



بسته بندی پنیر فراپالایش با فیلم خوراکی نانوکامپوزیت ایزوله پروتئین ماش- پکتین سیب حاوی میکروانکپسولاسیون عصاره هل و نانو ذره اکسید سربوم و کربن کوانتوم دات های گرافیتی: بررسی

ویژگی های فیزیکیوشیمیایی آن

ایرج کریمی ثانی<sup>۱</sup>، محمد علیزاده<sup>۲\*</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

۲- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

| اطلاعات مقاله                                                                          | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| تاریخ های مقاله :                                                                      | در این پژوهش تاثیر نمونه های فیلم بهینه انتخاب شده بر پایه پکتین سیب و ایزوله پروتئین ماش حاوی میکروانکپسولاسیون عصاره هل، نانوذرات اکسید سربوم و کربن کوانتوم دات گرافیتی بر بسته بندی پنیر فراپالایش مورد مطالعه قرار گرفتند و ویژگی های فیزیکیوشیمیایی پنیر شامل اسیدیته، pH، نمک، محتوای رطوبتی، لیپولیز، پروتئولیز، چربی و ارزیابی حسی در طول زمان (۰- ۶۰ روز) و فیلم های بهینه طبق طرح I-Optimal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴<br>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۳                                    | بررسی شدند. بر اساس نتایج حاصل شده تاثیر فیلم های بهینه مختلف انتخاب شده بر بسته بندی پنیر غیرمعنادر بود؛ در حالیکه گذشت زمان تاثیر معناداری بر ویژگی های مورد ارزیابی داشت. مطابق نتایج با گذشت زمان، میزان pH، رطوبت، پروتئولیز، چربی و پذیرش کلی نمونه های پنیر فراپالایش بسته بندی شده به طور معناداری کاهش یافت. به علاوه تاثیر بسته بندی فیلم های بهینه بر پنیر فراپالایش سبب افزایش اسیدیته، نمک و لیپولیز گردید. نتایج حاصل از ارزیابی حسی نشان داد که امتیاز ارزیابان با گذشت زمان بر میزان مقبولیت نمونه های پنیر به طور معناداری کاهش یافت. به طور کلی، فیلم های نانوکامپوزیتی بر پایه پکتین و پروتئین ماش با نانوذرات اکسید سربوم و کربن کوانتوم دات و میکروانکپسولاسیون عصاره هل می توانند در بسته بندی پنیر فراپالایش مورد استفاده قرار گیرند. |
| کلمات کلیدی:<br>نانوکامپوزیت،<br>پنیر فراپالایش،<br>فیلم خوراکی،<br>میکروانکپسولاسیون. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| DOI: 10.22034/FSCT.19.128.235<br>DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.24.9              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| * مسئول مکاتبات:<br>malizadeh@outlook.com                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

## ۱- مقدمه

طی سالیان اخیر، به دلیل افزایش آگاهی نسبت به مشکلات زیست محیطی و همچنین افزایش تقاضای مصرف کنندگان مبنی بر استفاده از غذاهای طبیعی، پایدار، ایمن، مناسب و با کیفیت بالا، یافتن جایگزینی مناسب برای پلاستیک‌های سنتزی توجه محققین را به خود جلب کرده است؛ که در این بین پلیمرهای زیست تخریب پذیر حاصل از منابع تجدید پذیر مانند ضایعات صنایع کشاورزی و دریایی به عنوان جایگزینی پایدار برای پلیمرهای نفتی محسوب می‌شوند [۱]. فیلم‌های خوراکی لایه‌ای نازک از مواد بیوپلیمری هستند که در سطح یا بین اجزای مواد غذایی قرار گرفته و به عنوان سدی در برابر انتقال مواد (رطوبت، چربی و گازها) عمل می‌کنند. این فیلم‌ها از محصول در برابر رشد میکروارگانیسم‌ها و ضربات مکانیکی محافظت کرده و باعث بهبود ظاهر، کیفیت و افزایش ماندگاری محصول می‌شوند [۲] و از طرفی به دلیل شرایط مناسب تهیه فیلم‌های خوراکی، انواع مختلفی از مواد ضد میکروبی و آنتی اکسیدان از جمله باکتری‌ها، آنزیم‌ها، عصاره و اسانس نیز می‌توانند به منظور بهبود کارایی این بسته بندی‌ها و افزایش امنیت مواد غذایی در طول نگهداری به کاربرده شوند [۳، ۴].

ماش (*Vigna radiata*)، گیاهی از خانواده Fabaceae می‌باشد. یکی از حبوبات مهم بوده که با داشتن درصد بالایی از پروتئین به عنوان یکی از منابع مهم پروتئین گیاهی در تغذیه انسان به حساب می‌آید [۵]. ماش به دلیل داشتن پروتئین بالا و اسید آمینه (۲۰ تا ۲۷ درصد) در مقایسه با سویا، همچنین در دسترس بودن به عنوان ماده اولیه در فیلم خوراکی ترجیح داده می‌شود ماش دارای محتوای چربی کم (۱-۲٪) و پروتئین نسبتاً بالایی است (۳۳/۱-۱۹/۵) است. پروتئین‌های اصلی ماش شامل گلوبولین‌ها (۶۲٪)، آلبومین‌ها (۱۶/۳٪)، گلوتلین‌ها (۱۳/۳٪) و پرولامین‌ها (۹/۹٪) هستند. همچنین فیلم‌های خوراکی بر پایه ایزوله پروتئین ماش می‌تواند استحکام مکانیکی فیلم را افزایش داده ولی بازدارندگی خوب و بالایی در برابر نفوذ آب، اکسیژن و دی اکسید کربن ندارد و به علت ویژگی‌های مطلوب نظیر در دسترس بودن، کم هزینه بودن، توانایی تشکیل فیلم، سطوح بالای پروتئین‌ها و پلی‌فنول‌های موجود بسیار مورد توجه قرار گرفته

است [۶].

پکتین هیدروکلوئیدی اسیدی از خانواده پلی ساکاریدهای پیچیده‌ی موجود در دیواره سلول‌های گیاهی است. بیوپلیمر پکتین از نظر ساختاری پلی ساکاریدی خطی و اساساً از واحدهای گالاتکتورونیک اسید تشکیل شده است که با زنجیره‌هایی از پیوندهای گلیکوزیدی به هم متصل شده‌اند [۷، ۸]. پکتین به عنوان یک پلیمر زیستی موثر در تولید فیلم‌های خوراکی استفاده می‌شود، که دلیل آن سازگاری با محیط زیست و غیر سمی بودن، تراکم پذیری، تجزیه زیستی، چگالی بالا، حالت چسبناکی، عدم نفوذ اکسیژن و ظرفیت نگهداری بالای ترکیبات فرار این ترکیب می‌باشد. اکثر فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی بر پایه پکتین به عنوان مانعی در مقابل روغن‌ها، گازها و به عنوان حامل مواد فعال، از قبیل مواد ضد اکسیدکننده، ضد میکروب، رنگ‌ها و بوها عمل می‌کنند [۹، ۱۰].

ذرات کوانتومی کربن گروهی از نقاط کوانتومی (نانو ساختارهای با ابعاد صفر) هستند که این نانو مواد دارای ویژگی‌های خاصی از جمله سطوح انرژی کوانتومی، خواص نوری و الکتریکی قابل توجه هستند.  $CQD^1$  ها به دلیل خواص فوق العاده‌ای مانند نسبت سطح به حجم زیاد، زیست سازگاری، سمیت کم، حلالیت خوب در آب، نوردهی پایدار و هدایت الکتریکی، کاربرد این مواد در فوتوکاتالیست، خاصیت فلورسانسی، تبدیل انرژی، حسگرها توجه محققان را به خود جلب کرد [۱۱].

میکروانکپسولاسیون نوعی تکنولوژی است که در آن ترکیبات فعال با هدف (هسته که می‌تواند به صورت مایعات، جامدات و گازها باشد) برای حفاظت، تثبیت و کنترل رهاسازی توسط ترکیبات دیواره پوشش داده می‌شوند تا ذرات کپسوله شده بوجود می‌آیند [۱۲]. در این تکنیک اجزای مواد غذایی نظیر آنزیم‌ها، مواد معدنی، ویتامین‌ها، اسانس‌ها، عصاره‌ها، روغن‌ها و میکروارگانیسم‌ها و ... می‌توانند توسط ترکیبات بیوپلیمری نظیر کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و چربی‌ها پوشش داده شوند. از جمله روش‌های ریزپوشانی می‌توان به خشک کردن پاششی، خشک کن انجمادی، پوشش دهی به طریق بستر سیال، اکستروژن، امولسیون، کریستالیزاسیون مرکب، کواسرواسیون می

توان اشاره کرد [۱۳].

گیاه هل با نام علمی *Cardamomum Elettaria* گیاهی علفی، چند ساله و همیشه سبز است. این گیاه متعلق به تیره زنجبیل می باشد و غنی از ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی ها نظیر کاتچین، گالیک اسید و کوئرستین می باشد. نشاسته، پروتئین، واکس ها و استرول ها، ویتامین E، فیبر و آهن ترکیبات دیگر موجود در عصاره هل می باشند. همچنین عصاره میوه این گیاه حاوی اسانس بوده که مقدار آن بین ۴ تا ۸ درصد متفاوت است. اسانس هل شامل بیش از ۲۲ ترکیب می باشد که مهمترین آنها را ۱ و ۸ سینثول (به مقدار ۲۰ تا ۶۰ درصد) و آلفاترینول استات (۲۰ تا ۵۳ درصد) تشکیل می دهد. از دیگر ترکیبات مهم عصاره هل می توان به لینالیل استات، بورنئول و کامفور اشاره نمود [۱۴]. مواد نانوکامپوزیتی به آن دسته از مواد اطلاق می شود که فاز تقویت کننده آن دارای ابعاد در مقیاس یک تا صد نانومتر باشد. تقویت کننده های نانومتری به دلیل ابعاد بسیار کوچک و سطح بسیار بالا در مقایسه با تقویت کننده های معمولی در سطح بارگذاری کمتر، باعث بهبود خواص فیزیکی پلیمرها مثل استحکام مکانیکی، پایداری حرارتی و خواص نفوذ پذیری به گاز می باشند [۱۵].

اکسید سربیم به دلیل کاربردهای متعدد آن به عنوان کاتالیزر، یک ماده الکترولیت از پیل های سوختی اکسید جامد، یک ماده با ضریب شکست بالا و یک لایه عایق بر روی لایه های سیلیکون به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین برای کاهش دمای پخت از ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود [۱۶]. اکسید سربیم ( $CeO_2$ ) یکی از فعال ترین اکسیدهای خاکی کمیاب است که دارای ضریب شکست بالا و شفافیت بالایی در طیف مرئی است، همچنین در برابر اشعه ماوراء بنفش مقاوم است و می تواند مقدار زیادی اکسیژن ذخیره کند. خواص موثر بر خاصیت مسدودکننده اشعه ماوراء بنفش فیلم های نانوساختار  $CeO_2$  عمدتاً مربوط به اندازه ذرات، درجه پراکندگی و ثبات آن است [۱۷].

پنیر از مهم ترین فرآورده های لبنی شیر به شمار می رود و از جمله محصولات شیر است که دارای ارزش غذایی بسیار بالایی بوده؛ همچنین حاوی مقادیر قابل توجهی از ویتامین هاست. از لحاظ مواد معدنی نظیر کلسیم، سدیم، روی، فسفر، پتاسیم و آهن نیز

غنی می باشد [۱۸]. از طرفی پنیر یکی از محصولات غذایی است که متحمل تغییرات اکسیداتیو و فساد میکروبی در طی مدت نگهداری می باشد [۱۹]. در این راستا پنیر UF پنیری است که با استفاده از روش فرآپالایش تولید می شود؛ این پنیر جز پنیرهای نرم با رطوبت بالا طبقه بندی شده و بنابراین احتمال رشد میکروبی و فساد در آن بیشتر از سایر انواع پنیر هاست؛ لذا استفاده از یک روش نگهداری مناسب، برای افزایش ماندگاری این پنیر ضروری به نظر می رسد [۲۰]. بنابراین با توجه به ارزش غذایی و مصرف بالای پنیر، در سال های اخیر گرایش روز افزونی برای استفاده از ترکیبات دارای خاصیت آنتی باکتریایی و آنتی اکسیدانی به منظور افزایش ارزش تغذیه ای و افزایش مدت زمان ماندگاری آن صورت گرفته که در این بین فیلم های خوراکی حاوی عصاره های گیاهی و نانوذرات به دلیل ویژگی های مطلوب مورد توجه قرار گرفته است [۲۱].

هدف از این پژوهش تهیه فیلم فوتوکاتالیک / فلورسانت بر پایه ایزوله پروتئین ماش- پکتین سیب با کربن کوانتوم دات های گرافیتی حاوی میکروانکپسولاسیون عصاره هل و نانو ذره اکسید سربیم جهت بسته بندی در پنیر فرآپالایش می باشد.

## ۲- مواد و روش

گیاه هل از بازار محلی ارومیه، ایران خریداری شد. سدیم هیدروکسید، پتاسیم هیدروکسید، گلیسرول از شرکت Charlo، نیترات نقره از شرکت آلدריך (Steinheim, Germany)، دی اتیل اتر (خلوص ۹۶٪) از شرکت Merck، آلمان، فنل فتالین دی کرومات سدیم از شرکت سیگما (Sigma-Aldrich, Germany)، استارتر تجاری پنیر از شرکت لبنی دانیسکوی آلمان، نانوذرات اکسید سربیم از Nanogilozak (تهران، ایران)، شیر خام با چربی ۳/۵٪ از شرکت پگاه ارومیه خریداری شد.

**۲-۱- تهیه فیلم نانوکامپوزیت ایزوله پروتئین ماش- پکتین سیب حاوی میکروانکپسولاسیون عصاره هل و نانو ذره اکسید سربیم و کربن کوانتوم دات های گرافیتی**

اضافه شدن رنت به رتنتیت ها و انعقاد، نمک به میزان ۰.۴٪ اضافه و دربندی شد و پس از رسیدن به pH ۴/۷ (در گرمخانه ای با دمای ۲۸ درجه سانتی گراد و به مدت تقریبی ۲۴ ساعت) به سردخانه منتقل و تا زمان آزمایش در سردخانه ۶ درجه سانتی گراد نگهداری شد [۲۵].

## ۲-۳- تهیه فیلم نانوکامپوزیت در بسته بندی پنیر فراپالایش

پس از تهیه پنیر فراپالایش از فیلم بسته بندی تهیه شده در بالا برای بسته بندی ضد میکروبی و نگهداری استفاده شد. بدین منظور ۵۰ گرم پنیر فراپالایش تولیدی در ابعاد مشخص (۷\*۷\*۱) بریده و سپس در بسته های محتوی درصدهای مختلف میکروانکپسولاسیون عصاره هل و نانو ذره بسته بندی و شماره گذاری شدند. پس از طی مدت زمان ماندگاری (بلافاصله پس از بسته بندی، بعد از ۶۰ روز ماندگاری در دمای یخچال) آزمون ها بر روی آن انجام شد.

## ۳- آزمون های پنیر فراپالایش بسته بندی شده

### ۳-۱- اسیدیته و pH

به منظور اندازه گیری اسیدیته، ۱۰ گرم از نمونه با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر حل و تا همگن سازی کامل همزنی شده و بعد از وارد کردن محتویات در بالن ژوژه ۲۵۰ میلی لیتری به حجم رسانده و با استفاده از صافی، صاف و ۲۵ میلی از محلول صاف شده را به یک بشر انتقال داده و ۰/۵ میلی لیتر فنل فتالین افزوده و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیترا شد. این عمل تا ظهور رنگ صورتی ادامه داشت و با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد [۲۶]. برای تعیین pH نمونه ها از دستگاه pH متر دیجیتال (شرکت نیک، آلمان) استفاده گردید.

= اسیدیته (بر حسب اسیدلاکتیک)

$100 \times 0.045 \times \text{حجم سود مصرفی (میلی لیتر)}$

### ۳-۲- رطوبت

برای اندازه گیری میزان رطوبت ابتدا ظرف مخصوص اندازه گیری

جهت تهیه فیلم نانوکامپوزیت، ۱/۲۵ گرم پودر ایزوله پروتئین ماش به ۵۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه و pH محلول حاصله به کمک سود ۰/۱ نرمال روی ۸ تنظیم و به مدت ۳۰ دقیقه و با دمای ۸۰°C بر روی همزن مغناطیسی جهت حل شدن بهتر ایزوله قرار گرفت. سپس ۱/۲۵ گرم پکتین سیب در ۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۳۰°C با همزن مغناطیسی مخلوط و سپس این دو پلیمر با هم کامپوزیت شدند. در ادامه میکروکپسول عصاره هل در سطح های متفاوت (۷/۵-۳/۷۵ cc/g basic polymer) نسبت به ماده خشک پلیمر به محلول پلیمرها افزوده و با استفاده از دستگاه هموژنایزر (D9I12 شرکت هایدولف، آلمان) به مدت ۲ دقیقه با دور ۱۳۰۰۰ هموژن گردید و همچنین نانو ذره اکسید سربوم در سطح های متفاوت (۱۲/۵-۰ mg/g basic polymer) نسبت به ماده خشک پلیمر به محلول اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه روی همزن همگن شد و سپس توسط حمام اولتراسوند به مدت ۲۰ دقیقه نانوذرات موجود در محلول بطور یکسان پخش شده و سپس کربن کوانتوم دات گرافیتی در سطح های متفاوت (۲/۵-۰ cc/g basic polymer) نسبت به ماده خشک پلیمر به محلول کامپوزیت فیلم افزوده شد. در مرحله بعد گلیسرول به میزان ۰.۴٪ وزن ماده خشک کل به عنوان نرم کننده اضافه و به مدت ۱۵ دقیقه همزنی و ۱۰ دقیقه دیگر هواگیری شد در نهایت ۲۵ میلی لیتر از محلول حاصله در مرکز پلیت ریخته و سپس در داخل آون در دمای ۳۸°C خشک و فیلم مورد نظر تولید گردید. پس از خشک شدن مورد ارزیابی قرار گرفت [۲۲، ۲۳ و ۲۴].

### ۲-۲- تولید پنیر فراپالایش

نمونه های پنیر در شرکت پگاه آذربایجان غربی (ارومیه، ایران) طبق روند تولید پنیر UF پیشنهاد شده توسط شرکت تولید شد. به این منظور شیر خام با چربی ۳/۵ درصد با روش HTST پاستوریزه و سپس تحت دمای ۵۰ درجه سانتی گراد در سیستم فراپالایش دارای صافی های غشایی لوله ای تا رسیدن به ماده خشک ۳۴ درصد تغلیظ گردید. پس از هموژنیزاسیون (فشار ۵ مگا پاسکال) و پاستوریزاسیون (۷۵ درجه سانتی گراد- ۱۵ ثانیه)، تلقیح استارتر تجاری پنیر (حاوی نسبت های مساوی ترموفیل و مزوفیل) در دمای ۳۵-۳۲ درجه سانتی گراد انجام گرفت. پس از

شاخصی از لیپولیز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ۱۰ گرم نمونه پنیر را به همراه ۶ گرم سولفات سدیم بدون آب کاملاً مخلوط کرده و پس از افزودن ۶۰ میلی لیتر محلول دی اتیل اتر بر روی هم زن مغناطیسی کاملاً مخلوط کرده، سپس به کمک کاغذ صافی، صاف و محلول زیر صافی را با محلول KOH ۰/۱ نرمال در حضور فنول فتالین تیتیر نموده و در نهایت با قرار دادن محلول تیتیر شده در زیر هود چربی باقی مانده توزین و مقدار کل اسیدهای چرب در پنیر با واحد میلی اکی والان در ۱ گرم بیان شد [۲۹].

### ۳-۶- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌ها مطابق با تست ۵ نقطه‌ای هدونیک توسط ۱۰ نفر ارزیاب حسی انجام پذیرفت. بدین منظور، نمونه‌ها شماره گذاری شده و از نظر ویژگی‌های حسی مانند رنگ، بافت، بو و طعم ارزیابی شد. امتیاز ۵ بیانگر بالاترین کیفیت خصوصیت حسی و امتیاز ۱ نیز بیانگر پایین‌ترین کیفیت برای ویژگی حسی مورد بررسی بود [۳۰].

### ۴- تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش سه متغیر مستقل شامل میکروکپسول عصاره هل، نانو ذره اکسید سربوم و کربن کوانتوم دات گرافیتی برای تهیه فیلم خوراکی نانوکامپوزیت، هر کدام در سه سطح در ۱۶ تیمار با روش سطح پاسخ (RSM) طرح باکس بنکن توسط نرم‌افزار آماری Design expert 11 مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی برازش مدل‌ها از روش رگرسیون و آنالیز واریانس استفاده و سطح خطا در این مطالعه برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و برای بهینه سازی از تابع مطلوبیت استفاده شد. سپس بعد از بهینه سازی طبق جدول (۱) جهت بسته بندی پنیر فرایالایش از فیلم های انتخاب شده استفاده شد. در این مرحله دو متغیر شامل نوع فیلم و زمان ماندگاری در نظر گرفته شد و از طرح I-Optimal استفاده گردید.

رطوبت به مدت ۳۰ دقیقه در آون (Jeto Tech, OF-O2G) با دمای  $2 \pm 130^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد. سپس ۱-۲ گرم از نمونه در ظرف توزین شده وزن و به آون منتقل شد. پس از یک ساعت ظرف از آون خارج و پس از سرد شدن در دسیکاتور وزن شد. این عمل تا بدست آوردن وزن ثابت تکرار و درصد رطوبت از رابطه زیر محاسبه گردید [۲۶].

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \times 100$$

$A_1$  وزن اولیه نمونه،  $A_2$  وزن ثانویه نمونه

### ۳-۳- نمک

برای اندازه‌گیری میزان نمک نمونه‌های پنیر پوشش داده شده، ۱۰ گرم از نمونه‌های پنیر له شده به ۱۰۰ میلی لیتر از آب مقطر در حال جوشیدن اضافه و سپس سوسپانسیون به خوبی همزنی و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد. در ادامه محتویات بالن به وسیله ی یک کاغذ صافی صاف و ۲۵ میلی لیتر از محصول صاف شده به داخل یک ارلن انتقال داده و ۱ میلی لیتر دی کرومات پتاسیم به آن افزوده شد. در نهایت محلول مورد نظر، با نیترات نقره ۰/۱ نرمال تا ظاهر شدن یک رسوب نارنجی رنگ تیتیر و درصد نمک براساس رابطه (۳) محاسبه گردید [۲۷].

= درصد نمک

$$= \frac{100 \times (8/5 \times \text{حجم نیترات نقره مصرفی} \times \text{نرمالیه نیترات نقره مصرفی})}{\text{وزن نمونه}}$$

### ۳-۴- پروتئولیز

برای بررسی پروتئولیز نمونه‌ها، ۲۰ گرم نمونه در ۱۰۰ میلی لیتر آب همگن شد و سوسپانسیون حاصل به مدت ۱ ساعت در دمای  $40^{\circ}\text{C}$  نگه داشته و فاز نامحلول توسط سانتریفیوژ با دور rpm ۳۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه جداسازی شد. سوپرناتانت با کاغذ صافی فیلتر و محتوای نیتروژن با استفاده از روش اندازه‌گیری پروتئین کلدال اندازه‌گیری گردید [۲۸].

### ۳-۵- لیپولیز

به منظور اندازه‌گیری شدت لیپولیز، اندیس اسیدی به عنوان

**Table 1** Statistical analysis table of prepared film samples

| Run | Film                      | Time (day) |
|-----|---------------------------|------------|
| 1   | Max CeO <sub>2</sub> Film | 0          |
| 2   | OPTIMUM Film              | 30         |
| 3   | Max MEX Film              | 45         |
| 4   | OPTIMUM Film              | 30         |
| 5   | OPTIMUM Film              | 0          |
| 6   | Max CeO <sub>2</sub> Film | 20         |
| 7   | Max MEX Film              | 0          |
| 8   | Max CQ Film               | 45         |
| 9   | Blank Film                | 0          |
| 10  | Blank Film                | 45         |
| 11  | OPTIMUM Film              | 60         |
| 12  | Max CeO <sub>2</sub> Film | 45         |
| 13  | Max CQ Film               | 0          |
| 14  | Blank Film                | 45         |
| 15  | Max CQ Film               | 20         |
| 16  | Max MEX Film              | 20         |
| 17  | Max MEX Film              | 45         |

**Table 2** Statistical analysis table of optimally selected film samples

| Sample               | MEX(mL/g basic polymer) | CeO <sub>2</sub> NP(mg/g basic polymer) | CQD (mL/g basic polymer) |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| blank                | 0                       | 0                                       | 0                        |
| Max MEX              | 7.5                     | 0                                       | 0                        |
| Max CeO <sub>2</sub> | 0                       | 25                                      | 0                        |
| Max CQD              | 0                       | 0                                       | 5                        |
| Optimum              | 3.41                    | 7.33                                    | 1                        |

Blank Film: Mung bean isolate-pectin nanocomposite film

Max CeO Film: Mung bean isolate-pectin nanocomposite film containing the highest percentage of cerium oxide nanoparticles

Max MEX Film: Mung bean isolate-pectin nanocomposite film containing the highest percentage of Microencapsulated cardamom extract

Max CQ Film: Mung bean isolate-pectin nanocomposite film containing the highest percentage of carbon quantum dots

تولید کربن دی اکسید توسط میکروارگانیسم‌های ناشی از تجزیه لاکتات و دکربوکسیلاسیون آمینواسیدها در سطح پنیر باشد. علاوه بر این، کاهش pH پنیر نشان دهنده وجود لیپولیز می‌باشد که برای مصرف کنندگان مناسب نیست [۳۲]. کاهش pH طی دوره رسیدن ناشی از تخمیر لاکتوز و تولید اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در اثر لیپولیز و پروتئولیز است. افزایش اسیدیته هم می‌تواند به دلیل تخمیر لاکتوز توسط باکتری‌های استارتر و تولید اسید لاکتیک و سایر اسیدهای آلی در طول ذخیره‌سازی (رسیدن) پنیر باشد [۳۳]. اسیدیته پنیرها به دلیل حضور باکتری‌های اسیدلاکتیک می‌باشد و رابطه بین pH و اسیدیته ممکن است وابسته به عواملی نوع میکروارگانیسم‌ها، ظرفیت بافری و اسیدیته داخلی باشد. نتایج مشابهی توسط Yangilar و همکاران

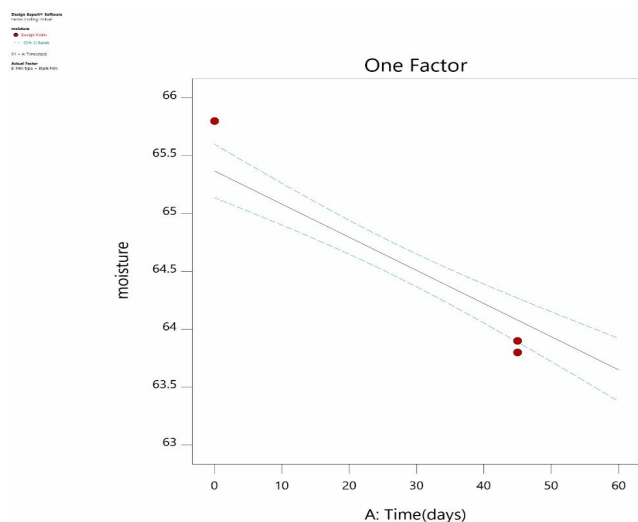
## ۵- بحث و نتایج

### ۵-۱- pH و اسیدیته

مطابق نتایج آنالیز آماری، تاثیر زمان بر میزان pH و اسیدیته نمونه‌های پنیر فراپالایش پوشش داده شده با فیلم بر پایه پروتئین و پکتین حاوی نانوذرات و اسانس انکپسوله شده هل معنادار بود ( $P < 0.05$ ). همانطور که در شکل (۱) ملاحظه می‌شود، با گذشت زمان ذخیره سازی میزان pH و اسیدیته پنیر همراه با فیلم نانوکامپوزیت به ترتیب کاهش و افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). در واقع، pH تاثیر مهمی در رسیدن پنیر، فعالیت آنزیمی، واکنش‌های بیوشیمیایی و ممانعت از رشد میکروارگانیسم‌ها دارد. کاهش pH ممکن است مربوط رشد میکروارگانیسم‌ها و انجام عمل تخمیر توسط آن‌ها باشد [۳۱]. همچنین این رفتار مرتبط با

## ۲-۵- رطوبت

نتایج حاصل از آنالیز واریانس محتوای رطوبتی نمونه‌های پنیر فرپالایش در طول مدت زمان نگهداری تفاوت معنی داری را نشان داد ( $P < 0.05$ ). همانطور که در شکل (۲) قابل ملاحظه است، با گذشت زمان نگهداری محتوای رطوبتی نمونه‌ها به صورت معنادار کاهش یافت که این کاهش به دلیل از دست دادن آب پنیر ناشی از پدیده سینریزس و جریان اسمزی در طول رسیدن پنیر است [۳۵].



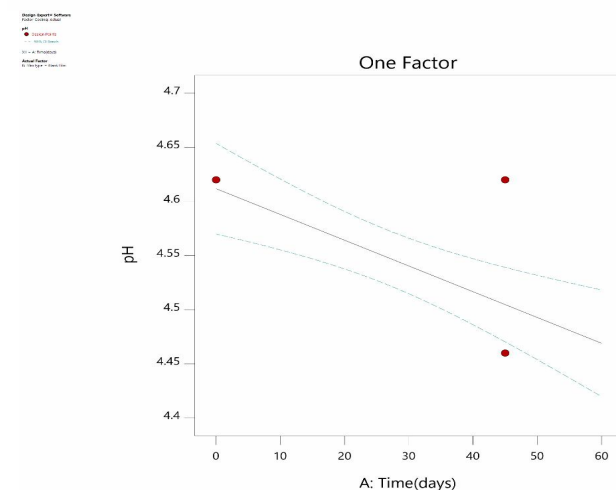
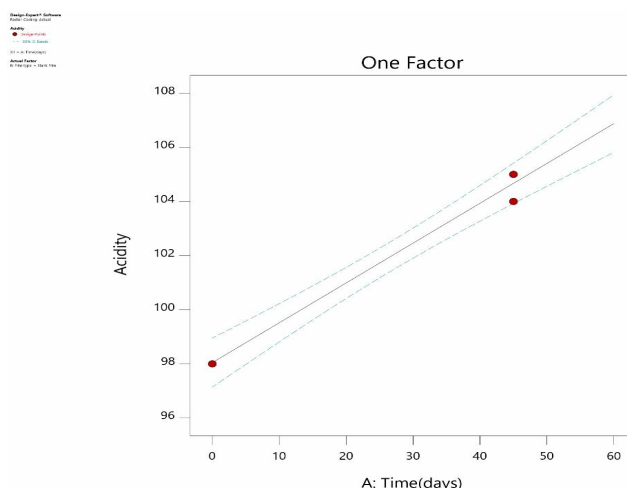
**Fig 2** The results of moisture of UF packaged cheese with optimum selected film

به طور کلی پوشش‌ها و فیلم‌های تهیه شده از پلی ساکاریدها (پکتین، نشاسته، کیتوزان، سلولز و آلژینات) به علت خاصیت هیدروفیلی که دارند، ممانعت ضعیفی در برابر از دست دادن رطوبت دارند [۳۶]. به علاوه این کاهش ممکن است به دلیل مهاجرت پیوسته آب به محیط اطراف باشد که سبب حفظ خواص ارگانولپتیکی می‌گردد. به علاوه فیلم خوراکی بر پایه پکتین به دلیل ماهیت هیدروفیلی که دارد می‌تواند آب را توسط پیوندهای هیدروژنی جذب کرده و منجر به کاهش رطوبت شود [۳۳]. نتایج موافقی در این خصوص توسط Al-Moghazy و همکاران (۲۰۲۱) کاهش محتوای رطوبتی در طول زمان نگهداری برای پنیر کاریش بسته بندی شده با پوشش خوراکی حاوی اسانس آویشن انکپسوله شده گزارش شد [۳۷]. به علاوه Soleimani-Rambod و همکاران (۲۰۱۸) برای پنیر چدار با

(۲۰۱۶) ارائه شد که بیان کردند میزان اسیدیته و pH در پنیر پوشش داده شده با فیلم بر پایه ناتامایسین حاوی اسانس رزماری و پونه کوهی به ترتیب افزایش و کاهش یافت [۳۴]. همچنین، Ríos-de-Benito و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تاثیر پوشش خوراکی بر پایه کیتوزان و سدیم کازئینات حاوی اسانس پونه کوهی و نانوذرات سیلیکا روی پنیر پانلا به نتایج مشابهی در خصوص کاهش pH و افزایش اسیدیته رسیدند [۳۵]. مدل پیش بینی کننده برای pH و اسیدیته نمونه‌ها در معادلات ۴ و ۵ آورده شده است:

$$pH = 6.1 - 0.002 \text{Time (day)}$$

$$\text{اسیدیته} = 98.04 + 0.147 \text{Time (day)}$$

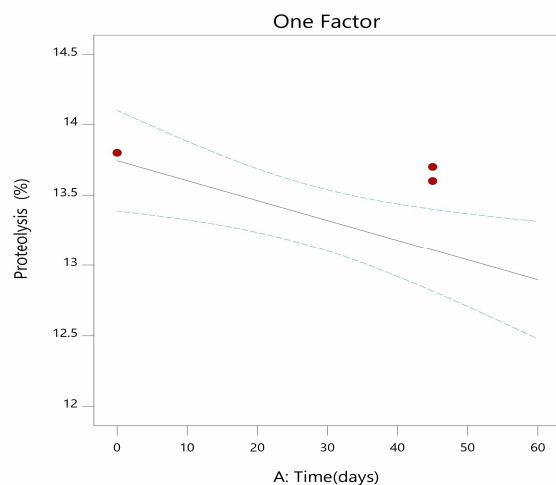


**Fig 1** The results of pH and acidity of UF packaged cheese with optimum selected film

### ۵-۴- پروتئولیز

پروتئولیز مهمترین فرآیند در طول رسیدن پنیر است که درجه رسیدن پنیر را از طریق ایجاد عطر، طعم و بافت تعیین می‌کند. مطابق نتایج آنالیز آماری، پروتئولیز در نمونه‌های پنیر پوشش داده شده با گذشت زمان معنادار بود. همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، با گذشت زمان میزان پروتئولیز در پنیر فراپالایش کاهش یافت. احتمالاً دلیل این پدیده ناشی از انتقال جرم در طی زمان رسیدن پنیر که شامل خارج شدن آب پنیر به محلول آب نمک و ورود نمک به ماتریس پلیمری است. کاهش نسبت رطوبت به پروتئین در نتیجه سینریزس پنیر و افزایش غلظت نمک پنیر از عواملی هستند که می‌توانند فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک را محدود کرده و منجر به کاهش پروتئولیز شود [۴۱]. نتایج حاصل شده در تضاد با یافته‌های El-Sisi و همکاران (۲۰۱۵) برای پنیر چدار با پوشش کیتوزان [۴۰] و Pourmolaie و همکاران (۲۰۱۸) برای پنیر با پوشش صمغ گوار و تراگاکانت بود [۴۲]. مدل پیش بینی کننده برای پروتئولیز نمونه‌ها در معادله ۸ آورده شده است:

$$\text{Time (day)} = 13.74 - 0.014 \times \text{پروتئولیز}$$



**Fig4** The results of proteolysis of UF packaged cheese with optimum selected film

### ۵-۵- لیپولیز

هیدرولیز چربی شیر در طی تولید و رسیدن پنیر به فعالیت لیپازهای طبیعی شیر، آنزیم‌های لیپولیتیک باکتری‌های اسید

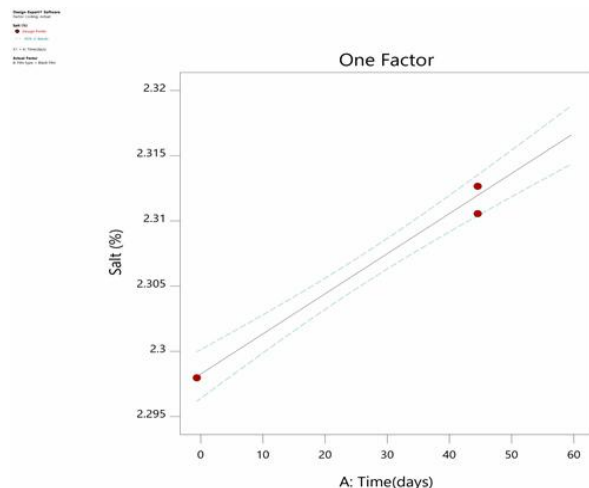
پوشش خوراکی صمغ زانتان و موسیلاژ بذر کتان به نتایج مشابهی رسیدند [۳۸]. مدل پیش بینی کننده برای رطوبت نمونه‌ها در معادله ۶ آورده شده است:

$$\text{Time (day)} = 65.36 - 0.28 \times \text{رطوبت}$$

### ۵-۳- نمک

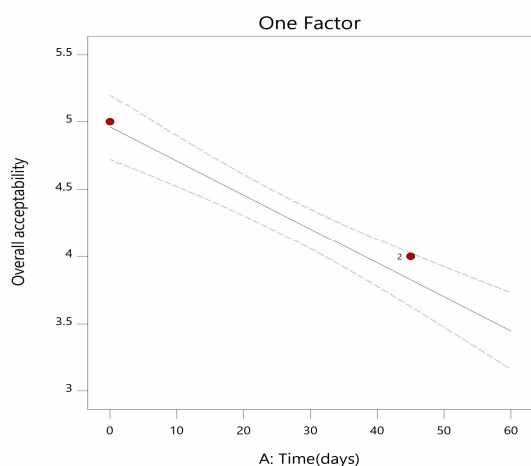
بر اساس نتایج آنالیز آماری، میزان نمک نمونه‌های پنیر فراپالایش در طول زمان ذخیره‌سازی معنادار بود ( $P < 0.05$ ). مطابق نتایج در شکل (۳) با گذشت زمان و رسیدن پنیر، میزان نمک نمونه‌های پنیر پوشش داده شده به طور معنی داری افزایش یافت. دلیل این رفتار احتمالاً به علت کم بودن رطوبت نسبی محیط نگهداری پنیرها، انتقال رطوبت از پنیر به محیط منجر به کاهش رطوبت و افزایش نمک در نمونه‌های پنیر گردد [۳۹]. عملکرد نمک در رسیدن پنیر به عنوان ماده‌ای نگهدارنده که موثر بر عطر و طعم است و در عواملی همچون فعالیت آبی، رشد میکروبی، فعالیت آنزیم‌ها، تغییرات بیوشیمیایی در حین رسیدن پنیر و ایجاد همزمان عطر و طعم دخالت دارد [۳۱]. نتایج موافقی توسط و Cooke و همکاران (۲۰۱۳) برای پنیر چدار با پوشش صمغ تراگاکانت [۳۹] و El-Sisi و همکاران (۲۰۱۵) برای پنیر با پوشش کیتوزان [۴۰] گزارش شد. مدل پیش بینی کننده برای نمک نمونه‌ها در معادله ۷ آورده شده است:

$$\text{Time (day)} = 2.31 - 0.00018 \times \text{نمک}$$



**Fig 3** The results of salt of UF packaged cheese with optimum selected film

(۲۰۱۴) برای فیلم بر پایه پروتئین شیر در بسته بندی پنیر چدار بود [۴۳]. به علاوه Shin و همکاران در سال ۲۰۱۲ نتایج موافقی برای پنیر بسته بندی شده با فیلم بر پایه جلبک قرمز حاوی عصاره گریپ فروت [۴۴] گزارش کرد. مدل پیش بینی کننده برای مقبولیت کلی نمونه‌ها در معادله ۱۰ آورده شده است:

$$\text{Time (day)} = 0.25 \times \text{Time (day)} + 0.96 = \text{پذیرش کلی}$$


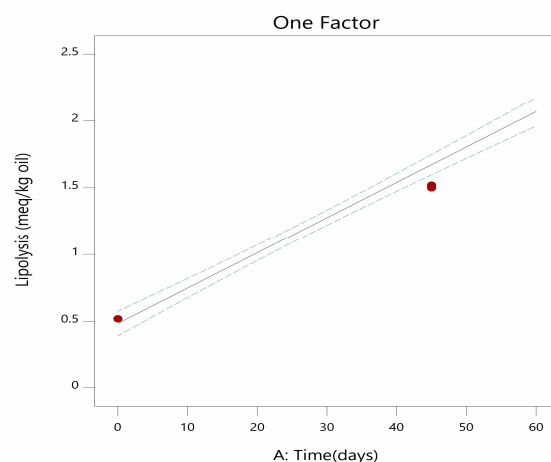
**Fig 6** The results of overall acceptability of UF packaged cheese with optimum selected film

## ۶- نتیجه گیری

در این پژوهش تاثیر نمونه‌های فیلم بهینه انتخاب شده بر پایه پکتین و ایزوله پروتئین ماش حاوی عصاره انکپسوله شده هل، نانوذرات سریوم اکسید و کربن کوانتوم دات بر بسته بندی پنیر فراپالایش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که فیلم‌های نانوکامپوزیتی می‌توانند با کاهش pH و افزایش اسیدیته در همه تیمارها در طول زمان مطالعه سبب افزایش عمر ماندگاری پنیر فراپالایش شوند. همچنین کاهش رطوبت و چربی در نمونه‌های پنیر پوشانده شده با افزایش زمان نگهداری به دلیل آب اندازی و لیپولیز چربی اتفاق افتاد. به علاوه گذشت زمان نگهداری نمونه‌های پنیر سبب کاهش پروتئولیز و افزایش لیپولیز، نمک و چربی نمونه‌ها گردید. فیلم خوراکی سبب کاهش مقبولیت کلی نمونه‌های پنیر توسط ارزیابان با گذشت زمان شد. به طور کلی، فیلم‌های نانوکامپوزیتی بر پایه پکتین و پروتئین ماش با نانوذرات اکسید سریوم و کربن کوانتوم دات و

لاکتیک آغازگر و غیر آغازگر و همچنین لیپازهای باکتری‌های سایکروتروفیک بستگی دارد. مطابق نتایج آنالیز آماری، عمل لیپولیز در طول زمان رسیدن پنیر فراپالایش به طور معناداری تغییر پیدا کرده است. مطابق شکل (۵) در طی عمل رسیدن پنیر، میزان لیپولیز در پنیر افزایش پیدا کرده است. این نتیجه احتمالا به دلیل افزایش در فعالیت لیپولیتیکی باکتری‌های استارتر مربوط به اگزوپلی ساکاریدها باشد [۳۲]. نتایج حاصل شده در توافق با یافته‌های Soleimani-Rambod و همکاران (۲۰۱۸) برای پنیر چدار با پوشش صمغ زانتان و موسیلاژ بذر کتان [۳۲] و Pourmolaie و همکاران (۲۰۱۸) برای پنیر چدار با پوشش صمغ گوار و تراکاکانت [۴۲] بود. مدل پیش بینی کننده برای لیپولیز نمونه‌ها در معادله ۹ آورده شده است:

$$\text{Time (day)} = 0.26 \times \text{Time (day)} + 0.48 = \text{لیپولیز}$$



**Fig 5** The results of lipolysis of UF packaged cheese with optimum selected film

## ۶-۵- پذیرش کلی

مطابق نتایج آنالیز واریانس حاصل شده گذشت زمان بر میزان پذیرش کلی نمونه‌های پنیر معنادار بوده است. همانطور که در شکل (۶) مشاهده می‌گردد، با افزایش زمان نگهداری پنیر، امتیاز پذیرش کلی پنیر توسط ارزیابان به طور معنی داری کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). دلیل این کاهش احتمالا مربوط به از دست دادن رطوبت و خشکی بافت نمونه‌های پنیر در طول زمان می‌باشد. نتایج حاصله در هماهنگی با یافته‌های Wagh و همکاران

- et al. Downloaded from konjac glucomannan composite edible films incorporated with tea polyphenol. *Food Hydrocolloids*, 94, 128–135
- [8] Zhi, Z. J., Chen, J. L., Li, S., Wang, W. J., Huang, R., Liu, D. H., ... Ye, X. Q. (2017). Fast preparation of RG-I enriched ultra-low molecular weight pectin by an ultrasound accelerated Fenton process. *Scientific Reports*, 7.
- [9] Dash, K. K., Ali, N. A., Das, D., & Mohanta, D. (2019). Thorough evaluation of sweet potato starch and lemon-waste pectin based-edible films with nano-titania inclusions for food packaging applications. *International journal of biological macromolecules*, 139, 449-458.
- [10] Sani, I. K., Geshlaghi, S. P., Pirsa, S., & Asdaghi, A. (2021). Composite film based on potato starch/apple peel pectin/ZrO<sub>2</sub> nanoparticles/microencapsulated Zataria multiflora essential oil; investigation of physicochemical properties and use in quail meat packaging. *Food Hydrocolloids*, 117, 106719.
- [10] 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.
- [11] Chen, C., Sun, Z., Li, Y., Yi, L., & Hu, H. (2017). RETRACTED ARTICLE: Self-assembly of N doped 3D porous carbon frameworks from carbon quantum dots and its application for oxygen reduction reaction. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28(17), 12660-12669.
- [12] Rasul, N. H., Asdaghi, A., Pirsa, S., Ghazanfarirad, N., & Sani, I. K. (2022). Development of antimicrobial/antioxidant nanocomposite film based on fish skin gelatin and chickpea protein isolated containing Microencapsulated Nigella sativa essential oil and copper sulfide nanoparticles for extending minced meat shelf life. *Materials Research Express*, 9(2), 025306.
- [13] Sani, I. K., Marand, S. A., Alizadeh, M., Amiri, S., & Asdaghi, A. (2021). Thermal, mechanical, microstructural and inhibitory characteristics of sodium caseinate based bioactive films reinforced by ZnONPs/encapsulated Melissa officinalis
- میکروانکپسولاسیون عصاره هل می‌توانند منجر به افزایش زمان ماندگاری نمونه‌های پنیر فراپالایش شوند.
- ## ۷- منابع
- [1] Sani, I. K., Pirsa, S., & Tağı, Ş. (2019). Preparation of chitosan/zinc oxide/Melissa officinalis essential oil nano-composite film and evaluation of physical, mechanical and antimicrobial properties by response surface method. *Polymer Testing*, 79, 106004.
- [2] Asdaghi, A., Karimi Sani, I., Pirsa, S., Amiri, S., Shariatifar, N., Eghbaljoo-Gharehgheshlaghi, H., ... & Taniyan, A. (2021). Production and characterization of nanocomposite film based on whey protein isolated/copper oxide nanoparticles containing coconut essential oil and paprika extract. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(1), 335-349.
- [3] Karimi Sani, I., Alizadeh, M., Pirsa, S., & Moghaddas Kia, E. (2019). Impact of operating parameters and wall material components on the characteristics of microencapsulated Melissa officinalis essential oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 34(2), 104-112.
- [4] Pirsa, S., Karimi Sani, I., Pirouzifard, M. K., & Erfani, A. (2020). Smart film based on chitosan/Melissa officinalis essences/pomegranate peel extract to detect cream cheeses spoilage. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 37(4), 634-648.
- [5] 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.
- [6] Khaket, T. P., Dhanda, S., Jodha, D., & Singh, J. (2015). Purification and biochemical characterization of dipeptidyl peptidase-II (DPP7) homologue from germinated Vigna radiata seeds. *Bioorganic chemistry*, 63, 132-141.
- [7] Lei, Y., Wu, H., Jiao, C., Jiang, Y., Liu, R., Xiao, D., et al. (2019). Investigation of the structural and physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of pectinS. Shivangi

- [22] Pirsa, S., Asadzadeh, F., & Karimi Sani, I. (2020). Synthesis of magnetic gluten/pectin/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nano-hydrogel and its use to reduce environmental pollutants from Lake Urmia sediments. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 30(8), 3188-3198.
- [23] Pirsa, S., Sani, I. K., & Mirtalebi, S. S. (2022). Nano-biocomposite based color sensors: investigation of structure, function, and applications in intelligent food packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100789.
- [24] Sani, I. K., & Alizadeh, M. (2022). Isolated mung bean protein-pectin nanocomposite film containing true cardamom extract microencapsulation/CeO<sub>2</sub> nanoparticles/graphite carbon quantum dots: Investigating fluorescence, photocatalytic and antimicrobial properties. *Food Packaging and Shelf Life*, 33, 100912.
- [25] Abdelmontaleb, H. S., Othman, F. A., Degheidi, M. A., & Abbas, K. A. (2021). The influence of quinoa flour addition on the physicochemical, antioxidant activity, textural, and sensory characteristics of UF-soft cheese during refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, e15494.
- [26] Karimi Sani, I., Alizadeh Khaledabad, M., Pirsa, S., & Moghaddas Kia, E. (2020). Physico-chemical, organoleptic, antioxidative and release characteristics of flavoured yoghurt enriched with microencapsulated *Melissa officinalis* essential oil. *International Journal of Dairy Technology*, 73(3), 542-551.
- [27] Lee, N. K., Jeewanthi, R. K. C., Park, E. H., & Paik, H. D. (2016). Physicochemical and antioxidant properties of Cheddar-type cheese fortified with *Inula britannica* extract. *Journal of dairy science*, 99(1), 83-88.
- [28] Momeni Sarvestani, M., & Lashkari, H. (2020). Effect of black cumin essential oil on physicochemical, microbial and sensorial characteristics of ultrafiltered Feta cheese. *Iranian Journal Food Science and Technology Research*, 16(4), 409-421.
- [29] Shivangi, S., Dorairaj, D., Negi, P. S., & Shetty, N. P. (2021). Development and characterisation of a pectin-based edible film that contains mulberry leaf extract and its bio-active components. *Food Hydrocolloids*, 121, essential oil. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 31(1), 261-271.
- [14] Kaya, M., Khadem, S., Selim Cakmak, Y., Mujtaba, M., Ilk, S., Akyuz, L., Salaberria, M., Labidi, J., Hamasaeed Abdulqadir, A., & Deligoz, E. (2018). Antioxidative and antimicrobial edible chitosan films blended with stem, leaf and seed extracts of *Pistacia terebinthus* for active food packaging. *RSC Advances*, 8(8), 3941-3950.
- [15] Pirsa, S., Karimi Sani, I., & Khodayvandi, S. (2018b). Design and fabrication of starch- $\square$  nano clay composite films loaded with methyl orange and bromocresol green for determination of spoilage in milk package. *Polymers for Advanced Technologies*, 29(11), 2750-2758.
- [16] Zhao, X., Xing, T., Xu, X., & Zhou, G. (2020). Influence of extreme alkaline pH induced unfolding and aggregation on PSE-like chicken protein edible film formation. *Food chemistry*, 319, 126574.
- [17] Lu, L., Dai, G., Yan, L., Wang, L., Wang, L., Wang, Z., & Wei, K. (2020). In-situ low-temperature sol-gel growth of nano-cerium oxide ternary composite films for ultraviolet blocking. *Optical Materials*, 101, 109724.
- [18] Kamath, R., Basak, S., & Gokhale, J. (2021). Recent trends in the development of healthy and functional cheese analogues-a review. *LWT*, 112991.
- [19] Bulat, T., & Topcu, A. (2019). The effect of oxidation-reduction potential on the characteristics of UF white cheese produced using single strains of *Lactococcus lactis*. *LWT*, 109, 296-304.
- [20] Mahmoodi, Z., Zendeboodi, F., Mortazavian, A. M., Farhoodi, M., Mofid, V., Mohammadi Moghaddam, T., & Mehraban Sang Atash, M. (2022). Effect of adding salty- $\square$  taste enhancers on physicochemical and microstructural characteristics of reduced- $\square$ NaCl UF cheese using mixture design methodology. *International Journal of Dairy Technology*, 75(1), 214-238.
- [21] Lee, N. K., Jeewanthi, R. K. C., Park, E. H., & Paik, H. D. (2016). Physicochemical and antioxidant properties of Cheddar-type cheese fortified with *Inula britannica* extract. *Journal of dairy science*, 99(1), 83-88.

- [37] Al-Moghazy, M., El-sayed, H. S., Salama, H. H., & Nada, A. A. (2021). Edible packaging coating of encapsulated thyme essential oil in liposomal chitosan emulsions to improve the shelf life of Karish cheese. *Food Bioscience*, 43, 101230.
- [38] Soleimani-Rambod, A., Zomorodi, S., Naghizadeh Raeisi, S., Khosrowshahi Asl, A., & Shahidi, S. A. (2018). The effect of xanthan gum and flaxseed mucilage as edible coatings in cheddar cheese during ripening. *Coatings*, 8(2), 80.
- [39] Cooke, D. R., Khosrowshahi, A., & McSweeney, P. L. (2013). Effect of gum tragacanth on the rheological and functional properties of full-fat and half-fat Cheddar cheese. *Dairy Science & Technology*, 93(1), 45-62.
- [40] El-Sisi, A. S., Gapr, A. M., & Kamaly, K. M. (2015). Use of chitosan as an edible coating in RAS cheese. *Bioline*, 3(2), 564-570.
- [41] Özer, B., Hayaloglu, A. A., Yaman, H., Gürsoy, A., & Şener, L. (2013). Simultaneous use of transglutaminase and rennet in white-brined cheese production. *International dairy journal*, 33(2), 129-134.
- [42] Pourmolaie, H., Khosrowshahi Asl, A., Ahmadi, M., Zomorodi, S., & Naghizadeh Raeisi, S. (2018). The effect of Guar and Tragacanth gums as edible coatings in Cheddar cheese during ripening. *Journal of Food Safety*, 38(6), e12529.
- [43] Wagh, Y. R., Pushpadass, H. A., Emerald, F., & Nath, B. S. (2014). Preparation and characterization of milk protein films and their application for packaging of Cheddar cheese. *Journal of food science and technology*, 51(12), 3767-3775.
- [44] Shin, Y. J., Song, H. Y., Seo, Y. B., & Song, K. B. (2012). Preparation of red algae film containing grapefruit seed extract and application for the packaging of cheese and bacon. *Food Science and Biotechnology*, 21(1), 225-231.
- 107046.
- [30] Karami, M., M.R. Ehsani, S.M. Mousavi, K. Rezaei, and M. Safari. (2008). Microstructural changes in fat during the ripening of Iranian ultrafiltered Feta cheese. *Journal of dairy Science*. 91: 4147–4154.
- [31] Motelica, L., Fica, D., Oprea, O. C., Fica, A., Ene, V. L., Vasile, B. S., ... & Holban, A. M. (2021). Antibacterial biodegradable films based on alginate with silver nanoparticles and lemongrass essential oil—innovative packaging for cheese. *Nanomaterials*, 11(9), 2377.
- [32] Abdelmontaleb, H. S., Othman, F. A., Degheidi, M. A., & Abbas, K. A. (2021). The influence of quinoa flour addition on the physicochemical, antioxidant activity, textural, and sensory characteristics of UF soft cheese during refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), e15494.
- [33] Nottagh, S., Hesari, J., Peighambaroust, S. H., Rezaei-Mokarram, R., & Jafarizadeh-Malmiri, H. (2020). Effectiveness of edible coating based on chitosan and Natamycin on biological, physico-chemical and organoleptic attributes of Iranian ultra-filtrated cheese. *Biologia*, 75(4), 605-611.
- [34] Yangilar, F. (2017). Effects of natamycin edible films fortified with essential oils on the safety and quality parameters of Kashar cheese. *Journal of Food Safety*, 37(2), e12306.
- [35] Ríos-de-Benito, L. F., Escamilla-García, M., García-Almendárez, B., Amaro-Reyes, A., Di Pierro, P., & Regalado-González, C. (2021). Design of an Active Edible Coating Based on Sodium Caseinate, Chitosan and Oregano Essential Oil Reinforced with Silica Particles and Its Application on Panela Cheese. *Coatings*, 11(10), 1212.
- [36] Berti, S., Resa, C. P. O., Basanta, F., Gerschenson, L. N., & Jagus, R. J. (2019). Edible coatings on Gouda cheese as a barrier against external contamination during ripening. *Food Bioscience*, 31, 100447.



## Packaging of UF cheese with edible film of nanocomposite isolated mung bean protein-apple pectin containing microencapsulation of cardamom extract and cerium oxide nanoparticles and quantum carbon Graphite dots: Investigation of its physicochemical properties

Karimi Sani, I.<sup>1</sup>, Alizadeh, M.<sup>1\*</sup>

1. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

### ABSTRACT

In this study, the effect of selected optimal film samples based on apple pectin and mung bean protein containing microencapsulation of cardamom extract, cerium oxide nanoparticles and quantum dot nanoparticles on the packaging of refined cheese was studied and physicochemical properties of cheese including acidity, pH, salt content, moisture content Lipolysis, proteolysis, fat and sensory evaluation were evaluated over time (0-60 days) and optimal film according to I-Optimal design. Based on the results, the effect of different optimally selected films on cheese packaging was non-significant; while the passage of time had a significant effect on the evaluated characteristics. According to the results, over time, the pH, moisture, proteolysis, fat and overall acceptance of samples of packaged ultra-refined cheese decreased significantly. In addition, the effect of optimal film packaging on ultra-refined cheese increased acidity, salt and lipolysis. The results of sensory evaluation showed that the evaluators' score on the acceptance of cheese samples decreased significantly over time. In general, nanocomposite films based on pectin and mung bean protein with cerium oxide and carbon quantum dot nanoparticles and microencapsulation of cardamom extract can be used in the packaging of refined cheese.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2022/ 06/ 25

Accepted 2022/ 08/ 14

#### Keywords:

Nanocomposite,  
Ultrafiltered cheese,  
Edible film,  
Microencapsulation.

**DOI:** 10.22034/FSCT.19.128.235

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.128.24.9

\*Corresponding Author E-Mail:  
malizadeh@outlook.com