

## رویکردی جدید در تولید مواد غذایی حلال

فاطمه کلاته سیفری<sup>۱</sup>، حامد اهری<sup>\*</sup>

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
دریافت مقاله: ۹۹/۱۲/۲ پذیرش مقاله: ۰۰/۴/۳۱	<p><b>سابقه و هدف:</b> مطالعه حاضر به بررسی استفاده از پروتئین‌های با منشأ گیاهی و میکروبی به‌عنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی با رویکرد افزایش حلیت مواد غذایی می‌پردازد. به‌دلیل تحولات تولید مواد غذایی و همچنین افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان اجزای استفاده شده در فرمولاسیون مواد غذایی و همچنین به‌دلیل افزایش تعداد جمعیت مسلمان در سرتاسر دنیا، استفاده از پروتئین‌های گیاهی و میکروبی می‌تواند رویکرد خوبی در جهت تولید مواد غذایی با برچسب حلال باشد. از طرفی، سطح و هزینه تولید پروتئین‌های گیاهی از پروتئین‌های میکروبی بالا بوده و بنابراین ترجیح داده می‌شوند. مشکلی که در مورد پروتئین‌های گیاهی وجود دارد، بوی گیاهی و لوبیایی این پروتئین‌ها می‌باشد. همچنین این پروتئین‌ها از نظر خواص عملکردی (امولسیفایری، پایداری امولسیون، کف‌کنندگی و پایداری کف) ضعیف‌تر از پروتئین‌های حیوانی عمل کرده و بنابراین باید تحت اصلاحات فیزیکی، شیمیایی و آنزیمی قرار گیرند.</p> <p><b>نتایج:</b> اصلاح ساختار پروتئین‌ها به روش آنزیمی و شیمیایی بیشتر مطرح و مؤثر بوده و می‌تواند باعث تقویت خواص عملکردی آنها شود. ضمن اینکه، طعم مشابه گوشتی در این پروتئین‌ها بعد از اصلاح آنزیمی - شیمیایی ایجاد می‌شود. استفاده از آنزیم‌های هیدرولیز کننده و تشکیل دهنده اتصالات عرضی در روش اصلاح آنزیمی پیشنهاد شده است. آنزیم‌های هیدرولیز کننده (عمدتاً آلکالاز و فیلوروزیم) باعث تولید پپتیدهای با وزن مولکولی کم شده و این می‌تواند در کاهش بوی علفی و لوبیایی آنها مؤثر واقع شود. استفاده از آنزیم تشکیل دهنده اتصالات عرضی (ترانس گلوتامیناز)، باعث تقویت خواص عملکردی پپتیدهای تولید شده می‌شود. اصلاح شیمیایی پروتئین‌ها از طریق واکنش مایلارد می‌تواند باعث تولید ترکیبات فرار و مؤثر در طعم مشابه گوشتی شود.</p> <p><b>نتیجه‌گیری:</b> بنابراین، با اصلاح ساختار پروتئین‌های گیاهی می‌تواند پپتیدهای مایلارد شده‌ای تولید کرد که قابلیت جایگزینی با پروتئین‌های حیوانی را دارند. و در نهایت، با این کار می‌توان محصولاتی را تولید کرد که دارای برچسب حلال بوده و از طرفی سالم و با هزینه تولید پایین و ارزش افزوده بالا باشند.</p>

### کلمات کلیدی:

اجزای غذای «حلال»  
پروتئین‌های گیاهی  
اصلاح آنزیمی و شیمیایی



استناد (ونکور): کلاته سیفری ف، اهری ح. رویکردی جدید در تولید مواد غذایی حلال. مجله پژوهشنامه حلال. تابستان ۱۴۰۰؛ ۲(۴): ۱-۱۶.

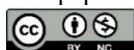
### مقدمه

به‌دست آمده از آن در قرآن حرام عنوان شده است (۱-۲). اتانول یک حلال ارگانیک مهم و سوپسترایبی هست که به‌صورت گسترده‌ای در صنایع استفاده می‌شود. جزء اصلی تولید شده در طول تخمیر کربوهیدرات‌ها می‌باشد که از میوه‌ها و دیگر سوپستراهای بیومس<sup>۱</sup> مشتق می‌شود.

از چندین سال پیش، گرایش به استفاده از مواد غذایی با برچسب «حلال» بیشتر شده است. مسلمانان در سرتاسر جهان در مورد موضوعات مربوط به تولید مواد غذایی حلال نگرانی‌هایی دارند. استفاده از الکل به‌منظور «شرب خمر» و پرورش خوک به‌منظور استفاده از گوشت و همچنین اجزای

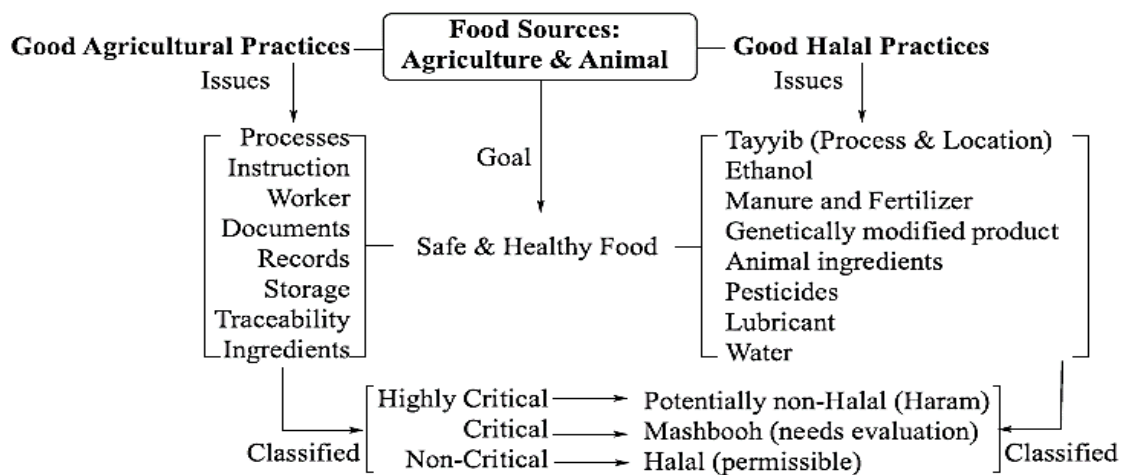
\* نویسنده مسئول: حامد اهری، آدرس پست الکترونیکی: dr.h.ahari@gmail.com، شماره تماس: ۰۹۱۲۱۸۷۲۳۳۴

<sup>1</sup> Substrate's Biomass



واژه «طیب» نیز در کنار واژه حلال معنی پیدا می‌کند. از ترکیب این دو کلمه برای مواد غذایی به‌دست آمده از روش حلال استفاده می‌شود. راه‌های اصلی اعمال خوب حلال<sup>۲</sup> (GHP) شامل اجزای غذایی<sup>۳</sup>، فرآیند<sup>۴</sup> و موقعیت می‌باشند. از دیدگاه حلال، اجزای غذایی به سه گروه طبقه بندی می‌شوند: بسیار بحرانی، بحرانی و غیر بحرانی. میزان بحرانی بودن توسط منبع، ذات و فرآیندی که در طول تولید استفاده می‌شود، تعیین می‌شود. به‌طور کلی، جزء بسیار بحرانی به‌طور بالقوه غیرحلال می‌باشد مگر اینکه خلاف آن ثابت شود. جزء بحرانی نیاز به ارزیابی بیشتری دارد و عنوان مشبوح می‌گیرد. جزء غیر بحرانی حلال می‌باشد. بر این اساس، اجزای غذایی، فرآیند و موقعیت به میزان زیادی با سیستم‌های حلال و طیب همبستگی دارند (شکل ۱) (۳).

جایگاه حلال اتانول بحث برانگیز است و استفاده منطقی از آن مبهم می‌باشد اما به ندرت بر اساس منبع و غلظت آن طبقه‌بندی می‌شود. هر اتانولی که توسط تخمیر بی‌هوازی تولید می‌شود و در بین ۱ تا ۱۵ درصد قرار دارد، حرام در نظر گرفته می‌شود «غیرحلال، ممنوع». در حالی که اتانول تولید شده توسط تخمیر طبیعی و کمتر از ۱ درصد می‌باشد، ماده محافظت کننده در نظر گرفته شده و حلیت آن مورد تأیید بوده و مجاز است. هر محلول اتانولی بیشتر از ۱۵ درصد به‌عنوان محلول سمی می‌باشد اما در صنایع استفاده می‌شود. ضمناً محلول اتانولی تهیه شده با رقیق کردن از اتانول مطلق یا اتانول دناتوره شده برای استفاده صنعتی مجاز است اما برای مصرف انسانی سمی می‌باشد. هرچند، هر غلظتی بین ۰/۱ تا ۱۰۰ درصد که به نیت مصرف به‌صورت نوشیدنی تهیه شود، غیرحلال (حرام) در نظر گرفته می‌شود (۲).



شکل ۱. تولید محصولات غذایی با در نظر گرفتن مسائل مربوط به (GAP) و (GHP) (۳).

دراز مدت باعث بروز مشکلات سلامتی حادی در انسان‌ها شود. بعضی از این ترکیبات (به‌خصوص مواد شیمیایی رادیکالی شونده) در متابولیسم طبیعی بدن اختلال ایجاد کرده و در نتیجه می‌توانند در تکثیر سلول‌های بدخیم نقش داشته باشند (۳، ۵-۸). از جمله این مواد شیمیایی، مشتقات مربوط به نیترات (نیتريت و نیتروژن اکسید) در محصولات گوشتی می‌باشند که در اثر حرارت تولید نیتروزآمین می‌کنند که به‌عنوان یک ماده سرطان‌زا شناخته می‌شود (۹).

امروزه استفاده از مواد غذایی حلال معنی و مفهوم جدیدتری دارد. علاوه بر اینکه مواد غذایی با برچسب حلال نباید از حیوانی به‌دست آمده باشند که ذبح اسلامی نشده است، بلکه تک تک اجزای غذایی که در فرآیند تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند، نباید اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان داشته باشند (۱، ۳-۴).

به‌عنوان مثال، استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی برای افزایش طول عمر مواد غذایی در غلظت‌های بالا می‌تواند در

<sup>4</sup> Process

<sup>2</sup> Good Halal Practices

<sup>3</sup> Food Ingredients

از طرفی مواد طبیعی و آنتی‌اکسیدان در گیاهان و میوه‌ها وجود دارند که می‌توانند به‌طور بالقوه‌ای از خود خاصیت نگهدارندگی نشان دهند (۱۰-۱۱). به‌طور دقیق باید گفت که نوع ذبح (اسلامی و غیر اسلامی) و همچنین منبعی که اجزای مواد غذایی از آن استحصال شده است، روی حلیت ماده غذایی نهایی تأثیر می‌گذارد (۴).

باید در نظر داشت، بحث برچسب حلال، امروزه در سراسر جهان مد نظر تولید کنندگان قرار گرفته است. این می‌تواند نه تنها به دلیل حضور مسلمانان در آن کشور باشد بلکه علم ثابت کرده است که مواد غذایی با برچسب حلال می‌توانند در حفظ سلامتی بدن تأثیر مثبتی داشته باشند. همان طور که اشاره شد، علاوه بر مصرف گوشت خوک و اجزای به‌دست آمده از خوک (ژلاتین خوکی) و همچنین مصرف خوراکی اتانول، کلیه اجزایی که در فرمولاسیون مواد غذایی قرار می‌گیرند، باید در طبقه غیر بحرانی قرار بگیرند (۲، ۱۲). به‌عنوان مثال، ژلاتین به‌عنوان یک پروتئین بافت دهنده که به‌طور وسیعی در تولید دسرهای ژله‌ای و گروه شیرینی‌ها، استفاده وسیعی دارد، باید برچسب حلال داشته باشد. بنابراین نباید از خوک به‌دست آمده باشد. از طرفی محصولات گوشتی شامل انواع سوسیس‌ها و برگرها که در فرمولاسیون آنها، حضور گوشت چرخ شده امری اجتناب ناپذیر است، نباید از منبع خوکی استفاده شود، چرا که طبق قرآن استفاده از گوشت خوک حرام می‌باشد. دیگر اجزایی که استفاده از آن‌ها باعث ایجاد شبهه در مصرف کننده شود و حلیت آن زیر سوال باشد، نباید در فرمولاسیون مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد (۴).

به دلیل کمبود منابع گوشت گاوی و گوسفندی استفاده از پروتئین‌های به‌دست آمده از آنها محدود می‌شود. بنابراین، جایگزین کردن پروتئین‌های حیوانی با منابع پروتئینی جدید که دارای برچسب حلال می‌باشند، می‌تواند مشکلات مربوطه را حل و فصل کند. پروتئین‌های گیاهی و پروتئین‌های میکروبی می‌توانند منابع خوب پروتئینی برای جایگزین شدن با منابع پروتئین حیوانی باشند. البته باید این مهم را مد نظر داشت که همه پروتئین‌های حیوانی از جمله تخم مرغ در

صورت حذف شدن از رژیم غذایی، باعث بروز یکسری کمبودها در اجزای اصلی مورد نیاز متابولیسم بدن خواهد شد. پروتئین‌های میکروبی عمدتاً حاصل از قارچ‌ها (مایکوپروتئین‌ها) را می‌توان از ضایعات بخش کشاورزی تولید کرد.

مایکوپروتئین‌ها منبع سلامتی غنی از آمینو اسیدهای ضروری، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها و کاروتن‌ها می‌باشند (۱۳-۱۵). از طرف دیگر، پروتئین‌های حبوبات و غلات از جمله مهم‌ترین منابع پروتئین‌های با منشأ گیاهی می‌باشند (۱۶-۱۷). پروتئین سویا و پروتئین ذرت از جمله صنعتی‌ترین انواع پروتئین‌هایی هستند که امروزه مصرف زیادی در صنعت تولید محصولات گوشتی با برچسب حلال دارند. اما استفاده از پروتئین‌های گیاهی به تنهایی با یکسری محدودیت‌هایی رو به رو است. از جمله اینکه پروتئین‌های به‌دست آمده از منابع گیاهی دارای بوی علفی و گیاهی می‌باشند (۸).

همچنین از نظر خواص عملکردی این پروتئین‌ها با ضعف‌هایی رو به رو هستند. از جمله اینکه پروتئین‌های گیاهی توان ژل‌کنندگی در غلظت‌های بالاتر (بیشتر از ۱۲ درصد می‌باشند) را دارند و ژل‌هایی نسبتاً ضعیف‌تری در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی تولید می‌کنند. به‌علاوه، پروتئین‌های گیاهی از جمله لوبیاهای دارای مواد ضد تغذیه‌ای می‌باشند که در متابولیسم پروتئین‌های آنها مشکلاتی ایجاد می‌کنند (۱۹).

برای جبران این ضعف، می‌توان از مخلوط پروتئین حیوانی با پروتئین گیاهی استفاده نمود. اما در صورتی که بتوان تغییراتی در ساختار پروتئین‌های گیاهی اعمال نمود، می‌توان محصولات گوشتی با خواص بافتی مطلوب و قابل مقایسه‌ای با محصولات تولید شده از پروتئین حیوانی (به‌طور خالص) را تولید نمود. اصلاح فیزیکی، آنزیمی و شیمیایی پروتئین‌های گیاهی روش‌هایی هستند که باعث بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها می‌شوند (۲۰-۲۱).

اصلاح پروتئین‌ها هم می‌تواند باعث بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها می‌شود و هم باعث گسترش طعم مشابه

جهانی در تولید مواد غذایی در سال ۲۰۲۵ باشد و در این سال نیز جمعیت مسلمانان به حدود ۳۰ درصد جمعیت جهان در سال ۲۰۲۵ می‌رسد. جایگزین‌های پروتئین گوشت همچنین گروه‌های مصرف کننده از جمله یهودیان و هندوها را نیز تأمین خواهد کرد (۱۸).

پروتئین‌های گیاهی دارای قیمت پایین‌تری از پروتئین‌های ماهیچه‌ای می‌باشند و در نتیجه می‌توانند هزینه محصول گوشتی را کاهش دهند. قیمت‌های بالای گوشت صنعت غذا را برانگیخته است تا پروتئین‌های غیرگوشتی تولید نماید. دلیل مهم برای پذیرش بالای پروتئین‌های گیاهی، از جمله پروتئین سویای بافت دار شده (TSP)<sup>۶</sup>، هزینه پایین آنهاست. به علاوه، پروتئین‌های حیوانی در بسیاری از کشورهای غیرتوسعه یافته کمیاب می‌باشند. طبق گزارش بانک جهانی، تقاضا کلی جهان برای گوشت انتظار می‌رود به میزان ۵۶ درصد بین سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۰ رشد کند. در چند سال پیش، نگرانی در ارتباط با عرضه کافی غذا برای جمعیت در حال رشد دنیا نزدیک به ۷ میلیارد بیشتر شده است. تخمین زده شده است که ۸۰۰ میلیون نفر در کشورهای کمتر توسعه یافته دچار سوء تغذیه شوند. تأمین ایمن، مغذی و سالم غذا برای جمعیت‌های ضعیف و بد تغذیه یک چالش بزرگ برای کشورهای در حال توسعه می‌باشد. به‌طور خاص، سوء تغذیه از پروتئین-انرژی در بین مهم‌ترین و جدی‌ترین مشکلاتی هست که کشورهای در حال توسعه با آن روبه رو هستند (۱۸).

به دلیل بیماری‌های حیوانی، از جمله جنون یا پریون گاوی، کاهش جهانی پروتئین حیوانی، تقاضای قوی برای غذای سالم (فاقد کلسترول و مقدار کم چربی اشباع) و غذای منطبق بر اصول مذهبی (حلال) و همچنین دلایل اقتصادی، یک فشار برای مصرف مستقیم پروتئین‌های گیاهی در محصولات غذایی وجود دارد. برخی حتی پتانسیل تمام شدن نسبتاً سریع اقتصاد گوشت را متصور هستند چرا که گیاهخواری و تأثیر جنبش حقوق حیوانات در حال بیشتر شدن است. پروتئین با یک منبع گیاهی جایگزین پروتئین

گوشتی در آنها می‌گردد بنابراین هدف از نگارش این مقاله مروری، بررسی تولید محصولات گوشتی غنی شده با پروتئین‌های گیاهی اصلاح یافته با برچسب حلال می‌باشد. بر این اساس، انواع روش‌های اصلاح به تفصیل توضیح داده خواهند شد.

### منطق‌های موجود برای تولید و گسترش جایگزین‌های غیرگوشتی

موضوع جایگزینی پروتئین گوشت در بازارهای حلال و تولید مواد غذایی کوشر<sup>۵</sup> (مواد غذایی تولید شده بر اساس پروتکل‌های اسلامی) در سال‌های پیشین مورد بررسی بوده است. با این وجود، جایگزینی پروتئین گوشت در دهه گذشته بیشتر مورد علاقه محققین بوده است، به‌خصوص زمانی که در دهه ۱۹۸۰ در اروپا، جنون گاوی ظهور پیدا کرد. از آن زمان، نگرانی در ارتباط با استفاده از پروتئین گوشت به‌خصوص از حیواناتی که بالقوه دارای عفونت بوده‌اند، بیشتر شده است (۱۸).

انتخاب‌های نوع زندگی مذهبی ممکن است خوردن گوشت و محصولات گوشتی را برای گروه‌هایی از مصرف‌کنندگان ممنوع کند. گوشت به‌دست آمده از خوک برای دین اسلام مورد قبول نیست «حرام است» و گوشت تنها از لاشه گاو آن هم در صورتیکه بر اساس نیازمندی‌های مذهبی آماده شده باشد، می‌تواند حلیت داشته باشد. اسلام یکی از مذهب‌های با رشد سریع در جهان است و گسترش جایگزین‌های پروتئین گوشت برای فرآوری کنندگان مواد غذایی به مقدار زیادی مطلوب می‌باشد چرا که بازار جهانی برای مواد غذایی حلال تصدیق شده با سرعت زیادی در حال رشد می‌باشد. تجارت جهانی برای محصولات غذایی حلال در حدود ۸۰ میلیارد دلار یا ۱۲ درصد کل تجارت در محصولات کشاورزی-غذایی تخمین شده است. با در نظر داشتن افزایش در جمعیت و درآمد مصرف‌کنندگان مواد غذایی حلال، این درصد به‌طور حتم افزایش می‌یابد. به‌علاوه، مواد غذایی حلال ممکن است در حدود ۲۰ درصد تجارت

<sup>۶</sup> Texturized soy protein

<sup>۵</sup> Kosher

سویا از مقدار ۱/۲ میلیارد دلار در سال ۱۹۹۶ به مقدار تخمین شده ۴ میلیارد دلار به طور چشمگیری رشد کرد. متقابلاً، مجمع علمی مشاوره قلب آمریکا مطالعه‌ای را در سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۵ روی پروتئین سویا و اجزای ایزوفلاون‌های آن انجام دادند. در بین ۲۲ تست انجام شده، پروتئین ایزوله سویا با ترکیبات ایزوفلاوونی، در مقایسه با شیر و یا پروتئین‌های دیگر، غلظت‌های کلسترول با لیپوپروتئین با دانسیته پایین ۱۴ را کاهش داد، مقدار متوسط ۳ درصد بود. این کاهش مقدار نسبتاً پایینی است در مقایسه با مقدار زیاد پروتئین سویایی که در این مطالعات تست شد، تقریباً ۵۰ گرم، حدوداً نصف مقدار معمول پروتئین روزانه. محصولات غذایی حاصل از سویا از جمله توفو، کره سویا، خشکبار سویا، و یا برگ‌هایی که از سویا به دست می‌آید، برای قلب و عروق و سلامتی مفید می‌باشد چرا که محتوای بالایی از اسیدهای چرب چند غیراشباعی، فیبرها، ویتامین‌ها، و مواد معدنی و مقدار پایین چربی اشباع دارا می‌باشند. استفاده از این مواد غذایی به منظور جایگزینی با مواد غذایی دارای پروتئین حیوانی که دارای چربی اشباع و کلسترول می‌باشد، ممکن است مزایایی را برای سلامت قلب و عروق داشته باشد (۱۴، ۱۸).

پروتئین‌های سویا تنها بزرگ‌ترین منبع برای تولید محصولات غذایی پروتئینی بافت‌دار شده در سرتاسر دنیا می‌باشد. این به خاطر قاعده اقتصادی ساده عرضه و تقاضا می‌باشد. عرضه سراسری دانه سویا فراوان است و در کل ارزان بوده و منبع پروتئین با مدیریت نسبتاً آسانی می‌باشد. از کل دانه‌های سویا، تعدادی مواد خام برای استفاده در بافت دهی اکستروژن تولید می‌شود (۱۸).

در مقایسه با بسیاری از منابع غذایی بزرگ، دانه‌های سویا از نظر تغذیه‌ای ابر قدرت می‌باشند. دانه‌های سویا در مقادیر تغذیه‌ای بر اساس واریته خاص و شرایط رشد متفاوت هستند، اما به طور استاندارد دانه‌های سویا دارای ۳۵ تا ۴۰

حیوانی برای کاربردهای غذایی است و منابع آنها نیز گسترده می‌باشد از جمله حبوبات، دانه‌های روغنی، غلات، و منابع قارچی (۱۵، ۱۸).

### پروتئین غیر گوشتی

**پروتئین سویا:** لوبیای سویا از جمله گیاهان متعلق به حبوبات<sup>۷</sup> مربوط به شبدر<sup>۸</sup>، نخود<sup>۹</sup> و آلفالفا<sup>۱۰</sup> می‌باشد. استفاده از غذای سویا در سرتاسر جهان به طور گسترده‌ای تغییر می‌کند. در آسیا اساساً دانه‌های سویا را به عنوان غذاهای سنتی استفاده می‌کنند از جمله شیر سویا<sup>۱۱</sup>، توفو<sup>۱۲</sup> و محصولات تخمیری. در مقابل، ملت‌های غربی دانه‌های سویا را بیشتر به شکل اجزای پروتئین سویا پالایش شده مصرف می‌کنند که در فرآوری غذا به جای توفو و یا شیر سویا استفاده می‌شوند. در کشورهای غربی، دانه‌های سویا از نظر اقتصادی و منبع با کیفیت بالای پروتئین برای انسان‌ها، توجه مردم را جلب نموده است. بنابراین، محصولات جدید پروتئین سویا گسترش پیدا کردند از جمله آرد سویای روغن‌گیری شده، کنسانتره پروتئین سویا، و ایزوله‌های پروتئین سویا (۱۴، ۱۸).

دانه سویا در کاربردهای غذایی بعد از اینکه توسط سازمان غذا و داروی آمریکا به عنوان «ادعای سلامت پروتئین سویا»<sup>۱۳</sup> تأیید شد (۲۶ اکتبر ۱۹۹۹)، محبوبیت گرفت. سازمان غذا و داروی آمریکا تأیید کرد که ۲۵ گرم پروتئین سویا در یک روز، ممکن است کلسترول خون را کاهش دهد و ریسک مبتلا به بیماری قلبی کرونری را کاهش می‌دهد. بازار به شدت نسبت به این ادعای سلامتی پاسخگو می‌باشد. بنابراین، به منظور بهره بردن از این فرصت، مواد غذایی تولید شده با سویا به طور سریع به فرهنگ‌های غربی و رژیم‌های غذایی نفوذ کرده است. مصرف مواد غذایی تولید شده با سویا در کشورهای غربی به طور ناگهانی بیشتر شد، سال ۱۹۹۹ نقطه عطف بود که تغییر زیادی پیدا کرد. کل صنعت غذای

<sup>11</sup> Soy milk

<sup>12</sup> Tofu

<sup>13</sup> Soy Protein Health Claim

<sup>14</sup> Low density lipoprotein

<sup>7</sup> Leguminous

<sup>8</sup> Clover

<sup>9</sup> Peas

<sup>10</sup> Alfalfa

محلول می‌باشند، در بسیاری از آنزیم‌های متفاوت نمایان می‌شوند(۱۸).

گلوبولین‌ها بر اساس ضرایب ترسیب خود در دو گروه YS و ۱۱S طبقه‌بندی می‌شوند. پروتئین‌های YS و ۱۱S نخودها و ویسلیین و لگومین نامیده می‌شوند و بر اساس پروتئین مربوط به دیگر دانه‌ها گلوبولین‌های شبیه ویسلیین و گلوبولین‌های شبیه لگومین ارجاع داده می‌شوند. گلوبولین YS (ویسلیین) یک پلی پپتید تریمری که دارای وزن مولکولی ۴۰۰۰۰ تا ۷۵۰۰۰ دالتون می‌باشد، بنابراین پروتئین مادر دارای وزن مولکولی ۱۵۰۰۰۰ تا ۱۷۰۰۰۰ دالتون می‌باشد. ویسلیین‌ها به‌طور معمول فاقد سیستمین می‌باشند و بنابراین باندهای دی سولفید ندارند. بخش ۱۱S نیز الیگومر می‌باشند. مدل ساختاری مورد قبول برای پروتئین‌های ۱۱S مدل پیشنهاد شده برای لگومین Vicia faba می‌باشد. در این مدل، ۶ مونومر در یک ساختار فشرده مثلثی آرایش یافته‌اند. واحدهای مونومر یک گلوبولین‌های شبیه لگومین شامل زنجیره پلی‌پپتیدی اسیدی دارای وزن مولکولی ۲۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ دالتون می‌باشد که از طریق باندهای دی سولفیدی به یک زنجیره بازی متصل شده‌اند، که به ترتیب زیربخش‌های آلفا و بتا نامیده می‌شوند(۱۸)، (۲۲).

### مزایا و معیاب استفاده از پروتئین‌های غیر گوشتی

#### پروتئین سویا

بزرگترین عیب پروتئین سویا، طعم نامطبوع زیادی است که در محصولات مرتبط ایجاد می‌شود. دو نوع طعم نامطبوع وجود دارد. یکی مربوط به طعم علفی و طعم لوبیایی و دیگری مربوط به طعم تلخ و گس آن می‌باشد. طعم علفی و لوبیایی از طریق عمل آنزیم لیبواکسیژناز<sup>۱۷</sup> که در لوبیای سویا وجود دارد، حاصل می‌شود. طعم تلخ و گس از طریق ساپونین‌ها و ایزوفلاون‌ها ایجاد می‌شود. طعم نامطبوع ایزوفلاون‌ها از طریق هیدرولیز آکلیگون آنها توسط عمل

درصد پروتئین، ۱۵ تا ۲۰ درصد چربی، ۳۰ درصد کربوهیدرات، و ۱۰ تا ۳۰ درصد رطوبت دارند. علاوه بر فراهم آوردن پروتئین با کیفیت عالی و چربی و کربوهیدرات، دانه‌های سویا همچنین غنی از فیبر، آهن، کلسیم، روی، و ویتامین‌های B می‌باشند(۱۸).

پروتئین‌های سویا متشکل از دو جزء اعظم شامل بتاکونگلیسینین<sup>۱۵</sup> و گلیسینین<sup>۱۶</sup> می‌باشد. بتاکونگلیسینین دارای ضریب ترسیب YS درحالی‌که گلیسینین دارای ضریب ترسیب ۱۱S می‌باشد(۱۸).

#### پروتئین حبوبات

خانواده حبوبات حدود ۲۷ درصد از تولید اولیه گیاهان در جهان را دربر می‌گیرد و از نظر اهمیت تنها بعد از علف‌های غلات می‌باشد. در بسیاری از مناطق جهان، دانه‌های حبوبات تنها عرضه پروتئینی در رژیم غذایی می‌باشند. در بیشتر گونه‌ها، دانه پروتئینی دارای ۲۰ تا ۳۰ درصد محتوای پروتئینی بر اساس وزن کل خشک می‌باشد. حبوبات منبع خوبی از انرژی، مواد معدنی و ویتامین‌های B می‌باشند. آنها دارای جایگاه مهمی در تغذیه انسان هستند، به‌خصوص در رژیم غذایی افرادی کم درآمدی که در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند. حبوبات همچنین به‌عنوان گوشت مرد فقیر در نظر گرفته می‌شوند(۱۸).

دانه‌های حبوبات مقدار زیادی پروتئین در طول رشد خود تجمع می‌کنند. این پروتئین‌ها در بخش‌های ارگانوسل ذخیره می‌شوند و بدین ترتیب، پروتئین‌های ذخیره‌ای نامیده می‌شوند. این پروتئین‌ها در محلول‌های نمکی محلول می‌باشند و در آب حل نمی‌شوند. پروتئین‌های ذخیره‌ای همچنین گلوبولین نامیده می‌شوند(۲۲).

گرچه پروتئین‌های ذخیره‌ای در رژیم غذایی انسان مهم می‌باشند، عمل فزیولوژیکی آنها در دانه تنها فراهم آوردن آمینو اسیدها و نیترژن برای جوانه‌زنی دانه می‌باشد. در مقابل، پروتئین‌های کاتالیتیک، از جمله آلومین‌ها که در آب

<sup>17</sup> lipoxygenase

<sup>15</sup>  $\beta$ -conglycinin

<sup>16</sup> Glycinin

آنزیم بتاگلوکوزیداز در دانه‌های سویا بیشتر می‌شود. سالیان دراز است که حذف کردن طعم نامطبوع یک نگرانی اصلی در رابطه با استفاده از پروتئین سویا شده است.

جوانه زنی به تنهایی یا به صورت ترکیبی با تیمار حرارتی، بر معایبی مانند طعم و بوی نامطلوب غلبه می‌کند. گرچه، نگرانی اخیراً در حال تغییر به مواد فعال فیزیولوژیک پروتئین سویا در سیستم‌های غذایی می‌باشد. ساپونین‌ها و ایزوفلاوون‌ها قبلاً به عنوان مواد نامطلوب در نظر گرفته می‌شدند اما الان آنها به عنوان مواد مفید در نظر گرفته می‌شوند چرا که فعالیت‌های ضد سرطانی از خود نشان داده‌اند. دانه سویا یک منبع پروتئینی با کیفیت بالا می‌باشد که این مربوط به تعادل خوب ترکیب آمینو اسیدی آن می‌باشد. محصولات پروتئین سویا برای تکمیل کردن پروتئین‌های غلات استفاده می‌شوند.

کیفیت پروتئین غلات در مخلوط‌های سویا/غلات بهبود پیدا می‌کند چون پروتئین سویا منبع غنی از لیزین می‌باشد که این آمینو اسید به عنوان اولین آمینو اسید محدودکننده در اغلب پروتئین‌های غلات می‌باشد. نه تنها پروتئین‌های سویا مغذی می‌باشند، آنها همچنین نقشی بزرگی در خواص عملکردی می‌توانند ایفا کنند. در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس، گلیسینین یک ژل سفت کدر و غیر الاستیک تشکیل می‌دهد درحالی‌که بتا-کونگلیسینین یک ژل نرم شفاف و الاستیک تشکیل می‌دهد. گلیسینین دارای پایداری حرارتی بیشتری از بتا-کونگلیسینین می‌باشد اما توانایی امولسیفایری و پایدارکنندگی امولسیون گلیسینین ضعیف‌تر از کونگلیسینین می‌باشد.

ساختار بزرگ و آبگریزی سطحی زیاد که راحت‌تر در بتا-کونگلیسینین تا می‌خورد، باعث می‌شود که توانایی امولسیفایری آن قوی‌تر از گلیسینین باشد. در مقابل، تعداد زیادی گروه سولفیدریل و محل قرارگیری آنها در گلیسینین باعث می‌شوند که ژل سفت‌تر با کدورت بیشتری در مقایسه با ژل تشکیل شده توسط بتا-کونگلیسینین ایجاد کند (۱۸).

#### پروتئین حبوبات

حبوبات شامل نخود فرنگی، نخود و عدس دارای مقدار زیادی لیزین، لوسین، آسپاراتیک اسید، گلوتامیک اسید و آرژینین می‌باشند و دارای تعادل خوب در پروفایل آمینو اسیدی هستند زمانی که با غلات و دیگر غذاهای دارای آمینو اسیدهای گوگرددار مقایسه می‌شوند (۱۸، ۲۲).

یکی از مسئله‌هایی که در مورد پروتئین‌های حبوبات وجود دارد، این است که ترکیبات ضد تغذیه‌ای متصل به این پروتئین‌ها می‌باشند. از جمله این ترکیبات ضد تغذیه‌ای، بازدارنده‌های پروتئینی، لکتین‌ها، پلی فنول‌ها، و فیتات‌ها می‌باشند که می‌توان بخشی یا همه آنها را از طریق فرآیندهایی حذف کرد. پروتئین‌ها از جمله بازدارنده‌های آمیلازی، لکتین‌ها و بازدارنده‌های تریپسینی می‌توانند دانه‌های حبوبات را در برابر شکارکنندگان محافظت کنند (۱۸). این بازدارنده‌های پروتئینی در اندازه‌گیری کیفیت دانه‌های حبوبات و اثر ضد تغذیه‌ای آنها در بازداری برگشت‌ناپذیر آنزیم‌های هضم کننده متفاوت مهم می‌باشند. یکی از بازدارنده‌های پروتئینی معروف، بازدارنده‌های آلفا-آمیلاز هستند. آنزیم آلفا-آمیلاز پانکراس نشاسته را در روده کوچک تبدیل به مالتوز و الیگوساکاریدها می‌کند، در حالی که آلفاگوزیداز روده‌ای دی‌ساکاریدها و الیگوساکاریدها را تبدیل به گلوکز می‌کند. بازداری آنزیم آلفا-آمیلاز سرعت هضم نشاسته را کاهش می‌دهد و این باعث کاهش در مقدار گلوکز خون در بیماران دیابتی می‌شود. بازدارنده‌های پروتئینی در دانه‌های حبوبات می‌توانند اثر زیادی را روی ارزش تغذیه‌ای بگذارند چون آنها از عمل پروتئازهای سرینی پانکراس بازداری می‌کنند و بنابراین در هضم پروتئین در روده اختلال ایجاد می‌کنند (۱۸).

گرچه، اثرات بازدارنده‌های پروتئینی معمولاً زمانی یافت می‌شوند که دانه‌ها به صورت ناپخته مصرف شوند چون دناتوراسیون حرارتی باعث غیرفعال شدن این پروتئین‌ها می‌شود. از طرفی، بازدارنده‌های پروتئینی به عنوان عوامل ضد سرطان عمل می‌کنند. به علاوه، کنسانتره‌های تجاری پروتئین‌های حبوبات غنی از بازدارنده‌های آنزیم آلفا-آمیلاز می‌باشد، که اصطلاحاً مسدود کننده‌های نشاسته‌ای نامیده

هیدرولیز محدود باعث بهبود حلالیت پروتئین گلوتن می‌شود. این پروتئین می‌تواند به صورت آنزیمی تحت شرایط هیدرولیز محدود قرار گیرد که این کار توسط آنزیم‌های تجاری در دسترس انجام می‌گیرد (۱۸).

#### دانه‌های روغنی

بسیاری از گیاهانی که تولیدکننده روغن می‌باشند دارای سطح قابل قبولی از پروتئین می‌باشند که دارای پتانسیل خوبی برای استفاده در رژیم غذایی انسان می‌باشد. دانه‌های سویا، کلزا، کتان، دانه آفتابگردان، و بادام زمینی بیشترین وعده غذایی پروتئینی می‌باشند و تولید وعده‌های پروتئینی ۶۸، ۱۲، ۷، ۴ و ۲ درصدی به ترتیب در سراسر جهان می‌کنند. برخی از پروتئین‌های دانه‌های روغنی در داشتن آمینو اسیدهای دارای گوگرد فقیر می‌باشند زمانی که با پروتئین‌های حیوانی مقایسه می‌شوند اما این محدودیت به راحتی از طریق مکمل سازی با پروتئین‌های غلات و یا مایکوپروتئین‌ها حل می‌شود. ترکیبات فیبری، فیتیک اسید، فنولیک‌ها در گیاهان تولید کننده روغن معمول می‌باشند و این موارد باعث محدودیت کاربردی آنها در مواد غذایی می‌شود.

محتوای بالای فیبری بیشتر پروتئین‌های دانه‌های روغنی باعث محدود شدن مواد مغذی در وعده غذایی می‌شود و همچنین باعث ایجاد مشکلات فرآیندی می‌کند. مرحله پوسته گیری یک روش مؤثر برای کاهش مقدار فیبر بیشتر دانه‌های روغنی می‌باشد زیرا محتوای فیبری بیشتر در ارتباط با پوست دانه می‌باشد. علاوه بر کاهش سطح فیبر، حذف پوست از گیاهان تولید کننده روغن راه مؤثری برای کاهش فاکتورهای ضد تغذیه‌ای از جمله فیتیک اسید و ترکیبات فنولیک می‌باشد.

تعدادی تیمار، از جمله تیمار به روش حرارتی-آبی، غوطه ور کردن، تخمی و جوانه زنی می‌تواند روی دانه‌ها انجام شود به‌منظور اینکه ترکیبات ضد تغذیه‌ای حذف شوند و بنابراین کیفیت تغذیه‌ای و خصوصیات عملکردی بهبود پیدا می‌کند. حذف پوسته بنابراین یک مرحله خوب در فرایند ایزوله کردن

می‌شوند و به‌طور رایج به‌عنوان مکمل‌های رژیمی برای کنترل وزن در درمان‌های چاقی استفاده می‌شوند (۱۸).

#### پروتئین غلات

غلات دارای محتوای پایین پروتئینی می‌باشند و ترکیب آمینو اسیدی آنها نیز به‌صورت غیرمتعادل می‌باشد بنابراین بهتر است که به‌صورت مکمل در رژیم غذایی غلات از پروتئین‌های دیگر استفاده شود. مفهوم کامل کردن پروتئین غلات/حبوبات به‌منظور بهبود کیفیت پروتئینی انجام می‌شود.

محققین نشان داده‌اند که پروتئین‌های حبوبات غنی از لیزین بوده و پروتئین غلات دارای مقدار کمی از آمینو اسید لیزین می‌باشند و مخلوط کردن با نسبت درستی از آنها می‌تواند تعادل خوبی از نظر ترکیب آمینو اسیدی ایجاد شود. گلوتن پروتئین اصلی هست که در گندم، چاودار و جو یافت می‌شود که برای برخی اشخاص مضر می‌باشد. بیماری سلیاک یک اختلالی است که باعث می‌شود یک عدم تحمل دائمی در برابر پروتئین‌های گلوتنی ایجاد شود. در این بیماری، لنفوسیت‌های T شکل در روده باریک به‌صورت غیرعادی به گلوتن پاسخ می‌دهند که در مقابل فرآیند التهابی ایجاد می‌شود که سلول‌های جذبی اپیتلیوم روده باریک صدمه می‌بینند. این باعث چندین مشکل متابولیسمی می‌شود که در نهایت منجر به بیماری‌هایی از قبیل اسهال، استئوپروسیس یا پوکی استخوان و کم خونی ناشی از فقدان آهن می‌شود. گلوتن یک جزء غذایی می‌باشد که عمدتاً در صنایع نانوائی برای بهبود خصوصیات رئولوژیکی آردها به‌دلیل ویژگی‌های ویسکوالاستیک آن استفاده می‌شود و گلوتن گندم همچنین به‌صورت رایج در محصولات گوشتی فرآوری شده استفاده می‌شود. نامحلول بودن گلوتن گندم یکی از محدودیت‌های بزرگ آن برای استفاده گسترده در فرآوری غذایی می‌باشد و باعث محدودیت استفاده آن به‌عنوان یک افزودنی غذایی عملگرا در محصولات گوشتی می‌شود.



حیوانی باشد اما به دلیل اینکه جایگزینی پروتئینی حیوانی با مایکوپروتئین‌ها در مقیاس صنعتی امکان پذیر نیست بنابراین بیشتر مبنای جایگزینی استفاده از پروتئین‌های با منشأ گیاهی می‌باشد. چرا که سطح کشت این منابع پروتئینی در کشور در حد قابل قبولی است.

### اصلاح ساختاری پروتئین‌های گیاهی

اصلاح ساختاری پروتئین‌های گیاهی به روش‌های فیزیکی، آنزیمی و شیمیایی قابل انجام است. پروتئین‌ها دارای ساختار اول، دوم، و بعضی دارای ساختار سوم و چهارم نیز می‌باشند. هرگونه تغییر در ذات طبیعی پروتئین، باعث تغییر در خواص فیزیکیوشیمیایی و حسی پروتئین می‌شود. اصلاح فیزیکی پروتئین‌ها می‌تواند عمده‌تاً مربوط به تغییر بار سطحی پروتئین شود. به عنوان مثال، اعمال پلاسما سرد می‌تواند باعث تغییر خصوصیات سطحی پروتئین‌ها شود. حرارت‌دهی پروتئین باعث باز شدن و دناتوراسیون بخشی از پروتئین شده و بخش‌های هیدروفوب که در درون ساختار پروتئین دفن شده بودند، در معرض سطح قرار می‌گیرند و بدین صورت باعث تغییر در خواص عملکردی پروتئین می‌شوند (۲۳). اصلاح آنزیمی پروتئین می‌تواند شامل هیدرولیز و تشکیل اتصالات عرضی باشد. هیدرولیز هم به روش اسیدی انجام می‌شود و هم آنزیمی.

روش اسیدی هیدرولیز پروتئین‌های گیاهی برای تولید تشدید کننده‌های طعمی و همچنین طعم گوشت «طعم یومامی»<sup>۱۹</sup> مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۷، ۲۴). منتها به دلیل اینکه روش اسیدی هیدرولیز در pH اسیدی شدید و دمای بالا (۱۲۰-۱۱۰ درجه سلسیوس) انجام می‌شود، ماده خطرناکی به نام مونوکلروپروپان تولید می‌شود که طبق سازمان غذا و داروی آمریکا، باعث سرطان در طولانی مدت می‌شود. همچنین، به دلیل اینکه بعد از هیدرولیز، نیاز به مقدار زیادی سود است، بنابراین محصول نهایی تولید شده به دلیل خنثی شدن باز و اسید، مقدار نمک زیادی خواهد داشت (۲۵-۲۶). بنابراین بر اساس حلیت، باید محصول

پروتئین می‌باشد. ایزوله کردن پروتئین یک مرحله مهم برای وارد کردن پروتئین‌ها از گیاهان تولید کننده روغن به فرمولاسیون مواد غذایی می‌باشد (۱۸).

### مایکوپروتئین‌ها

مزایای تغذیه‌ای مایکوپروتئین‌ها از ترکیب شیمیایی آنها بر می‌خیزد. دیواره سلولی هیفا منبع فیبر رژیمی می‌باشد «دارای کیتین و گلوکان». غشاهای سلولی منبعی از اسیدهای چربی غیراشباعی می‌باشد و سیتوپلاسم منبع پروتئین با کیفیت بالا می‌باشد. ترکیب فیبر تقریباً یک به سه متعلق به کیتین و دو به سه مربوط به بتا-یک و سه گلوکان و یک و شش گلوکان می‌باشد. ترکیب آمینو اسیدی مایکوپروتئین نشانگر حضور همه آمینو اسیدهای ضروری می‌باشد. هضم پذیری- امتیاز آمینو اسید تصحیح شده<sup>۱۸</sup> (PDCAAS) مایکوپروتئین برابر با ۰/۹۱ می‌باشد. این پروتئین می‌تواند یک مکمل با ارزش برای رژیم‌های حاوی پروتئین‌های غلات و پروتئین‌های حبوبات باشد.

مایکوپروتئین‌ها کلاسترول ندارند و دارای مقدار کمی از اسیدهای چرب اشباع می‌باشند. مایکوپروتئین‌ها دارای پروفایل اسیدهای چرب مطلوب می‌باشند و محتوای فیبری آنها قابل مقایسه با منابع پروتئینی دیگر سبزیجات می‌باشد. مایکوپروتئین‌ها همچنین منبع خوبی از روی و سلنیوم می‌باشند اما سطوح آهن و ویتامین B12 آنها در مقایسه با گوشت قرمز کم می‌باشد. به دلیل اینکه دارای محتوای بالایی از فیبر می‌باشند، مصرف مایکوپروتئین به صورت معنی‌داری از سطوح کلاسترول خون می‌کاهد و همچنین باعث می‌شود که میزان انرژی دریافتی کاهش یابد.

مایکوپروتئین ممکن است در مدیریت چاقی و دیابت نوع دو مفید باشد چون به نظر می‌رسد که دارای اثرات مزیت بخشی روی بیماری‌های اینسولینمیا «حضور مقدار زیادی انسولین در خون» و گلیسمی «هایپو و هایپر گلاسیمی» دارد. تولید مایکوپروتئین‌ها از طریق کشت سلول‌های قارچی رویکرد بسیار مفیدی می‌تواند برای جایگزینی پروتئین‌های

<sup>19</sup> Umami Taste

<sup>18</sup> Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score

به دست آمده به روش اسیدی، بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرد تا میزان آسیب رسانی و خطرات ناشی از ورود مواد سمی به بدن تعیین شود. روش بعدی هیدرولیز آنزیمی است. به طور کلی، هیدرولیز باعث تغییر در ساختار اول و دوم پروتئین می شود چرا که در هیدرولیز پیوندهای کووالانسی شکسته می شوند و تولید پپتیدهای با وزن مولکولی کوچکتر از پروتئین می شود که از نظر خواص فیزیکی شیمیایی و حسی نیز با پروتئین اولیه تفاوت دارند.

آنزیم های هیدرولیز کننده مختلفی وجود دارند که عمدتاً شامل آلکالاز، فلیوروزیم، نوتراز، بروملاتین، پاپائین و غیره می باشند (۱۷، ۲۹-۲۷). آنزیم آلکالاز و فلیوروزیم استفاده گسترده ای در صنعت تولید طعم دهنده های گوشتی و تولید پروتئین های هیدرولیز شده گیاهی دارند. تولید هیدرولیزات پروتئینی از حبوبات و غلات هم می تواند جنبه افزایش خواص آنتی اکسیدانی پپتیدهای حاصل شده باشد و هم در تولید طعم مشابه گوشت نقش داشته باشد (۳۰). از طریق هیدرولیز، پپتیدهایی با وزن مولکولی کوچکتر از پروتئین مادر تولید می شوند که به دلیل توالی خاص آمینو اسیدی که دارند، می توانند دارای طعم مشابه با طعم گوشت داشته باشند (۳۱-۳۲).

آنزیم دیگر در اصلاح پروتئین های گیاهی، آنزیم ترانس گلوتامیناز است. تشکیل اتصالات عرضی توسط آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی انجام می شود. این آنزیم بین لیزین و گلوتامین واکنشی را کاتالیز می کند که در نهایت منجر به تشکیل اتصالات عرضی بین زنجیره های پپتیدی شده که منجر به تغییر در خواص عملکردی و سایر خصوصیات فیزیکی شیمیایی پروتئین می شود. همچنین آنزیم ترانس گلوتامیناز سوبستراهای آمینی را می تواند به پروتئین متصل کند و در نهایت منجر به تغییر خواص پروتئین شود. از این آنزیم برای بهبود ساختار پروتئین های گیاهی و افزایش خواص عملکردی آنها استفاده می شود (۳۳-۳۵).

علاوه بر اصلاح فیزیکی و آنزیمی پروتئین ها، اصلاح شیمیایی پروتئین ها نیز می تواند منجر به تغییرات خواص فیزیکی شیمیایی و حسی پروتئین ها شود. هیدرولیز اسیدی

که روش شیمیایی اصلاح پروتئین ها به حساب می آید، با وجود اینکه از نظر اقتصادی می تواند مقرون به صرفه باشد و همچنین پپتیدهای با وزن مولکولی کم و عموماً آمینو اسیدها تولید شده که این باعث می شود از نظر شدت طعمی در حد قابل قبولی باشند «به دلیل تولید مونوسدیم گلوتمات»، اما تولید مواد سمی از جمله مونوکلروپروپان باعث محدودیت این روش می شود «اصلاح آنزیمی پروتئین ترجیح داده می شود». روش شیمیایی که منجر به تغییراتی در ساختار پروتئین ها می شود، واکنش مایلارد است. واکنش مایلارد بین قندهای احیاء کننده و ترکیبات آمینی «پروتئین، آمینو اسید و غیره» برقرار می شود و در نهایت منجر به تولید محصولات آنتی اکسیدان و رنگ «عمدتاً منالوئیدین» می شود. این ترکیبات علاوه بر اینکه ترکیبات آنتی اکسیدان می باشند، در طعم نیز دخالت دارند. برخی از ترکیبات حد واسط واکنش مایلارد می تواند با ترکیبات حاصل از اکسیداسیون چربی ها واکنش دهد. ترکیبات طعمی اکسیداسیونی مربوط به اجزای آلدئیدی و کتونی می باشند (۳۶-۳۷).

ترکیب هیدرولیز آنزیمی و تشکیل اتصالات عرضی از یک طرف و از طرفی واکنش مایلارد می تواند تا حدود زیادی بوی علفی و لوبیایی پروتئین های گیاهی را برطرف کند. همچنین، طعم مشابه گوشتی در پروتئین های گیاهی توسعه پیدا می کند و می تواند جایگزین پروتئین حیوانی باشند (۱۷، ۳۸-۳۹).

هیدرولیز آنزیمی از یک طرف باعث گسترش بوی شبیه گوشتی می شوند «به دلیل تولید پپتیدهای با وزن مولکولی پایین» و از طرفی تشکیل اتصالات عرضی بین زنجیره های پلی پپتیدی پروتئین باعث بهبود خواص عملکردی پروتئین می شود. واکنش مایلارد نیز می تواند در تشدید تولید ترکیبات عطری فرار دخیل باشد (۴۰).

باید اشاره کرد که در سیستم های پیچیده غذایی از جمله فرمولاسیون همبرگر که دارای روغن نیز می باشد، واکنش بین پروتئین های هیدرولیز شده با قند موجود در فرمولاسیون «عمدتاً مالتودکسترین به عنوان پر کننده» و

استفاده ترکیبی از آنزیم‌ها، می‌تواند در جهت تولید پپتیدهایی که بیشترین اثر را روی طعم مشابه گوشتی داشته باشند، حائز اهمیت باشد. این اثر بر اساس ترکیب آمینو اسیدی پپتیدها می‌باشد. همچنین، طبق مطالعاتی که انجام شده است، طعم یومامی و طعم مشابه گوشتی «ناشی از مونوسدیم گلوتمات» در پپتیدهایی که با استفاده از روش‌های غشایی جداسازی شده‌اند، بیشتر مشخص شده است. در واقع، همه اجزای پپتیدی طعم گوشتی را ایجاد نمی‌کنند و فقط پپتیدهایی خاص با توالی آمینو اسیدی خاص می‌توانند این طعم را ایجاد بکنند.

### آنزیم آلکالاز

آلکالاز یک اندوپپتیداز سیرینی می‌باشد که پروتئین‌ها را در قسمت وسطی زنجیره آمینو اسیدی می‌شکند. این آنزیم برای اولین بار از *Bacillus subtilis*<sup>20</sup> به دست آمده است. آنزیم آلکالاز البته از وارپته‌های مختلف این باکتری به دست می‌آید که دارای نقطه بهینه فعالیت در شرایط قلیایی می‌باشند. امروزه این آنزیم به روش تخمیر Submerged Fed-Batch با استفاده از *Bacillus licheniformis*<sup>21</sup> تولید می‌شود (۴۴).

آنزیم آلکالاز می‌تواند باعث تولید پپتیدهای با خصوصیات کلی هیدروفوبیک شود. این آنزیم می‌تواند منجر به تولید هیدرولیزات با وزن مولکولی کوچک شود (۴۴). آلکالاز می‌تواند درجه هیدرولیزهای بالاتر از آنزیم‌های دیگری از جمله پاپائین، تریپسین و ترمولایزین را ارائه دهد. در یک مطالعه مشاهده شد که این آنزیم درجه هیدرولیزی ۱۰ برابر بیشتر از آنزیم‌های دیگر دارد. همچنین در یک مطالعه توسط Kula و همکاران (۲۰۲۰)، تریپسین و آلکالاز به صورت جداگانه مورد استفاده قرار گرفتند. درجه هیدرولیز به دست آمده حدوداً ۴۴ درصد بود اما زمانی که دو آنزیم به صورت ترکیبی و ترتیبی مورد استفاده قرار گرفتند (۲ ساعت توسط تریپسین و ۲ ساعت توسط آلکالاز)، درجه هیدرولیز به مقدار ۷۸ درصد رسید. این نتایج نشان داد که اثر هم افزایی دو

همچنین محصولات اکسیداسیون، منجر به تولید عطر و طعم مشابه گوشتی می‌شود (۴۱).

### هیدرولیز آنزیمی

هیدرولیز آنزیمی یکی از روش‌های آنزیمی اصلاح پروتئین‌ها می‌باشد. در هیدرولیز آنزیمی، درجه هیدرولیز محدود بوده و تولید پپتیدهای با وزن مولکولی بیشتر از هیدرولیز اسیدی می‌کند. به طور کلی، در هیدرولیز آنزیمی پپتیدهایی که تولید می‌شوند، از نظر طعمی تلخ‌تر از هیدرولیزات به دست آمده از هیدرولیز اسیدی می‌باشند (۴۲-۴۳). علت این امر به پپتیدهایی با ترکیب آمینو اسیدی هیدروفوب نسبت داده می‌شود. اما در هیدرولیز اسیدی، از آنجایی که هیدرولیز شدیدتر می‌باشد و پپتیدها وزن مولکولی خیلی کمتری از پپتیدهای حاصل شده از هیدرولیز آنزیمی دارند، طعم تلخ زیاد مشهود نیست و بیشتر طعم شوری حس می‌شود. همچنین طعم قوی مشابه گوشتی در این هیدرولیزات حس می‌شود (۴۲-۴۳).

یکی از معایب روش هیدرولیز اسیدی نیز همین مقدار نمک تشکیل شده در مرحله خنثی کردن محلول هیدرولیزات می‌باشد. البته در فرمولاسیون مواد غذایی میزان نمک هیدرولیزات پروتئین گیاهی را مد نظر قرار می‌دهند. بنابراین، برای کم کردن حس تلخی هیدرولیزات به دست آمده از هیدرولیز آنزیمی، از ترکیب آنزیم‌های هیدرولیز کننده استفاده می‌کنند (۲۲). به عنوان مثال، بعد از هیدرولیز پروتئین‌ها با آنزیم آلکالاز، از آنزیم فلیوروزیم استفاده می‌کنند (۲۲).

هر دو آنزیم از آنزیم‌های تجاری استفاده شده در تولید طعم‌های طبیعی و مطلوب گوشتی می‌باشند. ابتدا از آنزیم آلکالاز برای هیدرولیز پروتئین تا رسیدن به درجه هیدرولیز مورد نظر استفاده می‌کنند. بعد از آن، به صورت ترتیبی، آنزیم فلیوروزیم استفاده شده و پپتیدهای تلخ به دست آمده از مرحله اول شکسته می‌شوند و بدین صورت پپتیدهایی تولید می‌شوند که دارای طعم مشابه گوشتی هستند. بر این اساس،

<sup>21</sup> *Bacillus licheniformis*

<sup>20</sup> *Bacillus subtilis*

تیمار ترانس گلوتامیناز می‌تواند بعد از هیدرولیز آنزیمی اعمال شود. این کار می‌تواند تلخی پپتیدهای تولید شده بعد از هیدرولیز آنزیمی را کاهش داده و طعم یومامی را بیشتر کند (۴۵). همچنین تشکیل اتصالات عرضی توسط آنزیم ترانس گلوتامیناز می‌تواند بازدهی مایلارد پپتیدهای به‌دست آمده از هیدرولیز آنزیمی را بهبود بخشد. طبق مطالعه‌ای که توسط سونگ<sup>۲۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳) انجام گرفت، تشکیل اتصالات بین زنجیره‌های پلی‌پپتیدی می‌تواند روش خوبی برای به‌دست آوردن پپتیدهایی با وزن مولکولی بین ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دالتون باشد. این اثر می‌تواند منجر به بهبود مایلارد پپتیدها با قندهای احیاء کننده شود (۴۵).

آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی در واقع یک واکنش انتقال آسیل بین گروه گاما‌کربوکسی آمید قسمتهایی که گلوتامین دارای پیوند پپتیدی است و انواعی از آمین‌های نوع اول (پذیرنده آسیل) برقرار می‌کند که این شامل گروه E- آمینو بخش‌های دارای لیزین در پروتئین‌های مشخصی می‌باشد. آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی می‌تواند پروتئین‌ها را از طریق وارد کردن آمین، تشکیل اتصالات عرضی و آمیدزایی اصلاح کند (۴۵). زمانی که این آنزیم بین پپتیدها و یا پپتید و ترکیبات آمینی دیگر اتصال برقرار می‌کند، باعث تغییراتی در خصوصیات محصول نهایی در مقایسه با محصول اولیه می‌شود. از طریق اتصالات عرضی، وزن مولکولی به‌دلیل وصل شدن پپتیدها به هم افزایش می‌یابد. واکنش بین گلوتامین و لیزین که باعث تشکیل شدن باندهای ایزوپپتید E- (۷-گلوتامیل) می‌شود، باعث افزایش معنی‌دار در وزن مولکولی می‌شود چرا که باعث تشکیل دایمر، تریمر و حتی پلیمرهای درشتی می‌شود (۴۵).

سونگ و همکاران (۲۰۱۳) پپتیدهای به‌دست آمده از پروتئین سویا را ابتدا توسط آنزیم ترانس گلوتامیناز تیمار کردند و پپتیدهای دارای اتصالات عرضی را وارد واکنش مایلارد با قند D-زایلوز کردند. همچنین به‌منظور افزایش طعم یومامی و گوشتی، از اسید آمینه L-سیستئین نیز استفاده شد. نتیجه بر این شد که زمانی که پپتیدهای دارای

آنزیم می‌تواند باعث افزایش درجه هیدرولیز شود چرا که هر دو آنزیم در بخش‌های متفاوتی از پروتئین عمل می‌کنند (دارای ویژگی اختصاصی متفاوتی می‌باشند) (۴۴).

این آنزیم دارای دمای بهینه فعالیت بین ۵۰ تا ۶۵ درجه سلسیوس و حداکثر دمای فعالیت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس توسط شرکت سازنده نووزیمس<sup>۲۲</sup> می‌باشد (۴۴). آنزیم آلکالاز یکی از آنزیم‌هایی می‌باشد که به‌صورت تجاری برای تولید طعم‌های مشابه گوشتی در صنعت تولید طعم دهنده‌های طبیعی استفاده گسترده‌ای دارد.

### آنزیم فلیوروزیم

آنزیم فلیوروزیم یک آنزیم اگزوپپتیداز می‌باشد که معمولاً بعد از عمل آنزیم آلکالاز استفاده می‌شود. در واقع عمل آنزیم آلکالاز ابتدا بخش‌های انتهایی پپتیدی (-N terminal) را بیشتر کرده و سپس آنزیم فلیوروزیم می‌تواند پپتیدهای بیشتری را بشکند و بدین صورت درجه هیدرولیز بالاتری به‌دست می‌آید (۲۲). آنزیم فلیوروزیم می‌تواند پپتیدهای تلخ تولید شده توسط آلکالاز را کاهش داده و طعم مطلوب‌تری را ایجاد نماید.

### تشکیل اتصالات عرضی با استفاده از آنزیم ترانس گلوتامیناز

آنزیم ترانس گلوتامیناز آنزیم تشکیل دهنده باندهای عرضی بین زنجیره‌های پلی‌پپتیدی و یا بین زنجیره پلی‌پپتیدی و ترکیبات آمینی می‌باشد. آنزیم ترانس گلوتامیناز می‌تواند منجر به کاهش هیدروفوبیسیته پروتئین شود. چرا که وقتی بین دو زنجیره پلی‌پپتیدی اتصالاتی تشکیل می‌شود، در این حالت بخش‌های هیدروفوب ممکن است در درون ساختار پوشیده شوند و از دسترس خارج شوند. تشکیل باندهای عرضی می‌تواند حلالیت پروتئین را به‌دلیل کاهش انعطاف پذیری پروتئین کاهش دهد. اما گزارش شده است که فعالیت امولسیفایری پروتئین بعد از تیمار با آنزیم بیشتر می‌شود (۲۳).

<sup>23</sup> Song

<sup>22</sup> Novozymes

## نتیجه‌گیری

کاهش تولید پروتئین‌های حیوانی به دلیل افزایش جمعیت جهان و تولید مواد غذایی حلال «عدم استفاده از گوشت خوک و اجزای استحصال شده از آن» باعث شده است که گسترش منابع پروتئین بر پایه میکروبی و گیاهی بیشتر شود. منابع پروتئین گیاهی به دلیل اینکه با هزینه پایینی تولید می‌شوند، می‌تواند گزینه خوبی برای جایگزینی پروتئین‌های حیوانی باشد. پروتئین‌های گیاهی به دلیل داشتن بوی علفی و لوبیایی و همچنین خواص عملکردی ضعیف در مقایسه با منابع حیوانی، با محدودیت روبه رو می‌شوند. اصلاح فیزیکی، آنزیمی، شیمیایی پروتئین‌های گیاهی می‌تواند رویکردی خوب و مناسبی برای تولید طعم‌های مشابه گوشتی باشد. به خصوص اصلاح آنزیمی و شیمیایی به دلیل گسترش طعم یومامی در پروتئین‌های گیاهی، می‌تواند باعث اشاعه استفاده از این منابع در فرمولاسیون محصولات گوشتی شوند. ضمن اینکه محصولاتی تولید می‌شود که دارای برجسب حلال بوده و در همه نقاط جهان نیز مطلوبیت مصرف داشته باشد. با این جایگزینی، منابع پروتئین حیوانی حفظ شده و می‌تواند برای اهداف دیگر بیشتر استفاده شوند. بر این اساس، استفاده از پروتئین‌های گیاهی اصلاح یافته می‌تواند رویکرد جدیدی در بحث تولید مواد غذایی حلال باشد.

## تضاد منافع

نتایج حاصل از این مطالعه با منافع نویسندگان و محققان در تعارض نیست.

## References

1. Zheleuova Zh S, UzakovYM, Shingisov AU, Alibekov RS, Khamitova BM. Development of halal cooked smoked beef and turkey sausage using a combined plant extracts. J Food Process Preserv. 2021;45(32):1-9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15028>
2. Alzeer J, Hadeed KA. Ethanol and its Halal status in food industries. Trends in Food Science & Technology. 2016; 58: 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.018>
3. Alzeer J, Rieder U, Hadeed KA. Good agricultural practices and its compatibility with Halal

اتصالات عرضی وارد واکنش مایلارد شدند، طعم یومامی و شبه گوشتی در محصول سوپ به صورت معنی‌داری بیشتر شد. همچنین طعم تلخی و طعم کاراملی کمتر شد. به طور کلی پپتیدهای با وزن مولکولی ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دالتون به عنوان پپتیدهایی شناخته می‌شوند که در صورت مایلارد شدن طعم یومامی و شبه گوشتی قوی را ایجاد می‌کنند (۴۵).

## تشکیل طعم گوشتی در پروتئین‌های گیاهی

برخی از ترکیبات فراری که در طول حرارت دهی گوشت تولید می‌شوند، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. انواعی از پیش‌سازها از جمله قندهای احیاء کننده «گلوکز، زایلوز، فروکتور و ریبوز»، آمینو اسیدها «سیستئین، سیستین، پرولین، لیزین، سرین، متیونین، ترئونین»، تیامین و نوکلئوتیدها می‌توانند در محصولات شبه گوشتی، این آروماها را ایجاد کنند. ترکیباتی از جمله فوران‌ها<sup>۲۴</sup> و تیوفن‌ها<sup>۲۵</sup> که دارای گوگرد می‌باشند، به عنوان ترکیباتی که دارای آرومای قوی شبه گوشتی دارند (با حد آستانه خیلی کم)، شناخته می‌شوند. واکنش مایلارد بین قندها و آمینو اسیدها، به عنوان مثال، واکنش بین سیستئین/ریبوز، می‌تواند منجر به تولید ترکیبات هتروسیکلیک دارای گوگرد شود. این ترکیبات مشارکت کننده‌های اصلی در طعم کبابی و آرومای شبه گوشتی می‌باشد (۳۲، ۳۶، ۴۱، ۴۶).

تأثیر هیدرولیز پروتئین‌های گیاهی قبل از واکنش مایلارد بین این پروتئین‌ها و قندها در این است که با هیدرولیز محدود توسط آنزیم‌ها، پپتیدهایی با ترکیب آمینو اسیدی خاصی تولید می‌شوند که واکنش مایلارد بین این پپتیدها و قندها می‌تواند منجر به تولید شدن ترکیبات فرار گوشتی شود (۳۶-۳۷، ۴۶-۴۷).

<sup>25</sup> Thiophenes

<sup>24</sup> Furans

- standards. Trends in Food Science & Technology. 2020; 102:237–241. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.025>
4. Jahangir M, Mehmood Z, Saifullah, Bashir Q, Mehboob F, Ali K. Halal status of ingredients after physicochemical alteration (Istihalah). Trends in Food Science & Technology. 2016; 47:78-81. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.011>
  5. Riaz MN, Chaudry MM. Halal food production. 1<sup>st</sup> Edition. New York: Taylor & Francis; 2003. <https://doi.org/10.1201/9780203490082>
  6. Silva MM, Lidon FC. Food preservatives - An overview on applications and side effects. Emirates Journal of Food and Agriculture. 2016; 28(6): 366–73. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2016-04-351>
  7. Magomya AM, Yebpella GG, Okpaegbe UC, Oko OJ, Gambo SB. Analysis and Health Risk Assessment of Sodium Benzoate and Potassium Sorbate in Selected Fruit Juice and Soft Drink Brands in Nigeria. International Journal of Pharmacy and Chemistry. 2020; 6(5): 54-9. [DOI:10.11648/j.ijpc.20200605.11](https://doi.org/10.11648/j.ijpc.20200605.11)
  8. Brender JD. Human Health Effects of Exposure to Nitrate, Nitrite, and Nitrogen Dioxide. In: Sutton M.A. et al. (eds) Just Enough Nitrogen. Springer, Cham. 2020. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58065-0\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58065-0_18)
  9. Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp G, et al. Risk assessment of nitrate and nitrite in feed. EFSA J. 2020;18 (11): 6290. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6290>
  10. da Silva FT, da Cunha KF, Fonseca LM, Antunes MD, El Halal SLM, Fiorentini AM, et al. Action of ginger essential oil (*Zingiber officinale*) encapsulated in proteins ultrafine fibers on the antimicrobial control in situ. Int. International Journal of Biological Macromolecules. 2018; 118(Part A): 107-15. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.079>
  11. Pisoschi AM, Pop A, Georgescu C, Turcuş V, Olah NK, Mathe E. An overview of natural antimicrobials role in food. European Journal of Medicinal Chemistry. 2018; 143: 922-35. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.11.095>
  12. AL-Teinaz YR, Spear S, EL-Rahim IHIA. The Halal Food Hand book. 1<sup>st</sup> Edition. Wiley; 2019. <https://doi.org/10.1002/9781118823026>
  13. Hashempour-Baltork F, Khosravi-Darani K, Hosseini H, Farshi P, Reihani SFS. Mycoproteins as safe meat substitutes. Journal of Cleaner Production. 2020; 253: 119958. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119958>
  14. Karahalil E. Principles of halal-compliant fermentations: Microbial alternatives for the halal food industry. Trends in Food Science & Technology. 2020; 98: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.031>
  15. Colosimo R, Warren FJ, Finnigan TJA, Wilde PJ. Protein bioaccessibility from mycoprotein hyphal structure: In vitro investigation of underlying mechanisms. Food Chemistry. 2020; 330: 127252. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127252>
  16. Tsumura K, Saito T, Tsuge K, Ashida H, Kugimiya W, Inouye K. Functional properties of soy protein hydrolysates obtained by selective proteolysis. LWT - Food Science and Technology. 2005; 38(3): 255-61. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.06.007>
  17. Ashaolu TJ. Applications of soy protein hydrolysates in the emerging functional foods: a review. International Journal of Food Science & Technology. 2020; 55(2): 421-28. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14380>
  18. Asgar MA, Fazilah A, Huda N, Bhat R, Karim AA. Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2010; 9(5): 513-29. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00124.x>
  19. Bessada SMF, Barreira JCM, Oliveira MBPP. Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. Trends in Food Science & Technology. 2019; 93: 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>
  20. Tapal A, Tiku PK. Chapter 27 - Nutritional and Nutraceutical Improvement by Enzymatic Modification of Food Proteins. Enzymes in Food Biotechnology. 2019; 471–81. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813280-7.00027-X>
  21. Sá AGA, Moreno YMF, Carciofi BAM. Food processing for the improvement of plant proteins digestibility. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2020; 60(20):3367-86. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1688249>
  22. XU Yixiang, Galanopoulos M, Sismour EN, Ren S, Mersha Z, Lynch P, et al. Effect of enzymatic hydrolysis using endo- and exo-proteases on secondary structure, functional, and antioxidant properties of chickpea protein hydrolysates. Journal of Food Measurement and Characterization. 2020; 14(1): 343-52. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00296-0>
  23. Nivala O, Nordlund E, Kruus K, Erceli-Cura D. The effect of heat and transglutaminase treatment on emulsifying and gelling properties of faba bean protein isolate. Lwt. 2020; 139: 110517. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110517>
  24. Wang L, Xu B, Li L, Zhang M, Feng T, Wang J, et al. Enhancement of umami taste of hydrolyzed

- protein from wheat gluten by  $\beta$ -cyclodextrin. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016; 96(13): 4499-504. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7665>
25. Wei CK, Thakur K, Liu DH, Zhang JG, Wei ZJ. Enzymatic hydrolysis of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) protein and sensory characterization of Maillard reaction products. *Food Chemistry*. 2018; 263: 186-93. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.120>
  26. Wong SF, Lee BQ, Low KH, Jenatabadi HS, Wan Mohamed Radzi CWJB, Khor SM. Estimation of the dietary intake and risk assessment of food carcinogens (3-MCPD and 1,3-DCP) in soy sauces by Monte Carlo simulation. *Food Chemistry*. 2020; 311: 126033. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126033>
  27. Nisov A, Ercili-Cura D, Nordlund E. Limited hydrolysis of rice endosperm protein for improved techno-functional properties. *Food Chemistry*. 2020; 302: 125274. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125274>
  28. Song W, Kong X, Hua Y, Chen Y, Zhang C. Identification of antibacterial peptides generated from enzymatic hydrolysis of cottonseed proteins. *LWT*. 2020; 125: 109199. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109199>
  29. Lopes-da-Silva JA, Monteiro SR. Gelling and emulsifying properties of soy protein hydrolysates in the presence of a neutral polysaccharide. *Food Chemistry*. 2019; 294: 216-23. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.039>
  30. Babini E, Tagliazucchi D, Martini S, Dei Più L, Gianotti A. LC-ESI-QTOF-MS identification of novel antioxidant peptides obtained by enzymatic and microbial hydrolysis of vegetable proteins. *Food Chemistry*. 2017; 228: 186-96. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.143>
  31. Joshi V, Kumar S. Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products- A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*. 2015; 5(2): 107-19. <https://doi.org/10.5958/2277-9396.2016.00001.5>
  32. Kyriakopoulou K, Dekkers B, van der Goot AJ. Plant-based meat analogues. *Sustainable Meat Production and Processing*. 2018; 103-26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7>
  33. Renzetti S, Rosell CM. Role of enzymes in improving the functionality of proteins in non-wheat dough systems. *Journal of Cereal Science*. 2016; 67:35-45. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.09.008>
  34. Zhang Y, Yin Y, Lu S, Yao X, Zheng X, Zhao R, et al. Effects of modified processing methods on structural changes of black soybean protein isolate. *Molecules*. 2018; 23(9): 2127. <https://doi.org/10.3390/molecules23092127>
  35. Gaspar ALC, De Góes-Favoni SP. Action of microbial transglutaminase (MTGase) in the modification of food proteins: A review. *Food Chemistry*. 2015; 171: 315-22. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.019>
  36. Kanner J. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. *Meat Sci*. 1994; 36(1,2): 169-89. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90040-X)
  37. Shahidi F. Flavor of meat and meat products-an overview, in: *Flavor Meat Meat Prod*. Springer. 1994; 1-3.
  38. Zha F, Yang Z, Rao J, Chen B. Gum Arabic-Mediated Synthesis of Glyco-pea Protein Hydrolysate via Maillard Reaction Improves Solubility, Flavor Profile, and Functionality of Plant Protein. *J. Agric. Food Chem*. 2019; 67(36): 10195-206. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b04099>
  39. Zhao Y, Zhang M, Devahastin S, Liu Y. Progresses on processing methods of umami substances: A review. *Trends Food Sci. Technol*. 2019; 93: 125-35. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.09.012>
  40. Yu M, He S, Tang M, Zhang Z, Zhu Y, Sun H. Antioxidant activity and sensory characteristics of Maillard reaction products derived from different peptide fractions of soybean meal hydrolysate. *Food Chemistry*. 2018; 243: 249-57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.139>
  41. Mottram DS. Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*. 1998; 62(4): 415-24. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00076-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00076-4)
  42. Lee JY, Lee HD, Lee CH. Characterization of hydrolysates produced by mild-acid treatment and enzymatic hydrolysis of defatted soybean flour. *Food Res. Int*. 2001; 36(2-3): 217-22. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(00\)00155-1](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00155-1)
  43. Adler-Nissen J. Control of the Proteolytic Reaction and of the Level of Bitterness in Protein Hydrolysis Processes. *J. Chem. Technol. Biotechnol. Biotechnol*. 1984; 34 B(3): 215-22. <https://doi.org/10.1002/jctb.280340311>
  44. Tacias-Pascacio VG, Morellon-Sterling R, Siar EH, Tavano O, Berenguer-Murcia A, Fernandez-Lafuente R. Use of Alcalase in the production of bioactive peptides: A review. *Int. J. Biol. Macromol*. 2020; 165(Part B): 2143-96. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.060>
  45. Song N, Tan C, Huang M, Liu P, Eric K, Zhang X, Xia S, Jia C. Transglutaminase cross-linking effect on sensory characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products from soybean protein hydrolysates. *Food Chemistry*. 2013; 136(1): 144-51. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.100>
  46. Adams A, De Kimpe N. Chemistry of 2-acetyl-1-pyrroline, 6-acetyl-1,2,3,4-tetrahydropyridine, 2-acetyl-2-thiazoline, and 5-acetyl-2,3-dihydro-4H-thiazine: Extraordinary Maillard flavor compounds. *Chem. Rev*. 2006; 106(6): 2299-319. <https://doi.org/10.1021/cr040097y>
  47. Meynier N, Mottram DS. The effect of pH on the formation of volatile compounds in meat-related model systems. *Food Chemistry*. 1995; 52(4):361-66. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)93282-V](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)93282-V)

## A new approach to the production of halal food

Fatemeh Kalateh Seifri<sup>1</sup>, Hamed Ahari<sup>1\*</sup>

1-Department of food science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and food Industry, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

### ARTICLE INFO

**Received:** 20 February 2021

**Acceptance:** 21 June 2021

#### **Keywords:**

Halal Food Ingredients  
Plant Proteins  
Enzymatic and Chemical  
Modification

### ABSTRACT

**Background and objective:** The present study as a new approach is chasing the application of microbial and plant-based proteins as a replacement with animal proteins to increase the halal value of food products. Due to changes in food production and also awareness increases of consumers about the food composition and also due to increase in Muslim population worldwide, application of plant and microbial proteins can be a good and beneficial approach in producing foods labeled with halal. On the other side, plant proteins have higher under cultivation grounds while the cost of production is lower than microbial origins. Thus, plant proteins are preferred to be used in food formulations. The problem concerning plant proteins is their grassy and bean-like odor and flavor. Further, these proteins have weaker functional properties (emulsifying, emulsion stability, foamability, and foam stability) in comparison with animal proteins. Thereby, it is suggested to be modified with physical, chemical, and enzymatic methods.

**Results:** Modification of protein structures by chemical and enzymatic methods is more effective and can lead to the amelioration of functional attributes. Meanwhile, meat flavor analog is established in these proteins after enzymatic-chemical changes. Hydrolyzing and cross-linking enzymes are suggested for enzymatic modification. Hydrolyzing enzymes such as Alcalase and Flavourzyme can produce bioactive peptides with lower molecular weight and this can reduce the grassy and beany flavor of respective proteins. Cross-linking enzyme (Transglutaminase) can reinforce of functional properties of produced peptides. Chemical modification via the Maillard reaction can produce meaty volatile compounds.

**Conclusion:** Therefore, with modification of plant proteins especially glycosylated peptides can produce a savory umami taste which can be substituted with animal proteins. Eventually, some food formulations would be promoted that have the halal label, high health effect properties with low production cost, and high-added value.



Use your device to scan  
and read the article online



**Citation (Vancouver):** Kalateh Seifri F, Ahari A. A new approach to the production of halal food. Journal of Halal Research. Summer 2021; 4(2):1-16. [In Persian]  
<https://doi.org/10.30502/h.2021.135710>

\*Correspondance to: Hamed Ahari, Email: [dr.h.ahari@gmail.com](mailto:dr.h.ahari@gmail.com), Tel: +98-09121872334

