



ارزیابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم زیست تخریب پذیر بر پایه پلی وینیل الکل و نشاسته لوبیاجیتی حاوی اسانس های سیر، زنجبیل و دارچین

علی خزایی<sup>۱</sup>، لیلا ناطقی<sup>۲\*</sup>، نازنین زند<sup>۳</sup>، عبدالرسول ارومیه‌ئی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین - پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.

۴- پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده فرآیند، گروه پلاستیک.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۴

کلمات کلیدی:

فیلم زیست تخریب پذیر،

پلی وینیل،

نشاسته لوبیاجیتی،

پنیر کوزه‌ای،

اسانس.

DOI: 10.52547/fsct.18.119.95

\* مسئول مکاتبات:

[eylanatheghi@iauvaramin.ac.ir](mailto:eylanatheghi@iauvaramin.ac.ir)

زیست تخریب پذیری مواد بسته بندی مواد غذایی از مهم ترین پارامترهای صنایع مدرن بسته بندی مواد غذایی به شمار می آید. پنیر کوزه‌ای پنیری سخت و تا حدی اسیدی و شور مزه است که ظاهری خشک دارد و به دلیل حفظ مواد مغذی موجود در دلمه، نسبت به پنیر آب نمکی از ارزش غذایی بالایی برخوردار است. هدف از تحقیق حاضر استفاده از فیلم زیست تخریب پذیر پلی وینیل الکل و نشاسته لوبیاجیتی حاوی اسانس های دارچین، سیر و زنجبیل جهت بهبود خواص فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر کوزه‌ای و مقایسه با بسته بندی معمولی بود. بدین منظور پنیر کوزه‌ای در فیلم زیست تخریب پذیر بر پایه پلی وینیل الکل/نشاسته لوبیاجیتی (۸۰/۲۰) که حاوی غلظت های مختلف (۳/۱۲۵ و ۶/۲۵ و ۱۲/۵) اسانس های دارچین، سیر و زنجبیل بود بسته بندی شد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی آنها با طی ۶۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد مورد ارزیابی قرار گرفت و با نمونه شاهد مقایسه گردید. نتایج نشان داد استفاده از اسانس ها و افزایش غلظت آنها در فیلم زیست تخریب پذیر باعث افزایش معنی دار میزان رطوبت و کاهش معنی دار افت وزن در نمونه های پنیر کوزه‌ای طی دوره نگهداری گردید. همچنین با افزایش زمان نگهداری میزان pH، رطوبت و افت وزن کاهش معنی داری (p≤۰/۰۵) و میزان اسیدیته و نمک افزایش معنی دار (p≤۰/۰۵) یافت. امتیاز پذیرش کلی نمونه های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم زیست تخریب پذیر حاوی ۳/۱۲۵ درصد اسانس دارچین و زنجبیل پس از ۶۰ روز نگهداری بالاتر از نمونه شاهد بود. استفاده از فیلم های زیست تخریب پذیر بر پایه نشاسته لوبیاجیتی و پلی وینیل الکل به همراه اسانس های دارچین و زنجبیل، راهکارهایی هستند که می توانند موجب بهبود خواص فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر کوزه‌ای طی دوره نگهداری شوند و از آسیب های زیست محیطی نیز جلوگیری گردد.

## ۱- مقدمه

پنیرهای سنتی ایرانی با وجود بار میکروبی بالا یکی از پر مصرف‌ترین فرآورده‌های تخمیری شیری تولید شده در ایران می‌باشند. این پنیرها به طور سنتی از شیر خام گوسفند، بز و یا گاو بدون مایه کشت پنیر تولید می‌شوند. اکثر تولیدکنندگان پنیرهای سنتی معتقد هستند که استفاده از شیر خام باعث ایجاد عطر و طعم مطبوع در پنیر می‌شود که این امر در واقع به دلیل فعالیت آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک موجود در شیر و تولید شده توسط فلور میکروبی شیر خام می‌باشد. پنیر کوزه‌ای یکی از پنیرهای محبوبترین و پر مصرف‌ترین پنیرهای استان‌های شمال غرب کشور است که به طور سنتی از شیر خام تولید می‌شود و بار میکروبی بالای آن می‌تواند موجب انتقال باکتری‌های بیماری‌زا به مصرف‌کنندگان گردد [۱].

پنیر کوزه پنیر سخت و تا حدی اسیدی و شور مزه است و ظاهری خشک دارد. تولید آن به صورت کاملاً سنتی می‌باشد و مصرف آن در مناطق غرب کشور رایج است. این محصول به دلیل حفظ مواد مغذی موجود در دلمه، نسبت به پنیر آب نمکی از ارزش غذایی بالایی برخوردار است [۲].

پنیرهای حاصل از شیر خام، معمولاً در نواحی روستایی و در مواردی به صورت خانگی از شیر خام گوسفند و بز (یا مخلوط هردو)، با استفاده از رنین طبیعی (یا رنت تجاری) و معمولاً بدون کشت آغازگر تولید می‌شوند. بنابراین فرآیندهای تخمیر و رسیدگی این فرآورده، کاملاً توسط فلور میکروبی ذاتی موجود در شیر و نیز ناشی از محیط شیردوشی و تولید پنیر، انجام می‌شود (۳).

اسانس‌های گیاهی دسته مهمی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی هستند که پتانسیل زیادی برای استفاده در انواع مواد غذایی جهت مقابله با عامل فساد هستند. این ترکیبات، عصاره‌های فرار و معطری هستند که از بخش‌های مختلف گیاهان شامل گل، دانه، غنچه، برگ و ریشه به دست می‌آیند. در میان اسانس‌های گیاهی، اسانس‌های گیاهان دارچین، سیر و زنجبیل به دلیل دارا بودن ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی شناخته شده خود بارها به صورت موفقیت‌آمیز برای نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۴].

سیر با نام علمی *Allium Sativum*، گیاهی متعلق به خانواده لیلیاسه بوده و بومی آسیای مرکزی می‌باشد. بوی کاملاً مشخص و متمایز سیر به دلیل وجود ماده آلیسین و فعالیت آنزیمی بنام آلیناز<sup>۱</sup> که حاوی مواد سولفورنی مانند *Cystein sulfoxid* می‌باشد [۵]. مطالعات نشان داده‌اند که حرارت، احتمالاً مواد مؤثر یا آنزیم‌های مؤثر در تولید مواد مؤثره را کم کرده است و در سیر تازه، فرصت بیشتری به آنزیم آلیناز، برای تولید آلیسین داده شده است [۶]. آلیسین ترکیب ناپایداری بوده و به ترکیبات ارگانوسولفور نظیر دی‌آلیل سولفید، دی‌آلیل دی‌سولفید، دی‌آلیل تری‌سولفید و سایر مشتقات سولفوردار تبدیل می‌شود. ترکیبات گیاهی متعددی نظیر اسانس سیر با داشتن ویژگی‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی می‌توانند در ترکیب با پوشش فیلم‌های زیست تخریب پذیر با منشاء طبیعی مانند نشاسته در کنترل عوامل میکروبی محتویات خود مؤثر باشند و منجر به تقویت اثرات فوق شوند [۷]. همچنین تحقیقات نشان داده با افزودن مکمل روغن سیر به گوشت ران و سینه مرغ، تشکیل محصولات اکسیداسیون اولیه و ثانویه کاهش می‌یابد [۸].

دارچین با نام علمی *Cinnamomum zeylanicum* درختچه ای از تیره برگ بو<sup>۲</sup> و از راسته لورالس<sup>۳</sup> است [۹]. سالیانه حدود ۵ تن اسانس دارچین در جهان تولید و بازار اصلی این اسانس اروپا غربی و آمریکا است. اسانس دارچین مایع بیرنگ با بوی قوی مطبوع و طعم سوزاننده و وزن مخصوص ۱/۰۱۰-۱/۰۳۰ و دارای ضریب شکست ۱/۵۷۳-۱/۵۹۱ و دارای چرخش نوری ۲-۰ می‌باشد که ترکیبات اصلی اسانس دارچین عبارتند از ۹۵-۸۰٪ سینامالدهید (طعم و مزه شیرین دارچین)، ۵٪ سینامیل استات، ۴٪ اوژنول، ۳٪ کارپوپیلن، ۲٪ لینلولول، ۰/۷٪ آلفا تری پنهول، ۰/۷٪ کومارین، ۰/۶٪ ۸-۱-سینتول و ۰/۴٪ ۴-ال سینامالدهید ترکیب اصلی در اسانس دارچین می‌باشد [۱۰ و ۱۱]. اسانس دارچین توسط محققین زیادی به عنوان منبع مناسب از ترکیبات ضد قارچی و باکتریایی [۱۲-۱۴] از قبیل اثرات بازدارندگی اسانس پوست دارچین بر باکتری‌های بیماری‌زا و فسادزای گوشت [۱۵] به اثبات رسیده است. همچنین Han و همکاران در سال (۲۰۱۴)، پس از بررسی

1. Allinase  
2. Lauraceae  
3. Laurales

ترکیبات ضد میکروبی می‌گردد که البته شرایط محیطی نیز در این خصوص تاثیرگذار می‌باشد [۲۲].

Shojaei و همکاران در سال (۲۰۲۱) به بررسی نانو بیوکامپوزیت برای بسته بندی پنیر کاشار و گوشت چرخ کرده پرداختند. نتایج نشان داد در نمونه‌های گوشت چرخ شده و پنیر بسته بندی شده در فیلم پروتئین آب پنیر و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز حاوی نانوذرات کیتوزان، تعداد میکروارگانیسم‌های کل و کپک و مخمر، کمتر از بسته بندی پلی اتیلن ( $p \leq 0/05$ ) پس از دوره نگهداری بود. همچنین بیان نمودند استفاده از فیلم‌های زیست تخریب پذیر بر اساس گیاهان و حاوی نانوذرات می‌تواند منجر به استفاده از این نوع بسته بندی برای مواد غذایی فاسدشدنی شود تا علاوه بر ایمنی بیشتر محصولات غذایی فاسدشدنی، از خطرات زیست محیطی نیز جلوگیری کند [۲۳].

هدف کلی از این پژوهش تولید فیلم زیست تخریب پذیر پلی‌وینیل الکل و نشاسته لوبیاچیتی حاوی اسانس‌های دارچین، سیر و زنجبیل جهت بهبود خواص فیزیکی‌شیمیایی و حسی پنیر کوزه‌ای و مقایسه با بسته بندی معمولی بود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

جهت تهیه فیلم‌های زیست تخریب پذیر، لوبیا چیتی از یک بازار محلی در تهران (تهران، ایران)، اسانس‌های سیر، دارچین و زنجبیل از شرکت ادونیس (تهران، ایران)، گلوله‌های پلی وینیل الکل (خلوص ۹۸٪) از شرکت GC (گوانگدونگ، چین) تهیه گردید. پنیر کوزه‌ای از بازار محلی در قزوین و کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده جهت انجام آزمون‌های تحقیق از قبیل گلیسرول، توئین ۸۰، هیدروکسید سدیم، فنل فتالین، کرومات پتاسیم و نیترات نقره از شرکت مرک-آلمان تهیه گردیدند.

### ۲-۲- روش‌ها

#### ۲-۲-۱- روش تهیه نمونه‌های فیلم

فیلم زیست‌تخریب پذیر بر پایه پلی‌وینیل الکل و نشاسته لوبیا چیتی با استفاده از روش ریخته‌گری<sup>۲</sup> (روش مرطوب) که توسط

فیلم خوراکی پلی پروپیلن-پلی وینیل الکل همراه با غلظت‌های مختلف عصاره اتانولی ریواس<sup>۱</sup> و اسانس روغنی دارچین برای نگهداری گوشت تازه گاو، بیان نمودند که این فیلم خوراکی از رشد باکتری‌ها جلوگیری می‌کند [۱۶].

زنجبیل از گیاه زرد رنگ دارای رگه‌های بنفش با نام علمی *Zingiber officinale* بدست می‌آید [۱۷]. سسکو‌ترپنوئیدها و مونوترپنوئیدها به عنوان ترکیبات اصلی موجود در اسانس زنجبیل در اصل ترکیبات فنلی هستند که فعالیت ضد میکروبی دارند [۱۸]. این یک نوع ریشه ذخیره سازی دارای طعم تند است. عصاره ریشه زنجبیل شامل ترکیبات پلی‌فنل (6-gingerol و مشتقات آن) است که دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی به علت حضور فلاونون‌ها، ایزوفلاون‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسایانین، کومارین، لیگن‌ها، کاتچین‌ها و ایزوکاتچین‌ها است [۱۹]. ویژگی آنتی‌اکسیدانی زنجبیل فعالیت بسیار مهمی است که می‌تواند به عنوان عامل پیشگیری کننده در برابر برخی از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گیرد [۲۰].

تلاش و اطلاع‌رسانی مداوم دستداران محیط زیست در رابطه با آلودگی‌های زیستی پلیمرها و نیاز به ایمن بودن آنها الگوهای مصرفی جدیدی را معرفی می‌کند که شامل بسته‌بندی محصولات با مواد زیست تخریب پذیر می‌باشد. بسته‌بندی مواد غذایی با فیلم‌های زیست تخریب پذیر حاوی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی طبیعی نیز می‌تواند رویکردی جدید برای افزایش مدت زمان نگهداری مواد غذایی باشد.

عبدالستاری و همکاران، (۱۳۹۵) به بررسی بسته‌بندی فعال پنیر لیقوان با فیلم‌های نانوکامپوزیت پلی اتیلن حاوی نانوذرات نقره، بیان نمودند که بعد از ۶۰ روز نگهداری سرعت رشد کلی فرم و استافیلوکوکوس اورئوس در پنیر تازه، با استفاده از فیلم ترکیبی حاوی درصد‌های مساوی از نقره، اکسید مس و اکسید روی نسبت به سایر فیلم‌ها به صورت معنی‌داری ( $p < 0/05$ ) کمتر است [۲۱].

Gutierrez و همکاران، (۲۰۰۹) گزارش کردند که میزان تاثیر اسانس‌های گیاهی در هنگام استفاده در محیط‌های *in vivo* کاهش می‌یابد که این امر به دلیل محتوای بالای چربی و پروتئین در این محیط‌ها (مانند گوشت) می‌باشد که سبب کاهش تاثیر این

2. Tween 80  
3. Casting method

1. *Rhubarb*

## ۲-۲-۲- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و مکانیکی نمونه‌های

### فیلم زیست تخریب پذیر

میزان ضخامت فیلم‌ها با استفاده از میکرومتر دیجیتال (میتوتویو، توکیو، ژاپن)، آزمون مکانیکی (مقاومت کششی<sup>۲</sup> و ازدیاد طول تا نقطه شکست<sup>۳</sup>) و میزان حلالیت در آب به روش عقلی مقدم و همکاران، (۱۳۹۵) [۲۵] و میزان کدورت (شفافیت) به روش اصدق و همکاران، (۱۳۹۹) [۲۶] و میزان نفوذ پذیری به بخار آب<sup>۴</sup> (WVP) و ظرفیت جذب آب (WAC<sup>۵</sup>) به روش رجایی و شکرچی زاده همکاران، (۱۳۹۸) [۲۷] انجام گردید.

## ۲-۲-۳- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های پنیر

### کوزه‌ای

اندازه‌گیری pH توسط pH متر، زینت (مدل زینت، شرکت آلمان) با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام شد (۲۸). اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتر بر حسب (درصد اسیدلاکتیک) با استفاده از سود یک‌دهم نرمال و فنل فتالین به عنوان شناساگر با استفاده از استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام شد [۲۸]. اندازه‌گیری مقدار نمک در پنیر با روش تیترسنجی موهر مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۱۸۰۹ انجام گردید [۲۹]. اندازه‌گیری رطوبت بر اساس استاندارد ملی به شماره ۱۷۵۳ انجام شد (۳۰). افت وزن از طریق یادداشت وزن پنیر در روز اول، ۳۰ و ۶۰ روز نگهداری و به عنوان درصد افت وزن نسبت به وزن اولیه پنیر گزارش گردید [۳۱].

## ۲-۲-۴- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی (بافت، مزه و بو، پذیرش کلی) نمونه‌های پنیرهای کوزه‌ای بسته‌بندی شده به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای توسط ۱۰ ارزیاب نیمه آموزش دیده انجام گردید. ارزیابان امتیاز ۵ را برای نمونه‌های عالی، امتیاز ۴ برای نمونه‌های بسیار خوب، امتیاز ۳ برای نمونه‌های خوب، امتیاز ۲ برای نمونه‌های قابل قبول و امتیاز ۱ برای نمونه‌های غیرقابل قبول در نظر گرفتند [۳۲]. لازم به ذکر است به منظور رعایت ایمنی ارزیاب‌ها قبل از انجام آزمون

Jayakumar و همکاران (۲۰۱۹) پیشنهاد شده بود [۲۴] با

برخی تغییرات جزئی به شرح ذیل تهیه شدند: برای تهیه فیلم ترکیبی، نسبت پلی وینیل الکل به نشاسته لوبیا چیتی به ترتیب ۸۰ به ۲۰٪ با هم مخلوط شدند (PV-PB (80:20)) و در آب مقطر حل شدند و به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد تحت هم زدن در ۴۰۰ دور در دقیقه حرارت داده شدند. به منظور از بین بردن ناخالصی‌ها و حباب‌ها، محلول‌ها تحت پمپ خلا هواگیری شدند و سپس از طریق کاغذ فیلتر واتمن شماره ۳ عبور داده شدند. ۱۰٪ گلیسرول به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به محلول‌های فیلتر شده روی همزن مغناطیسی (۴۰۰ دور در دقیقه) اضافه شدند تا یک محلول کاملاً همگن بدست آید. برای ساخت بیوکامپوزیت ضد میکروبی سه غلظت از هر یک از اسانس‌های سیر، زنجبیل و دارچین (۳/۱۲۵ و ۶/۲۵ و ۱۲/۵٪) که بر اساس حداقل غلظت مهار کنندگی آنها بر علیه استافیلوکوکوس اورئوس، کلی‌فرم و کپک و مخمر بدست آمده بود به فیلم زیست تخریب پذیر اضافه شد. از توئین ۸۰ به عنوان امولسیفایر (سورفاکتانت) استفاده شد تا اختلاط اسانس در فیلم ترکیبی به خوبی انجام گیرد. محلول فیلم با استفاده از هم‌وزنایزر اولتراتوراکس<sup>۱</sup> بمدت ۵ دقیقه با سرعت همزنی ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه همگن شد. فیلم‌های تهیه شده در ظروف تفلون به قطر ۱۵ سانتی متر ریخته شدند و به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار گرفتند. لایه‌های خشک شده فیلم از سطح تفلون کنده شده و تا زمان ارزیابی فیلم‌ها در زیپ کیپ در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

از این فیلم، جهت بسته‌بندی پنیر کوزه‌ای استفاده گردید. پنیر کوزه‌ای تهیه شده از بازار توسط فیلم مذکور با رعایت شرایط استریل و زیر هود توسط پرس حرارتی دست‌ساز (المنت حرارتی) بسته بندی گردید. جهت مقایسه کارایی بسته‌بندی فیلم‌های زیست‌تخریب‌پذیر حاوی اسانس‌های سیر، زنجبیل و دارچین، یک نمونه از پنیر کوزه‌ای با نایلون معمولی پلی‌اتیلنی بسته بندی شد و به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌های پنیر بسته بندی شده طی ۶۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، با سه تکرار روی نمونه‌های پنیر انجام گردید.

1. UltraTurrax

2. Tensile strength  
3. Elongation at break  
4. Water vapor permeability  
5. Water absorption capacity

انفعالات مولکولی بین زنجیره‌های پلی وینیل الکل و نشاسته لوبیا چیتی همراه باشد و تمایل آنها به انحلال در آب را محدود کند. این درهم‌کنش مولکولی عمدتاً به تولید پیوندهای هیدروژنی بین گروه‌های آمیلوز و آمیلوپکتین نشاسته و گروه‌های هیدروکسیل (OH) پلی وینیل الکل نسبت داده می‌شود، گروه‌های آگریز زنجیره پلیمری پلی وینیل الکل را دوباره جهت می‌دهد و در نتیجه میزان آگریزی ترکیب فیلم‌های نشاسته-پلی وینیل الکل را افزایش می‌دهد و میزان گروه‌های OH آزاد را کاهش می‌دهد [۳۶].

وجود نشاسته لوبیا چیتی در فیلم پلی وینیل الکل به طور قابل توجهی WAC فیلم پلی وینیل الکل را کاهش می‌دهد. پلی وینیل الکل، به خودی خود، دارای گروه‌های هیدروکسیل زیادی به عنوان یک پلیمر محلول در آب است و تمایل جذب مولکول‌های آب بیشتری در مقایسه با نشاسته به عنوان یک بیوپلیمر حساس به آب دارد [۳۷]. این یافته‌ها در راستای نتایج حاصل از حلالیت فیلم ترکیبی پلی وینیل الکل-نشاسته لوبیا چیتی است.

کدورت کمتر نمونه‌های پلی وینیل الکل خالص احتمالاً به دلیل ساختار یکنواخت‌تر پلیمر پلی وینیل الکل است، در حالی که بیوپلیمرهای نشاسته لوبیا چیتی حاوی زنجیره‌های کم‌نظم زیادی هستند [۳۶]. یافته‌های مشابهی نیز توسط Jayakumar و همکاران در سال (۲۰۱۹) گزارش شد [۲۴].

خصوصیات مکانیکی فیلم‌های بسته بندی نیز به عنوان یکی از اصلی‌ترین پارامترهای تأثیرگذار بر آنها برای کاربردهای صنعتی در نظر گرفته شده است. گنجاندن میزان نشاسته لوبیا چیتی بیشتر در فیلم‌های پلی وینیل الکل باعث ایجاد ساختارهای شکننده و بدون تغییر شکل پلاستیک قابل توجهی می‌شود. این نتایج با نتایج گزارش شده توسط Fortunati و همکاران در سال (۲۰۱۳) سازگار است [۳۸].

پلی وینیل الکل معمولاً توانایی تولید فیلم‌های بسته بندی فوق العاده الاستیک (انعطاف پذیر) با میزان ازدیاد طول در نقطه شکست<sup>۱</sup> (EAB) بالا را دارد. این احتمالاً مربوط به وجود فضاهای بین مولکولی کمتر بین زنجیره نشاسته است که حرکت آزاد زنجیره‌های مولکولی را محدود می‌کند. بهبود ویژگی‌های

ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر توسط اشعه گاما ۵ کیلوگری کاملاً استریل شدند.

## ۲-۵- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی و حسی با ۳ تکرار روی تیمارها انجام گردید. نتایج حاصل از آزمون‌ها به روش آنالیز واریانس یکطرفه دانکن با ۹۵ درصد اطمینان توسط نرم افزار Minitab16 تجزیه و تحلیل شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی فیلم زیست

#### تخریب پذیر

فیلم زیست تخریب پذیر تهیه شده بر پایه نشاسته لوبیا چیتی ۲۰٪ و پلی وینیل الکل ۸۰٪، دارای خواص فیزیکی و مکانیکی به شرح ذیل بودند: ضخامت  $66/4 \mu\text{m}$ ، نفوذپذیری به بخار آب  $0/29 \text{ (g.mm.k}^{-1}.\text{Pa}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{m}^{-2})$ ، حلالیت ۵۸٪، ظرفیت جذب آب ۲۹۷٪، کدورت (AUnm)  $24/7$ ، مقاومت کششی (مگاپاسکال)  $43/2$  و ازدیاد طول تا نقطه کشش  $198/9$ ٪. ضخامت فیلم بدست آمده از این دو پلیمر در منابع حدود ۴۰ تا ۱۰۰ میکرومتر گزارش شده است [۲۳، ۳۴، ۳۳]، که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت دارد.

بر اساس یافته‌های اخیر، بیوپلیمرهای بر پایه کربوهیدرات به طور کلی موانع مناسبی برای نفوذ بخار آب و سایر گازها نیستند، در حالی که با استفاده از سایر پلیمرهای سنتزی، افزودن مواد نانو، عوامل اتصال متقابل و استفاده از سایر مواد پرکننده می‌تواند مانع مناسبی در برابر نفوذ پذیری بخار یا گاز ایجاد کند. نتایج مشابهی توسط Aldapa و همکاران در سال (۲۰۲۰) گزارش شده است [۳۵] که خواص ممانعت در برابر عبور گاز بهتر پلی وینیل الکل در برابر نشاسته سیب زمینی را به ساختار منظم و وجود گروه‌های هیدروکسیل بیشتر در فیلم پلی وینیل الکل مرتبط دانستند، که باعث بهبود تبلور و قطبیت فیلم مخلوط پلی وینیل الکل-نشاسته می‌شود.

استفاده از درصد‌های بالاتر (۲۰-۵۰) حلالیت فیلم پلی وینیل الکل را کاهش می‌دهد. این امر می‌تواند به شکل‌گیری فعل و

1. Elongation at break

سیر و زنجبیل و مقایسه آن با نمونه شاهد در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد با افزایش زمان نگهداری میزان pH نمونه‌های پنیر کوزه‌ای کاهش معنی‌دار ( $p \leq 0.05$ ) یافت در حالیکه افزایش میزان اسانس تاثیر معنی‌داری بر میزان pH نمونه‌های پنیر کوزه‌ای نداشت. پس از روز ۶۰ نگهداری کمترین مقدار pH (۴/۱۲۳) مربوط به نمونه شاهد و نمونه فیلم بدون اسانس و بیشترین (۴/۱۵۰) مقدار pH مربوط به نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته‌بندی شده با فیلم زیست تخریب پذیر حاوی حاوی ۱۲/۵٪ اسانس سیر و ۱۲/۵٪ اسانس زنجبیل بود.

بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۴۴-۱ مقدار pH پنیر سفید رسیده شده در داخل آب نمک حداکثر برابر ۴/۸ می‌باشد [۳۹]. بنابراین میزان pH در تمامی نمونه‌های پنیر پس از شصت روز نگهداری در محدوده مجاز استاندارد بودند.

مکانیکی فیلم‌های نشاسته با افزودن پلی وینیل الکل با وزن مولکولی بالا، عمدتاً مربوط به تشکیل ساختارهای فشرده شده با ایجاد اتصالات عرضی در طی فرآیند ساخت فیلم است [۳۵].

با توجه به نتایج بدست آمده و با توجه به جنبه‌های فیزیکی، مکانیکی، زیست محیطی و اقتصادی (مقرون به صرفه بودن فیلم‌های نشاسته‌ای در مقایسه با فیلم‌های مصنوعی) تیمار PV- PB (80:20) به عنوان تیمار بهینه برای بارگذاری اسانس‌های سیر، زنجبیل و دارچین در غلظت‌های ۳/۱۲۵، ۶/۲۵ و ۱۲/۵ درصد انتخاب شد.

### ۳-۲- بررسی نتایج تغییرات pH و اسیدیته

بررسی تغییرات pH نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته لوبیا چیتی ۲۰٪ و پلی وینیل الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین،

**Table 1** Evaluation of changes in pH of jug cheese packed in optimal biodegradable film based on 20% pinto bean starch and 80% polyvinyl alcohol containing different concentrations of cinnamon, garlic and ginger essential oils and comparing it with the control sample

Treatment	pH		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
Polyethylen <sup>1</sup> (control)	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.146 ± 0.005 <sup>cb</sup>	4.123 ± 0.005 <sup>bc</sup>
Pva 80/20 starch <sup>2</sup> (film)	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.150 ± 0.000 <sup>bcB</sup>	4.123 ± 0.005 <sup>bc</sup>
Film + Garlic 3.125	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.160 ± 0.000 <sup>abB</sup>	4.136 ± 0.005 <sup>abC</sup>
Film + Garlic 6. 25	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.160 ± 0.000 <sup>abB</sup>	4.143 ± 0.005 <sup>aC</sup>
Film + Garlic 12. 5	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.163 ± 0.005 <sup>aB</sup>	4.146 ± 0.005 <sup>aC</sup>
Film + Ginger 3.125	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.156 ± 0.005 <sup>abcB</sup>	4.136 ± 0.005 <sup>abC</sup>
Film + Ginger 6.25	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.160 ± 0.000 <sup>abB</sup>	4.143 ± 0.005 <sup>aC</sup>
Film + Ginger 12. 5	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.163 ± 0.005 <sup>aB</sup>	4.146 ± 0.005 <sup>aC</sup>
Film + Cinnamon 3.125	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.153 ± 0.005 <sup>abcB</sup>	4.140 ± 0.005 <sup>abC</sup>
Film + Cinnamon 6. 25	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.160 ± 0.000 <sup>abB</sup>	4.143 ± 0.005 <sup>aC</sup>
Film + Cinnamon 12. 5	4.180 ± 0.000 <sup>aA</sup>	4.163 ± 0.005 <sup>aAB</sup>	4.150 ± 0.010 <sup>aB</sup>

1 control: Jug cheese packed in polyethylene nylon.

2 films: a biodegradable film based on 80% polyvinyl alcohol and 20% pinto bean starch

Results are shown as mean ± standard deviation.

The lowercase letters indicate a significant difference in each column.

Different uppercase letters indicate a significant difference in each row.

(۱/۰۵۰٪ اسیدلاکتیک) مربوط به نمونه شاهد و نمونه فیلم بدون اسانس و کمترین (۱/۰۱۸٪ اسیدلاکتیک) مربوط به فیلم حاوی ۱۲/۵ درصد اسانس دارچین مشاهده شد. بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۴۴-۱ مقدار اسیدیته (برحسب درصد اسیدلاکتیک) حداقل ۰/۸ می‌باشد [۳۹] بنابراین میزان اسیدیته در تمامی نمونه‌های پنیر پس از شصت روز نگهداری در محدوده مجاز استاندارد بودند.

بررسی تغییرات اسیدیته نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته لوبیا چیتی ۲۰٪ و پلی وینیل الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین، سیر و زنجبیل و مقایسه آن با نمونه شاهد در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد با افزایش زمان نگهداری میزان اسیدیته افزایش معنی‌دار ( $p \leq 0.05$ ) یافت در حالیکه افزایش میزان اسانس تاثیر معنی‌داری بر میزان اسیدیته نمونه‌های پنیر کوزه‌ای نداشت. پس از روز ۶۰ نگهداری بیشترین میزان اسیدیته

**Table 2** Evaluation of changes in the acidity of jug cheese packed in the optimal biodegradable film based on 20% pinto bean starch and 80% polyvinyl alcohol containing different concentrations of cinnamon, garlic and ginger essential oils and comparing it with the control sample

Treatment	Acidity (Lactic acid %)		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
Polyethylen <sup>1</sup> (control)	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.013 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.050 ± 0.009 <sup>aA</sup>
Pva 80/20 starch <sup>2</sup> (film)	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.013 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.050 ± 0.009 <sup>aA</sup>
Film + Garlic 3.125	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.012 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.045 ± 0.009 <sup>abA</sup>
Film + Garlic 6. 25	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.008 ± 0.008 <sup>abB</sup>	1.034 ± 0.009 <sup>abcA</sup>
Film + Garlic 12. 5	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.002 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.029 ± 0.009 <sup>abcA</sup>
Film + Ginger 3.125	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.008 ± 0.000 <sup>abB</sup>	1.040 ± 0.000 <sup>abcA</sup>
Film + Ginger 6.25	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.002 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.029 ± 0.009 <sup>abcA</sup>
Film + Ginger 12. 5	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	0.997 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.024 ± 0.000 <sup>bcA</sup>
Film + Cinnamon 3.125	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.008 ± 0.000 <sup>abB</sup>	1.040 ± 0.000 <sup>abcA</sup>
Film + Cinnamon 6. 25	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	1.002 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.029 ± 0.009 <sup>abcA</sup>
Film + Cinnamon 12. 5	0.960 ± 0.000 <sup>aC</sup>	0.986 ± 0.009 <sup>abB</sup>	1.018 ± 0.009 <sup>cA</sup>

1 control: Jug cheese packed in polyethylene nylon.

2 films: a biodegradable film based on 80% polyvinyl alcohol and 20% pinto bean starch

Results are shown as mean ± standard deviation.

The lowercase letters indicate a significant difference in each column.

Different uppercase letters indicate a significant difference in each row.

داشته است [۱] که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت داشت. مومنی و لشکری در سال (۱۳۹۹) بیان نمودند که افزودن اسانس زیره سیاه به پنیرهای فتای فرابالایش شده موجب کاهش pH و افزایش اسیدیته طی ۶۰ روز نگهداری می‌گردد [۴۶]. همچنین نتایج تحقیق روشنی و همکاران در سال (۱۳۹۴) نشان داد که افزودن درصدهای مختلف اسانس آویشن با گذشت زمان روند کاهش را در pH و افزایشی برای اسیدیته نمونه‌های پنیر موزارلا به همراه داشته است [۴۲].

Di Piero و همکاران، (۲۰۱۱) گزارش کردند که استفاده از فیلم زیست تخریب پذیر آب پنیر/ کیتوزان تغییر معنی‌داری در pH پنیر ریکوتا پس از ۳۰ روز نگهداری ایجاد نکرده است و روند تغییرات اسیدیته افزایشی بوده است [۴۷]. Kavas و همکاران در سال (۲۰۱۵) گزارش دادند که کاهش مقادیر pH تشخیص داده شده در نمونه‌های شاهد در طی نگهداری ۳۰ روز در پنیر کوشار بیشتر از نمونه‌های با پوشش ایزوله پروتئین آب پنیر (WPI<sup>1</sup>) و اسانس زنجبیل WPI مشاهده شده است، آنان اظهار داشتند که روند تغییرات pH و اسیدیته به ترتیب کاهش و افزایشی بوده است [۴۸]. Giani و Pieretti و همکاران در سال (۲۰۱۹) گزارش دادند که فیلم

رابطه بین pH و اسیدیته پنیر تنها به میزان اسید لاکتیک تولید شده توسط فلور میکروبی وابسته نیست، بلکه ظرفیت بافری دلمه پنیر که خود ناشی از میزان کازئین، سیترات و فسفات است نیز در آن نقش دارد [۴۰].

مطالعات نشان دادند که pH پنیر سفید آب نمکی حاوی اسانس‌های موسیر و بادیان در طی دوره نگهداری روند کاهش داشته است و کاهش pH در طی دوره نگهداری به دلایل مختلفی از جمله مصرف لاکتوز، هیدرولیز چربی و پروتئین و تولید اسید لاکتیک، اسیدهای چرب می‌باشد؛ به طوری که تولید همه این اسیدها موجب کاهش pH در پنیر می‌گردد [۴۱ و ۴۲]. روند افزایشی اسیدیته می‌تواند به دلیل اسید لاکتیک و تشکیل هیدروژن باشد [۴۳]. همچنین سطح pH نمونه‌های پنیر به طور قابل توجهی تحت تاثیر پروتئولیز و فراکسیون‌های نیتروژن در طول دوره ذخیره سازی قرار دارد [۴۴]. مدت زمان رسیدن پنیر و میزان اسید و استارت مصرفی، بر روی اسیدیته مؤثر بوده است [۴۵].

حساس و همکاران در سال (۱۳۹۸) گزارش کردند که pH و اسیدیته پنیرهای کوزه‌ای همراه با اسانس پونه کوهی و بتاگلوکان پس از ۶۰ روز نگهداری به ترتیب کاهش و افزایش معنی‌دار

1. Whey protein isolate

در تمامی نمونه‌های پنیر کوزه ای به صورت معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) افزایش یافت در حالی که افزایش میزان اسانس تاثیر معنی‌داری بر میزان نمک نمونه‌های پنیر کوزه ای نداشت. بالاترین میزان درصد نمک پس از ۶۰ روز نگهداری در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته‌بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بدون اسانس (۷/۳۳۲٪) و پایین‌ترین میزان نمک در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته‌بندی شده در پلی اتیلن (۶/۵۷۱٪) مشاهده گردید.

آلژینات همراه با اسانس رزماری و پونه کوهی به لحاظ آماری بر مقادیر pH نمونه‌های پنیر تازه تاثیر گذار نمی‌باشد [۴۹].

### ۳-۳- بررسی نتایج تغییرات میزان نمک

بررسی تغییرات میزان نمک نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته لوبیا چیتی ۲۰٪ و پلی‌وینیل‌الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین، سیر و زنجبیل و مقایسه آن با نمونه شاهد در جدول ۳ نشان داده شده است. با افزایش زمان نگهداری میزان درصد نمک

**Table 3** Evaluation of changes in the salt of jar cheese packed in the optimal biodegradable film based on 20% pinto bean starch and 80% polyvinyl alcohol containing different concentrations of cinnamon, garlic and ginger essential oils and comparing it with the control sample

Treatment	Salt %		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
Polyethylen <sup>1</sup> (control)	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.513 ± 0.033 <sup>bAB</sup>	6.571 ± 0.033 <sup>dA</sup>
Pva 80/20 starch <sup>2</sup> (film)	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.825 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.332 ± 0.033 <sup>aA</sup>
Film + Garlic 3.125	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.805 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.293 ± 0.033 <sup>abcA</sup>
Film + Garlic 6.25	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.766 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.254 ± 0.000 <sup>abcA</sup>
Film + Garlic 12.5	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.766 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.215 ± 0.033 <sup>ca</sup>
Film + Ginger 3.125	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.786 ± 0.000 <sup>aB</sup>	7.273 ± 0.033 <sup>abcA</sup>
Film + Ginger 6.25	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.766 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.254 ± 0.000 <sup>abcA</sup>
Film + Ginger 12.5	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.766 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.234 ± 0.035 <sup>abcA</sup>
Film + Cinnamon 3.125	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.825 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.312 ± 0.000 <sup>abA</sup>
Film + Cinnamon 6.25	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.786 ± 0.000 <sup>aB</sup>	7.293 ± 0.033 <sup>abcA</sup>
Film + Cinnamon 12.5	6.493 ± 0.000 <sup>Ac</sup>	6.766 ± 0.033 <sup>aB</sup>	7.273 ± 0.033 <sup>abcA</sup>

1 control: Jug cheese packed in polyethylene nylon.

2 films: a biodegradable film based on 80% polyvinyl alcohol and 20% pinto bean starch

Results are shown as mean ± standard deviation.

The lowercase letters indicate a significant difference in each column.

Different uppercase letters indicate a significant difference in each row.

یا انتشار تأثیر می‌گذارد همچنین میزان انتشار نمک در پنیر به نسبت چربی به ماده جامد بدون چربی (SNF) و رطوبت به SNF بستگی دارد [۵۱].

علت افزایش میزان نمک طی ۶۰ روز نگهداری در تحقیق حاضر، تبخیر مقداری آب از پنیر و در نتیجه افزایش میزان نمک در ماده خشک می‌باشد. طبق بررسی‌های انجام شده توسط Fox و همکاران در سال (۲۰۰۵) و Mistry and Atweh در سال (۲۰۰۱) دلیل افزایش سرعت جذب نمک در تحقیق حاضر را کاهش میزان چربی می‌توان دانست [۵۲ و ۵۳]. حساس و همکاران، (۱۳۹۸) گزارش کردند میزان نمک در نمونه‌های

محتوای نمک پنیر از حدود ۰/۵ - ۰/۷ درصد (وزنی - وزنی) در پنیر کاتیج، تا حدود ۴-۶ درصد (وزنی - وزنی) در پنیرهای دوماتی متغیر است. عملکرد نمک در پنیر به عنوان ماده نگهدارنده و موثر بر عطر و طعم بوده و عامل تعیین کننده عمده در فعالیت آبی است، بدین ترتیب بر رشد میکروبی، فعالیت آنزیم‌ها، تغییرات بیوشیمیایی در حین رسیدن پنیر و ایجاد همزمان عطر و طعم دلخواه دخالت می‌کند. نمک، همراه با pH و سطح کلسیم، تأثیر زیادی در میزان هیدراتاسیون پارا-کازئین یا تجمع دارد، که به نوبه خود بر ظرفیت اتصال آب ماتریس کازئین، تمایل آن به سینرژیستی موثر است [۵۰]. به طور کلی پذیرفته شده است که میزان رطوبت پنیر بر میزان جذب نمک و



نمونه‌های پنیر کوزه‌ای کاهش معنی‌داری ( $p \leq 0/05$ ) را نشان داد. بالاترین میزان رطوبت پس از ۶۰ روز نگهداری در نمونه پنیر شاهد بسته‌بندی شده در پلی اتیلن (۴۲/۱۱۳٪) و پایین‌ترین میزان درصد رطوبت در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بدون اسانس (۳۱/۷۳۷٪) مشاهده گردید.

مطابق با استاندارد ملی به شماره ۲۳۴۴-۱ میزان رطوبت در پنیرهای تهیه شده از شیر پاستوریزه باید حداکثر ۶۰ درصد باشد [۳۹]، بنابراین میزان رطوبت در تمامی نمونه‌های پنیر کوزه‌ای پس از شصت روز نگهداری در محدوده مجاز استاندارد بودند.

پنیرکوزه‌ای کم چرب اندکی بالاتر از نمونه‌های شاهد مشاهده گردید [۱].

### ۳-۴- بررسی نتایج تغییرات رطوبت

بررسی تغییرات میزان رطوبت در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته لوییا چیتی ۲۰٪ و پلی‌وینیل‌الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین، سیر و زنجبیل و مقایسه آن با نمونه شاهد در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد با افزایش غلظت اسانس‌ها میزان درصد رطوبت در تمامی پنیرها افزایش معنی‌داری ( $p \leq 0/05$ ) و با افزایش زمان نگهداری میزان درصد رطوبت

**Table 4** Evaluation of changes in the humidity of jug cheese packed in the optimal biodegradable film based on 20% pinto bean starch and 80% polyvinyl alcohol containing different concentrations of cinnamon, garlic and ginger essential oils and comparing it with the control sample.

Treatment	Humidity %		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
Polyethylen <sup>1</sup> (control)	44.955 ± 0.033 <sup>Aa</sup>	43.628 ± 0.303 <sup>aB</sup>	42.113 ± 0.195 <sup>aC</sup>
Pva 80/20 starch <sup>2</sup> (film)	44.017 ± 0.073 <sup>la</sup>	38.200 ± 0.281 <sup>hB</sup>	31.737 ± 0.548 <sup>gC</sup>
Film + Garlic 3.125	44.315 ± 0.017 <sup>fgH</sup>	40.825 ± 0.007 <sup>deB</sup>	34.944 ± 0.021 <sup>eC</sup>
Film + Garlic 6. 25	44.625 ± 0.017 <sup>cdA</sup>	41.700 ± 0.080 <sup>eB</sup>	36.615 ± 0.400 <sup>cdC</sup>
Film + Garlic 12. 5	44.788 ± 0.109 <sup>Ba</sup>	42.571 ± 0.125 <sup>bB</sup>	37.777 ± 0.058 <sup>bC</sup>
Film + Ginger 3.125	44.239 ± 0.043 <sup>ghA</sup>	40.654 ± 0.144 <sup>eB</sup>	34.696 ± 0.057 <sup>eC</sup>
Film + Ginger 6.25	44.438 ± 0.017 <sup>efA</sup>	41.295 ± 0.272 <sup>cdB</sup>	36.107 ± 0.110 <sup>dC</sup>
Film + Ginger 12. 5	44.690 ± 0.091 <sup>bcA</sup>	42.400 ± 0.026 <sup>bB</sup>	37.451 ± 0.223 <sup>bcC</sup>
Film + Cinnamon 3.125	44.177 ± 0.046 <sup>Ha</sup>	38.758 ± 0.227 <sup>hB</sup>	32.827 ± 0.400 <sup>fC</sup>
Film + Cinnamon 6. 25	44.365 ± 0.014 <sup>efgA</sup>	39.599 ± 0.231 <sup>gB</sup>	34.172 ± 0.644 <sup>eC</sup>
Film + Cinnamon 12. 5	44.552 ± 0.015 <sup>cdA</sup>	40.146 ± 0.182 <sup>fgB</sup>	35.055 ± 0.077 <sup>eC</sup>

1 control: Jug cheese packed in polyethylene nylon.

2 films: a biodegradable film based on 80% polyvinyl alcohol and 20% pinto bean starch

Results are shown as mean ± standard deviation.

The lowercase letters indicate a significant difference in each column.

Different uppercase letters indicate a significant difference in each row.

حساس و همکاران در سال (۱۳۹۸) گزارش دادند که رطوبت نمونه‌های پنیر کوزه‌ای که در آنها از فیلم بتاگلوکان همراه با عصاره اتانولی استفاده شده است با رسیدن به روز ۶۰ نگهداری کاهش داشته است که عامل موثر در از دست رفتن رطوبت را وجود منافذ در کوزه سفالی دانسته‌اند با این وجود آنان اظهار داشتند که این روند کاهش رطوبت طی دوره نگهداری در نمونه شاهد نسبت به نمونه‌های پنیر کم چرب شدیدتر بوده است، که علت این پدیده را بدلیل برهمکنش پلی ساکارید بتاگلوکان با کازئین شیر و جلوگیری از دست دادن آب ذکر کردند [۱].

روشنی و همکاران در سال (۱۳۹۴) گزارش نمودند که درصدهای مختلف اسانس آویشن تأثیر معنی‌داری بر درصد

پوشش‌های خوراکی به حفظ آب در ماتریس مواد غذایی کمک می‌کند تا انسجام محصول حفظ شود، در نتیجه تجزیه محصول در احتمال کمتری رخ خواهد داد [۵۴]. سختی پنیر تحت تأثیر محتوای آب و پروتئولیز است. بنابراین، ترکیبات پوشش باعث کاهش اتلاف آب، حفظ استحکام شده و روغن به دلیل مهار احتمالی رشد میکروارگانیسم‌ها در کاهش میزان پروتئولیز موثر می‌باشد [۵۵]. با گذشت زمان و از دست رفتن رطوبت، پروتئولیز در پنیر افزایش می‌یابد که می‌تواند سبب ایجاد بافت سختی در پنیر گردد [۵۶]. همچنین کاهش رطوبت در پنیر می‌تواند به علت کاهش هیدروژن موجود در کازئین در دوره زمانی نگهداری باشد [۴۲].

معنی‌داری با تغییرات کمتری در رطوبت نسبت به زمان نشان ندادند، که ممکن است مربوط به عملکرد نیمه نفوذی این پوشش‌ها باشد که مانعی در برابر رطوبت ایجاد می‌کنند. سپس بیان کردند هنگامیکه کاهش درصد رطوبت در نمونه رخ می‌دهد، در نتیجه افزایش درصد کربوهیدرات آن حاصل می‌شود [۴۹].

### ۳-۵- بررسی نتایج تغییرات افت وزن

بررسی تغییرات میزان افت وزن در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته لوبیا چیتی ۲۰٪ و پلی‌وینیل‌الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین، سیر و زنجبیل و مقایسه آن با نمونه شاهد در جدول ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد با افزایش زمان نگهداری و افزایش غلظت اسانس‌های موجود در فیلم‌های زیست تخریب‌پذیر میزان افت وزن در تمامی تیمارهای پنیر کوزه‌ای به‌طور معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) کاهش داشت. بالاترین میزان درصد افت وزن پس از ۶۰ روز رسیدن در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته‌بندی شده با فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بدون اسانس (۲/۱۴٪) و پایین‌ترین میزان درصد افت وزن نمونه پنیر کوزه‌ای بسته‌بندی شده با پنیر کوزه‌ای با بسته‌بندی پلی اتیلنی (۰/۳۰۶٪) مشاهده گردید.

رطوبت پنیر موزارلا نداشته است؛ اما اظهار داشتند که نمونه‌های دارای درصد بالاتر اسانس رطوبت بیشتری را در طی دوره نگهداری از دست داده‌اند [۴۲].

Pakbin و همکاران در سال (۲۰۱۵) میزان رطوبت نمونه‌های پنیر رسیده در ظرف پلاستیکی را بیشتر از کوزه سفالی و به ترتیب ۶۰/۳۷ و ۵۳/۸۱ درصد گزارش دادند. این محققین نتیجه‌گیری نمودند که در مقادیر رطوبت متفاوت و به دلیل ترکیبات شیمیایی پنیر شرایط مختلفی در رسیدن میکروبی پروتئولیتیک ایجاد می‌شود، شاخص پروتئولیز در بین نمونه‌های پنیر رسیده در کوزه سفالی و ظرف پلاستیکی متفاوت دیده شد، بطوریکه شاخص پروتئولیز در پنیر با بسته‌بندی پلاستیکی بالاتر گزارش گردید [۵۷]. در تحقیق دیگری Law and Tamime در سال (۲۰۱۰) گزارش نمودند که اسانس آویشن با داشتن خاصیت آبریزی خود موجب کاهش محتوی رطوبت پنیر شده و خواص عملکردی پنیر را تقویت می‌کند [۵۸]. با نتایج تحقیق حاضر که بیانگر کاهش میزان رطوبت با افزایش میزان اسانس‌ها بود، مشابهت دارد.

در تحقیق دیگری Giani Pieretti و همکاران در سال (۲۰۱۹) گزارش کردند که نمونه بدون پوشش مقادیر بیشتری از رطوبت در طی ۳۰ روز نگهداری از دست داد. اما نمونه‌های حاوی پوشش آلزینات به همراه اسانس رزماری و پونه کوهی تفاوت

**Table 5** Evaluation of changes in the weight loss of jug cheese packed in the optimal biodegradable film based on 20% pinto bean starch and 80% polyvinyl alcohol containing different concentrations of cinnamon, garlic and ginger essential oils and comparing it with the control sample

Treatment	Weight loss %		
	First day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
Polyethylen <sup>1</sup> (control)	2.616 ± 0.594 <sup>Ea</sup>	2.235 ± 0.465 <sup>gA</sup>	2.014 ± 0.195 <sup>iB</sup>
Pva 80/20 starch <sup>2</sup> (film)	9.466 ± 0.365 <sup>Aa</sup>	9.412 ± 0.504 <sup>aA</sup>	2.014 ± 0.134 <sup>aB</sup>
Film + Garlic 3.125	9.038 ± 0.017 <sup>abA</sup>	5.899 ± 0.041 <sup>deB</sup>	1.471 ± 0.031 <sup>bcdC</sup>
Film + Garlic 6.25	8.020 ± 0.562 <sup>bcdA</sup>	5.017 ± 0.126 <sup>eB</sup>	0.907 ± 0.032 <sup>fgC</sup>
Film + Garlic 12.5	7.704 ± 0.115 <sup>Da</sup>	3.859 ± 0.180 <sup>fB</sup>	0.610 ± 0.200 <sup>hC</sup>
Film + Ginger 3.125	9.123 ± 0.237 <sup>abA</sup>	6.040 ± 0.298 <sup>dB</sup>	1.610 ± 0.079 <sup>bcC</sup>
Film + Ginger 6.25	8.119 ± 0.278 <sup>bcdA</sup>	5.354 ± 0.465 <sup>deB</sup>	1.246 ± 0.031 <sup>deC</sup>
Film + Ginger 12.5	7.912 ± 0.297 <sup>cdA</sup>	3.975 ± 0.176 <sup>fB</sup>	0.788 ± 0.165 <sup>ghC</sup>
Film + Cinnamon 3.125	8.952 ± 0.206 <sup>abcA</sup>	8.847 ± 0.409 <sup>abA</sup>	1.723 ± 0.084 <sup>bB</sup>
Film + Cinnamon 6.25	8.239 ± 0.678 <sup>bcdA</sup>	7.890 ± 0.367 <sup>bcA</sup>	1.380 ± 0.027 <sup>cdeB</sup>
Film + Cinnamon 12.5	7.838 ± 0.177 <sup>Da</sup>	7.311 ± 0.305 <sup>cB</sup>	1.094 ± 0.027 <sup>efC</sup>

1 control: Jug cheese packed in polyethylene nylon.

2 films: a biodegradable film based on 80% polyvinyl alcohol and 20% pinto bean starch

Results are shown as mean ± standard deviation.

The lowercase letters indicate a significant difference in each column.

Different uppercase letters indicate a significant difference in each row.

تراوا در برابر رطوبت ثابت کرده است [۴۹]. در تحقیق دیگری Tavares و همکاران در سال (۲۰۱۴) گزارش دادند نمونه پنیر ریکوتا بدون پوشش در مقایسه با نمونه‌های دارای پوشش همراه با اسانس پونه کوهی و رزماری کاهش جرم بالاتری را نشان داده است [۶۴].

Frutuoso Lima و همکاران در سال (۲۰۲۱) گزارش دادند که پنیرها در طی ۲۰ روز ذخیره سازی ۲۵/۶۲-۲/۵۲٪ از وزن خود را از دست دادند. تیمارهای دارای پوشش بدون گالاکتومانان وزن بیشتری از دست دادند، در حالی که تیمارهای ۱ و ۲٪ گالاکتومانان در طی ۲۰ روز ذخیره سازی کاهش وزن جزئی داشتند. بنابراین، پوشش‌ها با حضور گالاکتومانان بدون توجه به غلظت اسانس لیمو، در از دست دادن آب محصول تأثیر گذار بوده است [۶۵].

### ۳-۶- بررسی نتایج ارزیابی حسی (بافت، مزه و بو و پذیرش کلی)

#### ۳-۶-۱- بافت

نتایج نشان داد امتیاز بافت نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم زیست تخریب پذیر بر پایه نشاسته لوبیا چیتی ۲۰٪/و پلی وینیل الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین، سیر و زنجبیل اختلاف معنی داری با یکدیگر و با نمونه شاهد نداشتند ( $p \geq 0.05$ )، بنابراین نتایج آن گزارش نگردید.

#### ۳-۶-۲- بو و مزه

بررسی تغییرات امتیاز بو و مزه پنیرهای کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب پذیر بر پایه نشاسته لوبیا چیتی ۲۰٪/و پلی وینیل الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین، سیر و زنجبیل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی دوره نگهداری در جدول ۶ نشان داده شده است. با افزایش زمان نگهداری میزان امتیاز بو و مزه در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در پلی اتیلن، فیلم بدون اسانس و فیلم زیست تخریب پذیر حاوی اسانس دارچین (۳/۱۲۵، ۳/۲۵ و ۱۲/۵٪) افزایش یافت که این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود. علت این افزایش مزه و بو طی دوره نگهداری می‌تواند مربوط به فرایندهای پروتئولیز و لیپولیز پنیر کوزه‌ای طی دوره نگهداری باشد. توسعه عطر و طعم

محققان گزارش کردند که وجود پوشش می‌تواند از انتقال بخار آب جلوگیری کند و در نتیجه از خسارات اقتصادی جلوگیری نمایند [۵۹]. این رفتار را می‌توان ناشی از نفوذپذیری کم بخار آب منعکس شده توسط پوشش‌ها و ماهیت آبگریز اسانس‌های روغنی دانست که باعث کاهش انتقال مولکول‌های آب به محیط می‌شود (۶۰). نوسانات بالا، حلالیت کم در آب، واکنش‌های ناشی از نور، رطوبت و درجه حرارت در اسانس‌های روغنی ممکن است بر عملکرد آنها در پوشش تداخل کند [۶۱].

Nazan Kavas و همکاران در سال (۲۰۱۵) گزارش دادند که افت وزن در نمونه‌های پنیر کوشار پوشش‌دار با WPI و WPI همراه با اسانس زنجبیل کمتر از نمونه‌های شاهد بوده است؛ آنان اظهار داشتند که رابطه معنی داری بین افزودن WPIG (اسانس زنجبیل) در مقادیر (۱/۵٪ وزنی/وزنی) و افزایش خاصیت ضدآبی پوشش وجود دارد [۴۸]. در تحقیق دیگری که توسط Pena-Serna در سال (۲۰۱۶) به انجام رسید گزارش کردند که استفاده از فیلم با پایه زئین (گلیسرول، زانتان) می‌تواند افت وزنی پنیر را تا ۳۰٪ کاهش دهد [۶۲]. Molina-Hernández و همکاران در سال (۲۰۲۰) کاهش وزن نمونه‌های پنیر خامه ای در طی ۴۲ روز نگهداری با پوشش اسانس سیر، پونه کوهی را بررسی نموده و اظهار داشتند در نمونه‌های نگهداری شده با پوشش اسانس سیر و پونه کوهی، تفاوت معنی داری در افت وزنی در ۴۲ روز مشاهده نشد در حالی که نمونه‌های بسته بندی شده با پوشش پونه کوهی افت وزنی کمتری را نسبت به سایر نمونه‌ها در طی نگهداری ایجاد کردند [۶۳].

در تحقیق که توسط Giani Pieretti و همکاران در سال (۲۰۱۹) به انجام رسید نمونه‌های با پوشش افت وزنی کمتری را نسبت به نمونه بدون پوشش (از دست دادن ۲۶٪ از وزن کل) از خود نشان دادند. اما وجود آلزینات همراه با اسانس روغنی در پوشش بسته‌بندی باعث کاهش کارایی پوشش در کاهش افت وزنی شده است. نمونه‌هایی با پوشش‌های مکمل با آلزینات (روغن پونه کوهی و رزماری) مقادیر نزدیک به ترتیب بین ۲۰ تا ۲۱ درصد افت وزنی را از خود نشان دادند. آنان اظهار داشتند که نتایج با هدف کاهش اتلاف بخار آب نسبت به نمونه بدون پوشش، کارایی پوشش‌های خوراکی را به عنوان یک مانع نیمه

## ۳-۶-۳- پذیرش کلی

بررسی تغییرات امتیاز پذیرش کلی پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر بر پایه نشاسته لویا جیتی ۲۰٪ و پلی‌وینیل‌الکل ۸۰٪ حاوی غلظت‌های مختلف اسانس دارچین، سیر و زنجبیل و مقایسه آن با نمونه شاهد طی دوره نگهداری در جدول ۶ نشان داده شده است. با افزایش زمان نگهداری امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در پلی اتیلن، فیلم بدون اسانس و فیلم زیست تخریب‌پذیر حاوی اسانس دارچین و اسانس زنجبیل (۳/۱۲۵، ۶/۲۵ و ۱۲/۵٪) افزایش یافت که این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود.

امتیاز پذیرش کلی در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای با افزایش میزان اسانس کاهش معنی‌داری ( $p \leq 0.05$ ) یافت. بطوریکه پس از ۶۰ روز نگهداری بالاترین میزان امتیاز پذیرش کلی (۴/۸۳۳) در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر حاوی ۳/۱۲۵ درصد اسانس دارچین و پایین‌ترین میزان امتیاز پذیرش کلی (۱/۶۸۴) در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر حاوی ۱۲/۵ درصد اسانس سیر مشاهده گردید. بطورکلی نمونه‌های پنیر بسته بندی شده در فیلم حاوی اسانس دارچین و سپس اسانس زنجبیل دارای امتیاز پذیرش کلی بالاتری نسبت به فیلم‌های حاوی اسانس سیر مخصوصا در غلظت‌های بالاتر بودند.

Embuena و همکاران در سال (۲۰۱۶) گزارش کردند اختلاف معنی‌داری بین امتیاز طعم پنیر خامه‌ای پوشش داده شده با اسانس پونه کوهی با نمونه شاهد مشاهده نگردید [۶۰]. در پژوهشی دیگر Giani Pieretti و همکاران در سال (۲۰۱۹) پنیر تازه را اسانس رزماری و پونه پوشش دادند و گزارش کردند نمونه‌های پنیر پوشش داده شده با اسانس پونه خواص ارگانولپتیکی مطلوبتری نسبت به اسانس رزماری نشان دادند. آنها علت این نتیجه را عادت بیشتر ذائقه مردم نسبت به طعم پونه بیان داشتند [۴۹].

Ksouda و همکاران در سال (۲۰۱۹) گزارش دادند که نمونه‌های پنیر روکش شده با گیچاواش<sup>۵</sup> در مقایسه با پنیرهای بدون پوشش امتیاز بالاتری از نظر پذیرش کلی نشان دادند [۷۰].

5. Pimpinella saxifraga

در پنیرهای رسیده، فرآیند پیچیده‌ای شامل فعالیت‌های میکروبی و بیوشیمیایی مختلف است که منجر به تولید یک مخلوط ناهمگن از ترکیبات فرار و غیرفرار می‌شود [۶۶]. در بیشتر پنیرها، فرآیند رسیدن با هیدرولیز تری‌گلیسریدها به اسیدهای چرب آزاد با طول زنجیره بیشتر از ۴ اتم کربن همراه است. اسیدهای چرب آزاد پیش‌ساز تشکیل بسیاری از ترکیبات عامل عطر و طعم از قبیل الکلها، استرها، آلدئیدها، کتونها و الکتونها به شمار می‌روند [۶۷]. یکی از واکنش‌های بیوشیمیایی که از نقش مهمی در شکل‌گیری ترکیبات عامل عطر و طعم پنیرهای رسیده برخوردار است، پروتئولیز می‌باشد. اسیدهای آمینه آزاد و پپتیدهای حاصل از هیدرولیز پروتئین‌های شیر، علاوه بر اینکه خود به طور مستقیم، عامل عطر و طعم به شمار می‌آیند، با شرکت در واکنشهایی از قبیل دامیناسیون، دکربوکسیالسیون، دسولفوراسیون و غیره به صورت غیرمستقیم نیز در شکل‌گیری ترکیبات عامل عطر و طعم پنیر نقش‌آفرینی می‌کنند [۶۸].

امتیاز بو و مزه در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای که با فیلم زیست تخریب‌پذیر حاوی اسانس سیر (۳/۱۲۵، ۶/۲۵ و ۱۲/۵٪) و اسانس زنجبیل (۱۲/۵٪) بسته بندی شده بود طی دوره نگهداری کاهش یافت که این کاهش بو و مزه می‌تواند مربوط به ترکیبات مولد عطر و طعم شدید اسانس سیر نظیر ترکیبات آلی گوگردی نظیر تیوسولفات‌ها بخصوص آلپسین [۷ و ۸] و اسانس زنجبیل نظیر سزکوئی‌ترین‌ها و هیدروکربن‌ها (زینجیبرن<sup>۱</sup>، T-ار-کورکومین<sup>۲</sup>، B-سیکویفلاندرن<sup>۳</sup>، B-سیسابولن<sup>۴</sup>، منوترپن‌ها، آلدئیدها و الکل) [۶۹] در غلظت‌های بالا باشد.

بالاترین میزان امتیاز مزه و بو (۴/۴۵۰) در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر حاوی ۳/۱۲۵ درصد اسانس دارچین و پایین‌ترین میزان امتیاز مزه و بو (۱/۴۸۰) در نمونه پنیر کوزه‌ای بسته بندی شده در فیلم بهینه زیست تخریب‌پذیر حاوی ۱۲/۵ درصد اسانس سیر مشاهده گردید.

1. Zingiberrn
2. [T]-ar-curcumene
3. B-secquiphellanderene
4. B-bisabolene

**Table 6** Evaluation of changes in the taste and smell and general acceptance score of jug cheese packed in the optimal biodegradable film based on 20% pinto bean starch and 80% polyvinyl alcohol containing different concentrations of cinnamon, garlic and ginger essential oils and comparing it with the control sample

Treatment	Taste and Smell score		General acceptance (score)	
	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day	30 <sup>th</sup> day	60 <sup>th</sup> day
Polyethylen <sup>1</sup> (control)	3.380 ± 0.140 <sup>bcA</sup>	3.470 ± 0.110 <sup>dA</sup>	3.961 ± 0.16 <sup>bA</sup>	4.121 ± 0.13 <sup>cA</sup>
Pva 80/20 starch <sup>2</sup> (film)	3.450 ± 0.110 <sup>bcA</sup>	3.710 ± 0.080 <sup>dA</sup>	4.142 ± 0.15 <sup>abA</sup>	4.234 ± 0.16 <sup>bcA</sup>
Film + Garlic 3.125	3.020 ± 0.070 <sup>cdA</sup>	2.640 ± 0.170 <sup>eA</sup>	3.271 ± 0.17 <sup>cA</sup>	2.992 ± 0.18 <sup>dA</sup>
Film + Garlic 6. 25	2.650 ± 0.12 <sup>dA</sup>	1.910 ± 0.14 <sup>fB</sup>	2.832 ± 0.33 <sup>cA</sup>	2.271 ± 0.26 <sup>eA</sup>
Film + Garlic 12. 5	1.950 ± 0.09 <sup>eA</sup>	1.480 ± 0.09 <sup>fB</sup>	2.245 ± 0.19 <sup>dA</sup>	1.684 ± 0.35 <sup>fA</sup>
Film + Ginger 3.125	4.250 ± 0.27 <sup>aA</sup>	4.350 ± 0.07 <sup>abcA</sup>	4.533 ± 0.31 <sup>abA</sup>	4.772 ± 0.17 <sup>abA</sup>
Film + Ginger 6.25	4.180 ± 0.16 <sup>aA</sup>	4.310 ± 0.060 <sup>abcA</sup>	4.422 ± 0.15 <sup>abA</sup>	4.652 ± 0.16 <sup>abcA</sup>
Film + Ginger 12. 5	3.880 ± 0.13 <sup>aA</sup>	3.820 ± 0.010 <sup>bcdA</sup>	4.172 ± 0.22 <sup>abA</sup>	4.217 ± 0.23 <sup>bcA</sup>
Film + Cinnamon 3.125	4.220 ± 0.15 <sup>aA</sup>	4.450 ± 0.050 <sup>abcA</sup>	4.632 ± 0.23 <sup>aA</sup>	4.833 ± 0.15 <sup>aA</sup>
Film + Cinnamon 6. 25	4.040 ± 0.072 <sup>abA</sup>	4.310 ± 0.050 <sup>abcA</sup>	4.435 ± 0.15 <sup>abA</sup>	4.450 ± 2.13 <sup>abcA</sup>
Film + Cinnamon 12. 5	3.750 ± 0.100 <sup>abA</sup>	3.780 ± 0.020 <sup>cdA</sup>	4.172 ± 0.18 <sup>abA</sup>	4.261 ± 0.13 <sup>cA</sup>

1 control: Jug cheese packed in polyethylene nylon.

2 films: a biodegradable film based on 80% polyvinyl alcohol and 20% pinto bean starch

Results are shown as mean ± standard deviation.

The lowercase letters indicate a significant difference in each column.

Different uppercase letters indicate a significant difference in each row.

جست و پندار کوزه‌ای بسته‌بندی شده با فیلم زیست تخریب‌پذیر حاوی پلی‌وینیل / نشاسته لوبیاچیتی (۲۰/۸۰٪) و اسانس دارچین (۳/۱۲۵٪) و سیس زنجبیل (۳/۱۲۵٪) تولید نمود و خواص فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر را بهبود بخشید.

## ۵- منابع

- [1] Hassas, B., Nateghi, L., Shahab Lavasani, A. R. 2019. Investigation of physicochemical, microbial and sensory properties of low-fat jug cheeses containing  $\beta$ -glucan powder and ethanolic extract of menthe longifolia. Iranian Food Science and Technology Research Journal, 15(1), 181-198. (Persian)
- [2] Mousavipour, F., Borazjani, M., Hesami Rad, R. 2009. The effect of production area and storage time on changes in dry matter, fat and fatty acids of West Azerbaijan jar cheese. Journal of Animal Sciences Research, 3, 49-55. (Persian)
- [3] Comunian, R., Faggian, A., LiQ, C. 2010. Unrewarded careers in the creative class: the strange case of bomehemian graduates. Papers in regional Science, 89, 389-410.
- [4] Misaghi, A., Saeedi, M., Noori, N., Rezaeigoolestani, M.R. 2018. Study of effect of oregano essential oil and ethanolic extract of

## ۴- نتیجه گیری کلی

در این پژوهش پنیر کوزه‌ای با فیلم زیست تخریب‌پذیر پلی‌وینیل الکل ۸۰٪ / نشاسته لوبیاچیتی ۲۰٪ حاوی اسانس‌های دارچین، سیر و زنجبیل بسته‌بندی گردید و خواص فیزیکوشیمیایی آن طی ۶۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد مورد ارزیابی قرار گرفت و با نمونه پنیر کوزه‌ای شاهد که در پلی اتیلن بسته‌بندی شده بود، مقایسه گردید. استفاده از اسانس‌ها و افزایش غلظت آنها در فیلم زیست تخریب‌پذیر باعث افزایش معنی‌دار در میزان رطوبت و کاهش معنی‌دار وزن در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای طی دوره نگهداری گردید در حالیکه افزایش میزان اسانس تاثیر معنی‌داری بر میزان pH، اسیدیته و نمک نمونه‌های پنیر کوزه‌ای نداشت. همچنین در نمونه‌های پنیر کوزه‌ای با افزایش زمان نگهداری میزان pH، رطوبت و افت وزن کاهش معنی‌داری (p ≤ ۰/۰۵) و میزان اسیدیته و نمک افزایش معنی‌دار (p ≤ ۰/۰۵) یافت. بطوریکه از نظر میزان اسیدیته و رطوبت تمامی نمونه‌های پنیر کوزه‌ای در محدوده مشخص شده در استاندارد ملی ایران بودند. علاوه بر مزایای فیلم زیست تخریب‌پذیر می‌توان از امتیاز ارزیابی حسی نمونه پنیر کوزه‌ای نسبت به نمونه شاهد به دلیل حضور ترکیبات مولد طعم و مزه در اسانس‌ها بهره

- Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes. Food Control, 18, 414 - 420.
- [13] Gurib-Fakim, A. 2006. Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. Molecular Aspects of Medicine, 27, 1 - 93.
- [14] Ranasinghe, L., Jayawardena, B., Abeywickrama, K. 2002. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr et L.M. Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. Letters in Applied Microbiology, 35, 208-211.
- [15] Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., Hosseini, S. M. H. 2012. Investigation of antibacterial activity cinnamon bark essential oil (*Cinnamomum zeylanicum*) in vitro antibacterial activity against five food spoilage bacteria. Journal Food Science and Technology, 35(9), 67-76. (Persian)
- [16] Han, C., Wang, J., Li, Y., Lu, F., Cui, Y. 2014. Antimicrobial-coated polypropylene films with polyvinyl alcohol in packaging of fresh beef. Meat Science, 96, 901-907.
- [17] Chyun, J.C., Huang, L. 2007. Ginger and its bioactive component inhibit enterotoxigenic *Escherichia coli* heat-labile enterotoxin-induced diarrhea in mice. Journal Agricultural Food Chemistry, 55(21), 8390 -8397.
- [18] Mesomo, M.C., Corazza, M.L., Ndiaye, P.M., Dalla Santab, O.R., Cardozoc, L., Scheer, A.D.P. 2013. Supercritical CO2 extracts and essential oil of ginger (*Zingiber officinale* R.): Chemical composition and antibacterial activity. Journal of Supercritical Fluids, 80, 44-49.
- [19] Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P., Gargova, S. 2007. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). Food Chemistry, 102(3), 764-770.
- [20] Gupta, S.K., Sharma, A. 2014. Medicinal properties of *Zingiber officinale* Roscoe. IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences, 1(5), 124-129.
- [21] Abdolsatari, P., Pygambardoost, S.H., Molaei, A., Hashemi, M. 2016. Active packaging of Liqueur cheese with polyethylene nanocomposite films containing metal nanoparticles and migration modeling of silver propolis on antibacterial properties and some physical characteristics of biodegradable polylactic acid films. Iranian Journal Health & Environment, 11(1), 111-122. (Persian)
- [5] Ross, Z.M., O'Gara, E.A., Hill, D.J., Sleightholme, H.V., Maslin, D.J. 2001. Antimicrobial properties of garlic oil against human enteric bacteria: Evaluation of methodologies and comparisons with garlic oil sulfides and garlic powder, Applied and Environmental Microbiology, 67, 475-480.
- [6] Mirzaei, H., Karim, G., Ghiasi Khosroshahi, A. 2008. The Microbiological and chemical quality of traditional Lighvan chesse (White chesse in Brine) produced in Tabriz, n. Journal of Animal and veterinary Advances, 8, 1594-1599.
- [7] Molaei Aghaei, I., Kamkar, A., Akhundzadeh Basti, A., Khanjari, A., Kontominas, M. 2016. Evaluation of antimicrobial effect of garlic essential oil (*Allium sativum* L.) in combination with coating and biodegradable films of chitosan. Quarterly Journal of Medicinal Plants, 15(2), 141-150. (Persian)
- [8] Rohani, S.M.R., Moradi, M., Mehdizadeh, T., Saei- Dehkordi, S.S., Griffiths, M.W. 2011. The effect of nisin and garlic (*Allium sativum* L.) essential oil separately and in combination on the growth of *Listeria monocytogenes*. LWT-Food Science Technology, 44, 2260-2265.
- [9] Kummar, B., Vijayakumar, M., Govindarajan, R., Pushpangadan, P. 2007. Ethnopharmacological approaches to wound healing exploring medicinal plants of India. J Ethnopharmacol, 114, 103- 30.
- [10] Mohammad Beigi, N., Haghghi Asl, A., Hormozi, F. 2008. Investigation of various factors Drasansgyry of cinnamon. College of Engineering, 42(2), 199-203.
- [11] Dashti-Rahmatabadi, M.H., Vahidi Merjardi, A.R., Pilavaran, A.A., Farzan, F. 2009. Antinociceptive effect of cinnamon extract on formalin induced pain in rat. Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, 17, 190-99.
- [12] Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., & Lacroix, M. 2007. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7,

- determining the moisture content of cheese and melted cheeses
- [31] Fajardo, P., Martins, J.T., Fuciños, C., Pastrana, L., Teixeira, J.A., Vicente, A.A. 2010. Evaluation of a chitosan-based edible film as carrier of natamycin to improve the storability of Saloio cheese. *Journal of Food Engineering*, 101, 349–356.
- [32] Hosseini, M., Habibi Najafi, M., B., Mohebbi, M. 2013. Evaluation of Physical, Chemical and Sensory Properties of Imitation Cheese Containing Whey Protein Concentrate and Enzymatically Modified Liqvan Cheese, *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry*, 28, 91- 102. (Persian)
- [33] Hairul, A., Ariksha, J., Mahardika, M., Handayani, D., Aminah, I., Sandrawati, N., Sapuan, S. M., Ilyas, R. A. 2020. Highly Transparent and Antimicrobial PVA Based Bionanocomposites Reinforced by Ginger Nanofiber. *Polymer Testing*. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.106186>.
- [34] Wu, Z., Wu, J., Peng, T., Li, Y., Lin, D., Xing, B., Li, C., et al. 2017. Preparation and Application of Starch/Polyvinyl Alcohol/Citric Acid Ternary Blend Antimicrobial Functional Food Packaging Films. *Polymers*. <https://doi.org/10.3390/polym9030102>.
- [35] Aldapa, G., Alberto, C., Velazquez, G., Miguel, C., Esmeralda, G., Vargas, R., Castro-Rosas, J., Aguirre-Loredo, R. Y. 2020. Effect of Polyvinyl Alcohol on the Physicochemical Properties of Biodegradable Starch Films. *Materials Chemistry and Physics*. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122027>.
- [36] Cano, A., Fortunati, E. Cháfer, M., Kenny, J. M., Chiralt, A., González-Martínez, C. 2015. Properties and Ageing Behaviour of Pea Starch Films as Affected by Blend with Poly (Vinyl Alcohol). *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.01.008>.
- [37] Lum, Y.H., Azizah, Sh., Nona Merry M., Mitan, M., Fairuz, D., Noraiham, M., Hamid, N., Meng Se, S. 2013. "Characterization of Urea Encapsulated by Biodegradable Starch-PVA-Glycerol." *Journal of Polymers and the Environment*. <https://doi.org/10.1007/s10924-012-0552-0>.
- nanoparticles. *Iranian Biosystem Engineering*, 47(4), 667- 676. (Persian)
- [22] Gutierrez, J., Bourke, P., Lonchamp, J., Barry-Ryan, C. 2009. Impact of plant essential oils on microbiological, organoleptic and quality markers of minimally processed vegetables. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 10(2), 195-202. DOI:10.1016/j.ifset.2008.10.005.
- [23] Shojaei, M., Eshaghi, M.R., Nateghi, L. 2021. Investigation of Nano-Biocomposite for Kashar Cheese and Ground Meat Packaging. *Journal of Nutrition and Food Security*, 6(2), 127-136.
- [24] Jayakumar, A., K.V., H., T.S., S., Joseph, M., Mathew, S., G., P., Nair, I. C., & E.K., R. 2019. Starch-PVA composite films with zinc-oxide nanoparticles and phytochemicals as intelligent pH sensing wraps for food packaging application. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.018>
- [25] Aghili Moghadam, H. A., Emadi, B., Hosseini, F., Sadrnia, H. 2016. Production of biodegradable edible film from tragacanth gum and determination of its physical and mechanical properties. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Industry*, (2) 5, 119-130. (Persian)
- [26] Asdagh, A., Khosroshahi, A., Pirsá, S. 2020. Investigation the physicochemical and mechanical properties of biodegradable ilm based on pectin /*Carum copticum* essential oil/ Beta-carotene. *Journal of Food Researches*, 30(1), 211-226. (Persian)
- [27] Rajaei, E., Shekarchizadeh, H. 2019. Investigation of physical and mechanical properties of edible film prepared from opopanax gum (*Commiphora guidottii*). *Journal food science technology*, 91(16), 323-335. (Persian)
- [28] Iranian National Standardization Organization, INSO 2852. 2006. Method for determining total acidity and pH in milk and its products.
- [29] Iranian National Standardization Organization, INSO 1809. 1976. Method of determining salt in cheese.
- [30] Iranian National Standardization Organization, INSO 1753. 1977a. Method for

- of Food Science and Technology, 44, 2324–2327.
- [48] Nazan Kavas, N., Gökhan Kavas, G., Saygili, D. 2015. Use of ginger essential oil-fortified edible coatings in Kashar cheese and its effects on *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus*. *CyTA - Journal of Food*, 1947- 6345.
- [49] Giani Pieretti, G., Pataluch Pinheiro, M., Regina da Silva Scapim, M., Graton, J. Mikcha, M., Scaramal Madrona, G. 2019. Effect of an edible alginate coating with essential oil to improve the quality of a Fresh cheese. *Science, food technology and food engineering*. 1807-8664. Doi: 10.4025/actascitechnol.v41i1.36402.
- [50] Kaplan, N.M. 2000. The dietary guideline for sodium: should we shake it up? *American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 1020–1026.
- [51] Guerts, T. J., Walstra, P., Mulder, H. 1972. Brine composition and the prevention of the defect 'soft rind' in cheese. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 26, 168–179.
- [52] Fox, P.F., Guinee, T. P., Cogan, M. T., Macsweeney, P. L. H. 2005. *Fundamentals of cheese science*. Aspen publication.
- [53] Mistry, S.J., Atweh, G.F. 2001. Stathmin inhibition enhances okadaic acid-induced mitotic arrest, a potential role for stathmin in mitotic exit. *Journal of Biological Chemistry*, 17, 276, 33.
- [54] Szczesniak, A. S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13, 215-225.
- [55] Artiga-Artigas, M., Acevedo-Fani, A., Martín-Belloso, O. 2017. Improving the shelf life of low-fat cut cheese using nanoemulsion-based edible coatings containing oregano essential oil and mandarin fiber. *Food Control*, 76, 1-12. doi: 10.1016/j.foodcont.2017.01.001.
- [56] Bourne, M. C. 2002. Principles of objective texture measurement. In *Food texture and viscosity: Concept and measurement* (1961). 2nd Edition. ISBN: 9781493300167.
- [57] Pakbin, B., Razavi, S.H., Mahmoudi, R. 2015. Physico-chemical and microbiological characteristics of traditional Koozeh cheese, ripened in clay jug and plastic container. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 7(4), 111-118.
- [38] Fortunati, E., Puglia, D., Luzi, F., Santulli, C., Kenny, J. M., Torre, L. 2013. Binary PVA Bio-Nanocomposites Containing Cellulose Nanocrystals Extracted from Different Natural Sources: Part I. *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.03.075>.
- [39] Iranian National Standardization Organization, INSO 1- 2344. 2001. Ripe cheese in salt water Features and test method.
- [40] Parvin, S., Rahman, M.M., Shimazaki, K., Kato, I. 2008. Technology and physicochemical characteristics of traditional Dhaka cheese. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7, 75-80.
- [41] Ehsani, A., Mahmoudi, R., Zare, P., Hassani, A. 2011. Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of shallot and aniseed, *Listeria monocytogenes* in white brine, *Iranian Journal of Food Industry Research*, 12(3), 317-328. (Persian)
- [42] Roshani, S., Gohari Ardabili, A., Arian Far, A. 2015. Antioxidant and antimicrobial effect of thyme essential oil on mozzarella cheese stored at refrigerator temperature. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Industry*, 4(3), 233-246. (Persian)
- [43] Dervişoğlu, M., Yazıcı, F. 2001. Ripening changes of Kulek cheese in wooden and plastic containers. *Journal Food Engineering*, 3, 243-249.
- [44] Andiç, S., Tunçtürk, Y., Gençcele, H. 2011. The effect of different packaging methods on the formation of biogenic amines and organic acids in Kashar cheese. *Journal of Dairy Science*, 94(4), 1668-1678.
- [45] Sameen, A. 2009. Functional and technological properties of mozzarella cheese prepared from cow and buffalo milk. Ph.D thesis. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- [46] Momeni Sarvestani, M., Lashkari, H. 2020. The effect of black cumin essential oil on physicochemical, microbial and sensory properties of ultrafiltration feta cheese. *Iranian Food Science and Technology Research*, 16(4), 409- 421. (Persian)
- [47] Di Piero, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C.V.L., Porta, R. 2011. Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *LWT Journal*



- Aguiar Siqueira, M.C., Silvio do Egito, A., Braga, R.C., Nascimento da Costa, J., Alves Teixeira, D. M. 2021. Development and application of galactomannan and essential oil-based edible coatings applied to “coalho” cheese. *Food processing and preservation*, 45(1), 1- 41.
- [66] Kondyli, E., Massouras, T., Katsiari, M. C. and Voutsinas, L. P. 2003<sup>a</sup>. Lipolysis and volatile compounds in low-fat Kefalograviera-type cheese made with commercial special starter cultures. *Food Chemistry*. 82(2), 203-209.
- [67] Kondyli, E., Massouras, T., Katsiari, M. C. and Voutsinas, L. P. 2003<sup>b</sup>. Free fatty acids and volatile compounds in low-fat Kefalograviera-type cheese made with commercial adjunct cultures. *International Dairy Journal*. 13(1), 47-54.
- [68] Sousa, M. J., Ardö, Y., McSweeney, P. L. H. 2001. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11(4), 327-345.
- [69] Sadeghi Mahani, F., Arianfar, A., Al Sheikh, P. 2015. Introduction of Ginger Plant and Its Therapeutic Properties, 23rd National Congress of Food Science and Technology of Iran, Quchan, Islamic Azad University, Quchan Branch. [https://www.civilica.com/Paper-NCFOODI23-NCFOODI23\\_098.html](https://www.civilica.com/Paper-NCFOODI23-NCFOODI23_098.html). (Persian)
- [70] Ksouda, G., Sellimia, S., Merlier, F., Falcimaigne-cordin, A., Thomasset, B., Nasri, M., Hajji, M. 2019. Composition, antibacterial and antioxidant activities of *Pimpinella saxifraga* essential oil and application to cheese preservation as coating additive. *Food Chemistry*, 288(1), 47-56.
- [58] Law, B. A., Tamime, A. Y. 2010. *Technology of cheese making*. 2nd ed. Wiley-blackwell. Westmorland. UK.
- [59] Krochta, J. M., De Mulder-Johnston, C. 1997. Edible protein films and coatings. In S. Damodaran & A. Paraf (eds), *Food proteins and their applications*, 529–549.
- [60] Embuena, A.I.C., Nacher, M.C., Boix, A.C., Pons, P.M., Llopis, M.B., Martinez, M.C.B., Martinez, C.G. 2016. Quality of goat's milk cheese as affected by coating with edible chitosan-essential oil films. *International Journal of Dairy Technology*, 70, 68-76. doi: 10.1111/1471-0307.12306.\
- [61] Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Sanches-Silva, A. 2017. Application of encapsulated essential oils as antimicrobial agents in food packaging. *Current Opinion in Food Science*, 14, 78-84.
- [62] Pena-Serna, C., Penna, A.L.B., Filho, J.F.L. 2016. Zein-based blend coatings: impact on the quality of a model cheese of short ripening period. *Journal Food Engineering*, 171, 206–213.
- [63] Molina-Hernández, J.B., Echeverri-Castro, A., Martínez-Correa, H.A., Andrade-Mahecha, M.M. 2020. Edible coating based on achira starch containing garlic/oregano oils to extend the shelf life of double cream cheese. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1). <https://doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.75234>
- [64] Tavares, F. O., Pieretti, G. G., Antigo, J. L., Pozza, M. S S., Silva, M. R., Madrona, G. S. 2014. Edible coating added essential oils of oregano and rosemary to use ricotta. *Instituto Cândido Tostes*, 69(4), 249-257. doi: 10.14295/2238- 6416.v69i4.309.
- [65] Frutuoso Lima, A.E., Patrícia Lopes, A., Gomes de Lemos, T. L., Andrade Uchoa, D.E.,



## Evaluation of physicochemical and sensory properties of Jug cheese packed in biodegradable film based on polyvinyl alcohol and pinto bean starch containing essential oils of garlic, ginger and cinnamon

Khazaei, A. <sup>1</sup>, Nateghi, L. <sup>2\*</sup>, Zand, N. <sup>3</sup>, Urumiyehe, A. <sup>4</sup>

1. PhD Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
4. Iran Polymer and Petrochemical Research Institute, Process Research Institute, Plastics Department.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/05/31  
Accepted 2021/08/26

#### Keywords:

Biodegradable film,  
Polyvinyl,  
Pinto bean starch,  
Jug cheese,  
Essential oil.

**DOI:** 10.52547/fsct.18.119.95

\*Corresponding Author E-Mail:  
[eylanatheghi@iauvaramin.ac.ir](mailto:eylanatheghi@iauvaramin.ac.ir)

### ABSTRACT

Biodegradability of food packaging materials is one of the most important parameters of modern food packaging industries. Jug cheese is a hard, somewhat acidic and salty cheese that has a dry appearance and has a higher nutritional value than salt water cheese due to the preservation of nutrients in the curd. Therefore, the aim of the present study was to use a biodegradable film of polyvinyl alcohol and pinto bean starch containing cinnamon, garlic and ginger essential oils to improve the physicochemical and sensory properties of jug cheese and compare with conventional packaging. For this purpose, jug cheese in biodegradable biodegradable film based on polyvinyl alcohol / pinto bean starch (80/20 %) containing different concentrations (3.125, 6.25 and 12.5%) of essential oils Cinnamon, garlic and ginger were packaged and their physicochemical and sensory properties were evaluated during 60 days of storage at 4 ° C and compared with the control sample. The results showed that the use of essential oils and increasing their concentration in biodegradable film caused a significant increase in moisture content and a significant decrease in weight loss in jug cheese samples during storage. Also, with increasing storage time, pH, humidity and weight loss decreased significantly ( $p \leq 0.05$ ) and the amount of acidity and salt increased significantly ( $p \leq 0.05$ ). The general acceptance score of the jug cheese samples packed in biodegradable film containing 3.125% of cinnamon and ginger essential oil after 60 days of storage was higher than the control sample. The use of biodegradable films based on pinto bean starch and polyvinyl alcohol along with cinnamon and ginger essential oils are solutions that can improve the physicochemical and sensory properties of jug cheese during storage and also prevent environmental damage.