



بررسی خاصیت ضد میکروبی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره هیدروالکلی اندام های هوایی

گیاه هوفاریقون بر ماندگاری پنیر سفید

سپیده تیریزی^۱، الهام مهدیان^{۲*}، علی محمدی ثانی^۳، محبوبه سرابی جماب^۴، فاطمه عروجعلیان^۵

۱- دانشجوی دکتری و دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۴- گروه زیست فناوری مواد غذایی، پژوهشکده فناوری های پیشرفته مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

۵- استادیار گروه فناوری های نوین دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، بجنورد، مشهد، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تبدیل ترکیبات زیست فعال به معیاس نانو، به دلیل کاهش اندازه و افزایش سطح، اثرگذاری آن ها را افزایش خواهد داد؛ استفاده از ترکیبات ضد میکروبی در معیاس نانوذرات، می تواند غلظت مصرفی را کاهش دهد. گیاه هوفاریقون با داشتن متابولیت های ثانویه از خاصیت ضد میکروبی برخوردار می باشد. در تحقیق حاضر، ضمن بررسی امکان تولید نانوکپسول حاوی عصاره هیدروالکلی اندام های هوایی گیاه هوفاریقون، اثر ضد میکروبی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره بر ماندگاری پنیر سفید بررسی گردید. جهت تهیه نانوعصاره، از روش تولید امولسیون نانوکپسول های آلزینات کلسیم حاوی عصاره استفاده گردید. نسبت عصاره (با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر میلی لیتر) به آلزینات سدیم، ۱ به ۴ بود. تولید نانوکپسول حاوی عصاره با افزودن نانوذرات کلرید کلسیم به نانوامولسیون آلزینات حاوی عصاره به نسبت ۱ به ۶ به مدت ۴ ساعت صورت گرفت. جهت تهیه پنیر باکتری های /استافیلوکوکوس اورئوس و /اشریشیا کلی و مخمر کاندیدا آلیکنس جداگانه به میزان 10^3 CFU/ml به شیر تلقیح سپس افزودن کلرید کلسیم، آنزیم رنت؛ عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره به شیر انجام گرفت سپس قدرت ضد میکروبی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره، ویژگی های میکروبی نمونه های پنیر مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تعیین اندازه ذرات، شاخص پراکندگی اندازه ذرات، پتانسیل زتا، کارایی ریزپوشانی و بررسی میکروسکوپی، تولید نانوذرات با کارایی ریزپوشانی مناسب را تأیید نمود. نتایج آزمون های میکروبی نمونه های پنیر نشان داد، نمونه حاوی نانوعصاره قادر به کاهش حدود یک سیکل لگاریتمی از میکروارگانیسم تلقیح شده بوده و در زمان ماندگاری مقادیر باکتری گرم مثبت، گرم منفی و مخمر سیر نزولی داشت؛ نمونه حاوی عصاره و نمونه شاهد، میزان میکروارگانیسم ها بیش از ۳ سیکل لگاریتمی بوده و در زمان ماندگاری سیر صعودی داشتند، در مقایسه با نمونه شاهد، نمونه حاوی عصاره به طور معنی داری دارای مقادیر کمتری از میکروارگانیسم ها بود. استفاده از نانوعصاره اندام های هوایی گیاه هوفاریقون، به عنوان جایگزین نگهدارنده های سنتزی، باعث تولید محصول غذایی سالم تر با زمان ماندگاری بیشتر می شود.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۳۰

کلمات کلیدی:

هوفاریقون،

نانوکپسول،

فعالیت ضد میکروبی،

پنیر سفید.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.259

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.10.5

* مسئول مکاتبات:

emahdian2000@yahoo.com

۱- مقدمه

علی‌رغم پیشرفت‌های مدرن در بخش بهداشت و تکنیک‌های تولید غذا، سلامت غذا اهمیت فزاینده‌ای در سلامت عمومی ایفا می‌کند [۱]. سلامت و ایمنی مواد غذایی نگرانی اساسی تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان و سازمان‌های کنترل کننده بوده است؛ به‌ویژه عفونت‌های ناشی از مواد غذایی روند رو به افزایشی را نشان می‌دهد [۲]. گزارشات متعددی در مورد آلودگی مواد غذایی از قبیل شیر، پنیر، بستنی و فراورده‌های مختلف لبنی وجود دارد که نشان‌دهنده نقش اساسی شیر خام در شیوع آلودگی می‌باشد [۳].

از سویی دیگر، هرچند استفاده از نگهدارنده‌های سنتزی در محصولات غذایی، البته در محدوده مجاز آن‌ها، توسط سازمان‌های نظارتی مسئول مجاز شناخته شده است؛ امروزه به‌دلیل شناسایی آثار سوء نگهدارنده‌های سنتزی و مباحث مطرح شده در خصوص عوارض جانبی آن‌ها، تقاضای مصرف‌کنندگان در مورد محصولات غذایی فاقد نگهدارنده‌های سنتزی افزایش یافته است. از این‌رو؛ انتخاب جایگزین مناسب و طبیعی برای این نگهدارنده‌ها احساس می‌شود [۴ و ۵]. استفاده از عصاره و اسانس گیاهان، به عنوان راهکاری مناسب در راستای کنترل میکروارگانیسم‌های بیماریزا و مولد فساد و به تبع آن افزایش ماندگاری مواد غذایی مطرح می‌باشد. تاکنون اثرات ضد میکروبی برخی از ترکیبات گیاهی مطالعه و تأیید گردیده است.

Hypericum Perforatum که در ایران به هوفاریقون معروف است گیاه بومی غرب اروپا، آسیا و شمال آفریقا می‌باشد. اندام‌های هوایی گیاه هوفاریقون حاوی آلکالوئید، فلاونوئید و تانن‌ها می‌باشد [۶]. اثر ضد میکروبی و ضد افسردگی عصاره گیاه هوفاریقون بدلیل وجود ترکیبات هایپریسین، سودوهاپیریسین و هایپرفورین می‌باشد که با تخلیص مواد موثر این گیاه، می‌توان در درمان عفونت‌ها و افسردگی‌ها استفاده کرد [۷ و ۸].

امروزه تکنولوژی نانو در تولید غذا داروها و غذاهای عملگرا به منظور بهبود عملکرد ترکیبات زیست‌فعال کاربرد گسترده‌ای یافته است؛ چرا که علاوه بر حفاظت بیشتر از آن‌ها، به دلیل کاهش اندازه و افزایش سطح، اثرگذاری این‌گونه ترکیبات افزایش خواهد یافت [۴]؛ به طور مثال در تحقیقی نانوکپسول‌های آلژیناتی

حاوی عصاره پوست انار تهیه گردید و پس از بررسی خصوصیات نانوذرات تولیدی، اثرات ضد میکروبی آن بر روی چند میکروارگانیسم مولد فساد در مواد غذایی بررسی گردید. نتایج نشان داد که نانوکپسول‌های حاوی عصاره پوست انار اثر ضد میکروبی بیشتری در مقایسه با عصاره داشتند [۹]. همچنین در تحقیقی دیگر، ضمن بررسی امکان تولید نانوکپسول حاوی عصاره برگ گیاه نوروبزک، اثر ضد میکروبی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره بر نمونه‌های کالباس بررسی گردید. براساس نتایج بدست آمده، محققان خاطر نشان کردند که می‌توان از عصاره برگ گیاه نوروبزک، به ویژه در ابعاد نانو و در مقادیر مناسب، به عنوان جایگزین نگهدارنده‌های سنتزی، جهت دستیابی به محصولی سالم‌تر و با مدت زمان ماندگاری بیشتر استفاده نمود [۱۰]. علاوه بر آن از تکنیک کپسولاسیون جهت به دام اندازی ترکیبات فعال عصاره رزماری استفاده گردید. براساس نتایج بدست آمده، نانوکپسول‌های متشکل از عصاره رزماری سبب افزایش خواص ضد میکروبی شده و فساد میکروبی فیله گوشت گاو را کاهش دادند [۱۱].

با توجه به توضیحات فوق، در تحقیق حاضر برای نخستین بار ضمن تولید نانوکپسول حاوی عصاره اندام‌های هوایی گیاه هوفاریقون اثرات ضد میکروبی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره بر ماندگاری پنیر سفید مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه‌ها

به منظور آماده‌سازی نمونه، اندام‌های هوایی گیاه از مزرعه تهیه و به مدت یک هفته در مکانی دور از نور خورشید با دمای حدود ۲۴ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک و سپس کاملاً پودر گردید [۱۲].

۲-۲- تهیه عصاره اندام‌های هوایی گیاه

هوفاریقون

پودر گیاه خشک‌شده با نسبت ۳۰ به ۷۰ توسط حلال آب/ اتانول خیسانده شد. پس از ۴۸ ساعت، پس از عبور عصاره از صافی پارچه‌ای، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت $3000 \times g$ سانتریفیوژ

کلسیم تهیه شده در مرحله قبل، قطره قطره به نانوامولسیون آلزینات سدیم افزوده شد و به مدت ۴ ساعت روی همزن مغناطیسی با سرعت کم قرار گرفت. لازم به ذکر است نسبت نانوامولسیون به نانو ذرات کلرید کلسیم ۱ به ۶ انتخاب گردید. در انتها جهت جداسازی نانوکپسول‌های آلزینات کلسیم حاوی عصاره، از سانتریفیوژ با سرعت $4000 \times g$ به مدت ۵ دقیقه استفاده شد. حذف کامل روغن از نانوکپسول‌های تهیه شده نیز به کمک شستشو با استون صورت گرفت [۱۷-۱۵].

۲-۴- تعیین اندازه ذرات، شاخص پراکندگی

اندازه ذرات و پتانسیل زتا

به منظور تعیین اندازه ذرات، شاخص پراکندگی و پتانسیل زتا، با استفاده از دستگاه پراش دینامیکی نور (در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) میانگین قطر حجمی کپسول‌ها و نیز بار الکتریکی سطحی ذرات مورد بررسی قرار گرفت [۱۵].

۲-۵- کارایی درون‌پوشانی

میزان ترکیبات فنلی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره به عنوان معیاری در محاسبه کارایی درون‌پوشانی مورد استفاده قرار گرفت. محتوای فنلی تام عصاره قبل از افزودن به امولسیون (A) و میزان آن در سوپرناتانت حاصل از جداسازی نانوکپسول‌های آلزیناتی حاوی عصاره (B)، اندازه‌گیری شد. کارایی درون‌پوشانی مطابق رابطه ۱ محاسبه و به صورت درصد بیان گردید [۱۸].

$$\text{رابطه } \{1\} = (A-B/A) \times 100 = \text{کارایی درون‌پوشانی}$$

لازم به ذکر است محتوای فنل کل بر اساس از روش سینگلتنون و با استفاده از معرف فولین سیوکالتیو و رسم منحنی استاندارد اسیدگالیک محاسبه و براساس میلی‌گرم اسیدگالیک بر گرم عصاره بیان شد [۱۹].

۲-۶- بررسی ریخت‌شناسی نانوکپسول حاوی

عصاره

به منظور بررسی ریخت‌شناسی نانوکپسول‌های حاوی عصاره از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده گردید. ابتدا نمونه آماده-سازی و با لایه نازکی از طلا پوشانده شد و سپس به اتافک نمونه تحت خلاء منتقل و خشک گردید. سپس تصاویر به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی به دست آمد [۱۵].

شد [۱۳و۱۴]. سپس برای تبخیر حلال در داخل اواپراتور دوار در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از آن، با قراردادن عصاره در آن تحت خلاء در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، کاملاً خشک گردید. عصاره خشک شده تا زمان انجام آزمایشات در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

۲-۳- تولید نانوکپسول‌های حاوی عصاره

۲-۳-۱- تهیه نانوذرات کلرید کلسیم

به منظور تولید ژل آلزینات کلسیم حاوی عصاره به روش امولسیون آب در روغن، ضروری است ابتدا ذرات کلرید کلسیم که برای تشکیل ژل مورد استفاده قرار می‌گیرد به ابعاد نانو تبدیل گردد؛ لذا به منظور تولید نانوذرات کلرید کلسیم، محلول ۰/۱ مولار کلرید کلسیم در اتانول تهیه و ۳۰ درصد آن به روغن مایع آفتابگردان حاوی ۶ درصد وزنی/وزنی سورفاکتانت توئین ۸۰ اضافه گردید. مخلوط حاصله به مدت ۱۲۰ ثانیه با ۳۰ سیکل و توان ۷۰ وات صوت دهی شد و سپس به منظور تبخیر اتانول، به مدت ۲۴ ساعت به آن تحت خلاء در دمای ۴۰ درجه سانتی-گراد منتقل شد. بعد از تبخیر کامل اتانول، در دمای محیط و با استفاده از دستگاه پراش دینامیکی نور، اندازه ذرات کلرید کلسیم بررسی و پس از تأیید اندازه ذرات در ابعاد نانو، برای تشکیل ژل استفاده گردید [۱۵و۱۶].

۲-۳-۲- تهیه نانوذرات آلزینات کلسیم حاوی عصاره

تهیه نانوکپسول‌های عصاره، با استفاده از روش امولسیون آب در روغن و پوشش‌دهی عصاره با ژل آلزینات انجام شد. بدین منظور ابتدا با حل نمودن آلزینات سدیم در آب یون‌زدایی شده، محلول ۲ درصد وزنی/حجمی از آن تهیه گردید. سپس با ۱۰۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر از عصاره مخلوط شد. براساس بررسی منابع انجام شده، نسبت عصاره به آلزینات سدیم، ۱ به ۴ انتخاب شد. با استفاده از همزن مغناطیسی با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه، فاز آبی، قطره‌قطره به فاز روغنی حاوی ۶ درصد وزنی/وزنی سورفاکتانت توئین ۸۰، اضافه شد. نسبت فاز آبی به روغنی ۱۰ به ۹۰ بود. پس از تشکیل امولسیون، به منظور تولید نانوامولسیون آلزینات سدیم حاوی عصاره هوفاریقون از هم‌وزنایز اولتراتوراکس با سرعت $15000 \times g$ استفاده شد [۱۷و۱۸].

به منظور تشکیل ژل آلزینات کلسیم در ابعاد نانو، نانوذرات کلرید

۲-۷- بررسی اثر میکروبی عصاره و نانو کپسول

حاوی عصاره روی پنیر

۲-۷-۱- آماده سازی میکروارگانیسم‌ها

میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در این پژوهش، شامل سویه‌های میکروبی گرم منفی *اشریشیا کلی*^۱ (ATCC 1399)، گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس*^۲ (ATCC 1431)، مخمر *کاندیدا آلبیکنس*^۳ (ATCC 10231) و کپک *آسپرژیلوس پارازیتیکوس*^۴ (ATCC 1709) از بانک میکروبی سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران تهیه شدند. بدلیل اینکه عصاره و نانوعصاره هیدروالکلی گیاه هوفاریقون نتوانست در آزمایشات تعیین هاله عدم رشد و MIC/MBC^۵ مانع از رشد کپک گردد لذا استفاده از کپک در ادامه آزمایشات صرف نظر گردید و از سه گروه گرم مثبت، گرم منفی و مخمر در آزمایش استفاده شد. براساس غلظت میکروارگانیسم‌های مورد استفاده در آزمایشات MIC/MBC و براساس نتایج حاصله از آزمون‌های مذکور، به منظور آلوده سازی نمونه‌ها به میکروارگانیسم‌های پاتوژن، 10^3 CFU/mL از هر میکروارگانیسم به شیر مصرفی جهت تولید پنیر اضافه گردید. ابتدا به منظور فعال سازی میکروارگانیسم‌های نگهداری شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد، از محیط کشت TSB^۶ استفاده گردید؛ بدین صورت که هر یک از میکروارگانیسم‌های مذکور به‌طور جداگانه در محیط TBS کشت داده شده و به مدت ۲۰ ساعت در دمای مناسب رشد هر یک از میکروارگانیسم‌ها گرم‌خانه‌گذاری شدند. مرحله فعال سازی به منظور دستیابی به میکروارگانیسم‌های فعال، دو بار به طور متوالی تکرار شد [۲۰].

پس از آن از سوسپانسیون‌های میکروبی تازه، توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۰۰ nm، ابتدا کدورتی معادل استاندارد ۰/۵ مک‌فارلند (در حدود 10^8 CFU/mL تهیه) و سپس با رقت سازی به 10^3 CFU/mL رسانده شد. لازم به ذکر

است به منظور تأیید نهایی میزان میکروارگانیسم‌های تلقیحی، از کشت رقت‌های تهیه شده از میکروارگانیسم‌ها به کمک روش شمارش پلیت استاندارد در محیط TBS نیز استفاده گردید [۲۱ و ۲۲].

۲-۷-۲- تهیه پنیر

به منظور اطمینان از عدم آلودگی شیر به میکروارگانیسم‌ها، ابتدا پاستوریزاسیون شیر در دمای 72 ± 2 درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه انجام شد. قبل از شروع انجام مراحل مختلف پنیر سازی دمای شیر به ۳۵ درجه سانتی‌گراد رسانده شد. سپس CFU/mL 10^3 از هر میکروارگانیسم به‌طور مجزا به نمونه‌های شیر اضافه گردید. پس از آن مقدار ۰/۰۲ درصد وزنی/حجمی از کلرید کلسیم که در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر استریل در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد حل شده بود، به‌طور یکنواخت به شیر اضافه شد و در همین زمان عصاره و یا نانوعصاره گیاه هوفاریقون به‌صورت جداگانه با غلظت ۲۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر اضافه گردید. نهایتاً آنزیم رنت (تهیه شده از شرکت *IIEC*^۷ به مقدار ۰/۰۰۱ درصد وزنی/حجمی پس از حل نمودن آن در آب مقطر استریل به شیر افزوده شده تا عمل انعقاد و تشکیل دلمه پنیر انجام شود. در نهایت نمونه‌های پنیر تولیدی تا زمان انجام آزمایش در یخچال نگهداری شدند. لازم به ذکر است نمونه فاقد عصاره یا نانوکپسول حاوی عصاره، به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد.

به منظور بررسی اثر ضد میکروبی عصاره و نانوعصاره بر میکروارگانیسم‌های تلقیح شده، در روز تولید و تا یک هفته پس از آن، برای کشت در هر بار نمونه برداری، ۱۰ گرم از هر نمونه پنیر تولیدی برداشته و توزین گردید و به وسیله هاون و بوته چینی استریل خرد و داخل ارلن مایر حاوی ۹۰ سی‌سی سیترات سدیم استریل مخلوط شد. و پس از اختلاط کامل رقت‌های سریالی از آن تهیه گردید. در مرحله بعد یک سی‌سی از هر رقت ساخته شده به پلیت حاوی محیط SMA^۸ مذاب انتقال داده شد و با حرکت دورانی، نمونه با محیط کشت به‌طور کامل مخلوط گردید؛ در نهایت نمونه‌های کشت داده شده به مدت ۲۴ ساعت در گرم‌خانه ۳۷ درجه سانتی‌گراد برای باکتری و ۲۵ درجه

1. *Escherichia Coli*
2. *Staphylococcus aureus*
3. *Candida Albicans*
4. *Aspergillus Parasiticus*
5. Minimum inhibitory concentration (MIC) and Minimum bactericidal concentration (MBC)
6. Tryptic Soy Broth

7. Iran Industrial Enzymes Company

8. Standard Methods Agar

۳- نتایج

۳-۱- بررسی خصوصیات نانوکپسول آلژینات

کلسیم حاوی عصاره

جدول ۱ ویژگی‌های نانوکپسول آلژینات کلسیم حاوی عصاره را بعد از جداسازی از سیستم امولسیون نشان می‌دهد که بر اساس نتایج بدست آمده کارایی ریزپوشانی و شاخص پراکندگی ذرات بدست آمده در تحقیق حاضر مناسب می‌باشد. همچنین در شکل ۱ تصویر میکروسکوپ الکترونیکی روشی نمونه نانوکپسول محتوی عصاره اندام‌های هوایی گیاه هوفاریقون تهیه شده را با بزرگنمایی ۵۰× مشاهده می‌شود که شکل نانوکپسول‌های حاصل، مشابه نتایج گزارش شده توسط سایر محققین کروی است.

Table 1 Properties of *Calcium Alginate* Nanocapsules containing *Hypericum Perforatum* extract
*mean ±Standard deviation (n=3)

| Samples | Particle size (nM) | Particle size dispersion Index | Zeta potential (EV) | Efficiency of encapsulation (%) |
|---|--------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Nano Capsule of <i>Hypericum Perforatum</i> | 500 | 0.21 | -38.3 | 85 |

هوفاریقون از پلیمر مذکور استفاده گردید. آلژینات به دلیل غیرسمی بودن، در دسترس بودن، هزینه کم و ژل شدن آسان، یک بیوپلیمر همه‌کاره بوده که معمولاً برای کپسولاسیون ترکیبات مختلف استفاده می‌شود. نتایج کپسوله کردن عصاره‌های مختلف گیاهی در آلژینات کلسیم مورد بررسی قرار گرفته که نشان‌دهنده کارایی مناسب این روش است [۲۶ و ۲۷].

مهمترین علت ایجاد ذرات آلژینات کلسیم تمایل گروه‌های عاملی به‌ویژه گروه‌های کربوکسیل زنجیره‌های پلیمر آلژینات سدیم جهت ایجاد پیوند با یون کلسیم و تکمیل ساختار کمپلکس با این یون می‌باشد. بدلیل ماهیت الکتروستاتیکی و پیوند یونی قوی، ذرات آلژینات کلسیم تشکیل شده همواره به عنوان ذراتی با چسبندگی زیاد به یکدیگر شناخته می‌شوند [۲۸].

از سوی دیگر، بهترین شاخص برای تعیین وضعیت الکتریکی سطح ذرات پتانسیل زتا می‌باشد؛ زیرا میزان تجمع بار در لایه غیرمتحرک و شدت جذب یون‌های مخالف روی سطح ذره را نشان می‌دهد. بالا بودن پتانسیل زتای ذرات موجب بالا رفتن نیروی دافعه الکترواستاتیک و در نتیجه افزایش پایداری فیزیکی

سانتی‌گراد برای مخمر قرار گرفت و پس از آن کلنی‌های تشکیل شده توسط دستگاه کلنی‌کانتر شمارش شد [۲۴-۲۳].

۲-۸- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصل از آزمایشات با استفاده از نرم افزار SPSS 18 و بر اساس روش اندازه‌گیری‌های تکرار شده در زمان انجام شد. آزمون‌ها در سه تکرار انجام شده و نتایج به دست آمده با استفاده از روش تجزیه واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ($P < 0.05$) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

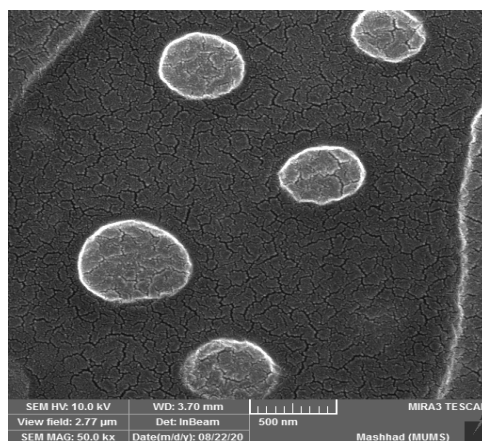


Fig 1 Scanning Electron Microscope image of *Hypericum Perforatum* nano extract

نانو کپسوله شدن ترکیبات زیست فعال از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها محافظت کرده و انتشار این مواد حساس را کنترل می‌نماید [۲۵]. از ترکیبات مختلفی به عنوان دیواره در تولید نانوکپسول می‌توان استفاده نمود که یکی از متداول‌ترین آن‌ها آلژینات کلسیم می‌باشد که در بخش نخست تحقیق حاضر، جهت تولید نانوکپسول از عصاره بدست آمده از اندام‌های هوایی گیاه

سیستم می‌شود [۲۹ و ۳۰].

در تحقیقی دیگر از آلژینات کلسیم برای زیرپوشانی عصاره گیاهی *Phyllanthus amours* استفاده شد. اندازه ذرات در نانوکپسول‌های نهایی ۲۱۳ نانومتر و کارایی ریزپوشانی ۸۹ درصد بدست آمد [۳۱].

گروهی از محققان نانوکپسول‌هایی را جهت حفظ اسانس‌های روغنی زردچوبه و لیمو توسط پلیمرهای آلژینات و کیتوزان تولید نمودند. نتایج آنها نشان داد که استفاده از ۰/۳ میلی‌گرم بر میلی-لیتر آلژینات به همراه ۰/۶ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر کیتوزان سبب تولید نانوکپسول‌هایی با اندازه ذرات ۲۵۶ و ۲۲۶ نانومتر به ترتیب برای دو اسانس زردچوبه و لیمو می‌شود. پتانسیل زتا در هر دو مورد در حدود ۳۵ میلی‌ولت بدست آمد که نشان‌دهنده پایداری مناسب نانوکپسول‌های تولیدی حاوی اسانس‌های روغنی بود. همچنین کارایی کپسولاسیون دو اسانس زردچوبه و لیمو به ترتیب ۷۱/۱ و ۸۶/۹ درصد بدست آمد. نتایج SEM نیز کپسول‌هایی کروی شکل با متوسط اندازه ذرات کمتر از ۳۰۰ نانومتر را نشان داد [۳۲].

همچنین برخی دیگر از محققان از نانوذرات پلیمری زیست تخریب پذیر به روش پیش ژل شدن یونوتروپیک جهت کپسوله نمودن آلیسین استفاده کردند. میانگین اندازه نانو کپسول‌ها با توجه به غلظت زیست‌پلیمر کیتوزان و آلژینات و PH محلول کمپلکس پلی‌الکترولیت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش غلظت کیتوزان و آلژینات و همچنین کاهش PH سبب افزایش اندازه ذرات و کاهش میزان بازده کپسولاسیون گردید. گستره مناسب برای غلظت کیتوزان ۰/۷۵ تا ۱/۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، برای غلظت آلژینات ۲/۶ تا ۳ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و PH مناسب بین ۴/۷-۵/۷ تعیین شد و نانوکپسول‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل‌میدانی (FE-SEM) بررسی شدند که مشخص گردید دارای ساختار کروی و یکنواخت هستند [۳۳].

در مقایسه با نتایج پژوهش سایر محققین، اندازه نانوذرات حاصل در تحقیق حاضر بیشتر بود؛ هرچند در محدوده نانو می‌باشد. علت این امر را می‌توان به بزرگتر بودن اندازه نانو ذرات کلرید کلسیم تهیه شده، نسبت عصاره به آلژینات استفاده شده، تفاوت

در قدرت دستگاه اولتراسوند و هموزنایزر به منظور کوچک کردن اندازه ذرات و یا نحوه افزودن نانو ذرات کلرید کلسیم به نانو ذرات آلژینات سدیم حاوی عصاره جهت تشکیل ژل نسبت داد.

۲-۳- بررسی خاصیت ضد میکروبی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره بر نمونه‌های پنیر تلقیح شده با میکروارگاناسم‌ها

در بخش دوم تحقیق حاضر به بررسی اثر ضد میکروبی عصاره و نانوکپسول حاوی عصاره اندام‌های هوایی گیاه هوفاریقون بر میزان رشد میکروارگاناسم‌های تلقیح شده به پنیر پرداخته شد. نتایج حاصل در جدول شماره ۲ از آنالیز واریانس و مقایسه نمونه حاوی عصاره، نانوعصاره و نمونه شاهد در خصوص شمارش باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* نشان داد که در کلیه روزها، میزان *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه پنیر حاوی نانوکپسول عصاره در مقایسه با نمونه حاوی عصاره کمتر از یک سیکل لگاریتمی بود؛ به عبارتی دیگر با توجه به تزریق 10^3 CFU/mL از باکتری مذکور به نمونه‌ها، نانوکپسول حاوی عصاره توانست در طی مدت زمان یک هفته بررسی، میزان باکتری را در حدود یک سیکل لگاریتمی کاهش دهد. همچنین نتایج حاکی از آن است که هرچند در هر دو نمونه حاوی عصاره و شاهد، شمارش *استافیلوکوکوس اورئوس* بیش از 3 Log CFU/mL بدست آمد؛ میزان باکتری در نمونه حاوی عصاره به طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد بود ($P < 0.05$). بررسی شمارش *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره در طی زمان نشان داد که با افزایش زمان ماندگاری میزان باکتری افزایش یافت به طوری که در روز هفتم نمونه‌برداری، این میزان در خصوص نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره هوفاریقون به ترتیب به $4/03 \text{ Log CFU/mL}$ و $3/85$ رسید؛ این در حالی است که در نمونه پنیر دارای نانوکپسول حاوی عصاره، میزان باکتری مذکور روندی کاهش داشت به طوری که بیشترین میزان آن در روزهای نخست و کمترین میزان در روزهای پایانی نمونه‌برداری بدست آمد. این نتیجه را می‌توان به رهایش تدریجی ترکیبات ضد میکروبی از نانو عصاره در طی مدت ماندگاری نسبت داد.

Table 2 Investigation of *Staphylococcus aureus* count (Log CFU/mL) in Cheese samples

| Maintenance Time | Control Sample | Samples containing Hydroalcoholic Nano extract of <i>Hypericum Perforatum</i> | Samples containing Hydroalcoholic extract of <i>Hypericum Perforatum</i> |
|------------------|----------------------------|---|--|
| After production | 3.58±0.07 ^{*Ad**} | 2.53± 0.04 ^{Ba} | 3.55± 0.02 ^{At} |
| Day 1 | 3.66± 0.06 ^{Acd} | 2.49± 0.07 ^{Ca} | 3.44± 0.03 ^{Be} |
| Day 2 | 3.76± 0.04 ^{Abc} | 2.46± 0.06 ^{Cab} | 3.56± 0.04 ^{Bd} |
| Day 3 | 3.79± 0.07 ^{Abc} | 2.39± 0.03 ^{Cb} | 3.68± 0.03 ^{Bc} |
| Day 4 | 3.83± 0.05 ^{Ab} | 2.36± 0.04 ^{Cbc} | 3.73± 0.04 ^{Bbc} |
| Day 5 | 3.87± 0.08 ^{Aab} | 2.32± 0.03 ^{Ccd} | 3.77± 0.02 ^{Babc} |
| Day 6 | 3.97± 0.06 ^{Aa} | 2.26± 0.05 ^{Cd} | 3.81± 0.04 ^{Bab} |
| Day 7 | 4.03± 0.09 ^{Aa} | 2.23± 0.08 ^{Cd} | 3.85± 0.06 ^{Ba} |

*mean ± Standard deviation (n=3)

**Different capital letters in each row indicate the significant difference (p< 0.05).

Different small letters in each column indicate the significant difference (p< 0.05).

نانوکپسول‌های حاوی عصاره؛ در کلیه روزهای مورد آزمون، حاوی مقادیر کمتری از /شیرشیا کلی در مقایسه با دو نمونه شاهد و حاوی عصاره هوفاریقون بود (P<0.05). در طی مدت زمان ماندگاری ۷ روزه، روند شمارش /شیرشیا کلی در نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره صعودی بود؛ به طوری که بیشترین میزان در روز هفتم بدست آمد. ذکر این نکته ضروری است که در خصوص نمونه پنیر حاوی عصاره هوفاریقون، میزان /شیرشیا کلی در مقایسه با روز تولید، قدری کاهش یافت که البته به لحاظ آماری با روز تولید اختلاف معنی‌داری نداشت (P≥0.05). در خصوص نمونه حاوی نانوعصاره هوفاریقون روندی نزولی مشاهده گردید؛ به طوری که بیشترین و کمترین میزان /شیرشیا کلی با مقادیر Log CFU/mL ۲/۵۹ و ۲/۳۶ به ترتیب به روزهای تولید و هفتم تعلق داشت (P<0.05).

همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در روز تولید نمونه‌های پنیر، میزان /شیرشیا کلی در نمونه حاوی نانوعصاره به‌طور معنی‌داری کمتر از نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره بدست آمد (P<0.05)؛ در صورتی که در روز اول تولید بین میزان /شیرشیا کلی در نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (P≥0.05). در روزهای اول تا سوم نگهداری پنیر، هرچند میزان /شیرشیا کلی در دو نمونه اخیر بیش از ۳ Log CFU/mL محاسبه گردید، میزان باکتری در نمونه شاهد به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۵ درصد، بیش از نمونه حاوی عصاره بود؛ این در حالی است که پس از آن تا پایان زمان ماندگاری ۷ روزه، مجدداً اختلاف معنی‌داری در شمارش /شیرشیا کلی میان نمونه شاهد و نمونه پنیر حاوی عصاره مشاهده نگردید (P≥0.05). نمونه پنیر دارای

Table 3 Investigation of *Escherichia Coli* count (Log CFU/mL) in Cheese samples

| Maintenance Time | Control Sample | Samples containing Hydroalcoholic Nano extract of <i>Hypericum Perforatum</i> | Samples containing Hydroalcoholic extract of <i>Hypericum Perforatum</i> |
|------------------|----------------------------|---|--|
| After production | 3.62±0.04 ^{*Ac**} | 2.59± 0.06 ^{Ba} | 3.59± 0.03 ^{Ad} |
| Day 1 | 3.72± 0.07 ^{Ade} | 5.54± 0.09 ^{Cab} | 3.49± 0.07 ^{Bd} |
| Day 2 | 3.79± 0.06 ^{Acd} | 2.50± 0.05 ^{Cab} | 3.63± 0.06 ^{Bc} |
| Day 3 | 3.83± 0.03 ^{Ac} | 2.49± 0.05 ^{Cab} | 3.70± 0.04 ^{Bc} |
| Day 4 | 3.85± 0.03 ^{Ac} | 2.46± 0.06 ^{Bbc} | 3.79± 0.03 ^{Ab} |
| Day 5 | 3.88± 0.07 ^{Abc} | 2.43± 0.08 ^{Bbc} | 3.83± 0.05 ^{Ab} |
| Day 6 | 3.99± 0.06 ^{Aab} | 2.39± 0.06 ^{Bbc} | 3.86± 0.07 ^{Ab} |
| Day 7 | 4.08± 0.06 ^{Aa} | 2.36± 0.04 ^{Bc} | 3.98± 0.04 ^{Aa} |

*mean ± Standard deviation (n=3)

**Different capital letters in each row indicate the significant difference (p< 0.05).

Different small letters in each column indicate the significant difference (p< 0.05).

روز اول ماندگاری در مقایسه با روز تولید میزان کمتری شمارش گردید ($P < 0.05$). پس از آن تا روز ششم نگهداری، شمارش *کاندیدا/آلبیکنس* سیر صعودی داشت ولی در روز هفتم این مقدار قدری کاهش یافت که البته به لحاظ آماری اختلاف معنی داری بین روز هفتم و روزهای پنجم و ششم نگهداری در شمارش مخمر *کاندیدا/آلبیکنس* مشاهده نگردید ($P \geq 0.05$).

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر می توان گفت اثر عصاره و نانوعصاره هوفاریقون روی رشد باکتری گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس*، باکتری گرم منفی *اشریشیا کلی* و مخمر *کاندیدا/آلبیکنس* مشابه بود؛ به طوری که در مورد هر سه میکروارگانیسم مذکور نانوکپسول حاوی عصاره توانست در حدود یک سیکل لگاریتمی از میزان میکروارگانیسم تلقیح شده بکاهد؛ درحالی که در خصوص عصاره هوفاریقون این اثر مشاهده نگردید. همچنین در مقایسه با نمونه شاهد، نمونه حاوی عصاره هوفاریقون اثر ضد میکروبی بیشتری نشان داد، اما آنچنان محسوس نبود.

نتایج آماری بررسی اثر عصاره و نانوعصاره هوفاریقون بر میزان *کاندیدا/آلبیکنس* در نمونه های پنیر در جدول ۴ قابل مشاهده است. همان طور که در نتایج نشان داده شده است، بجز در روز تولید، که میان شمارش مخمر در نمونه شاهد و نمونه حاوی عصاره اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود ($P \geq 0.05$)، در سایر روزهای نگهداری، میزان *کاندیدا/آلبیکنس* به طور معنی داری در نمونه حاوی نانوعصاره کمتر از نمونه حاوی عصاره؛ و شمارش این مخمر در نمونه حاوی عصاره از نمونه شاهد کمتر بدست آمد ($P < 0.05$). شمارش *کاندیدا/آلبیکنس* در نمونه شاهد و نمونه دارای نانوکپسول حاوی عصاره هوفاریقون در طی مدت زمان ماندگاری ۷ روزه، از روندی مشابه با شمارش دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی مورد بررسی در این تحقیق پیروی نمود؛ به طوری که در مورد نمونه شاهد روندی صعودی و در خصوص نمونه پنیر حاوی نانوعصاره روندی نزولی مشاهده گردید؛ این در حالی است که میزان *کاندیدا/آلبیکنس* در نمونه حاوی عصاره هوفاریقون روندی یکسان در طی زمان نداشت؛ به طوری که در

Table 4 Investigation of *Candida Albicans* count (Log CFU/mL) in Cheese samples

| Maintenance Time | Control Sample | Samples containing Hydroalcoholic Nano extract of <i>Hypericum Perforatum</i> | Samples containing Hydroalcoholic extract of <i>Hypericum Perforatum</i> |
|------------------|----------------------------|---|--|
| After production | 3.54±0.03 ^{*Ad**} | 2.50± 0.07 ^{Ba} | 3.51± 0.05 ^{Ad} |
| Day 1 | 3.62± 0.04 ^{Ac} | 2.47± 0.09 ^{Ca} | 3.32± 0.02 ^{Bc} |
| Day 2 | 3.75± 0.07 ^{Ab} | 2.39± 0.06 ^{Cab} | 3.50± 0.03 ^{Bd} |
| Day 3 | 3.80± 0.03 ^{Ab} | 2.34± 0.02 ^{Cb} | 3.65± 0.01 ^{Bc} |
| Day 4 | 3.83± 0.02 ^{Ab} | 2.27± 0.06 ^{Cbc} | 3.69± 0.03 ^{Bbc} |
| Day 5 | 3.86± 0.05 ^{Ab} | 2.2± 0.08 ^{Cc} | 3.72± 0.04 ^{Bab} |
| Day 6 | 3.97± 0.04 ^{Aa} | 2.1± 0.07 ^{Ccd} | 3.78± 0.05 ^{Bab} |
| Day 7 | 4.01± 0.01 ^{Aa} | 2.04± 0.05 ^{Cd} | 3.76± 0.02 ^{Ba} |

*mean ± Standard deviation (n=3)

**Different capital letters in each row indicate the significant difference ($p < 0.05$).

Different small letters in each column indicate the significant difference ($p < 0.05$).

[۳۴ و ۳۵]

گیاه *Hypericum Perforatum* در درمان آگزما، زخم پوستی و سوختگی مؤثر می باشد و ضد سرماخوردگی، گلودرد و اشتها آور است و به عنوان ارتقاء دهنده سیستم ایمنی بدن و ضد سرطان شناخته شده است [۳۶].

در بررسی عصاره هیدروالکلی اندام های هوایی گیاه هوفاریقون نتایج بدست آمده نشان داد که ترکیبات اصلی عصاره شامل ۶

هرچند تاکنون تحقیقی در زمینه بررسی اثر ضد میکروبی عصاره گیاه هوفاریقون در محصولات غذایی انجام نشده است؛ مطالعات پژوهشگران نشان می دهد گیاه *Hypericum Perforatum* که به عنوان *St. John's worth* نیز شناخته می شود، یکی از معدود گیاهان دارویی اقتصادی، غیرسمی و پرمصرف در جهان است. ترکیبات مختلفی با فعالیت های بیولوژیک اثبات شده از این گونه استخراج شده است که اثرات مختلف ضد میکروبی، ضد اکسایشی، ضد افسردگی و فعالیت ضد التهابی را دارا می باشد

هوفاریقون روی چهار گروه میکروارگانیسم *استافیلوکوکوس اورئوس*، *اشریشیا کلی*، *کاندیدا آلبیکنس* و *آسپریلیوس پارازیتیکوس*^{۲۶} مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج بدست آمده، میزان MIC و MBC عصاره در برابر *اشریشیا کلی*، *استافیلوکوکوس اورئوس*، *کاندیدا آلبیکنس* و *آسپریلیوس پارازیتیکوس* به ترتیب ۱۰۰، ۵۰، ۲۵ و بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود. MIC و MBC نانو کپسول حاوی عصاره در برابر میکروارگانیسم‌های مذکور به ترتیب معادل ۱۲/۵، ۶/۲۵، ۳/۱۲۵ و بیش از ۲۰۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بدست آمد. مطابق نتایج حاصل، اثر ضد میکروبی نانو کپسول حاوی عصاره بیشتر از عصاره با غلظت یکسان بود. بیشترین اثر ضد میکروبی بر روی مخمر *کاندیدا آلبیکنس* مشاهده شد؛ درحالی که عصاره و نانو کپسول حاوی عصاره در بالاترین غلظت، خاصیت ضدقارچی در برابر *آسپریلیوس پارازیتیکوس* نداشت [۴۲].

۴- نتیجه گیری

هدف از تحقیق حاضر استخراج عصاره هیدروالکلی از اندام های هوایی گیاه هوفاریقون و تولید نانو کپسول حاوی عصاره و بررسی اثر ضد میکروبی نانو کپسول حاوی عصاره بر ماندگاری پنیر در مدت زمان نگهداری بود. نتایج بدست آمده در خصوص تولید نانو کپسول حاوی عصاره هوفاریقون و نیز بررسی میکروسکوپی آن، تولید نانوذرات مناسب را تأیید نمود. همچنین نتایج آزمون‌های میکروبی روی نمونه‌های پنیر نشان داد که در مجموع می‌توان گفت اثر عصاره و نانو کپسول حاوی عصاره هوفاریقون روی رشد باکتری گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس*، باکتری گرم منفی *اشریشیا کلی* و مخمر *کاندیدا آلبیکنس* مشابه بوده؛ و در مورد هر سه میکروارگانیسم، در نمونه حاوی نانو کپسول عصاره، در حدود یک سیکل لگاریتمی میزان میکروارگانیسم‌های تلقیح شده کاهش یافت.

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقاتی در خصوص اثر ضد میکروبی عصاره و نانو عصاره گیاه هوفاریقون بر افزایش ماندگاری پنیر سفید و یا سایر محصولات غذایی انجام نشده است، بر اساس نتایج بدست آمده در این تحقیق، می‌توان گفت تبدیل عصاره به

گروه اصلی نفتودیانترون^۹، فلوروگلوکوسینول^{۱۰}، فلاونوئیدها^{۱۱}، بی فلاون‌ها^{۱۲}، فنیل پروپان‌ها^{۱۳} و پروآنتوسیانیدین‌ها^{۱۴} بوده؛ علاوه بر این، عصاره حاصل حاوی مقادیر کمی از تانن^{۱۵}، گزانتون^{۱۶}، اسانس‌های روغنی و اسیدهای آمینه نیز می‌باشد [۳۷-۳۸].

در تحقیقی دیگر هایپرین^{۱۷} و هایپرفورین^{۱۸} را به عنوان اصلی‌ترین ترکیبات شیمیایی عصاره گیاه هوفاریقون که در غلظت‌های بالا دارای خاصیت ضد میکروبی هستند، معرفی نمودند [۳۹ و ۴۰].

گروهی از محققان بیشترین فعالیت ضدباکتریایی عصاره اتانولی اندام‌های هوایی *Hypericum Perforatum* در زمان گلدهی گیاه را در برابر باکتری‌های گرم مثبت *اتروکوکوس فکالیس*^{۱۹} و *استافیلوکوکوس اورئوس* و باکتری‌های گرم منفی *سالمونلا تیپه موربوم*^{۲۰}، *شیگلا دیسانتری*^{۲۱}، *اشریشیا کلی*، *یرسینیا اینتروکولیتیکا*^{۲۲} و *سودوموناس آنروژنز*^{۲۳} به روش تعیین قطر هاله عدم رشد بررسی نمودند. براساس نتایج بدست آمده بیشترین فعالیت ضدباکتریایی در برابر باکتری‌های گرم مثبت با قطر هاله عدم رشد در حدود ۲۶-۲۵ میلی متر حاصل شد؛ درحالی که عصاره گیاه، اثر ضد میکروبی بسیار کمی بر روی باکتری‌های گرم منفی داشت [۴۱].

در تحقیقی عصاره هیدروالکلی اندام‌های هوایی گیاه *Hypericum Perforatum* استخراج گردید و عصاره حاصله توسط نانوذرات آلژینات کلسیم درون پوشانی شد و حداقل غلظت بازدارندگی (MIC^{۲۴}) و حداقل غلظت کشندگی (MBC/MFC^{۲۵}) عصاره و نانوذرات حاوی عصاره گیاه

9. Naphthodianthrones
10. Phloroglucinols
11. Flavonoids
12. Biflavones
13. Phenylpropanes
14. Proanthocyanidins
15. Tanins
16. Xanthones
17. Hypericin
18. Hyperforin
19. Enterococcus faecalis
20. Salmonella typhi
21. Shigella dysenteriae
22. Yersinia enterocolitica
23. Pseudomonas aeruginosa
24. Minimum Inhibitory Concentration (MIC)
25. Minimum Bactericidal Concentration/ Minimum fungicidal Concentration (MBC/MFC)

26. *Aspergillus parasiticus*

Bostan A, 2020. Production of Nanocapsules Using *Salvia Leriifolia* Leaf Extract and Assessing Effects of the Extract and Nanocapsules Containing the Extract on Microbial Properties in Sausages during the Shelf Life. *Iranian Journal of Nutrition Science and Food Technology*. 15 (2):121-130.

- [11] Rashidaie Abandansarie, S.S., Ariaii, P. Charmchian Langerodi, M. 2019. Effect of encapsulated rosemary extract on oxidative and microbiological stability of beef meet during refrigerated storage. *Food Science and Nutrition*, (12):3969-3978.
- [12] AOAC. 1990. Official method of analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists. (No. 934.06).
- [13] Aliakbarian B, Fathi A, Perego P, Dehghani F, 2012. Extraction of antioxidant from winery wastes using subcritical water. *J Supercrit Fluids*. 65:18-24.
- [14] Marino C, Rivas-Gonzalo C, Ibanez E, Moreno C, 2006. Recovery of catechins and proanthocyanidins from winery by-products using subcritical water extraction. *Analytica Chimica Acta*. 563: 44-50.
- [15] Yoksan R, 2010. Jirawutthiwongchai J, Arpo K. Ionic gelation processes. *Colloids Surf. B*. 76(1): 292-297.
- [16] Bhowmik BB, Sa B, Mukherjee A, 2006. Preparation and in vitro characterization of slow release testosterone Nano capsules in alginates. *ACTA Pharmaceutical*. 56: 417-429.
- [17] Paques JP, Van-Der-Linden E, Van-Rijn CGM, Sagis LMC, 2012. Alginate submicron beads prepared through w/o emulsification and gelation with CaCl₂ nanoparticles. *Food Hydrocoll*. 40: 182-188.
- [18] Saikia S, Mahnot NK, Mahanta CH, 2015. Optimization of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chem*. 171:144- 152.
- [19] Singleton V, Orthofer R, Raventos R, 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by mean of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymology*. 299: 152-178.
- [20] Garrity G.M. Bell J.A., Lilburn T.G., 2012. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* 2nd Edition. Springer, New York.
- [21] Farsam H, Amanlou M, Reza Dehpour A, Jahaniani F, 2000. Anti-inflammatory and

شکل نانوکپسول‌های حاوی آن، اثربخشی این ترکیبات را افزایش داده؛ به ویژه در طی مدت زمان نگهداری با رهایش تدریجی، قادر است در افزایش ماندگاری محصولات غذایی مفید واقع شود.

۵- منابع

- [1] Khakpour S, Akhlaghdoust M, Naimi S, Mohammad S, Mirlohi J, Abedian M, et al. 2013. Effect of *Biebersteinia Multifida* DC. Root Extract on Cholesterol in Mice. *Zahedan J Res Med Sci*, 15(11):49-51.
- [2] Burt S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a Review, *International Journal of Food Microbiology*, 94(3):223-253.
- [3] Akbarmehr J. 2003. Survey on the Contamination of Fresh White Cheese Produced in Sarab and Rural Area with *Brucella* Spp. *J Fac Vel Med Univ Tehran*, 58(3):203-206.
- [4] Perumalla A, Hettiarachchy NS. 2011. Green tea and grape seed extracts -Potential applications in food safety and quality. *Int. Food Res. J.*, 44: 827-839.
- [5] Silvan M, Mingo E, Hidalgo M, Pascual-Teresa S, Carrascosa AV, Martinez-Rodriguez AJ, 2013. Antibacterial activity of a grape seed extract and its fractions against *Campylobacter* spp. *Food Control*. 29: 25-31.
- [6] Naghdi Badi H, Amin G, Makkizadeh M, Ziai S. 2005. St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.): A Review. *J. Med. Plants*, 4 (16) :1-14.
- [7] Mortensen T, Shen S, Shen F, Walsh MK, Sims RC, Miller CD, 2012. Investigating the effectiveness of St John's wort herb as an antimicrobial agent against mycobacteria. *Phytother Res*. 26(9): 1327-1333.
- [8] Hübner AT. 2003. Treatment with *Hypericum perforatum* L. does not trigger decreased resistance in *Staphylococcus aureus* against antibiotics and hyperforin. *Phytomedicine*. 10(2-3):206-208.
- [9] Rahneemoun, P., Sarabi-Jamab, M., Bostan, A., Mansouri, E. 2021 Nano-encapsulation of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract and evaluation of its antimicrobial properties on coated chicken meat. *Food Bioscience*. 43: 101331.
- [10] Sarabi Jamab M, Kaveh M, Modarres M,

- extract of *Pyllanthus amarus* Scham & Thonn ameliorates ccl4 induced hepatotoxicity in Wistar rats. *Indian J. Exp. Biol.* 50: 785-794.
- [32] Natrajan D, Srinivasan, Sunder K, Ravindran A, 2015. Formilation of essential oil-loaded chitosan-alginate nanocapsoules. *J Food Drug Anal.* 23:560-568.
- [33] Fakoor M, Rajabzadeh Gh, Taghvaei Ganjali S, 2015. Encapsulation of allicin into biodegradeable polymeric nanoparticales and characterization of nanocapsules, *Journal of applied Research in Chemistry*, (1) 51-57.
- [34] Maruzzella GC, Sicurella NA, 1960. Antibacterial activity of essential oil vapors, *Journal of Pharmaceutical Science.* 4(49): 692-694.
- [35] Güneş S. and Tihminlioğlu F, 2017. *Hypericum perforatum* incorporated chitosan films as potential bioactive wound dressing material. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102:933-43.
- [36] Bongiorno P, 2010. *Hypericum* for Depression. *Natural Medicine Journal.* 2(12):1-9.
- [37] Bruni R, Sacchetti G, 2009. Factors affecting polyphenol biosynthesis in wild and field grown *St. John's Wort* (*Hypericum perforatum* L. *Hypericaceae/Guttiferae*). *Molecules.* 14:682-725.
- [38] Nahrstedt, A., Butterweck, V, 1997. Biologically active and other chemical constituents of the herb of *Hypericum perforatum* L. *Pharmacopsychiatry*, 30:129-134.
- [39] Erdogrul O, Azirak S, Tosityali C, 2004. Antimicrobial activities of *Hypericum scabrum* extracts, *KSU. J. Sci. Eng.* 7(2):2-6.
- [40] Reichling, J., Weseler, A., Saller, R, 2001. A current review of the antimicrobial activity of *Hypericum Perforatum* L. *Pharmacopsychiatry*, 34:S116-S118.
- [41] Mazandarani, M., Yassaghi, S., Rezaei, M.B., Mansourian, A.R., Ghaemi, E.O, 2007. Ethnobotany and antibacterial activities of two endemic species of *Hypericum* in North-East of Iran. *Asian Journal of Plant Sciences*, 6:354-358.
- [42] Tabrizie S, Mahdian E, Mohammadi Sani A, Sarabi-Jamab M, Oroojalian, 2020. Investigation of Antimicrobial properties of the Extract and Nano-extract of Arial organ of *Hypericum Perforatum*, *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 10(4):199-203.
- analgesic activity of *Biebersteinia multifida* DC. Root extract. *J Ethnopharmacol.* 71(3):443-447.
- [22] Moosavy MH, Basti AA, Misaghi A, Karim G, Zahraei Salehi T, Mostafavi E, 2009. Effect of Nisin on the rowth of *Staphylococcus aureus* in Commercial Barley Soup. *Pharmac Sci.* 15(3):235-240.
- [23] Raeisi M, Tajik H, Razavi R, Maham M, Moradi M, Hajimohammadi B, et al, 2012. Essential oil of tarragon (*Artemisia dracunculus*) antibacterial activity on *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in culture media and Iranian white cheese. *Iran J Microbial.* 4(1):30-34.
- [24] Hassanien MF, Mahgoub SA, El-Zahar KM, 2014. Soft cheese supplemented with black cumin oil: Impact on food borne pathogens and quality during storage. *Saudi J Biol Sci.* 21(3):280-288.
- [25] Mohammadi A, Jafari SM, Esfanjani AF, Akhavan S, 2016. Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. *Food Chemistry.* 19: 513-519.
- [26] Najafi-Soulari S, Shekarchizadeh H, Kadivar M, 2016. Encapsulation optimization of lemon balm antioxidants in calcium alginate hydrogels. *Journal of Biomaterials Science Polymer Edition.* 27(16): 1631-1644.
- [27] Stojanovic R, Belscak-Cvitanovic A, Manojlovic V, Komes D, Nedovic V, Bugarski B, 2012. Encapsulation of thyme (*Thymus serpyllum* L.) aqueous extract in calcium alginate beads. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 92(3): 685-696.
- [28] Palombo EA, Semple SJ, 2001. Antibacterial activity of traditional Australian medicinal plants. *J Ethnopharmacol.* 77(2-3):151-157.
- [29] Daemi H, Barikani M, Bremer M, 2012. The effect of calcium and lginate ions on the properties of calcium alginate nanoparticles. *JPST.* 1:25-32.
- [30] Khoshmanzar M, Ghanbarzadeh M, Hamishehkar H, Soti-Khiabani M, Rezaei Makaram R, 2012. Investigating Factors Affecting Particle Size, Zeta Potential and Permanent Rheological Properties in a Colloidal System Containing Sodium Capacaragin-Casetinate Nanoparticles. *JRIFST.* 4:272-255.
- [31] Deepa V, Sridhar R, Goparaju A, Reddy P, Murthy P, 2012. Nanoemulsified ethanolic



Investigation of Antimicrobial Properties of Extract and Nano-extract of Aerial Organ of *Hypericum Perforatum*

Tabrizi, S. ¹, Mahdian, E. ^{2*}, Mohammadi Sani, A. ³, Sarabi-Jamab, M. ⁴, Oroojalian, F. ⁵

1. PhD Student and MSc Graduate Student, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.
4. Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST), Mashhad, Iran.
5. Department of Advanced Sciences and Technologies, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnourd, Iran.

ABSTRACT

In this study, the extract of *Hypericum Perforatum* aerial organs was prepared by hydro alcoholic solvent and the extract was coated in calcium alginate nanoparticles and the antimicrobial properties of the extract and nanoparticles on four gram-positive, gram-negative yeast and mold groups were investigated and Nanocapsules containing extract were evaluated on the shelf life of white cheese. To prepare Nano-extracts, the emulsion production method of alginate-calcium Nanocapsules containing the extract was used. The production of Nanocapsules containing the extract was done by adding calcium chloride nanoparticles to the alginate Nanoemulsion containing the extract in a ratio of 1 to 6 for 4 hours. To prepare the cheese, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans* yeast are inoculated separately into the milk at a rate of 10³ CFU / ml and then added calcium chloride, Rennet enzyme, extract and Nanocapsules containing extract to milk were done and the microbial properties of the cheese samples were evaluated on the day of production and up to seven days after. The results of particle size determination, particle size dispersion index, and potential and efficiency of encapsulation for the production of Nanocapsules containing *Hypericum Perforatum* extract and its microscopic examination confirmed the production of nanoparticles with appropriate efficiency of encapsulation. Also, the results showed that for all three microorganisms tested, the sample containing Nano-extract was able to reduce about one logarithmic cycle of the inoculated microorganism and during the shelf life of gram-positive, gram-negative and yeast had a downward trend ($P < 0.05$). The results of the present study showed that using plant extracts containing antimicrobial compounds such as extracts of aerial organs of *Hypericum Perforatum* plant, especially in Nanoparticle and in appropriate quantities, as an alternative to synthetic preservatives, produce a healthy food product and with longer shelf life, it will be possible.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/ 01/ 18

Accepted 2022/ 07/ 21

Keywords:

Hypericum Perforatum,
Nano capsules,
Antimicrobial activity,
White Cheese.

DOI: 10.22034/FSCT.19.128.259

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.128.10.5

*Corresponding Author E-Mail:
emahdian2000@yahoo.com