بیست و هفتمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران
27th National Iranian Food Science and Technology Congress
۱۴ و ۱۵ بهمن ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

مروری بر قابلیت تولید فیلم زیست‌تخریب‌پذیر از ایزوله پروتئین کرسنه

ملیحه محمدزاده فخرداود[۱]، فخری شهیدی*[۲]، بهزاد ناصحی[۳]، شهرام بیرقی طوسی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲*] استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۳] دانشیار، مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه پیام نور، مشهد
[۴] استادیار، گروه پژوهشی فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد
*نویسنده مسئول: fshahidi@um.ac.ir

چکیده

نگرانی مصرف‌کنندگان درباره سلامت مواد بسته‌بندی مخصوص موادغذایی و تجمع انواع مواد سنتزی و غیرقابل تجزیه در طبیعت، باعث مطرح شدن مواد بسته‌بندی طبیعی شده‌است. پلیمرهای زیستی مختلفی برای این منظور وجود دارند، یکی از این پلیمرها، پروتئین است. فیلم‌های تولید شده برپایه پروتئین خصوصیات ممانعت‌کنندگی بهتری نسبت به سایر پلیمرهای زیستی دارند، بنابراین به‌طور گسترده‌ای از آن‌ها جهت تهیه فیلم‌های خوراکی استفاده می‌شود. یکی از گزینه‌های مناسب برای تولید فیلم، ایزوله پروتئینی گاودانه (*Vicia ervilia*) است، زیرا پروتئین آن به راحتی قابل استخراج بوده و در اکثر نقاط کشور به‌وفور و با قیمت مناسب در دسترس است. علاوه‌براین، فیلم‌های تولید شده از ایزوله پروتئینی گاودانه به‌علت دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجب به تعویق افتادن فساد در فراورده‌های غذایی می‌شوند.

کلمات کلیدی: حبوبات، گاودانه، فیلم خوراکی، زیست تخریب‌پذیر

۱- مقدمه

تجمع انواع مواد سنتزی و غیرقابل تجزیه در طبیعت و از طرف دیگر نگرانی مصرف‌کنندگان درباره سلامت مواد بسته‌بندی مخصوص مواد غذایی، باعث مطرح شدن مواد بسته‌بندی طبیعی و زیست تخریب‌پذیر شده‌است. امروزه از پلیمرهای زیستی مختلفی نظیر پروتئین‌ها، پلی-ساکاریدها و چربی‌ها به‌عنوان فیلم‌های بسته‌بندی استفاده می‌شود. فیلم‌های تولید شده بر پایه پروتئین خصوصیات ممانعت‌کنندگی بهتری در برابر چربی، اکسیژن و عطر و طعم در رطوبت نسبی پایین دارند، به همین علت به‌طور گسترده‌ای از آن‌ها برای تهیه فیلم‌های خوراکی استفاده می‌شود. این فیلم‌ها قادرند که مواد غذایی را از صدمات مکانیکی، آلودگی میکروبی و افت کیفیت ناشی از انتقال جرم رطوبت، گازها و طعم محافظت کنند. زیست‌تخریب پذیر بودن، خصوصیات ممانعت‌کنندگی نسبت به گازها و خواص مکانیکی بهتر نسبت به فیلم‌های با منشاء پلی‌ساکاریدی از مهمترین ویژگی‌های فیلم‌های پروتئینی به‌شمار می‌رود. علاوه‌براین افزودن انواع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، ویتامین-ها، طعم‌ها و رنگ‌ها به فیلم جهت بهبود خصوصیات آن و افزایش عمر ماندگاری محصولات بسته‌بندی شده، امکان‌پذیر است. فیلم‌های پروتئینی به دلیل ماهیت آب دوستی که دارند، معمولاً در برابر بخار آب، ضعیف عمل می‌کنند، که در صورت بهبود این ویژگی انتخاب مناسبی برای تهیه فیلم‌های خوراکی هستند (عربستانی و همکاران، ۲۰۱۳؛ عربستانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ پورتا و همکاران، ۲۰۱۵).

یکی از گزینه‌های مناسب برای تولید فیلم، استفاده از ایزوله پروتئین گاودانه است، چراکه این دانه در اکثر نقاط کشور به‌وفور و با قیمت مناسب‌تر نسبت به سایر حبوبات (نخود، لوبیا و عدس) که از آن‌ها فیلم تهیه شده‌است، یافت می‌شود. علاوه‌براین فیلم تهیه شده از این دانه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی قابل مقایسه و در برخی موارد بهتر از سایر منابع پروتئینی نشان داده است (عربستانی و همکاران، ۱۳۹۲).

۲- تولید فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر

در پژوهشی از پروتئین گاودانه فیلم زیست تخریب‌پذیر تهیه شد و خصوصیات ساختاری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی فیلم و تاثیر آن بر شاخص‌های اکسیداسیون روغن آفتاب‌گردان مورد بررسی قرار گرفت. فیلم حاصل از این دانه دارای ۲۲/۵۶ درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود و اکسیداسیون روغن آفتاب‌گردان را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با نمونه شاهد کاهش داد ($p<0.0001$). در صورت بهبود برخی نقاط ضعف آن به‌ویژه میزان نفوذ پذیری به رطوبت، می‌تواند گزینه مناسبی جهت استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی باشد (عربستانی و همکاران، ۱۳۹۲).

در پژوهشی دیگر قابلیت تولید ظروف زیست تخریب‌پذیر از پروتئین گاودانه بررسی شد. استخراج راحت کنسانتره پروتئین گاودانه آن‌را به یک انتخاب مناسب برای تولید فیلم و ظروف تخریب‌پذیر تبدیل می‌کند. با استفاده از غلظت‌های ۳۰ و ۵۰ درصد از گلیسرول و ورقه‌ای کردن آن با زئین می‌توان ظروف جامد با مقاومت و پایداری قابل قبول تولید کرد. ظرف دو لایه تشکیل شده از کنسانتره پروتئین گاودانه وزئین از ثبات قابل توجهی برخوردار بوده و طی ۱۸ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد هیچ ترکی در آن تشکیل نشد. فیلم‌های مشتق شده از کنسانتره پروتئین گاودانه می‌توانند به‌راحتی با استفاده از یک دستگاه ساده که مجهز به یک لامپ قابل تنظیم مادون قرمز به یک واحد خلأ است، به کاسه‌های کوچک تبدیل شوند. با توجه به نتایج این مطالعه، پروتئین‌های گاودانه به‌عنوان یک جایگزین پایدار و مناسب برای ظروف پلاستیکی مبتنی بر سوخت فسیلی است که زیست تخریب‌پذیر بوده و برای محیط زیست مشکلی ایجاد نمی‌کنند (عربستانی و همکاران، ۲۰۱۶).

در مطالعه‌ای دیگر برای افزایش خاصیت آبگریزی فیلم تهیه شده با پروتئین گاودانه و گلیسرول، از کلسیم کلرید برای ایجاد پیوند عرضی استفاده شد. در این پژوهش نسبت‌های ۰/۱ تا ۱ درصد وزنی-وزنی مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج نشان دادند که میزان رطوبت، مواد محلول کل، زاویه تماس[۱] و نفوذپذیری بخار آب فیلم‌های تهیه شده در حضور کلسیم کلرید در مقایسه با نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری تغییر کردند. به‌طور کلی با افزایش مقدار کلسیم کلرید، میزان آبگریزی فیلم تهیه شده نیز افزایش می‌یابد، اما ویژگی‌های مکانیکی آن تغییر قابل توجهی نداشتند. مورفولوژی سطح فیلم‌ها نیز به‌طور قابل توجهی در حضور کلسیم کلرید تحت تأثیر قرار گرفت. بنابراین، کلسیم کلرید می‌تواند خصوصیات ممانعت‌کنندگی فیلم تولید شده از کنسانتره پروتئین گاودانه، به‌ویژه خاصیت آبگریز بودن آن‌ها را بهبود ببخشد (عربستانی و همکاران، ۲۰۱۳).

۱. Contact angle

در پژوهشی دیگر از آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی به‌منظور ایجاد اتصالات عرضی در پروتئین‌های گاودانه جهت تهیه مواد بیولوژیکی جدید استفاده، و مورفولوژی آن‌ها، توسط میکروسکوپ نیروی اتمیک[۱] و میکروسکوپ الکترونی روبشی[۲] بررسی شد. سطح فیلم‌های تهیه شده در حضور آنزیم ترانس گلوتامیناز فشرده‌تر و نرم‌تر از نمونه شاهد بود، و تجزیه و تحلیل ریاضی از زبری سطح نشان داد که مقادیر به دست آمده در فیلم‌های تولید شده در غیاب آنزیم (Rq ¼ 84.4 ± 1.5 nm) نسبت به مقادیر تهیه شده در حضور آنزیم (Rq ¼ 41.1 ± 1.2 nm) به‌طور معنی‌داری بیشتر بودند. علاوه‌براین، در مقطع عرضی فیلم‌های شاهد چندین قسمت ناپیوسته وجود داشت که در فیلم‌های تهیه شده با آنزیم قابل رویت نبوده و دارای ساختار بسیار همگن بودند. فیلم‌های پلیمریزه شده با آنزیم در مقایسه با نمونه شاهد نسبت به اکسیژن ۷۰۰ برابر و نسبت به دی‌اکسید کربن ۵۰ برابر نفوذ پذیر بودند. به‌طور کلی با افزایش مقاومت و سختی فیلم‌ها، ویژگی‌های مکانیکی قابل توجهی در آن‌ها ایجاد می‌شود. با توجه به ویژگی‌های ذکر شده، این فیلم برای پوشش محصولات غذایی مختلف پیشنهاد می‌شود (پورتا و همکاران، ۲۰۱۵).

در پژوهشی دیگر با استفاده از مخلوط پروتئین‌های گاودانه، پکتین و آنزیم ترانس گلوتامیناز میکروبی فیلم خوراکی تهیه شد و خواص مکانیکی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت. فیلم‌های تهیه شده از پکتین-پروتئین، مقاومت کششی دو برابری نسبت به فیلم‌های حاوی تنها پروتئین، و افزایش سه برابری در حضور آنزیم ترانس گلوتامیناز نشان دادند. همچنین کشیدگی در نقطه شکست در فیلم‌های حاوی ترانس گلوتامیناز بیشتر بود که نشان دهنده این است که در صورت وجود هر دو آنزیم و پکتین در محلول‌های تشکیل دهنده فیلم موجب افزایش قابلیت انبساط و کشش بیشتر در فیلم می‌شود. نفوذپذیری فیلم‌های تهیه شده از پکتین-پروتئین نسبت به گاز به‌طور قابل توجهی کاهش یافت، علاوه‌براین ترانس گلوتامیناز موجب افزایش ویژگی‌های ممانعت‌کنندگی فیلم شد. تجزیه و تحلیل مورفولوژیکی فیلم‌های تهیه شده نشان دهنده این است که ویژگی‌های عملکردی فیلم‌های بهبود یافته به ساختار فشرده‌تر آن‌ها بستگی دارد که ناشی از اتصالات عرضی پکتین با پروتئین‌های گاودانه است (پورتا و همکاران، ۲۰۱۶).

در پژوهشی دیگر تاثیر فیلم‌های برپایه کیتوزان-پروتئین کرسنه بر افزایش زمان ماندگاری پنیر نابل[۳] مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که pH پنیرهای بدون نمک پیچیده شده در این فیلم در طی زمان حفظ شد، درحالی‌که pH نمونه‌های بدون فیلم به تدریج کاهش یافتند. این یافته با کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون شناسایی و در پنیرهای بدون نمک پیچیده شده در فیلم در ۹ روز نگهداری تائید شد. در مقابل، کاهش قابل توجهی در وزن پنیرهای پیچیده شده و پیچیده نشده در فیلم در طی ۹ روز نگهداری در هیچ‌کدام یک از پنیرهای نمکی و بدون نمک مشاهده نشد. با این‌حال، ثابت شد که فیلم‌های تهیه شده از کیتوزان مؤثرترین ماده بسته‌بندی در جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها در پنیرهای بدون نمک هستند. سختی، قابلیت جویدن و چسبندگی نمونه‌های بدون نمک پیچیده شده در فیلم، طی نگهداری افزایش می‌یابد، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری در میزان فنریت بین نمونه‌های پیچیده شده و پیچیده نشده در فیلم وجود نداشت. به‌جز نمونه‌های نمکی پیچیده شده در فیلم‌های پروتئینی که میزان فنریت آن‌ها از روز سوم به بعد کمی کاهش یافت (صباح و همکاران، ۲۰۱۹).

---

۱. Atomic force microscopy
۲. Scanning electron microscopy
۳. Nabulsi cheese

۳- نتیجه‌گیری

گاودانه به‌علت دارا بودن قیمت مناسب و میزان پروتئین بالا، و همچنین سهولت در استخراج پروتئین آن، انتخاب مناسبی جهت تولید فیلم و ظروف زیست تخریب‌پذیر است. علاوه‌براین فیلم‌های تولید شده از ایزوله پروتئینی گاودانه دارای ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند و این ترکیبات موجب به تعویق افتادن واکنش‌ها اکسیداسیونی در مواد غذایی می‌شوند. یکی از نقاط ضعف فیلم‌های تولید شده از ایزوله پروتئین گاودانه، نفوذپذیر بودن نسبت به رطوبت بوده، که می‌توان پس از بهبود این ویژگی از آن‌ها در تهیه فیلم‌های خوراکی استفاده نمود. به‌طور کلی این نقطه ضعف را می‌توان با افزودن ترکیبات شیمیایی و آنزیمی، و یا هر دوی آن‌ها بهبود بخشید.

منابع

عربستانی، ا.، کدیور، م.، شاهدی، م. و گلی، س. ا. ح. ۱۳۹۳. بررسی برخی خصوصیات ساختاری و فعالیت آنتی اکسیدانی فیلم پروتئینی دانه گاودانه و تأثیر آن بر شاخص های اکسیداسیون روغن آفتابگردان. فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی، ۱(۲): ۳-۱۴.

Arabestani, A. Kadivar, Mahdi., Amoresano, Angela., Illiano, Anna., Di Pierro, Prospero., & Porta, Raffaele. 2016. Bitter vetch (*Vicia ervilia*) seed protein concentrate as possible source for production of bilayered films and biodegradable containers. *Food Hydrocoll.* 60, 232–242.

Arabestani, A., Kadivar, M., Shahedi, M., Goli, S. A. H., & Porta, R. 2013. Properties of a new protein film from bitter vetch (*Vicia ervilia*) and effect of $CaCl_2$ on its hydrophobicity. International Journal of Biological Macromolecules, 57, 118–123.

Porta, R., Di Pierro, P., Rossi-Marquez, G., Mariniello, L., Kadivar, M., & Arabestani, A. 2015. Microstructure and properties of bitter vetch (*Vicia ervilia*) protein films reinforced by microbial transglutaminase. Food Hydrocolloids, 50, 102–107.

Porta, R., Di Pierro, P., Sabbah, M., Regalado-Gonzales, C., Mariniello, L., Kadivar, M., & Arabestani, A. 2016. Blend films of pectin and bitter vetch (*Vicia ervilia*) proteins: Properties and effect of transglutaminase. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 36, 245–251.

Sabbah, M., Di Pierro, P., Dell'Olmo, E., Arciello, A. & Porta, R. 2019. Improved shelf-life of Nabulsi cheese wrapped with hydrocolloid films. *Food Hydrocoll.* 96, 29–35.

بیست و هفتمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران
27th National Iranian Food Science and Technology Congress
۱۴ و ۱۵ بهمن ماه ۱۳۹۹ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

A Review of the Ability to Produce Biodegradable Film from Bitter Vetch Protein Isolate

Malihe Mohamadzade Fakhr-davood[1], Fakhri Shahidi[2*], Behzad Nasehi[3], Shahram Beiraghi-Toosi[4]

[1] MSc Student, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[2] Full Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

[3] Associate Professor, Department of Agricultural Engineering and Technology, Payame Noor University (PNU), Mashhad, Iran

[4] Assistant Professor, Department of Food Processing, Food Science and Technology Research Institute, Mashhad, Iran

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

Abstract

Consumers' concerns about the health of food packaging materials and the accumulation of synthetic and non-degradable materials in nature have led to the introduction of natural packaging materials. There are several biopolymers for this purpose, one of which is protein. Protein-based films have better inhibitory properties than other biopolymers, so they are widely used to make edible films. One of the suitable options for film production is the protein isolate of bitter vetch (*Vicia ervilia*) because its protein is easily extractable and is available in most parts of the country at a reasonable price. Beside, films made from bitter vetch protein isolate due to its antioxidant properties delay the spoilage of food products.

Key words: Legumes, *Vicia ervilia*, Edible film, Biodegradable