ویژگی‌های عملکردی پروتئین ماش

محمد تراهی[۱]، سارا هدایتی[۲]، فخری شهیدی*[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

[۲]استادیار، مرکز تحقیقات تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

[۳]استاد گروه علوم صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*نویسنده مسئول: fshahidi@um.ac.ir

چکیده

ماش (*Vigna radiate* L.) گیاهی از خانواده‌ی فاباسه است؛ که در آسیا بیشتر به عنوان میان وعده کامل، به صورت جوانه یا نودل مصرف می‌شود. همچنین، دانه‌ی ماش سرشار از ویتامین‌ها، مواد معدنی، پروتئین‌ها و اسید آمینه‌های ضروری است. سطح زیر کشت ماش در سرتاسر جهان حدود ۶ میلیون هکتار است؛ که تقریباً ۸/۵ درصد از سطح زیر کشت جهانی حبوبات را تشکیل می‌دهد. مطالعات اخیر، بسیاری از مزایای بالقوه ماش را برای سلامتی، مانند اثرات کاهش دهنده قند خون، کاهش چربی خون، خواص ضد فشار خون، ضد سرطان، محافظت از کبد و تعدیل کننده سیستم ایمنی را نشان داده‌اند. با افزایش نگرانی مصرف کنندگان در مورد امنیت غذایی و افزایش هزینه پروتئین‌های حیوانی، علاقه مردم به پروتئین‌های گیاهی به طور مداوم افزایش یافته است. با توجه به میزان بالای محتوای پروتئینی در دانه ماش (۲۰/۸ تا ۲۸/۵ درصد)، می‌توان از آن به عنوان یک منبع خوب پروتئینی نام برد. ویژگی‌های عملکردی پروتئین نقش بسزایی در فراوری مواد غذایی و فرمولاسیون فراورده‌های غذایی دارد. از این رو، درک بهتر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پروتئین‌ها ضروری است. در این مقاله مروری، به بررسی ویژگی‌های عملکردی پروتئین‌های ماش، از جمله حلالیت پروتئین، ظرفیت جذب آب، ظرفیت جذب روغن، ظرفیت کف کنندگی، پایداری کف، فعالیت امولسیون کنندگی، پایداری امولسیون و ویژگی‌های حرارتی آن خواهیم پرداخت.

کلمات کلیدی: ایزوله پروتئین ماش، ماش، امولسیون، حلالیت، ظرفیت جذب آب، صنایع غذایی

www.ifstacongress28.ir

www.ifstacongress28.ir

مقدمه

ماش (*Vigna radiate* L.) گیاهی از خانواده‌ی فاباسه[1] است؛ که سابقه کشت بیش از ۲۰۰۰ سال را در چین دارد. دانه‌های ماش در آسیا به عنوان میان وعده کامل، به صورت جوانه یا نودل مصرف می‌شود. ماش به دلیل ویژگی‌های بیولوژیکی خود مانند سم زدایی، کاهش کلسترول، ضد توموری و فعالیت‌های ضدالتهابی، یکی از مواد غذایی رایج در آسیا است. دانه‌ی ماش سرشار از ویتامین‌ها، مواد معدنی، پروتئین‌ها و اسید آمینه‌های ضروری است (دو و همکاران، ۲۰۱۸). سطح زیر کشت ماش در سرتاسر جهان حدود ۶ میلیون هکتار است که تقریباً ۸/۵ درصد از سطح زیر کشت جهانی حبوبات را تشکیل می‌دهد. به علاوه، این محصول نسبتاً مقاوم به خشکی است؛ بنابراین به طور گسترده در بسیاری از کشورهای آسیایی و برخی کشورهای غربی کشت می‌شود (داهیا و همکاران، ۲۰۱۵).

ماش حاوی مواد مغذی، از جمله پروتئین‌ها، فیبرهای غذایی، مواد معدنی، ویتامین‌ها و مقادیر قابل توجهی از ترکیبات زیست فعال است. از منظر تاریخی نیز، ماش یک غذای رایج بر پایه غلات بوده است که در کشورهای آسیایی از جمله هند و چین مصرف می‌شود. مصرف ماش در ترکیب با غلات باعث افزایش کیفیت پروتئین می‌گردد، زیرا غلات غنی از اسید آمینه‌های حاوی گوگرد هستند در حالی که از نظر لیزین کمبود دارند؛ و این کمبود را می‌توان با ترکیب کردن با ماش، جبران کرد. علاوه بر این، ماش منبع غنی از پروتئین‌های قابل هضم است. بنابراین، می‌توان ماش را «گوشت فقرا[2]» نامید. همچنین، مصرف ماش برای کودکان نیز، با توجه به ایجاد نفخ اندک و خواص حساسیت‌زایی کم، مناسب است (سهراوات و همکاران، ۲۰۲۰). مطالعات اخیر بسیاری از مزایای بالقوه ماش را برای سلامتی، مانند اثرات کاهش دهنده قند خون، کاهش چربی خون، خواص ضد فشار خون، ضد سرطان، محافظت از کبد و تعدیل کننده سیستم ایمنی را شناسایی کرده‌اند. همچنین، تعداد قابل توجهی از مطالعات بر روی ترکیبات شیمیایی آن، به ویژه پلی فنول‌ها، پلی ساکاریدها و پپتیدها انجام شده است؛ و مشخص گردیده که، ماش سرشار ازترکیبات پلی فنولی است. ترکیبات اصلی فنولی موجود در ماش عبارتند از اسیدهای فنولیک (۱/۸۱ تا ۵/۹۷ میلی گرم در گرم)، فلاوونوئیدها (۱/۴۹ تا ۱/۷۸ میلی گرم در گرم)، و تانن‌ها (۱ تا ۵/۷۵ میلی گرم در گرم) (هو و همکارانو ۲۰۱۹؛ شی و همکاران، ۲۰۱۶).

با افزایش نگرانی مصرف کنندگان در مورد امنیت غذایی و افزایش هزینه پروتئین‌های حیوانی، علاقه مردم به پروتئین‌های گیاهی به طور مداوم افزایش یافته است. گزارش شده است که پروتئین‌های غذایی موجود در دانه‌ها به عنوان یک پروتئین فعال بیولوژیکی قابل توجه، می‌توان در نظر گرفت. در آسیا، محصول استخراج شده از ماش، عمدتاً نشاسته است. در فرایند استخراج نشاسته، پروتئین به عنوان یک محصول جانبی[3] دور ریخته می‌شود که منجر به هدر رفتن منابع پروتئینی می‌شود (دو و همکاران، ۲۰۱۸). محتوای پروتئینی دانه ماش ۲۰/۸ تا ۲۸/۵ درصد است؛ که عمدتاً شامل ۹۰٪ گلوبولین‌های ذخیره‌ای ویسیلین[4] (S8)، ۸٪ لگومین (S11) و حدود ۳٪ پایه S7 است. ایزوله پروتئین ماش به روش متداول رسوب گذاری قلیایی و با استفاده از NaOH و به دنبال آن رسوب ایزوالکتریک در pH ۴/۵ استخراج می‌شود (چانکائو و همکاران، ۲۰۲۰).

---

1. Fabaceae family
2. The poor man’s meat
3. By-product
4. Storage globulins vicilin

ایزوله پروتئین ماش، عمدتا حاوی گلوبولین، آلبومین، گلیادین و گلوتلین با محتوای بالای آلبومین است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۱).

ویژگی‌های عملکردی پروتئین نقش بسزایی در فراوری مواد غذایی و فرمولاسیون فراورده های غذایی دارد. از این رو، درک بهتر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پروتئین‌ها ضروری است. مطالعات قبلی نشان داده است که این ویژگی‌ها عمدتاً شامل امولسیون‌سازی، ترکیب آب/روغن و تشکیل کف است؛ که تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پروتئین مانند اندازه و ساختار مولکولی در طول فرایند مواد غذایی است (دو و همکاران، ۲۰۱۸). بنابراین بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ایزوله پروتئین ماش برای کاربرد آن در مواد غذایی ضروری است. اخیراً گزارش‌های متعددی در مورد خواص عملکردی پروتئین‌های ماش منتشر شده است، از جمله حلالیت پروتئین، ظرفیت جذب آب[۱] (WAC)، ظرفیت جذب روغن[۲] (OAC)، ظرفیت کف کنندگی[۳] (FC) و پایداری کف[۴] (FS)، فعالیت امولسیون کنندگی[۵] (EA) و پایداری امولسیون[۶] (ES) و ویژگی‌های حرارتی. در نتیجه، چنین ویژگی‌های پروتئینی می‌تواند فراوری مواد غذایی را بهبود بخشد. به عنوان مثال، خاصیت امولسیون کنندگی پروتئین به تثبیت امولسیون‌ها، نوشیدنی‌ها یا فوم‌ها کمک می‌کند تا ماندگاری مواد غذایی طولانی شود (یی شن و همکاران، ۲۰۱۸). لذا در این مقاله مروری به بررسی ویژگی‌های عملکردی ایزوله پروتئین ماش خواهیم پرداخت.

حلالیت پروتئین

حلالیت به عنوان یک ویژگی عملکردی مهم پروتئین‌ها در نظر گرفته می‌شود، زیرا به عنوان یک عامل مهم در تعیین ویژگی‌های حسی غذاها عمل می‌کند. این ویژگی شاخص ترمودینامیکی تعادلی بین برهمکنش‌های پروتئین-پروتئین و پروتئین-حلال است. تغییرات در عواملی مانند دما، pH، قدرت یونی، انجماد، گرم شدن و خشک شدن، منجر به تغییراتی در ساختارهای پروتئین ها می‌شود که به نوبه خود بر عملکرد پروتئین تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، مقدار pH یک شاخص مهم حلالیت پروتئین برای تعیین رفتار ایزوله پروتئین در فرایند مواد غذایی است (ساپاوراساتیت و همکاران، ۲۰۱۳). به دلیل دافعه الکترواستاتیک، حلالیت ایزوله پروتئین ماش در مقادیر pH های ۲، ۱۰ و ۱۲ بیشتر از سایر مقادیر pH است. به عنوان مثال، در pH معادل ۴، کمترین حلالیت مشاهده شده و تجمع[۷] رخ می‌دهد. همچنین، مطالعات دیگر نشان دادند که، حداقل حلالیت ایزوله پروتئین ماش در pH معادل ۴/۶ ظاهر می‌شود که نقطه ایزوالکتریک آن است (دو و همکاران، ۲۰۱۸).

1. Water absorption capacity
2. Oil absorption capacity
3. Foaming capacity
4. Foam stability
5. Emulsifying activity
6. Emulsifying stability
7. Aggregation

www.ifstacongress28.ir

ظرفیت جذب آب (WAC) و ظرفیت جذب روغن (OAC)

WAC و OAC به عنوان مقدار جذب آب و چربی در هر گرم پروتئین تعریف می‌شود، زیرا پروتئین دارای خواص آب دوست و آبگریزی برای تعامل با آب و روغن در غذاها است. WAC یک ویژگی مفید برای پیش بینی از دست دادن رطوبت است که ایزوله‌های پروتئینی را بتوان درفراورده‌های غذایی مختلف به کار برد؛ و OAC می‌تواند ظرفیت آبگریزی پروتئین را منعکس کند. همچنین، بین WAC و OAC یک رابطه معکوس برقرار است (لیو و همکاران، ۲۰۱۵). برنچ و ماریا (۲۰۱۷)، تعیین کردند که WAC و OAC ایزوله پروتئین ماش به ترتیب ۳/۳۳ g/g و ۳ g/g بودند. با این حال، دو و همکاران (۲۰۱۸)،گزارش کردند که بالاترین WAC ۲/۶۲ میلی‌لیتر بر گرم و OAC بین ۹/۵ تا ۱۰/۵ g/g بود. همچنین، لیو و همکاران (۲۰۱۵)، تعیین کردند که میانگین WAC و OAC گلوبولین S۸ ماش به ترتیب ۱/۹۲ g/g و ۳/۰۷ میلی لیتر در گرم بود. مقادیر متغیر WAC ممکن است به دلیل ساختار پروتئین و مقدار اسیدهای آمینه قطبی باشد، در حالی که تفاوت OAC احتمالا به دلیل تفاوت در زنجیره‌های جانبی غیرقطبی، متصل به روغن است. نتایج حاکی از آن است که ایزوله پروتئین ماش می‌تواند به بهبود کیفیت بافتی و حسی در طول فرایند غذاها کمک کند، زیرا پروتئین‌ها توانایی حفظ آب و کاهش کشش سطحی در یک سیستم امولسیونی را دارند.

ظرفیت کف کنندگی (FC) و پایداری کف (FS)

توانایی ایجاد کف، به آبگریزی سطح هوا-مایع، انعطاف‌پذیری مولکول‌های پروتئین، حلالیت پروتئین و قابلیت دناتوره شدن آن بستگی دارد. FC توانایی تثبیت کف توسط پروتئین‌ها، با مقدار سطح در واحد وزن یا غلظت را توصیف می‌کند و با انعطاف پذیری مولکولی، چگالی بار و آب گریزی مرتبط است. و FS توانایی تثبیت کنندگی پروتئین‌ها به کف در برابر تنش‌های گرانشی و مکانیکی است (یی شن و همکاران، ۲۰۱۸). برنچ و ماریا (۲۰۱۷)، گزارش کردند که FC و FS ایزوله پروتئین ماش پس از ۱۵ دقیقه، به ترتیب ۸۹/۶۶ و ۸۰/۸۳٪ بودند. دو و همکاران (۲۰۱۸)، FC ایزوله پروتئین ماش را ۲۶٪ و FS را ۷۶/۹٪ پس از ۱۰ دقیقه، به ترتیب گزارش کردند. این مقدار کمتر FC ممکن است ناشی از سطوح بالای اسیدهای آمینه آبگریز پس از همگن سازی باشد. در مقابل، FS بالا احتمالا ناشی از تشکیل یک شبکه پیوسته منسجم با الاستیسیته بالا توسط ایزوله پروتئین ماش است که فعل و انفعالات بین مولکولی بهینه را نشان می‌دهد و کف‌های پایدار را در سطح هوا-مایع ایجاد می‌کند.

فعالیت امولسیون کنندگی (EA) و پایداری امولسیون (ES)

خواص امولسیون کنندگی پروتئین‌ها نیز تحت تأثیر جذب پروتئین در سطح مشترک روغن-آب، مقدار جذب شده پروتئین، بازآرایی سطحی ترکیب، درجه کاهش کشش سطحی و تشکیل یک فیلم منسجم[1] است. در یک محلول تثبیت شده،

[1]. Cohesive film

EA نشان دهنده حداکثر فضای سطحی در واحد وزن پروتئین؛ و ES معیار ثبات امولسیون تشکیل شده توسط پروتئین است (یی شن و همکاران، ۲۰۱۸). بات و باتول (۱۹۹۸)، گزارش کردند که EA و ES ایزوله پروتئین ماش به ترتیب ۴۱/۱۰ و ۲۱٪ بود. لیو و همکاران (۲۰۱۵)، نشان دادند که میانگین شاخص EA و ES گلوبولین S۸ ماش از ارقام مختلف ماش به ترتیب ۳/۴۶ $m^2\ g^{-1}$ و ۶۳/۱۵٪ بود. در محصولات بر پایه گوشت خرد شده و فرآوری شده، EA و ES عوامل حیاتی هستند. از آنجایی که EA و ES ایزوله پروتئین ماش در مقایسه با سایر حبوبات نسبتاً بالا بوده است (۳۸)، ایزوله پروتئین ماش را می‌توان هم در تشکیل و هم در تثبیت امولسیون مایع در طول تولید محصولات بر پایه پروتئین‌های به کار برد (برنچ و ماریا، ۲۰۱۷).

ویژگی‌های حرارتی

خواص حرارتی پروتئین‌ها، به عنوان مثال، دمای دناتوره شدن پروتئین‌ها، اغلب به عنوان یک پیک گرماگیر در ترموگرام توسط کالریمتری روبشی افتراقی[1] (DSC) تعیین می‌شود (تانگ و همکاران، ۲۰۰۹). برنچ و ماریا (۲۰۱۷)، گزارش کردند که دمای دناتوراسیون ایزوله پروتئین ماش ۱۵۷/۹۰ درجه سانتی‌گراد است. این دما با متلاشی شدن پیوندهای درون مولکولی، و دناتوره شدن ایزوله پروتئین ماش همراه است. تانگ و همکاران (۲۰۰۹)، تعیین کردند که دمای دناتوره شدن گلوبولین‌های ماش از ۸۰/۸ تا ۸۳/۰ درجه سانتی‌گراد است؛ که پیوندهای دی سولفید درون مولکول پروتئین به پایداری حرارتی آن کمک می‌کند. همچنین، کودر و همکاران (۲۰۱۳)، بیان کردند که ویژگی پایداری حرارتی بالا می‌تواند به دلیل پیوندهای دی سولفید باشد، در حالی که وجود پل‌های نمکی[2] در شکاف‌های آبگریز ساختار پروتئین، آن‌ها را در برابر حرارت پایدارتر می‌کند. در فرآیند بهینه سازی دما، مانند اکستروژن و عملیات حرارتی، تجزیه و تحلیل خواص حرارتی ایزوله پروتئین ماش به عنوان یک ابزار مهم عمل می‌کند.

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های عملکردی ایزوله پروتئین ماش، یعنی حلالیت پروتئین، ظرفیت جذب آب، ظرفیت جذب روغن، ظرفیت کف کنندگی، پایداری کف، فعالیت امولسیون کنندگی، پایداری امولسیون و ویژگی‌های حرارتی، نشان داد که پروتئین ماش، ویژگی‌های مفیدی برای کاربردهای فراوری مواد غذایی دارد. علاوه بر این، پروتئین‌ها و پپتیدهای زیست فعال به دلیل مزایای بالقوه تغذیه‌ای و سلامت بخشی که دارند؛ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بنابراین، پروتئین‌های ماش می‌توانند دارای کاربردهای بالقوه‌ای به عنوان منابع تغذیه ای، عملکردی و زیست فعال درمواد غذایی، دارویی و سایر فراورده‌ها داشته باشند.

[1]. Differential scanning calorimetry
[2]. Salt bridges

منابع

Amarteifio, J. O., & Moholo, D. (1998). The chemical composition of four legumes consumed in Botswana. *Journal of Food Composition and Analysis*, **11(4),** 329-332.

Branch, S., & Maria, S. (2017). Evaluation of the functional properties of mung bean protein isolate for development of textured vegetable protein. *International Food Research Journal*, **24(4),** 1595-1605.

Chunkao, S., Youravong, W., Yupanqui, C. T., Alashi, A. M., & Aluko, R. E. (2020). Structure and Function of Mung Bean Protein-Derived Iron-Binding Antioxidant Peptides. *Foods*, **9(10),** 1406.

Dahiya, P. K., Linnemann, A. R., Van Boekel, M. A. J. S., Khetarpaul, N., Grewal, R. B., & Nout, M. J. R. (2015). Mung bean: Technological and nutritional potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **55(5),** 670-688.

Du, M., Xie, J., Gong, B., Xu, X., Tang, W., Li, X., ... & Xie, M. (2018). Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. *Food Hydrocolloids*, **76,** 131-140.

Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., ... & Shen, Q. (2019). Mung bean (Vigna radiata L.): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits. *Nutrients*, **11(6),** 1238.

Kudre, T. G., Benjakul, S., & Kishimura, H. (2013). Comparative study on chemical compositions and properties of protein isolates from mung bean, black bean and bambara groundnut. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **93(10),** 2429-2436.

Liu, H., Liu, H., Yan, L., Cheng, X., & Kang, Y. (2015). Functional properties of 8S globulin fractions from 15 mung bean (Vigna radiata (L.) Wilczek) cultivars. *International Journal of Food Science & Technology*, **50(5),** 1206-1214.

Sehrawat, N., Yadav, M., Kumar, S., Upadhyay, S. K., Singh, M., & Sharma, A. K. (2020). Review on health promoting biological activities of mungbean: A potent functional food of medicinal importance. *Plant Archives*, **20(2),** 2969-2975.

Shi, Z., Yao, Y., Zhu, Y., & Ren, G. (2016). Nutritional composition and antioxidant activity of twenty mung bean cultivars in China. *The Crop Journal*, **4(5),** 398-406.

Suppavorasatit, I., Lee, S. Y., & Cadwallader, K. R. (2013). Effect of enzymatic protein deamidation on protein solubility and flavor binding properties of soymilk. *Journal of food science*, **78(1),** C1-C7.

Tang, C. H., Chen, L., & Ma, C. Y. (2009). Thermal aggregation, amino acid composition and in vitro digestibility of vicilin-rich protein isolates from three Phaseolus legumes: a comparative study. *Food Chemistry*, **113(4),** 957-963.

Wang, M., Jiang, L., Li, Y., Liu, Q., Wang, S., & Sui, X. (2011). Optimization of extraction process of protein isolate from mung bean. *Procedia Engineering*, **15,** 5250-5258.

Yi-Shen, Z., Shuai, S., & FitzGerald, R. (2018). Mung bean proteins and peptides: Nutritional, functional and bioactive properties. *Food & nutrition research*, **62**.

Functional properties of mung bean protein

Mohammad tarahi[1], Sara hedayati[2], Fakhri shahidi[1*]

[1]**Department of Food Science and Technology, Faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran**

[2]**Nutrition Research Center, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.**

***Corresponding Author's E- mail: fshahidi@um.ac.ir**

www.ifstacongress28.ir

Abstract

Mung bean (*Vigna radiate* L.) is a plant in the Fabaceae family; In Asia, it is mostly eaten as a whole snack, bean sprouts, or noodles. Mung bean seeds are also rich in essential vitamins, minerals, proteins and amino acids. The area under mung bean cultivation worldwide is about 6 million hectares; Which accounts for approximately 8.5% of the global area under legumes. Recent studies have identified many potential health benefits of mung bean, such as its hypoglycemic, hyperlipidemic, antihypertensive, anti-cancer, liver-protecting, and immune-modifying properties. As consumers' concerns about food safety and the cost of animal protein increase, so has the interest in plant-based proteins. Due to the high protein content of mung bean seeds (20.8 to 28.5%), it can be called a good source of protein. Functional properties of protein play an important role in food processing and formulation of food products. Therefore, a better understanding of the physicochemical properties of proteins is essential. In this review article, we will examine the functional properties of mung bean proteins, including protein solubility, water absorption capacity, oil adsorption capacity, foaming capacity, foam stability, emulsifying activity, emulsion stability and its thermal properties.

Keywords: mung bean protein isolate, mung bean, emulsion, solubility, water absorbance capacity, food industry