



فیلم ها و پوشش های خوراکی: کاربردها و روش های تولید

فائزه سعیدی

دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده

به منظور جلوگیری از تولید ضایعات و فساد مواد غذایی و افزایش ماندگاری آن ها مطالعات بسیاری صورت گرفته است. یکی از راه های افزایش ماندگاری استفاده از پوشش ها یا فیلم های خوراکی است. امروزه فیلم ها و پوشش های خوراکی از آن جهت که زیست تخریب پذیر و سازگار با محیط زیست می باشد، بسیار مورد توجه قرار گرفته است که می تواند باعث کاهش افت رطوبت، کاهش تبادل گازی و افزایش ماندگاری مواد غذایی شود. فیلم ها و پوشش های خوراکی میتوانند از پلی ساکارید ها، لیپید ها یا پروتئین ها تولید شوند. در تولید این مواد از روش های مختلفی استفاده می شود که با توجه به ماده غذایی و کارکرد مورد نظر انتخاب می گردد.

واژگان کلیدی: فیلم خوراکی، پوشش خوراکی، بسته بندی

مقدمه

غذا یک محصول حیاتی برای بقای انسان است و بزرگترین چالشی که تولید کننده مواد غذایی با آن مواجه می شود، از دست دادن کیفیت محصولات غذایی در حین نگهداری است که در نهایت منجر به افزایش ضایعات می گردد. بسته بندی خوراکی به عنوان یک جایگزین بالقوه برای محافظت از کیفیت مواد غذایی و بهبود ماندگاری با به تاخیر انداختن فساد میکروبی و ایجاد خواص سد رطوبتی و گازی شناخته شده است. (Suhag et al., 2020).

افزایش تقاضای مصرف کنندگان برای حفظ مواد غذایی به روش طبیعی منجر به بهبود روش های حفاظتی شده است. استفاده از فیلم ها و پوشش های خوراکی به دلیل ویژگی های آن ها برای افزایش ماندگاری مواد غذایی در صنایع غذایی مورد توجه زیادی قرار گرفته است. عمر ماندگاری محصول را می توان با کاهش تنفس با کمک پوشش های خوراکی افزایش داد. پوشش های خوراکی زیست تخریب پذیر و سازگار با محیط زیست برای کاهش استفاده از بسته بندی های پلاستیکی به کار می روند. افزایش ماندگاری محصولات غذایی بسیار مهم است، زیرا حتی افزایش چند روزه ماندگاری می تواند یک مزیت اقتصادی قابل توجه برای شرکت های مواد غذایی باشد (Hassan et al., 2018).

فیلم ها و پوشش های خوراکی بیوپلیمرهایی هستند که به طور گسترده برای نگهداری و بسته بندی مواد غذایی مورد بررسی قرار می گیرند (Hassan et al., 2018). پوشش خوراکی به عنوان یک لایه نازک برای بسته بندی اولیه مواد غذایی تعریف می شوند. فیلم ها و پوشش های خوراکی به عنوان مسدودکننده حرکت اکسیژن، رطوبت، املاح غذا (Umaraw et al., 2020)، محافظت از رشد میکروبی، جلوگیری از محو شدن رنگ، اکسیداسیون لیپیدها، بوی بد و افزایش ماندگاری مواد غذایی و بهبود دهنده سایر جنبه های کیفی مانند ویژگی های حسی، ظاهری و تازگی مواد مورد استفاده قرار می گیرد. فیلم ها و پوشش های خوراکی در سال های اخیر به دلیل مزایایی که نسبت به فیلم های مصنوعی دارند و نتایج امیدوارکننده ای در نگهداری مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته اند (Hassan et al., 2018).

انواع فیلم ها و پوشش های خوراکی

تا کنون پوشش های خوراکی از مواد مختلف با ویژگی های مناسب فرموله شده اند. فیلم ها و پوشش های خوراکی پلیمرهای زیستی تولید شده از ضایعات صنایع غذایی یا منابع کم استفاده پروتئین ها، لیپیدها یا پلی ساکاریدها هستند که زیست تخریب پذیر، خوراکی هستند و می توانند به عنوان حامل عوامل فعال مانند ضد میکروبی ها، آنتی اکسیدان ها، طعم دهنده ها، مواد مغذی و غیره عمل کنند (Umaraw et al., 2020).

مواد اولیه ای که باید در ایجاد پوشش های خوراکی در نظر گرفته شوند را می توان به سه نوع مختلف دسته بندی کرد: ترکیبات لیپیدی، پروتئین ها و پلی ساکاریدها. پوشش های خوراکی به دست آمده از لیپیدها، پروتئین ها و پلی ساکاریدهای مختلف به بهبود ماندگاری مواد غذایی کمک می کند.

پوشش ها و فیلم های مبتنی بر پلی ساکارید

پلی ساکاریدها پلیمرهای طبیعی هستند و به طور گسترده برای ایجاد پوشش ها یا فیلم های خوراکی مانند پکتین، سلولز، نشاسته، کیتوزان، آلژینات ها و پولولان و مشتقات همه این مواد استفاده می شوند. پلی ساکاریدها پوشش های اساسی هستند که به دلیل شکل منظم شبکه پیوند هیدروژنی به عنوان یک مسدود کننده موثر اکسیژن در نظر گرفته می شوند. با این حال، آنها به عنوان مانعی در برابر رطوبت عمل نمی کنند، زیرا به نظر می رسد ماهیت آب دوست دارند.

از آنجایی که پوشش هایی که عمدتاً از پلی ساکاریدها تشکیل می شوند، مانع ضعیفی در برابر بخار آب می کنند، این پوشش ها عامل اصلی تأثیرگذار بر تصمیم بازاریابان برای عدم تمرکز بر تأخیر از دست دادن رطوبت هستند. پوشش های پلی ساکارید بدون روغن و بی رنگ هستند. آنها مقدار کمی کالری دارند و می توانند برای بهبود ماندگاری محصولات گوشتی، صدف ها، سبزیجات و میوه ها با کاهش قابل توجه کم آبی، ترشیدگی اکسیداتیو، تیره شدن سطح استفاده شوند.

پوشش ها و فیلم های مبتنی بر پروتئین

پروتئین ها معمولاً به شکل پروتئین های کروی یا پروتئین های فیبری هستند. پروتئین های فیبری در آب نامحلول هستند و به طور کلی نقش یک عنصر ساختاری اساسی بافت های حیوانی را ایفا می کنند، در حالی که حلالیت در آب در پروتئین های کروی وجود

دارد. آنها همچنین در محلول های آبی نمک ها، بازها یا اسیدها محلول هستند و فعالیت های مختلفی را در سیستم های زنده انجام می دهند. پروتئین هایی که دارای ویژگی های فیزیکوشیمیایی هستند، وابستگی کامل به سازماندهی جایگزین های اسیدهای آمینه را نشان می دهند. انواع مختلفی از پروتئین های کروی، مانند زئین ذرت، پروتئین آب پنیر، گلوتن گندم و پروتئین سویا، به دلیل ویژگی های پوشش یا تشکیل فیلم مورد بررسی قرار گرفته اند.

اعتقاد بر این است که پوشش ها یا فیلم های مبتنی بر پروتئین حتی در رطوبت نسبی کاهش یافته (RH) مسدود کننده های بسیار موثر اکسیژن هستند.

آب پنیر به دلیل ظاهر براق و ویژگی های سد گازی یکی از پروتئین های مهم است. پروتئین آب پنیر یک محصول جانبی صنعت پنیر است، ویژگی های عملکردی و تغذیه ای خوبی دارد و می توان از آن در فیلم های خوراکی استفاده کرد. پروتئین دیگری که از گلوتن ذرت به دست می آید توانایی افزایش یافته ای برای کاربردهای مختلف بسته بندی مواد غذایی دارد.

پوشش ها و فیلم های مبتنی بر لیپید

لیپیدها موانع خوبی در برابر مهاجرت رطوبت هستند. هنگامی که لیپیدها با پلی ساکاریدها و پروتئین ها ترکیب می شوند، پوشش ها با افزایش سد و مقاومت مکانیکی تولید می شوند. به طور کلی، پوشش ها یا لایه ها از لیپیدها ایجاد می شوند و به دلیل آبگریز بودن، ضخیم تر و شکننده تر هستند. کاربرد عناصر مبتنی بر لیپید شامل سورفکتانت ها، مونوگلیسریدهای استیل شده و موم گیاهی است.

ترکیبات لیپیدها که در ساده ترین شکل خود وجود دارند عبارتند از موم زنبور عسل و پارافین. اعتقاد بر این است که پوشش ها و فیلم های مبتنی بر لیپید به دلیل قطبیت کمتر برای جلوگیری از انتقال رطوبت بسیار مفید هستند. افزایش آبگریزی منجر به کاهش نفوذپذیری بخار آب می شود. با این حال، نشان داده شده است که لیپیدهایی که دارای لایه یا پوشش هستند ممکن است (Tayyar et al., 2020)

تفاوت فیلم و پوشش خوراکی

ورقه، فیلم ها و پوشش های خوراکی اصطلاحاتی هستند که اغلب به اشتباه به جای یکدیگر به کار می روند. فیلم ها و ورقه های خوراکی قبل از کاربرد در بسته بندی مواد غذایی به صورت لایه ای نازک تولید شده و بعد همانند پلیمرهای سنتزی برای بسته بندی به کار می روند.

تفاوت فیلم و ورقه در ضخامت آنهاست معمولاً به ضخامت های بالاتر از ۲۵۰ میکرومتر ورقه و به کمتر از آن فیلم می گویند. فیلم ها می توانند به شکل لفاف، کپسول، پاچ و کیسه تولید شوند که این محصولات با ضخامت زیاد قالب گیری می شوند.

برای تولید فیلم های بیوپولیمری معمولاً از دو روش عمده به نام روش مرطوب (تبخیر حلال یا کاستینگ) و روش خشک استفاده می شود پوشش های خوراکی برخلاف فیلم ها و ورقه ها بر روی ماده غذایی تشکیل می شوند بنابراین پوشش به عنوان بخشی از محصول بوده و موقع استفاده روی محصول باقی می ماند.

مهم ترین تفاوت بین فیلم و پوشش این است که پوشش های خوراکی به شکل مایع در سطح غذا اعمال می شوند و معمولاً توسط غوطه وری محصول در محلول پوشش تشکیل می شوند اما فیلم های خوراکی ابتدا به عنوان ورقه جامد قالب گیری می شوند و بعد به شکل لفاف در ماده غذایی به کار می روند (نطاق و همکاران، ۱۳۹۳)

مزایای استفاده از پوشش های خوراکی

از مهمترین مزایای فیلم و پوشش به این موارد می توان اشاره کرد:

الف) به تاخیر انداختن تبادل رطوبت بین مواد غذایی و محیط و همچنین بین اجزای تشکیل دهنده ماده غذایی هیدروژن

ب) به تاخیر انداختن جذب و مهاجرت چربی ها

پ) حامل ترکیبات ضد میکروبی، مواد طعم زاءمواد رنگی، آنزیم، آنتی اکسیدان و غیره

ت) جلوگیری از مهاجرت آروما، مواد طعمی و رنگی ماده غذایی به محیط و بین اجزای مواد غذایی هتروژن

ث) جلوگیری از نفوذ میکرو ارگانیسم به ماده غذایی

ج) افزایش ارزش غذایی محصول

د) استفاده برای میکروانکپسولاسیون افزودنی های غذایی

ن) حفاظت محصول در برابر صدمات مکانیکی
و) کاهش مقدار ماده بسته بندی و پیچیدگی آن
ه) کاهش تبادل گازهای تنفسی بین محیط و ماده غذایی
ی) ممانعت از قهوه‌ای شدن و فعالیت پلی فنول اکسیداز (Karami et al, 2009)
ترکیبات فعال حمل شده توسط پوشش‌های خوراکی
ترکیبات ضد میکروبی

برش‌های میوه نسبت به میوه سالم و کامل به واسطه صدمه دیدن و خرد شدن در طی فرایند قطعه قطعه کردن فسادپذیرترند (Brecht, 1995). سد فیزیکی و شیمیایی که توسط لایه اپیدرم میوه‌جات ایجاد می‌شود، توانایی جلوگیری از رشد میکروب‌ها را روی سطوح میوه‌های سالم داراست؛ این در حالی است که این سطح طبیعی هنگام تولید برش‌های میوه از بین می‌رود (Belloso et al, 2006). غوطه ورسازی برش‌هایی میوه در محلول حاوی ترکیبات ضد میکروب متداول‌ترین روش کاربرد این ترکیبات در سطح قطعات میوه است. با این حال استفاده از این روش دارای محدودیت‌هایی است چون این ترکیبات فعال به سرعت خنثی شده یا به داخل بافت برش‌های میوه نفوذ می‌کنند با گذشت زمان تاثیر ضد میکروبی آنها کمتر می‌شود (Gennadios et al, 1997). استفاده از پوشش‌های خوراکی حاوی مواد ضد میکروبی راهی است جهت افزایش تاثیر ممانعت کنندگی ترکیبات فعال از طریق حفظ غلظت موثر این مواد روی سطح ماده غذایی. چندین دسته از مواد ضد میکروب را می‌توان در پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی به کار برد که شامل اسیدهای آلی (استیک، لاکتیک، پروپونیک و سوربیک)، استرهای اسیدهای چرب، پلی پتیدها (لیزوزیم، پرکسیداز، لاکتوفرین، نایسین)، روغن‌های اساسی گیاهی (دارچین، میخک)، نیتريت‌ها و سولفیت‌ها می‌شوند (Franssen et al, 2003).

ترکیبات ضد قهوه‌ای شدن

قطعه قطعه کردن میوه‌ها باعث ایجاد تغییرات نامطلوب در رنگ و ظاهر آنها طی دوره نگهداری می‌شود. این پدیده معمولاً به علت عملکرد آنزیم پلی فنل اکسیداز اتفاق می‌افتد که طی آن ترکیبات پلی فنولی در مجاورت اکسیژن تبدیل به رنگدادهای تیره رنگ می‌شوند (Zawistowski et al, 1991).

غوطه ورسازی برش‌های میوه در محلول حاوی مواد ضد اکسیداسیون متداول‌ترین راه جلوگیری از این پدیده نامطلوب است. استفاده از اسید اسکوربیک جهت جلوگیری از این واکنش آنزیمی وسیع‌ترین کاربرد را دارد اما اسید اسکوربیک پس از مدت زمان مشخصی اکسید شده و تبدیل به دهیدرواسکوربیک اسید می‌شود. همچنین اسید کربوکسیلیک به عنوان ترکیبات ضد اکسیداسیون موثر در نگهداری برش‌های میوه معرفی شده‌اند (Rojas et al, 2008).

ترکیبات بهبود دهنده بافت

فرایند کردن میوه‌جات باعث کاهش قوام و نرم شدن بافت آنها می‌شود که این پدیده در اثر عملکرد آنزیم‌های پکتیکی به وقوع می‌پیوندد. متداول‌ترین روش کنترل نرم شدن در برش‌های میوه استفاده از بیمار نمک‌های کلسیم است (Garc et al, 1996). یون‌های کلسیم با ترکیبات پکتیکی میوه‌جات واکنش داده و با ایجاد کلسیم باعث افزایش مقاومت مکانیکی در آنها می‌شوند و از این طریق پیری و ناهنجاری‌های فیزیولوژیکی را در میوه‌جات و سبزیجات به تاخیر می‌اندازند. ترکیبات بهبود دهنده بافت را می‌توان به پوشش‌های خوراکی اطراف برش‌های میوه جهت کاهش نرم شدن در طی دوره نگهداری آنها افزود (Hernandez et al, 2008).

ترکیبات مغذی

برخلاف رشد فزاینده‌ای که در زمینه افزودن مواد مغذی به مواد غذایی وجود دارد تحقیقات صورت گرفته روی افزودن این ترکیبات به پوشش‌های خوراکی به صورت محدودی وجود دارد. در ارتباط با افزودن این ترکیبات بایستی به دقت غلظت این ترکیبات را مدنظر قرار داد زیرا این ترکیبات می‌تواند خصوصیات فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از جمله نفوذ پذیری به بخار آب و خواص مکانیکی را تحت تاثیر قرار دهد (Park & Zhao, 2004).

روش تولید فیلم و پوشش خوراکی

به طور کلی فیلم‌های خوراکی از محلول‌ها یا دیسپرسیون‌های ترکیبات فیلم ساز پدید می‌آیند. اجزای اصلی فیلم سازی را می‌توان به سه بخش شامل حلال، پلیمر / پلیمرهای با وزن مولکول بالا و نرم کننده تقسیم کرد (Kester & Fennema, 1976). تولید فیلم

مستلزم وجود دست کمی یک ترکیب پلیمری است که قادر به ایجاد ساختار شبکه‌ای با استحکام و پیوستگی کافی باشد. در ارتباط با تولید فیلم‌های خوراکی نکات فراوانی وجود دارد که هر یک بر خواص نهایی فیلم‌های تولید شده اثر قابل ملاحظه‌ای دارد از جمله آنها می‌توان به اثر عواملی نظیر جنس و غلظت پلیمر فیلم‌ساز، pH محلول لفاف‌ساز، دما، زمان، قدرت یونی محلول فیلم‌ساز، نوع و مقدار افزودنی‌های مورد استفاده، فشار و ... اشاره کرد (Lent et al, 1998).

در روش تولید فیلم پس از تهیه محلول فیلم ساز با یکی از روش‌های لایه‌سازی^۱ یا ریخته‌گری^۲ گسترانده و خشک می‌شود. فیلم حاصل با روش‌های روکش دادن بر روی ماده غذایی پوشش داده می‌شود.

جهت تولید پوشش خوراکی پس از تهیه محلول از شیوه‌های افشانی^۳، لایه سازی، برس زنی^۴، غوطه وری^۵ و پوشش دهی با بستر سیال^۶ استفاده می‌شود (Brandenburg et al, 1993; Anker et al, 2001; Cho et al, 2001).

استفاده از روش غوطه وری بر روش افشانی ترجیح دارد؛ از این رو که به ایجاد پوشش یکنواخت می‌انجامد. همچنین دانسته شده است که شیوه برس زنی در مورد پوشش دهی فیلم‌های خوراکی با پایه سلولز بر توت فرنگی و دانه‌ها در مقایسه با روش‌های روکش دادن و غوطه‌وری بهترین نتیجه را به دست می‌آورد و از دست دادن رطوبت در این محصولات را به حداقل می‌رساند (Rayner et al, 2000).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که با استفاده از شیوه بستر سیال، مشکل همچسبی ذرات غذا پس از پوشش یافتن در مورد صمغ‌ها به حداقل می‌رسد. شیوه بستر سیال در واقع ترکیب دو فرایند سیال سازی ذرات و تکه‌های ماده غذایی و افشاندن محلول فیلم‌ساز است. این محلول ممکن است از بالا پایین یا به صورت زاویه دار افشانه شود که به ترتیب عنوان‌های بستر سیال با افشاندن از بالا، با افشاندن از پایین و با افشاندن مورب را به خود می‌گیرد. این روش برای ریزپوشانی نیز کاربرد دارد (Nussinovitch, A. 1997; Mortazavian et al, 2010).

نتیجه گیری

تحقیقات گسترده‌ای در مورد توسعه فناوری‌های جدید بسته بندی از جمله پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی در طی سال‌های اخیر انجام شده است که می‌تواند برای افزایش ماندگاری محصولات غذایی استفاده شود. با توجه به ترکیبات فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی که شامل حلال، بیوپلیمر و نرم کننده می‌باشد و می‌توان آن‌ها را به دسته‌های پروتئینی، لیپیدی و پلی ساکارییدی تقسیم کرد، و روش‌های تولید گوناگون آن‌ها، با این حال می‌توان گفت که این فناوری نیازمند تحقیق و مطالعه بیشتر در زمینه‌های مختلف از جمله تولید اقتصادی تر فیلم‌ها و پوشش‌ها، مطالعه دقیق تر خواص مکانیکی و ظاهری آن‌ها، ساخت فیلم‌های مخصوص برای هر محصول و فراورده، بررسی جذب سطحی مواد بودار و سایر ترکیبات به فیلم، مهاجرت افزودنی‌ها از فیلم به توده غذا و غیره، می‌باشد.

منابع

- Anker, M., Berntsen, J., Hermansson, A. M. and Stading, M. 2001. Improved water vapor barrier of whey protein film, by addition of an acetylated monoglyceride. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3: 81-92
- Brandenburg, A. H., Weller, C. L. and Testin, R. F. 1993. Edible films and coatings form soy protein. *Journal of Food Science*, 58: 1086-1089.
- Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., & Oms-Oliu, G. (2006). Fresh cut fruits. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of fruits and fruit processing* (pp. 129-144). Iowa: Blackwell Publishing.

¹ Lamination

² Casting

³ Spraying

⁴ Brushing

⁵ Dipping

⁶ Fluidized bed

- Brecht, J. K. (1995). Physiology of lightly processed fruits and vegetables in lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30, 18e22.
- Cho, S. Y., Park, J. W. and Rhee, C. 2001. Properties of laminated films from whey powder and sodium caseinate mixtures and zein layers. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 35: 135-139.
- Franssen, L. R., & Krochta, J. M. (2003). Edible coatings containing natural antimicrobials for processed foods. In S. R. Ller (Ed.), *Natural antimicrobials for minimal processing of foods* (pp. 250-262). Boca Raton: CRC Press.
- Garc, J. M., Herrera, S., & Morilla, A. (1996). Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 30e33.
- Gennadios, A., & Kurth, L. B. (1997). Application of edible coatings on meats, poultry and seafoods: a review. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 30, 337e350 Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International journal of biological macromolecules*, 109, 1095-1107.
- Hernandez, P., Almenar, E., Valle, V. D., Velez, D., & Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110, 428e435 Karami, M., Ehsani, M. R., Mousavi, S. M., Rezaei, K., & Safari, M. (2009). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food Chemistry*, 112(3), 539-544.
- Kester, J. J. and Fennema, O. 1976. Edible films and coatings: A review. *Journal of Food Science*, 40: 47-59
- Lent, L. E., Vanasupa, L. S. and Tong, P. S. 1998. Whey protein edible film structures determined by atomic force microscope. *Journal of Food Science*, 63: 824-827.
- Min, S., & Krochta, J. M. (2005). Inhibition of *Penicillium commune* by edible whey protein films incorporating lactoferrin, lactoferrin hydrolysate, and lactoperoxidase systems. *Journal of Food Science*, 70, M87eM94
- Nussinovitch, A. 1997. Hydrocolloid Application: Gum technology in the food and other industries. Chapman & Hall, UK.
- Park, S., & Zhao, Y. (2004). Incorporation of a high concentration of mineral or vitamin into chitosan-based films. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1933e1939.
- Perez-Gago, M. B., Serra, M., & del Rio, M. A. (2006). Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 84e92
- Rayner, M., Ciolfi, V., Maves, B., Stedman, P. and Mittal, G. S. 2000. Development and application of soy-protein films to reduce fat intake in deep-fried foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 777-782
- Richard, F. C., Goupy, P. M., & Nicolas, J. J. (1992). Cysteine as an inhibitor of enzymatic browning. 2. Kinetic studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2108e2114. Rojas, M. A., Tapia, M. S., & Martin-Belloso, O. (2008). Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh cut Fuji apples. *LWT Food Science and Technology*, 41, 139e147.
- Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T., & Upadhyay, A. (2020). Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Res. Int.*, 136, 109582.
- Tayyar, N. A., Youssef, A. M., & Al-Hindi, R. R. (2020). Edible coatings and antimicrobial nanoemulsions for enhancing shelf life and reducing foodborne pathogens of fruits and vegetables: a review. *Sustainable Materials and Technologies*, e00215
- Umaraw, P., Munekata, P. E., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P., & Lorenzo, J. M. (2020). Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 10-24.
- Zawistowski, J., Biliaderis, C. G., & Eskin, N. A. M. (1991). Polyphenol oxidases. In D. S. Robinson, & N. A. M. Eskin (Eds.), *Oxidative enzymes in foods* (pp. 217e273). London: Elsevier