مقاله پژوهشی

تهیه پوشش خوراکی مرکب از کربوکسی متیل سلولز و روغن کنجد برای پوشش‌دهی توت فرنگی و بررسی خواص آن

فاطمه خوشدونی فراهانی [۱*]، عبدالرسول ارومیه‌ای[۲]، انوشه شریفان [۳]، زهرا خوشدونی فراهانی[۴]

تاریخ دریافت مقاله: دی ماه ۱۳۹۷

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۸

چکیده

در این تحقیق، فیلم خوراکی مرکب از کربوکسی متیل سلولز با درصدهای مختلفی(۰/۰، ۰/۲، ۰/٤، ۰/٦٪) از روغن کنجد تهیه گردید و خواص فیزیکی، مکانیکی آن مورد بررسی قرار گرفت. از تیمار توأم با درصد بهینه، پوشش خوراکی تهیه گردید و خواص میکروبی آن مورد سنجش قرار گرفت. داده‌های حاصل از آزمایش به روش آزمون فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. آنالیز واریانس نتایج نیز با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. بر اساس نتایج حاصله عوامل مکانیکی و فیزیکی نشان داد که میزان مقاومت کششی، مدول الاستیک در پوشش حاوی ۰/۲ ٪ روغن نسبت به تیمار شاهد کمتر بود و میزان ازدیاد طول افزایش یافت. غلظت روغن اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) در نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های امولسیونی ایجاد نکرد. نتایج بررسی عوامل میکروبی نیز نشان دادند که به لحاظ ضدمیکروبی بودن، پوشش‌های خوراکی حاوی محلول ۰/۲ ٪ روغن کنجد همراه با ترکیب سوربات پتاسیم اثر بازدارندگی خوبی بر روی میوه توت فرنگی تازه داشتند.

واژه‌های کلیدی

کربوکسی متیل سلولز[۵]، روغن کنجد، پوشش خوراکی، فیلم خوراکی، توت فرنگی

۱- مقدمه

امروزه تمایل به استفاده از بسته‌بندی‌های زیست تخریب‌پذیر شامل فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دلیل دارا بودن مواد طبیعی و عدم ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی، روز به روز در حال افزایش می‌باشد. فیلم‌های خوراکی کامپوزیتی[۶] با هدف بهبود ویژگی‌های عملکردی فیلم‌های تک جزئی و غلبه بر نقاط ضعف آن‌ها تولید می‌شوند. بنابراین جهت بهبود ویژگی‌های کاربردی و برای کاهش معایب فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی از فیلم‌ها و پوشش‌های مرکب استفاده می‌شود. این پوشش‌ها می‌توانند مخلوطی از پوشش‌های پلی‌ساکاریدی، پروتئینی و لیپیدی باشند. علت اصلی

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشجوی رشتهٔ علوم و صنایع غذایی.

(× نویسنده مسئول: f.farahani1992@gmail.com)

۲- دانشیار گروه شیمی پلیمر، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب(oromia2000@yahoo.com).

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (a_sharifan2000@yahoo.com).

٤- دانشجوی دکترای دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشجوی‌رشتهٔ علوم‌و صنایع‌غذایی(z.farahani69@yahoo.com).

5- Carboxy Methyl Cellulose (CMC)

6- Composite

افزودن لیپیدها و رزین‌ها به فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی، افزایش خاصیت آبگریزی آن‌ها است. علاوه بر این استفاده از فیلم‌های کامپوزیت به دلیل خواص مکانیکی بهبود یافته، محافظت بالاتری را از ماده غذایی به عمل خواهند آورد، لذا مواد غذایی پوشش داده شده با این فیلم‌ها ماندگاری بالاتری را خواهند داشت [۳،۷،۲۰]. از جمله دلایل استفاده از این نوع بسته‌بندی می‌توان به جلوگیری از انتقال رطوبت و خروج ترکیبات فرّار موجود در مادهٔ غذایی، کاهش‌دهندهٔ سرعت تنفس، به تأخیر انداختن تغییرات در بافت ماده غذایی، مانعی بسیار عالی در برابر عبور چربی‌ها و روغن‌ها، عبوردهی بسیار انتخابی گازهایی نظیر اکسیژن و دی اکسید کربن، اشاره داشت [۲]. یکی از مهم‌ترین پلی‌ساکاریدهایی که در تولید فیلم‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرد، سلولز و مشتقات آن است [۲۱]. سلولز یک ماده خام ارزان قیمت است. مهم‌ترین مشتقات سلولز، اتر سلولز، متیل سلولز[1]، کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل سلولز[2] هستند که برای تولید فیلم مناسب می‌باشند. به طور معمول مشتقات سلولز فیلم‌های مناسبی را تشکیل می‌دهند، یکی از شایع‌ترین مشتقات سلولز کربوکسی متیل سلولز است [۲۰،۱۹،۱]. در این پژوهش کربوکسی متیل سلولز یکی از مواد اصلی تشکیل‌دهنده در محلول فیلم بوده است. علاوه بر کربوکسی متیل سلولز مواد تشکیل‌دهندهٔ دیگر در تولید محلول مورد استفاده در پوشش و فیلم خوراکی، روغن کنجد می‌باشد. وجود ۸۵ ٪ اسیدهای چرب غیراشباع در روغن کنجد شامل اسید اولئیک[3] و لینولئیک[4]، یک وجه تمایز ارزشمند نسبت به سایر روغن‌های نباتی تلقی می‌گردد. این روغن در دسته روغن‌های با مقاومت بالا قرار دارد [۴]. همچنین میوهٔ توت فرنگی به دلیل ماندگاری کوتاه مدّت مورد بررسی قرار گرفت. یکی از اثرهای مخربی که قارچ بوتریتیس سینرا[5] بر توت فرنگی می‌گذارد، تخریب میوه و ایجاد پوسیدگی در آن است. بنابراین تأثیر مادهٔ ضدکپک در محلول مورد بررسی بر کنترل این پوسیدگی بر میوه بررسی شد.

از سوی دیگر در رابطه با ویژگی‌های کاربردی این صمغ و روغن کنجد تاکنون مطالعات چندانی انجام نشده است و از معدود کارهای گزارش شده می‌توان به تأثیر کیتوزان[6] در ترکیب با اسید اولئیک به عنوان پوشش خوراکی بر میوهٔ توت فرنگی طی ۱۴ روز نگهداری [۲۸]، بررسی طولانی نمودن زمان ماندگاری نوعی میوه استوایی به نام آواکادو[7] با استفاده از فیلم خوراکی بر پایه کربوکسی متیل سلولز[۲۳]، تأثیر ثعلب، گلیسرول و روغن بر ویژگی‌های فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب زمینی [۱۱]، اثرات ضدقارچی پوشش‌های خوراکی بر پایهٔ کربوکسی متیل سلولز حاوی سوربات پتاسیم بر گونه‌های تولیدکننده آفلاتوکسین آسپرژیلوس[8] در پسته [۱۴]، نفوذپذیری فیلم‌های خوراکی امولسیونی بر پایهٔ کنسانترهٔ پروتئین آب پنیر و روغن زیتون نسبت به بخار آب[۵]، بررسی ویژگی‌های فیزیکی فیلم‌های مرکب زیست تخریب پذیر خوراکی کربوکسی متیل سلولز- اسید اولئیک [۱۳]، به کارگیری پوششی از ترکیب نشاسته کاساوا[9] و روغن کوپایبا[10] برای توت فرنگی تازه [۱۸]، اشاره کرد. از این رو، هدف این پژوهش بررسی خواص مکانیکی، نفوذپذیری نسبت به بخار آب و میکروبی فیلم و پوشش خوراکی مرکب از کربوکسی متیل سلولز و روغن کنجد جهت بهبود ویژگی‌های مورد بررسی جهت افزایش ماندگاری میوه توت فرنگی در طول زمان معین می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

در این پژوهش چهار تیمار حاوی سطح‌های متفاوت روغن کنجد یعنی (۰، ۰/۲ ، ۰/۴ ، ۰/۶ درصد) می‌باشد که برای بررسی آزمون‌های فیزیکی فیلم مورد سنجش قرار

1- Methyl Cellulose (MC)
2- Hydroxypropyl Cellulose (HPC)
3- Oleic Acid
4- Linoleic Acid
5- *Botrytis Cinerea*
6- Chitosan
7- Avocado
8- Aspergillus
9- Cassava
10- Copaiba

گرفت. از این میان، مؤثرترین تیمار انتخاب و برای پوشش‌دهی توت فرنگی‌ها استفاده شد. ۳ نوع پوشش برای توت فرنگی‌ها تهیه شد، که یکی از آن محلول‌ها شامل محلولی ست که حاوی غلظت بهینه ی روغن کنجد برای پوشش‌دهی می‌باشد، محلول دوم حاوی همین غلظت به همراه ماده ضد میکروب و یک تیمار نیز به عنوان شاهد تهیه شد، که تیمار شاهد هیچ پوششی از روغن و کربوکسی متیل سلولز نداشته و با آب مقطر پوشش داده شد.

در زیر فرمول محلول فیلم‌ها ذکر شده است:

تیمار ۱ (کنترل = ۱٪ کربوکسی متیل سلولز + ۰/۵ ٪ گلیسرول + ۹۸/۵ ٪ آب مقطر)،

تیمار ۲ (۱٪ کربوکسی متیل سلولز + ۰/۲ ٪ روغن کنجد + ۰/۱ ٪ توئین ۸۰ + ۰/۵ ٪ گلیسرول + ۹۸/۲ ٪ آب مقطر)،

تیمار ۳ (۱٪ کربوکسی متیل سلولز + ۰/۴ ٪ روغن کنجد + ۰/۱ ٪ توئین ۸۰ + ۰/۵ ٪ گلیسرول + ۹۸ ٪ آب مقطر)،

تیمار ۴ (۱٪ کربوکسی متیل سلولز + ۰/۶ ٪ روغن کنجد + ۰/۱ ٪ توئین ۸۰ + ۰/۵ ٪ گلیسرول + ۹۷/۸ ٪ آب مقطر)

۲-۱- مواد لازم

در این پژوهش از صمغ کربوکسی متیل سلولز (درجه خلوص ۹۹/۶)، روغن کنجد خوراکی، توت فرنگی (رقم کردستان، از بازار میوه و تره بار)، گلیسرول (شرکت مرک[1]، آلمان) و توئین ۸۰ (شرکت مرک، آلمان) استفاده شد.

۲-۲- روش‌های آماده‌سازی نمونه‌ها

۲-۲-۱- تهیه فیلم کربوکسی متیل سلولز (نمونه شاهد)

ابتدا مقدار ۱ گرم کربوکسی متیل سلولز در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به مدّت ۱ ساعت در دمای ۷۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد تحت همزدن بر روی هیتر مغناطیسی حرارت داده شد، بعد از آنکه محلول شفافی به دست آمد ۰/۵ گرم گلیسرول به مدّت حدود ۱۵ دقیقه به آن افزوده و مجدداً همزده شد. سپس محلول در دمای اتاق خنک و با گاز ازت جهت خروج حباب‌های هوا، هواگیری گردید. پس از آن محلول را در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در یخچال به مدّت ۲۴ ساعت قرار داده تا هیدراتاسیون[2] کامل اتّفاق افتد. روز بعد مقداری از محلول نمونه را بر روی قالب تفلونی ریخته و در آون در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرارداده شد تا فیلم خشک و یکنواخت تهیه گردد.

۲-۲-۲- تهیه فیلم کربوکسی متیل سلولز و روغن کنجد

مقدار ۱ گرم کربوکسی متیل سلولز در آب مقطر به مدّت ۱ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد تحت همزدن بر روی هیتر مغناطیسی حرارت داده شد، بعد از آنکه محلول شفافی به دست آمد ۰/۵ گرم گلیسرول و ۰/۱ گرم توئین ۸۰ اضافه شد و به مدّت ۱۵ دقیقه مجدداً همزدن ادامه داده شد، برای تهیهٔ محلول ضدمیکروبی نیز در این مرحله ترکیب سوربات پتاسیم افزوده شد.

پس از آن، محلول را در دمای ۴ ^{o}C در یخچال قرار داده و اجازه داده تا هیدراتاسیون کامل اتّفاق افتد. سپس برای تشکیل امولسیون، روغن کنجد در غلظت‌های متفاوت به محلول‌های نمونه در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد برای مدّت ۱۵ دقیقه افزوده شد. کمی زمان داده تا محلول خنک شود. پس از آن محلول با استفاده از دستگاه هموژنایزر[3] با سرعت ۱۰ هزار (دور بر دقیقه) برای مدّت ۲ دقیقه بهم‌زده شد.

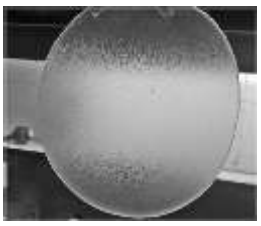
در مرحلهٔ بعد مخلوط هموژن[4] شده پس از هواگیری با گاز ازت جهت خروج حباب‌های هوا از محلول، در یخچال گذاشته شد و روز بعد مقدار معین از محلول فیلم در قالب‌های تفلونی ریخته شد و در آون با ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا به شکل فیلم خشک تهیه شود. شکل(۱) نمونه‌ای از فیلم‌های خشک شده می‌باشد.

1- Merck

2- Hydration

3- Homogenizer

4- Hemozen



شکل ۱- نمونه یک فیلم خوراکی از روغن کنجد و کربوکسی متیل سلولز

۲-۲-۳- پوشش‌دهی میوه

میوهٔ توت فرنگی رقم کردستان تهیه و بر اساس عدم وجود آسیب‌های فیزیکی، عفونت‌های قارچی و وجود یکنواختی از نظر اندازه غربال شد. پوشش‌دهی میوه‌ها به روش وحدت و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد [۱۷]. توت فرنگی‌ها به مدّت ۲ دقیقه در محلول امولسیونی تهیه شده از قبل، غوطه‌ور و در حدود ۱ ساعت در دمای اتاق جهت خشک شدن سطح آن‌ها قرار داده شدند. علاوه بر محلول مذکور از میوه‌های شسته شده با آب مقطر هم به عنوان شاهد استفاده شد. سپس میوه‌ها در ظروف یک بار مصرف پلی‌اتیلنی قرار گرفتند و بلافاصله در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

۲-۳- بررسی خواص فیزیکی فیلم‌های خوراکی

۲-۳-۱- اندازه‌گیری نفوذپذیری نسبت به بخار آب [1]

میزان نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌ها در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی (RH) [2] ۷۵٪ با توجّه به روش استاندارد ASTM - E96 با اندکی تغییرات اندازه‌گیری شد [۲۷]. ظروف با فیلم‌های دایره‌ای با قطر کمی بزرگ‌تر از قطر پلیت پوشیده شد. حدود یک سوم از حجم پلیت‌ها حاوی کلرید کلسیم بدون آب بوده. پلیت‌ها همراه با محتویاتشان توزین شده و درون دسیکاتوری با محلول اشباع کلرید سدیم در رطوبت نسبی ۷۵٪ نگهداری شدند. ظروف در بازهٔ زمانی مشخص با ترازو تا رسیدن به وزن ثابت توزین شدند. مقدار بخار آب انتقال یافته از فیلم‌ها از روی افزایش وزن پلیت‌ها تعیین شد. سپس با استفاده از رابطهٔ زیر نفوذپذیری نسبت به بخار آب ($g\ m^{-1}\ h^{-1}\ Pa^{-1}$)، محاسبه شد.

$$WVTR = \frac{\Delta W}{A\Delta t} \qquad (۱)$$

$$WVP = \frac{WVTR}{P(R1-R2)} \times X \qquad (۲)$$

WVTR [3]: سرعت انتقال بخار آب($g/h.m^2$)، ΔW: وزن آب جذب شده در پلیت (g)، Δt: زمان تغییر وزن (h)، A : مساحت دهانه پلیت (m^2) و همچنین WVP : نفوذپذیری نسبت به بخار آب، X: ضخامت متوسط فیلم (mm)، P: فشار بخار آب خالص در ۲۵ درجه سانتی‌گراد (Pa) ، R_1: رطوبت نسبی در دسیکاتور [4] (۷۵٪)، R_2: رطوبت نسبی در داخل پلیت (۰٪)

۲-٤- تعیین خواص مکانیکی فیلم‌ها

برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی فیلم‌ها از دستگاه آزمون سنجش مکانیکی مدل COMETECH-00-505-B1، ساخت کشور تایوان، استفاده شد. آزمون کشش شامل تعیین ویژگی‌های استحکام کششی نهایی[5]، کرنش در نقطهٔ شکست و مدول یانگ می‌باشد که طبق استاندارد ASTM D882-91 (Anon, ۱۹۹۶) به وسیله دستگاه اندازه‌گیری کشش و با استفاده از روابط زیر تعیین گردید [۲۶]. فاصله بین دو فک دستگاه ۵ سانتی‌متر و سرعت حرکت فک‌ها ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه انتخاب شد.

شاخص‌هایی شامل حداکثر نیرو تا نقطه پارگی و درصد افزایش طول در نقطه پاره شدن، (تغییر طول نمونه تقسیم بر طول اولیه ضرب در ۱۰۰) از روی منحنی‌های نیرو بر حسب تغییر شکل حاصل شدند. مقاومت کششی فیلم‌ها [6] نیز از رابطه (۳) محاسبه شد:

$$\text{استحکام کششی} = \frac{\text{حداکثر نیرو در لحظه پارگی}}{\text{ضخامت فیلم} \times \text{عرض فیلم}} \qquad (۳)$$

1- Water Vapor Permeability
2- Relative Humidity
3- Water Vapor Transmission Rate
4- Desiccator
5- Ultimate Tensile Strength(UTS)
6- Tensile Strength

$$\text{درصد مقدار اتساع} = \frac{\text{مقدار اتساع تا لحظه پارگی}}{\text{طول اولیه نمونه بین دو فک}} \times 100 \quad (٤)$$

در این روابط:

حداکثرنیروی وارد شده به فیلم برحسب نیوتن؛ سطح مقطع عرضی اولیه فیلم (ضخامت فیلم × عرض فیلم) برحسب مترمربع

مقدار اتساع تا لحظهٔ پارگی[1] برحسب میلی‌متر؛ طول اولیه نمونه بین دو فک برحسب میلی‌متر

۲-۵- متغیر مورد بررسی طی نگهداری توت فرنگی در یخچال

۲-۵-۱- آزمون میکروبی

آزمون کپک و مخمر طبق روش شعبانی و طوماری (۱۳۸۷) تعیین گردید[۱۰]. برای آزمایش‌های میکروبی ۱ گرم از نمونهٔ مورد آزمایش را در هاون چینی سترون کاملاً سائیده و در ۹ میلی لیتر محلول رقیق‌کننده (سرم فیزیولوژی) مخلوط کرده و محلول اولیه با رقت 10^{-1} تهیه شد و در ادامه تمام رقت‌های مورد نیاز تهیه شد. محیط کشت مناسب برای شمارش کپک‌ها و مخمرها محیط سیب زمینی دکستروز آگار [2] بود. به منظور جلوگیری از رشد سایر میکروارگانیسم‌ها از آنتی‌بیوتیک کلرامفنیکل [3]در محیط کشت استفاده شد. برای هر رقت سه سری پلیت آماده شد که حاوی محیط کشت[4] سیب زمینی دکستروز آگار بود و سطح آن‌ها کاملاً خشک شده بود. سپس از رقیق‌ترین محلول آماده شده یعنی رقت 10^{-1} شروع کرده و از هر رقت ۰/۱ میلی لیتر با سمپلر سترون به پلیت‌ها افزوده و با پخش‌کنندهٔ شیشه‌ای (لولهٔ L شکل) استریل در سطح محیط پخش شد. پس از گذاشتن درپوش، آن‌ها را به مدّت ۱۵ دقیقه به حال خود گذاشته تا سطح آن‌ها کمی خشک شود. سپس به مدّت ۳ الی ۵ روز در دمای ۲۲ الی ۲۵ درجه سلسیوس گرمخانه‌گذاری کردیم. پرگنه‌ها را بعد از ۳، ۴ و ۵ روز بررسی و نتیجه را پس از ۵ روز در پلیت‌هایی که کمتر از ۱۵۰ پرگنه داشتند شمارش و گزارش کردیم. جهت گزارش تعداد کپک‌ها و مخمرها در هر گرم مادهٔ غذایی، میانگین تعداد پرگنه‌های شمارش شده سه پلیت در فرمول کلی محاسبه قرار شد.

۲-۵-۲- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش به روش آزمون فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. آنالیز واریانس نتایج نیز با استفاده از نرم افزار SPSS[5] صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن و در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

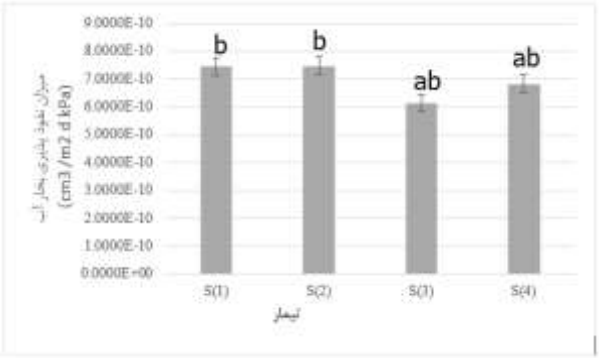
۳-۱- میزان انتقال بخار آب

همانطور که در (نمودار۱) نشان داده شده، با توجّه به نتایج به دست آمده در رابطه با عامل میزان انتقال بخار آب اضافه کردن روغن کنجد به نمونه‌ها اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت و مقدار نفوذپذیری به بخار آب با افزودن غلظت روغن تا ۰/۲ درصد، تغییر محسوسی نداشت. می‌توان اشاره داشت که بعضی از لیپیدهایی که برای افزایش انعطاف‌پذیری فیلم بکار می‌روند در واقع نرم‌کننده بوده و از طریق تضعیف نیروهای بین مولکولی بین زنجیره‌های پلیمری مجاور هم مقاومت مکانیکی را کاهش و هم نفوذپذیری به گاز و بخار آب را افزایش می‌دهند [۱۲].

با افزایش غلظت روغن از ۰/۲ ٪ به ۰/۴ ٪ نفوذپذیری به بخار آب کاهش یافت. این مطلب می‌تواند حاکی از آن باشد که انواع مختلف چربی‌ها میزان نفوذپذیری را نسبت به بخار آب به اندازه‌های مختلف کاهش می‌دهند. این کاهش انتقال بخار آب با افزایش غلظت روغن مطابق با نتایج دیدار و حداد

1- Elongation at Break
2- Potato Dextrose Agar
3- Chloramphenicol
4- Growth Medium
5- Statistical Package for the Social Sciences

خداپرست (۱۳۹۳) بود، نتایج نشان داد که علت کاهش انتقال بخار آب با استفاده از پوشش‌های روغنی، کنترل نفوذ آب توسط افزایش آبگریزی در فیلم و نیز تغییر در ساختار فیلم می‌باشد [۶].



نمودار ۱- تغییرات میزان انتقال بخار آب فیلم خوراکی در تیمارهای مختلف

*** در این نمودار S (۱) فیلم خالص کربوکسی متیل سلولز، S (۲) فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن، S (۳) فیلم حاوی ۰/٤ ٪ روغن، S (٤) فیلم حاوی ۰/٦ ٪ روغن کنجد می‌باشد.**

*** تیمارهای با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند و تیمارهای با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند(در سطح ۵ درصد).**

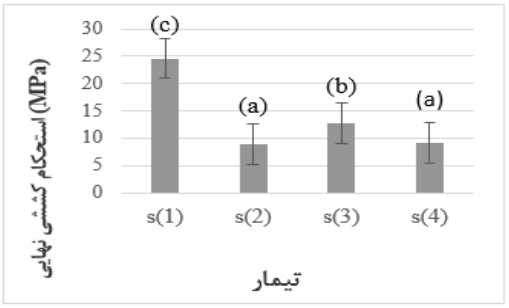
این پدیده به علت بر هم کنش یونی بین صمغ کربوکسی متیل سلولز، روغن و گلیسرول می‌باشد که ماتریکس متراکم‌تری را ایجاد می‌کند، از این رو، مانع انتقال مولکول آب می‌شود و همچنین به علت افزایش آبگریزی فیلم‌ها، نفوذپذیری نسبت به بخار آب کاهش یافت. احتمالاً با افزودن ۰/۴ ٪ روغن، گروه‌های آبگریز استری جایگزین گروه‌های آبدوست هیدروکسیل در مولکول‌های کربوکسی متیل سلولز می‌شوند و در نتیجه خاصیت آبگریزی افزایش می‌یابد [۱۲].

محققان در سال (۲۰۰۹)، در بررسی تأثیر روغن آفتابگردان روی فیلم‌های ژلاتین گزارش کردند که با افزایش مقدار روغن تا حدود ۱٪ محلول فیلم، میزان نفوذپذیری به بخار آب از حدود ۴/۳ $g.mm.KPa^{-1}.h^{-1}.m^{-2}$ به حدود ۳/۲ $g.mm.KPa^{-1}.h^{-1}.m^{-2}$ کاهش می‌یابد که مطابق با نتایج تحقیقات حاضر بود [۲۵].

۳-۲- نتایج آزمون‌های مکانیکی

۳-۲-۱- استحکام کششی نهایی

مطابق با (نمودار۲)، با افزودن روغن (۰/۲ ٪) به فیلم‌های کربوکسی متیل سلولز، استحکام کششی کاهش یافت، زیرا با افزودن روغن برهم کنش بین



نمودار ۲- استحکام کششی نهایی (مقایسه تأثیر غلظت روغن کنجد بر میزان مقاومت به کشش فیلم‌های خوراکی تهیه شده از کربوکسی متیل سلولز)

*** در این نمودار S (۱) فیلم خالص کربوکسی متیل سلولز، S (۲) فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن، S (۳) فیلم حاوی ۰/٤ ٪ روغن، S (٤) فیلم حاوی ۰/٦ ٪ روغن کنجد می‌باشد.**

***تیمارهای با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند و تیمارهای با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (در سطح ۵ درصد).**

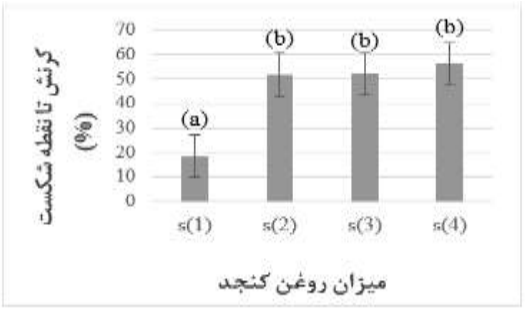
مولکول‌های اسید چرب و پلی‌ساکاریدها در مقاومت فیلم کاهش یافته و سبب تضعیف هرچه بیشتر شبکه پلیمری گشته و سفتی ایجاد شده نیز تحت‌الشعاع تعداد زیاد این برهم کنش‌های ضعیف قرار گرفته است، در نتیجه منجر به کاهش نیروی بین مولکولی و سپس کاهش مقاومت به کشش فیلم‌ها می‌شود. همچنین می‌توان گفت به دلیل نفوذ مولکول‌های روغن در ساختمان پلیمر و کاهش اتصالات بین زنجیره‌ای، قابلیت کشش فیلم‌ها بهبود یافته و مقاومت مکانیکی آن‌ها تا اندازه‌ای کاهش می‌یابد. در واقع فیلم‌های پلی‌ساکاریدی ساده در مقایسه با فیلم‌های ترکیبی حاوی لیپید، قوی‌تر هستند.

پیوندهای هیدروژنی قوی بین زنجیرهای کربوکسی متیل سلولز وجود دارد که افزودن روغن موجب سست شدن این پیوندها می‌شود. نتایج زاهدی و همکاران در سال (۱۳۹۰)، هم بیانگر این مطلب بود که اضافه کردن اسید استئاریک[1] به فیلم پروتئینی باعث شد مقاومت به کشش فیلم‌های حاصله ۱۱ الی ۴۱ ٪ کاهش یابد و اختلاف ایجاد شده معنی‌دار بود (P<۰/۰۵)، [۸] که در توافق با نتایج تحقیق حاضر بود. با افزایش غلظت روغن (تا ۰/۴ ٪) مقاومت به کشش فیلم‌ها افزایش پیدا کرد. این تغییر خصوصیات مکانیکی حاصل از افزایش غلظت روغن می‌تواند ناشی از دیسپرسیون[2] مناسب این روغن در ماتریکس این پلیمر و نزدیک شدن بسیار مشخص این روغن با پلیمر باشد که با ایجاد اتصالات محکم مولکول‌های چربی با زنجیره‌های این پلیمر و بین زنجیره‌های آن باعث افزایش مقاومت در برابر کشش آن‌ها شده است[۱].

۳-۲-۲- کرنش در نقطه شکست (ازدیاد طول تا نقطهٔ پارگی)

مطابق با (نمودار۳) با افزودن روغن به فیلم‌های کربوکسی متیل سلولز ازدیاد طول و انعطاف‌پذیری آن‌ها نسبت به فیلم‌های کنترل افزایش یافت که این عامل احتمالاً به دلیل این است که روغن باعث کاهش برهم‌کنش بین مولکولی پلیمر می‌شود و در نتیجه زنجیرهای ماده (زنجیره‌های پلی‌ساکاریدی) به راحتی روی هم سر می‌خورند و انعطاف‌پذیری بیشتری حاصل می‌شود.

پیوندهای هیدروژنی قوی بین زنجیرهای کربوکسی متیل سلولز وجود دارد که افزودن روغن باعث تضعیف این پیوندها می‌شود. همچنین نقش اصلی اسیدهای چرب افزایش آبگریزی فیلم می‌باشد ولی در کنار این، اسیدهای چرب نقش پلاستی‌سایزری[3] نیز ایفا می‌کنند که باعث می‌شوند نیروهای بین مولکولی کاهش یابند. با افزایش



نمودار ۳- کرنش در نقطه شکست (مقایسه تأثیر غلظت روغن کنجد بر میزان ازدیاد طول فیلم‌های خوراکی تهیه شده از کربوکسی متیل سلولز)

*** در این نمودار S (۱) فیلم خالص کربوکسی متیل سلولز، S (۲) فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن، S (۳) فیلم حاوی ۰/٤ ٪ روغن، S (٤) فیلم حاوی ۰/٦ ٪ روغن کنجد می‌باشد.**

***تیمارهای با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند و تیمارهای با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (در سطح ۵ درصد).**

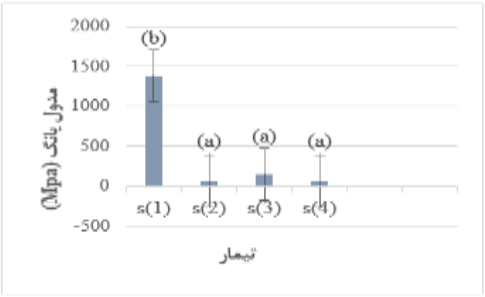
غلظت پلاستی‌سایزر برهم کنش بین زنجیرهای پلی‌ساکاریدی کاهش یافته و ازدیاد طول افزایش می‌یابد [۹، ۸، ۲۴]. با توجّه به این نتایج می‌توان گفت روغن به عنوان یک نرم‌کننده در فیلم‌های امولسیونی عمل می‌کند و موجب انعطاف‌پذیری بیشتر می‌شود. در اکثر مواقع با افزودن لیپید درصد ازدیاد طول فیلم به دلیل نقش نرم‌کنندگی لیپیدها افزایش می‌یابد و به عبارتی می‌توان گفت بعضی از لیپیدها برای افزایش انعطاف‌پذیری فیلم بکار می‌روند[۱۲]. در ادامه با افزایش غلظت روغن در فیلم‌های کربوکسی متیل سلولز، افزایش ازدیاد طول و افزایش انعطاف‌پذیری فیلم‌ها را باعث می‌شود که البته این اثر می‌تواند به ماهیت زنجیره اصلی پلیمر یعنی کربوکسی متیل سلولز نیز مربوط شود. پژوهشگرانی گزارش کرده‌اند که افزایش ترکیبات لیپیدی در فیلم‌های خوراکی سبب کاهش توان کششی، ضریب کشسانی و قابلیت ارتجاعی فیلم‌ها می‌گردد [۲۵، ۵].این می‌تواند به دلیل تأثیرات متفاوت ترکیبات لیپیدی بر روی افزایش طول فیلم تهیه

1- Stearic Acid
2- Dispersion
3- Plasicizer

شده باشد. طبق تحقیقاتی اسید پالمیتیک[1] و اسید استئاریک افزایش طول را کاهش داده ولی موم زنبور عسل و اسید لوریک افزایش طول را باعث شدند[۸]. افزایش روغن سبب ازدیاد طول بیشتر نمونه‌ها شد که این می‌تواند امکان پارگی فیلم‌ها را فراهم کند در نتیجه میزان مناسب کش آمدن در تیمار حاوی ۰/۲ ٪ روغن برآورد شد.

۳-۲-۳- مدول یانگ یا مدول الاستیک

مطابق با (نمودار ۴) مشاهده می‌شود که با افزودن ۰/۲ ٪ روغن، مقدار مدول یانگ نسبت به فیلم خالص کربوکسی متیل سلولز کاهش چشمگیری می‌یابد. که این احتمالاً به دلیل به هم خوردن ساختار پلیمر و کاهش یافتن پیوندهای هیدروژنی زنجیرهای بیوپلیمر در اثر افزایش این مواد می‌باشد. در فیلم‌های امولسیونی با وارد شدن لیپید به شبکه فیلم، مدول یانگ کاهش می‌یابد [۱۲، ۹]. افزایش سطح روغن کنجد تا ۰/۴ ٪ در فرمولاسیون فیلم‌های خوراکی منجر به افزایش مدول الاستیک گردید. از آنجایی که مدول یانگ فیلم حاوی ۰/۴ ٪ روغن از فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن



نمودار ٤- مدول یانگ (مقایسه تأثیر غلظت روغن کنجد بر میزان سفتی فیلم‌های خوراکی تهیه شده از کربوکسی متیل سلولز)

*** در این نمودار S (۱) فیلم خالص کربوکسی متیل سلولز، S (۲) فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن، S (۳) فیلم حاوی ۰/٤ ٪ روغن، S (٤) فیلم حاوی ۰/٦ ٪ روغن کنجد می‌باشد.**

*** تیمارهای با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند و تیمارهای با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (در سطح ۵ درصد).**

بیشتر است و با توجّه به اینکه مدول یک ماده، بیانگر سفتی آن ماده است پس چنین استنباط می‌شود که با افزایش روغن تا ۰/۴ ٪ بر میزان سفتی فیلم‌ها به طور چشمگیری افزوده خواهد شد. در فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن نسبت به فیلم شاهد با افزودن روغن مقاومت به کشش و مدول الاستیک کاهش و انعطاف‌پذیری افزایش یافت که شاهد نتیجهٔ قابل قبولی در این تیمار بودیم.

نتایج آزمون مکانیکی قنبرزاده و الماسی در سال (۱۳۸۸)، نیز نشان داد، بالاترین استحکام کششی و مدول الاستیک و پایین‌ترین کرنش تا نقطهٔ شکست به فیلم شاهد اختصاص دارد[۱۳]. این عامل را می‌توان به پیوندهای هیدروژنی قوی بین زنجیرهای کربوکسی متیل سلولز نسبت داد. برقراری اتصالات قوی بین ماکرومولکول‌ها باعث افزایش پیوستگی و کاهش انعطاف‌پذیری فیلم خالص کربوکسی متیل سلولز می‌شود؛ اما گلیسرول و اسید اولئیک هر دو قادرند مقاومت مکانیکی فیلم کربوکسی متیل سلولز را کاهش و انعطاف‌پذیری آن را افزایش دهند. مطالعات گالوس و کادزینسکا در سال(۲۰۱۶)، در ارتباط با بررسی ویژگی‌های رطوبتی، بصری، مکانیکی و ساختاری فیلم‌های خوراکی حاوی پروتئین آب پنیر در ترکیب با روغن کلزا، نشان داد با افزایش روغن کلزا تا ۳ ٪ بیشترین مقدار مدول یانگ به دست آمد [۲۲]. همچنین نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعه فاضل و همکاران (۱۳۹۰)، در ارتباط با تأثیر کتیرا، گلیسرول و روغن بر روی خصوصیات فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب زمینی، مشابهتی داشت که نشان دادند، ثعلب باعث افزایش و گلیسرول و روغن باعث کاهش مدول الاستیک شدند [۱۱] .

۳-۳- آزمون های میکروبی کپک و مخمر

کشت‌های تهیه شده از نمونه حاوی توت فرنگی نشان داد که در روز ۷ نگهداری هیچ پرگنه‌ای در محیط سیب زمینی دکستروز آگار از کپک رشد نکرد. کم بودن

1- Palmitic Acid

میکروارگانیسم‌های رقیب در محیط را نیز می‌توان عامل افزایش رشد مخمرها دانست(شکل ۲) [۱۶].

با افزایش زمان، تعداد کلی کپک‌ها و مخمرها افزایش می‌یابد به طوری که در روز ۱۴، تیمارهای مورد آزمون دارای بیشترین تعداد کپک و مخمرهای شمارش شده می‌باشند.

(ج) (ب) (الف)

شکل ۲ - نمایش تأثیر پوشش‌ها بر رشد کپک و مخمر الف) نمونه بدون پوشش خوراکی ب) نمونه حاوی ۰/۲ ٪ روغن ج) نمونه حاوی پوشش روغن و سوربات پتاسیم (عدم رشد کپک)

حضور پوشش‌های خوراکی حاوی کربوکسی متیل سلولز، روغن و سوربات پتاسیم مانع رشد کپک‌ها و باعث کاهش شمارش کلی میکروارگانیسم‌های میوهٔ توت فرنگی در طول مدّت نگهداری شد. در تمام نمونه‌ها به جز پوشش‌های حاوی محلول سوربات تعداد کپک و مخمر در مدّت نگهداری افزایش یافتند، ولی در نمونه‌های پوشش‌دار نسبت به نمونه شاهد کپک و مخمر به کندی افزایش یافت. بررسی اثرات ضدقارچی پوشش‌های خوراکی بر پایهٔ کربوکسی متیل سلولز حاوی سوربات پتاسیم بر گونه‌های تولیدکننده آفلاتوکسین آسپرژیلوس[1] در پسته توسط قنبرزاده و همکاران در سال (۲۰۱۱)، صورت گرفت، پوشش‌دهی پسته‌های تازه با محلول‌های کربوکسی متیل سلولز ضد قارچی، موجب کاهش چشمگیر و معنی‌دار در رشد کپک و مخمر در مقایسه با نمونه شاهد گردید و حتّی پسته‌های پوشش داده شده با محلول کربوکسی متیل سلولز فاقد سوربات هم در مقایسه با نمونهٔ شاهد کاهش مشخصی را در تعداد کپک نشان دادند، که یافته‌های حاصل از این پژوهش به لحاظ کیفی با نتایج بررسی این محققین همخوانی داشت[۱۴].

همچنین می‌توان گفت اسید اولئیک عامل جلوگیری‌کننده از رشد قارچی است که در برابر طیف گسترده‌ای از کپک‌ها و مخمرها در pH پایین می‌تواند مؤثر باشد و به کارگیری پوشش بر روی میوه‌ها موجب تأخیر در فساد آن‌ها خواهد شد(شکل ۳) [۷].

در جدول (۱) نتایج حاصل از شمارش کلی کپک و مخمرها آورده شده است.

جدول۱- نتایج حاصل از شمارش کلی کپک و مخمر[2]

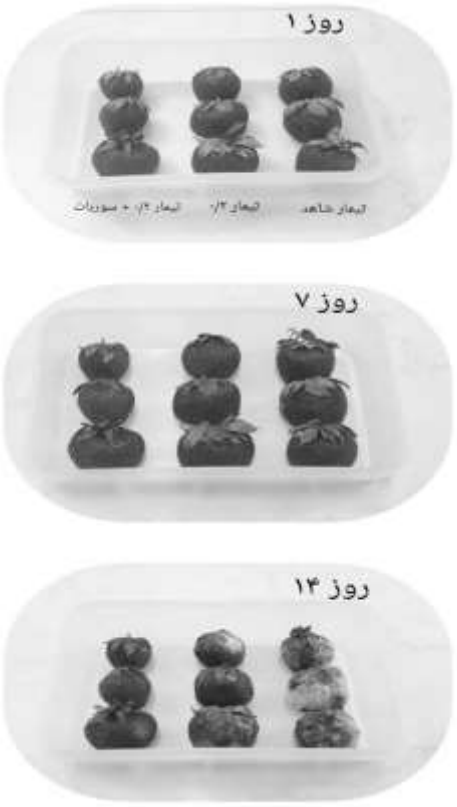
روز / تیمار	۱	۷	۱۴
الف (a)	۱/۶۳ x۱۰^{۳}	۴۳۳ x۱۰^{۳}	۶۹۵ x۱۰^{۳}
ب (a)	۱/۳۳ x۱۰^{۳}	۸۰ x۱۰^{۳}	۲۴۵ x۱۰^{۳}
ج (a)	۰/۹۳ x۱۰^{۳}	۱۴۶ x۱۰^{۳}	۱۸۰ x۱۰^{۳}

*** در جدول فوق، تیمار الف (شاهد = پوشش دهی با آب مقطر)، تیمار ب (۱٪ کربوکسی متیل سلولز + ۰/۲ ٪ روغن کنجد + ۰/۱ ٪ توئین ۸۰ + ۰/۵ ٪ گلیسرول + ۰/۲ ٪ سوربات پتاسیم + ۹۸ ٪ آب مقطر)، تیمار ج (۱٪ کربوکسی متیل سلولز + ۰/۲ ٪ روغن کنجد + ۰/۱ ٪ توئین ۸۰ + ۰/۵ ٪ گلیسرول + ۹۸/۲ ٪ آب مقطر)**

*** تیمارهای با حروف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند و تیمارهای با حروف غیرمشترک دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (در سطح ۵ درصد).**

1- Aspergillus

2- Colony-Forming Unit Per Gram



شکل ۳- نمایش تأثیر پوشش خوراکی در روزهای مختلف نگهداری در دمای یخچالی در تیمارهای مختلف

٤- نتیجه گیری

تحقیق حاضر نشان داد که ترکیب کردن دو پلیمر کربوکسی متیل سلولز و روغن کنجد در نسبت‌های مختلف برخی ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی فیلم خوراکی را بهبود بخشید به طوری که نتایج بررسی عوامل فیزیکی و مکانیکی نشان داد که میزان مدول الاستیک و مقاومت کششی در فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن نسبت به تیمار شاهد کمتر بود و ازدیاد طول افزایش یافت. نفوذپذیری نسبت به بخار آب در فیلم حاوی ۰/۲ ٪ روغن نسبت به نمونه شاهد تغییر محسوسی نداشت و غلظت روغن اختلاف معنی‌داری ($P>0/05$) در نفوذپذیری به بخار آب فیلم‌های امولسیونی ایجاد نکرد، ولی به دلیل افزایش نسبت ترکیبات آبگریز در فیلم حاصل، به ویژه در سطح ۰/۴ ٪ نفوذپذیری نسبت به بخار آب کاهش یافته است. همچنین مشاهده گردید که روغن کنجد دارای پتانسیل خوبی برای ترکیب شدن با کربوکسی متیل سلولز برای ایجاد فیلم‌ها و یا پوشش‌های خوراکی ضدمیکروبی برای کاربردهای مختلف مواد غذایی دارد. در نهایت می‌توان گفت پوشش‌های خوراکی به عنوان بازدارنده رطوبت و گاز عمل می‌کنند و رشد میکروبی را کنترل و رنگ، بافت و رطوبت محصول را حفظ می‌نماید و به طور مؤثری می‌تواند عمر انبارداری را افزایش دهد[۱۵].

در هر حال، استفاده از پوشش‌های خوراکی جهت افزایش ماندگاری مواد غذایی افق جدیدی را برای محققین نمایان کرده است، البته این مواد با تمام مزایایی که دارند، محدودیت‌هایی همچون تغییر در خواص حسی مواد غذایی را دارا می‌باشند که امید است این گونه تحقیقات راهگشای رسیدن به این هدف و افزایش سطح سلامت و ایمنی مواد غذایی باشند. با در نظر گرفتن مجموع خواص ارزشمند تغذیه‌ای توت فرنگی و با توجّه به حساسیت آن در مقابل فساد شیمیایی و باکتریایی، مطالعه و مقایسه روش‌های مختلف نگهداری و استفاده از آن ها در ارائه راهکارهای مناسب جهت حفظ کیفیت تغذیه‌ای و افزایش ماندگاری آن ارزشمند می‌باشد.

٥- منابع

۱. احمدی، ع. (۱۳۸۷). «**ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فیلم‌های پلی‌ساکاریدی و تأثیر آن بر بیاتی نان. پایان نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی. دانشکده کشاورزی**». دانشگاه تربیت مدرس. گروه علوم و صنایع غذایی.

۲. بهرمند، ن. (۱۳۹۲). «**بررسی اثر پوشش خوراکی مرکب از پروتئین و چربی بر ماندگاری سیب**». پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

۳. پورصباغیان، م.، باقری، ن.، چایچی، م. و فرهودی، م. (۱۳۹۴). «**بررسی روش ساخت و ویژگی‌های فیلم‌های خوراکی امولسیونی و دولایه**». فصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی، سال ششم، شماره۲۴.

۴. جعفرنژادی ماسوله، ا.، عیوض زاده، ا. و عزیزی، م. ح. (۱۳۹۶). «**بررسی تأثیر بکارگیری روغن کنجد و موسیلاژ دانه اسفرزه، بر ویژگی‌های حسی و شیمیایی کیک روغنی**». مجلّه علوم و صنایع غذایی، شماره ۷۲، دوره ۴، صفحات ۱۳۳-۱۵۳.

۵. جوانمرد، م. و گلستان، ل. (۱۳۸۹). «**نفوذپذیری نسبت به بخار آب در فیلم‌های خوراکی بر پایهٔ کنسانترهٔ پروتئین آب پنیر و روغن زیتون**». مجله مهندسی شیمی ایران، سال نهم، شماره ۴۶، صفحات ۴-۱۲.

٦. دیدار، ز. و حداد خداپرست، م. ح.(۱۳۹۳). «**بررسی اثر روکش کردن توسط روغن بذرک بر ویژگی‌های فیزیکی فیلم ژلاتینی**». نشریهٔ نوآوری در علوم و فنّاوری غذایی، سال ششم، شمارهٔ سوم، صفحات ۱-۸.

۷. رضائی، م. و صداقت، ن. (۱۳۹۴). «**کاربرد فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی در بهبود ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌های تازه**». سومین همایش بزرگ علوم و صنایع غذایی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸. زاهدی، ی.، صداقت، ن. و قنبرزاده، ب. (۱۳۹۰). «**ویژگی‌های فیزیکی فیلم‌های امولسیونی تهیه شده از پروتئین گلوبولین کنجاله پسته و اسید استئاریک**». فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره (۱)۳۳، دوره ۸، صفحات ۴۷-۵۷.

۹. زنوزی، ر. (۱۳۸۹). «**تهیه پوشش‌های خوراکی ضدقارچ بر پایه پلیمرهای طبیعی**». پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- صنایع غذایی. دانشگاه آزاد اسلامی. واحد علوم و تحقیقات.

۱۰. شعبانی، ش. و طوماری، ا. (۱۳۸۷). «**کنترل کیفیت میکربی مواد غذایی**». دانشگاه آزاد اسلامی (واحد تهران جنوب).

۱۱. فاضل، م.، عزیزی، م. ح.، عباسی، س. و برزگر، م.(۱۳۹۰). «**تعیین تأثیر ثعلب، گلیسرول و روغن بر ویژگی‌های فیلم خوراکی بر پایه نشاسته سیب زمینی**». مجلّه ایران علوم تغذیه و صنایع غذایی، سال ششم، شماره ۴، صفحات ۹۳-۱۰۲.

۱۲. قنبرزاده، ب.، الماسی، ه. و زاهدی، ی. (۱۳۸۸). «**بیوپلیمرهای زیست تخریب‌پذیر و خوراکی در بسته‌بندی مواد غذایی**». دانشگاه صنعتی امیرکبیر(پلی‌تکنیک تهران) تهران.

۱۳. قنبرزاده، ب و الماسی، ه.(۱۳۸۸). «**بررسی ویژگی‌های فیزیکی فیلم‌های مرکب زیست تخریب‌پذیر خوراکی کربوکسی متیل سلولز - اسید اولئیک**». فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره ۶، شماره ۲، صفحات ۳۵-۴۱.

۱۴. قنبرزاده، ب.، پزشکی نجف آبادی، ا. و الماسی، ه.(۱۳۹۰). «**فیلم‌های خوراکی فعال در بسته‌بندی مواد غذایی**». فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره۸، شماره۳۱، صفحات ۱۲۳-۱۳٤.

۱۵. گروسی، ف.، جوانمرد، م. و حسنی، ف. (۱۳۹۰). «**بر پایه پروتئین آب پنیر و صمغ گلانِ کاربرد پوشش خوراکی برای میوه زردآلو (Prunus armeniaca L.)**». فصلنامه علوم و صنایع غذایی. دوره ۸، شماره ۲۹، صفحات ۳۹-۴۸.

۱۶. واحدی، ن. و مظاهری تهرانی، م. (۱۳۸۶). «**بهینه‌سازی فرمولاسیون ماست معمولی**

میوه‌ای و بررسی کیفیت آن در طی زمان نگهداری». هفدهمین کنگره ملّی صنایع غذایی ایران، صفحات ۱-۱۱.

۱۷. وحدت، ش.، قاسم‌نژاد، م.، فتوحی قزوینی، ر.، شیری، م. ع. و خداپرست، س. ع. ا. (۱۳۹۱). **«اثر غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا بر حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی»**. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، جلد ۲۲، شماره ۳، صفحات ۲۷۲-۲۸۵.

18. Campos, R., Rodovalho, M. & Clemente, E. (2009). **"Coating on 'Camarosa'organic strawberries stored at low temperature."** Brazilian Journal food Technology, 12, 60-67.
19. Dashipour, A., Khaksar, R., Hosseini, H., Shojaee-Aliabadi, S. & Kiandokht, G. (2014). **"Physical, antioxidant and antimicrobial characteristics of carboxymethyl cellulose edible film cooperated with clove essential oil**." Zahedan Journal of research in medical Sciences, 16, p 34-42.
20. DE Azeredo, H. M. C. (2012). **"14 Edible coatings."** Advances in Fruit Processing Technologies, 345.
21. Dhanapal, A., Sasikala, P., Rajamani, L., Kavitha, V., Yazhini, G., Banu, M Shakila. (2012). **"Edible films from Polysaccharides."** Food science and quality management, 3, p 9-18.
22. GALUS, S. & Kadzinska, J. (2016). **"Moisture sensitivity, optical, mechanical and structural properties of whey protein-based edible films incorporated with rapeseed oil."** Food technology and biotechnology, 54, p 78-89.
23. Maftoonazad, N. & Ramaswamy, H. S., (2005). **"Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coatings."** Lebensmittel Wissenschaft und Technology 38: 617- 624.
24. Nemet, N. T., ŠOŠO, V. M. & Lazic, V. L. (2010). **"Effect of glycerol content and pH value of film-forming solution on the functional properties of protein-based edible films."** Acta Periodica Technologica, p 57-67.
25. Perez-Mateos, M., Montero, P. & Gomez-Guillen, M. (2009). **"Formulation and stability of biodegradable films made from cod gelatin and sunflower oil blends."** Food Hydrocolloids, 23, p 53-61.
26. Standard test method for tensile properties of thin plastic sheeting. Philadelphia, American society for testing and materials. standard D882, 2001.
27. Standard test methods for water vapor transmission of material, American Society for Testing and Material: Philadelphia, PA, Annual book of ASTM, E 96-95, ASTM 1995.
28. Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. & Gonzalez-Martinez, C. (2006). **"Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings."** Postharvest Biology and Technology, 41, p 164-171.

آدرس نویسنده

تهران - انتهای بزرگراه شهید ستاری- میدان دانشگاه بلوار شهدای حصارک - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

کد پستی: ۱۴۷۷۸۹۳۸۵۵