوه بر این، پایداری کف نشان دهنده قابلیت فوم تولید شده برای حفظ خود در یک بازه زمانی مشخص است (Segura-Campos, 2020). عوامل گوناگونی بر فرآیند کف کردن پروتئین ها تأثیر می گذارند. این عوامل شامل ظرفیت و ثبات، pH، روش های هیدرولیز، غلظت پروتئین و تکنیک های استخراج می باشند. حداقل ظرفیت کف در pH ۳ ثبت شد که به نقطه ایزوالکتریک پروتئین دانه چیا نزدیک است (Timilsena et al., 2016). علاوه بر این، مقادیر ظرفیت کف و پایداری با افزایش غلظت پروتئین در سطحی که کمتر یا برابر با ۱۰ درصد بود، افزایش یافت. اما پس از افزایش غلظت به بیش از ۱۰ درصد، این مقادیر کاهش پیدا کردند. این موضوع به این خاطر است که با افزایش غلظت پروتئین، تعاملات پروتئین-پروتئین قوی تر می شوند و این امر باعث محدود شدن تشکیل لایه سطحی انعطاف پذیر هوا-آب می گردد که می تواند در به دام انداختن حباب های هوا مؤثر باشد (Aluko et al., 2009). علاوه بر این، گلوبولین ها در شرایط pH قلیایی، به ویژه در pH 8، نسبت به سایر فراکسیون های پروتئین دانه چیا (آلبومین ها، پرولامین ها و گلوکلین ها) پایداری کف کنندگی بیشتری از خود نشان دادند. حجم آنها از نزدیک به ۲۰ میلی لیتر در ۵ دقیقه به ۱۵ میلی لیتر در ۲۰ دقیقه کاهش یافت. محققان اشاره کردند که افزایش سطح pH می تواند به افزایش چگالی بار کمک کند و از ادغام سریع حباب های هوا جلوگیری نماید، که این موضوع به بهبود تثبیت فوم ها منجر می شود (Segura-Campos, 2020).

خاصیت ژل شدن

ژل شدن یک پدیده یا فرآیند است که به صورت سببندی شکل می گیرد. ژل های مولکولی از طریق پیوندهای عرضی ضعیف میان زنجیره های بلند پلیمری شکل می گیرند و این فرآیند شامل تغییر ساختار و تجمع پروتئین ها می باشد (Sasidharan and Ramakrishnan, 2022). محققان بیان کردند که پروتئین های دناتوره شده دانه چیا می توانند در تشکیل ژل به وسیله کربوهیدرات ها نقش داشته باشند، که این امر ناشی از تعاملات بین پروتئین ها و پلی ساکاریدها است (Ramos et al., 2017).

بحث و نتیجه گیری

بر اساس نتایج ارائه شده تحقیقات اخیر، پروتئین دانه چیا با کیفیت بالا دارای قابلیت‌های مطلوبی از جمله حلالیت، جذب آب، جذب روغن، خواص امولسیون‌کنندگی است که می‌توان آن را از طریق روش‌های مختلف استخراج کرد. به طور خاص، تغییر عوامل محیطی نظیر pH و دما می‌تواند تأثیر مستقیمی بر حلالیت پروتئین دانه چیا داشته باشد. حلالیت فزاینده پروتئین‌های دانه چیا می‌تواند به افزایش دسترسی زیستی اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری موجود در آن کمک کند. ویژگی امولسیون‌کنندگی پروتئین‌های چیا می‌تواند در تثبیت سیستم‌های امولسیون روغن در آب در فرآوری مواد غذایی نظیر فرنی، سوپ و سس‌ها نقش مؤثری ایفا کند. این خاصیت به بهبود پایداری و ماندگاری محصولات در طول زمان ذخیره‌سازی کمک می‌نماید. با وجود انجام تحقیقات فراوان در زمینه بررسی خواص عملکردی منابع پروتئینی گیاهی، هنوز شناسایی چالش‌های موجود در استخراج و ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌ها از این منابع ضروری به نظر می‌رسد. این شناخت می‌تواند به عنوان یک گزینه جایگزین برای پروتئین‌های حیوانی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، نیاز است که تحقیقات دیگری بر روی بهینه‌سازی و استانداردسازی روش‌های استخراج پروتئین از دانه چیا انجام شود. با شناسایی نقاط قوت و ضعف ویژگی‌های عملکردی پروتئین دانه چیا، پژوهشگران می‌توانند به تدریج کاربردهای مختلف این پروتئین را در انواع غذاهای گیاهی، از جمله جایگزین‌های گوشت و شیرهای گیاهی، مورد بررسی قرار دهند و به نیازهای روزافزون بازار محصولات گیاهی در آینده پاسخ دهند.

منابع

- Aluko, R. E., Mofolasayo, O. A., & Watts, B. M. (2009). Emulsifying and foaming properties of commercial yellow pea (*Pisum sativum* L.) seed flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(20), 9793–9800.
- Chaudhary, N., Dangi, P., Kumar, R., & Bishnoi, S. (2021). Chia Seeds—A renewable source as a functional food. In *Handbook of Cereals, Pulses, Roots, and Tubers* (pp. 235-252). CRC Press.
- Coelho, M. S., Salas-Mellado, M., & de las, M. (2018). How extraction method affects the physicochemical and functional properties of chia proteins. *LWT*, 96, 26–33.
- Fernandez-López, J., Viuda-Martos, M., & Pérez-Alvarez, J. A. (2021). Quinoa and chia products as ingredients for healthier processed meat products: Technological strategies for their application and effects on the final product. *Current Opinion in Food Science*, 40, 26–32.
- Ghafoor, K., Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Ahmed, I. A. M., & Babiker, E. E. (2022). The effect of boiling, germination and roasting on bioactive properties, phenolic compounds, fatty acids and minerals of chia seed (*Salvia hispanica* L.) and oils. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27, 100447.
- Grancieri, M., Verediano, T. A., Sant'Ana, C. T., de Assis, A., Toledo, R. L., de Mejia, E. G., & Martino, H. S. D. (2022). Digested protein from chia seed (*Salvia hispanica* L) prevents obesity and associated inflammation of adipose tissue in mice fed a high-fat diet. *PharmaNutrition*, 21, 100298.
- Grossmann, L., & McClements, D. J. (2023). Current insights into protein solubility: A review of its importance for alternative proteins. *Food Hydrocolloids*, 137, 108416.
- Ivanova, P., Chalova, V., Koleva, L., & Pishtiyski, I. (2013). Amino acid composition and solubility of proteins isolated from sunflower meal produced in Bulgaria. *International Food Research Journal*, 20(6), 2995–3000.

- Julio, L. M., Ruiz-Ruiz, J. C., Tomas, M. C., & Segura-Campos, M. R. (2019). Chia (*Salvia hispanica*) protein fractions: Characterization and emulsifying properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 3318–3328.
- López, D. N., Ingrassia, R., Busti, P., Bonino, J., Delgado, J. F., Wagner, J., Boeris, V., & Spelzini, D. (2018). Structural characterization of protein isolates obtained from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *LWT*, 90, 396–402.
- López, D. N., Galante, M., Raimundo, G., Spelzini, D., & Boeris, V. (2019). Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. *Food Research International*, 116, 419-429.
- Małecki, J., Muszynski, S., & Sołowiej, B. G. (2021). Proteins in food systems—Bionanomaterials, conventional and unconventional sources, functional properties, and development opportunities. *Polymers*, 13(15).
- Malik, A. M., & Riar, C. S. (2022). Difference in the nutritional, in vitro, and functional characteristics of protein and fat isolates of two Indian chia (*Salvia hispanica* L) seed genotypes with variation in seed coat color. *Journal of Food Science*, 87(9), 3872–3887.
- Motyka, S., Skala, E., Ekiert, H., & Szopa, A. (2023). Health-promoting approaches of the use of chia seeds. *Journal of Functional Foods*, 103, 105480.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., & Aguilera, J. M. (2013). Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. *Food Reviews International*, 29(4), 394-408.
- Moure, A., Sineiro, J., Domínguez, H., & Parajo, J. C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International*, 39(9), 945–963.
- Prathyusha, P., Kumari, B. A., Suneetha, W. J., & Srujana, M. N. S. (2019). Chia seeds for nutritional security. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 2702-2707.
- Ramos, S., Fradinho, P., Mata, P., & Raymundo, A. (2017). Assessing gelling properties of chia (*Salvia hispanica* L.) flour through rheological characterization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(6), 1753–1760.
- Renoldi, N., Melchior, S., Calligaris, S., & Peressini, D. (2023). Application of highpressure homogenization to steer the technological functionalities of chia fibreprotein concentrate. *Food Hydrocolloids*, 139, 108505.
- Salazar Vega, I. M., Quintana Owen, P., & Segura Campos, M. R. (2020). Physicochemical, thermal, mechanical, optical, and barrier characterization of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage-protein concentrate biodegradable films. *Journal of Food Science*, 85(4), 892–902.
- Sasidharan, S., & Ramakrishnan, V. (2022). Chapter Five—Aromatic interactions directing peptide nano-assembly. R. Donev. In *Advances in protein chemistry and structural biology*, 130 pp. 119–160.
- Segura-Campos, M. R. (2020). Isolation and functional characterization of chia (*Salvia hispanica*) proteins. *Food Science and Technology*, 40, 334–339.
- Senna, C., Soares, L., Egea, M. B., & Fernandes, S. S. (2024). The techno-functionality of chia seed and its fractions as ingredients for meat analogs. *Molecules*, 29(2), 440.
- Sim, S. Y. J., Srv, A., Chiang, J. H., & Henry, C. J. (2021). Plant Proteins for Future Foods: A Roadmap. *Foods*, 10(8).
- Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2016a). Physicochemical and functional properties of protein isolate produced from Australian chia seeds. *Food Chemistry*, 212, 648–656.

- Timilsena, Y. P., Wang, B., Adhikari, R., & Adhikari, B. (2016b). Preparation and characterization of chia seed protein isolate–chia seed gum complex coacervates. *Food Hydrocolloids*, 52, 554–563.
- Villanueva-Lazo, A., Paz, S. M. la, Rodriguez-Martin, N. M., Millan, F., Carrera, C., Pedroche, J. J., Millan-Linares, M., & del, C. (2021). Antihypertensive and antioxidant activity of chia protein techno-functional extensive hydrolysates. *Foods*, 10(10).
- Villanueva-Lazo, A., Montserrat-de la Paz, S., Grao-Cruces, E., Pedroche, J., Toscano, R., Millan, F., & Millan-Linares, M. C. (2022). Antioxidant and immunomodulatory properties of chia protein hydrolysates in primary human monocyte–macrophage plasticity. *Foods*, 11(5).

Functional properties of chia seed protein

Saeideh Shafiei Varzaneh

PhD student, Department of Food Science and
Technology, Islamic Azad University of Shahreza,
Isfahan, Iran

Nafiseh Zamindar¹

Associate Professor, Department of Food Science and
Technology, Islamic Azad University of Isfahan
(Khorasgan), Isfahan, Iran

Abstract

Plant proteins are considered as a good alternative of animal protein due to their easy access, sustainable production, good nutritional value and their application in a wide range of foods. In addition, plant proteins have good functional properties. The effective use of protein isolates or concentrates in food formulations mainly depends on the adaptability of their functional properties, which is significantly influenced by their protein structure. Chia seeds are a good source of oil, protein and fiber, and therefore play an important role in nutrition. Chia seed protein has suitable functional properties such as solubility, high emulsifying and water and oil absorption capacity, which indicates its potential for the production of plant foods. This research focused on the functional characteristics of the chia seed protein such as solubility, water and oil absorption capacity, emulsifying, foaming, and gelling properties. Due to the favorable functional characteristics of chia seed protein isolates, this useful source can be used in food products to replace other protein sources.

Keywords: Foaming capacity, gelling properties, plant protein, protein solubility.