مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تولید شیر موکای فراسودمند حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس (GG)* انکپسوله شده

هانیه نیلفروش‌زاده[۱]، مهشید جهادی[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/٤

کلمات کلیدی:

پروبیوتیک،

لاکتوباسیلوس رامنوسوس (GG)،

انکپسولاسیون ،

شیرموکا

DOI: **10.22034/FSCT.21.149.1.**

مسئول مکاتبات: *

m.jahadi@khuisf.ac.ir

چکیده

تولید فرآورده‌های لبنی حاوی باکتری های پروبیوتیک با ویژگی‌های ارزشمند تغذیه‌ای امروزه، از موضوعات مهم صنعت غذا می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی بقای باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس رامنوسوس (GG)* به فرم آزاد و انکپسوله شده در شیر موکا و تاثیر آنها بر ویژگی های شیر طی ۲۱ روز نگهداری در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. برای انکپسولاسیون *لاکتوباسیلوس رامنوسوس (GG)* به روش اکستروژن از سدیم آلژینات، سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات-اینولین استفاده شد. مواد حامل مورد استفاده جهت انکپسولاسیون، تاثیر معناداری بر راندمان انکپسولاسیون نداشتند و همه‌ی حامل‌ها راندمان کپسولاسیون حدود ۹۰ درصد را فراهم کردند. طبق یک الگوی مشابه در طول مدت نگهداری به طور معناداری pH همه نمونه‌های شیر موکا افزایش یافت، اما تغییرات pH در شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* در فرم آزاد بیشتر بود (۰/۰۵ >p). قدرت مهار رادیکال آزاد DPPH و میزان محتوای فنول کل در شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس(GG)* انکپسوله شده و آزاد بیشتر از شاهد بود. همچنین میزان زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس (GG)* انکپسوله شده به طور معناداری بیشتر از زنده مانی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس(GG)* در فرم آزاد در شیر موکا طی ۲۱ روز نگهداری در دمای ٤ °C بود (۰/۰۵ >p). انکپسولاسیون به طور معناداری مطلوبیت بافت شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس(GG)* انکپسوله شده را کاهش داد (۰/۰۵ >p) اما بر سایر ویژگی‌های حسی تاثیری معناداری نداشت.

۱-مقدمه

شیرهای طعم‌دار، محصولات آماده مصرف هستند که از شیر تخمیر نشده با محتوای چربی متفاوت، مخلوط با موادی مانند شکر یا شیرین‌کننده‌های دیگر، پودر کاکائو، کنسانتره میوه، قهوه، مواد معطر و سایر مواد و افزودنی‌ها ساخته می‌شوند. شیرهای طعم‌دار تمایل مصرف‌کنندگان برای تنوع و تجربه متفاوت در طعم را برآورده می کنند، زیرا برخی از مصرف کنندگان طعم شیر طبیعی را دوست ندارند، اما از شیر طعم دار استقبال می‌کنند. علاوه بر این شیر طعم‌دار می‌تواند باعث تشویق کودکان به مصرف بیشتر شیر شود [۱]. بر همین اساس شیرهای طعم‌دار متنوعی در واحدهای صنعتی، تولید می‌گردد که از این میان می‌توان به شیرکاکائو، شیرنسکافه، شیرعسل، شیرقهوه، شیرخرما و غیره اشاره نمود. اهمیت افزودن ترکیبات مختلف به شیر زمانی بیش‌تر می‌شود که علاوه بر ایجاد رنگ، عطر و طعم خاص در محصول، بتوان با بهره‌گیری از این افزودنی‌ها، اثرات فراسودمندی شیر را نیز افزایش داد [۲]. محصولات فراسودمند، محصولاتی هستند که علاوه بر ارزش تغذیه ای دارای اثرات سلامت بخش برای مصرف کننده بوده ومی توانند به حفظ وضعیت مطلوب جسمی، روحی و روانی آنها کمک کنند [۳]. هدف از تولید محصولات فراسودمند عمدتاً استفاده مصرف کننده از میکروارگانیسم ها و ترکیبات مفید به صورت روزانه است. همچنین، صنایع لبنی، استفاده از پروبیوتیک‌ها را ابزاری برای توسعه محصولات فراسودمند جدید یافته است [٤].

از انواع محصولات فراسودمند، می‌توان به محصولات حاوی میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک اشاره کرد [۵]. سازمان بهداشت جهانی[1] پروبیوتیک‌ها را به عنوان «میکروارگانیسم‌های زنده‌ای که وقتی به مقدار کافی مصرف شوند، برای میزبان مفید هستند» تعریف می‌کند [٦]. دو مزیت رایج پروبیوتیک‌ها، بهبود عملکرد دستگاه گوارش و تقویت سیستم ایمنی است علاوه بر این، پروبیوتیک‌ها بر جذب مواد مغذی، هضم کربوهیدرات‌ها از طریق تولید آنزیم‌های گوارشی، کاهش سطح کلسترول از طریق تخریب کلسترول در روده، تولید مواد مغذی حیاتی از جمله ویتامین‌های مختلف[۷]، خواص ضد سرطان زایی، بهبود متابولیسم لاکتوز تاثیر مثبت دارند [٤]. پیشنهاد شده است که برای ایجاد اثرات سلامت بخش در بدن میزبان، محصولات پروبیوتیک باید حاوی حداقل $۱۰^{۷}$ (CFU/ml) سلول زنده پروبیوتیک در زمان مصرف باشند [٦]. *لاکتوباسیلوس‌ها*[2] و *بیفیدوباکتری‌ها*[3] پرمصرف‌ترین و شناخته شده‌ترین میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک هستند [۸]. *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* توسط شروود گورباخ[4] و بری گلدین[5] از نمونه مدفوع انسان سالم جدا شده است. *لاکتوباسیلوس رامنوسوس*، گرم مثبت، بی هوازی اختیاری، میله ای شکل و غیر اسپورساز است و قندها را به اسید لاکتیک تبدیل می‌کنند [۹]. *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* می‌تواند در روده انسان زنده بماند و اثرات سلامت بخشی داشته باشد. این باکتری مقاوم به صفرا بوده و ضمن عبور از دستگاه گوارش انسان زنده می‌ماند از سوی دیگر به پاسخ های ایمنی یا التهابی واکنش نشان نمی‌دهد و به دلیل مقاومت در برابر اسید و صفرا و ظرفیت چسبندگی به لایه اپیتلیال روده در انواع محصولات پروبیوتیک تجاری و صنعتی استفاده می شود [۹]. قابلیت زنده مانی این باکتری‌ها در طول فرآوری مواد غذایی و ذخیره سازی بسیار مهم است و پس از مصرف، مقدار کافی از سلول های پروبیوتیک باید در دستگاه گوارش زنده بمانند و به روده میزبان منتقل شود. بنابراین لازم است به طریقی، زنده مانی پروبیوتیک‌ها در محصول بهبود یابد. یکی از روش‌های حفظ پروبیوتیک‌ها در مقابل شرایط محیطی، انکپسوله کردن آن‌ها است. انکپسولاسیون عبارت است از بسته بندی مواد زیست فعال در داخل یک پوشش. این کپسول‌ها می‌توانند محتویات خود را با سرعتی کنترل شده و در شرایط خاص،

1- World Health Organization
2- Lactobacillus
3- Bifidobacterium
4- Sherwood Gorbach
5- Barry Goldwin

آزاد نمایند. همچنین انکپسولاسیون می‌تواند به میکروارگانیسم‌ها کمک کند تا در محیط‌های نامطلوب، محافظت شده و فراهمی زیستی آنها بهبود یابد و زنده ماندن و پایداری آنها حفظ شود [۱۰].

مصرف کاکائو اثرات سلامت بخشی برای مصرف کننده دارد. کاکائو دارای آنتی اکسیدان‌ها و پلی فنول‌ها از جمله فلاونوئید هایی مانند کاتچین، اپی کاتچین و پروسیانیدین مواد معدنی ضروری، به ویژه آهن، پتاسیم، مس و منیزیم است. در نتیجه شیر کاکائو می‌تواند یک جایگزین مناسب به جای شیر معمولی برای افزودن میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک باشد که با مصرف آن سلامت جوامع به ویژه سلامت کودکان بهبود می‌یابد [۱۱]. قهوه نیز یکی از نوشیدنی‌هایی است که بسیاری از افراد به دلیل عطر و طعم خاص، آن را دوست دارند. قهوه حاوی ترکیبات مفیدی مانند کافئین و اسید کلروژنیک می‌باشد. کافئین به عنوان یک آنتی اکسیدان عمل می‌کند و می تواند باعث بهبود کارکرد سیستم ایمنی مصرف کننده بشود. اخیراً تقاضای زیادی از سوی بازار برای افزایش ارزش عملکردی محصولات حاوی قهوه وجود داشته دارد که یکی از آنها افزودن میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک به آنها است که به طور بالقوه می‌تواند سلامت مصرف‌کننده را بهبود بخشد [۱۲]. از آن جایی که شیر موکا علاوه بر کلسیم حاوی مقادیر زیادی آنتی اکسیدان‌های مفید نیز می‌باشد، افزودن باکتری‌های پروبیوتیک در چنین محصولی به ارتقا سلامت جامعه کمک می‌کند [۱۱-۱۲]. هدف از این پژوهش بررسی امکان تولید شیر موکا پروبیوتیک و ارزیابی زنده‌مانی و بقاء باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (*GG*) انکپسوله شده با استفاده از سه حامل سدیم آلژینات، سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات- اینولین و باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (*GG*) به فرم آزاد، خصوصیات شیمیایی و حسی در شیر موکا نگهداری شده در دمای ٤ °C به مدت ۲۱ روز می‌باشد.

۲-مواد و روش ها

۲-۱-آماده سازی سویه ی پروبیوتیک

برای فعال سازی، *لاکتوباسیلوس رامنوسوس GG* (*PTTC 1637*) از محیط کشت MRS Broth استریل استفاده شد وبه مدت ٤٨ ساعت در دمای ۳۷c° در شرایط بی هوازی اختیاری گرمخانه گذاری شد. سپس زیست توده به دست آمده توسط سانتریفیوژ یخچالدار(Universl 320، آلمان) به مدت۵ دقیقه جداسازی با آب پپتون ۰/۱ ٪ ششتشو و تا زمان تلقیح در دمای ٤ °C نگهداری شد [۱۳].

۲-۲-انکپسولاسیون باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس GG*

در این مطالعه، فرآیند انکپسولاسیون با استفاده از سدیم آلژینات، سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات-اینولین به روش اکستروژن انجام شد. ابتدا سدیم آلژینات ۲٪ استریل تهیه شده و به مدت یک شب در یخچال نگهداری شد تا ذرات به خوبی آب جذب کند. سپس ۱۰ میلی لیتر از امولسیون باکتریایی(۲×۱۰^{۱۰} CFU/ml) تهیه شده به مخلوط سدیم آلژینات، سدیم آلژینات-اینولین و سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر اضافه شده و سوسپانسیون به دست آمده توسط سرنگ استریل به محلول کلرید کلسیم (۰/۱ مولار) استریل تزریق شد. برای سفت شدن، دانک‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در محلول کلسیم کلرید نگه داشته شدند و سپس آبکشی و در خشک کن انجمادی (Dena vacuum industry ,ساخت ایران) خشک شدند [۷و ۱۳].

۲-۳-تهیه ی شیر موکا پروبیوتیک

۲۱ گرم پودر موکا (٤ گرم پودر کاپوچینو، ۵ گرم پودر هات چاکلت، ٤/۵ گرم پودر خامه ای کننده غیر لبنی، ۱ گرم پودر قهوه کلاسیک، ۰/۵ گرم پودر قهوه گلد ،۳/۵ گرم شکر، ۲ گرم پودر اینولین، ۱/۵ گرم صمغ کاراگینان) به همراه ۲ گرم میکروارگانیسم انکپسوله شده و آزاد به ۱۵۰ میلی لیتر شیر استریل اضافه و به خوبی مخلوط شدند و سپس در دمای ٤ °C در بطری های شیشه ای نگهداری شدند.

۲-٤- راندمان انکپسولاسیون [6]

راندمان انکپسولاسیون، میزان بقاء میکروارگانیسم‌ها در طی فرایند انکپسولاسیون می‌باشد که مطابق رابطه (۱) محاسبه شد

رابطه $\text{راندمان انکپسولاسیون} \% = NA/NB \times 100$ (۱)

NA تعداد سلول های زنده آزاد شده از کپسول و NB تعداد سلول های زنده آزاد به کار رفته در فرآیند کپسول‌پوشانی [۱٤].

۲-۵-زنده مانی و بقاء باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده و آزاد در طول مدت نگهداری

جهت بررسی بقاء و زنده مانی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده، ۱ میلی لیتر از هر نمونه به ۹ میلی لیتر سدیم سیترات ۲٪ استریل اضافه شده و به مدت ۵ دقیقه هموژن شد تا امکان آزاد سازی کامل باکتری از کپسول ها فراهم شود. سپس رقیق سازی سریالی در سرم فیزیولوژی و شمارش باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انجام شد [۱۵].

۲-٦-اندازه گیری pH

pH نمونه ها به وسیله دستگاه pH متر دیجیتالی (Metrohm No 827، ساخت سوئیس) اندازه گیری شد [۱٦].

۲-۷-قدرت مهار رادیکال آزاد DPPH [7]

قدرت مهار رادیکال‌های آزاد به روش DPPH انجام شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (Unico UV 2100،چین) خوانده شد. درصد مهار رادیکال آزاد از رابطه (۲) محاسبه شد که در آن As جذب نمونه و Ac جذب شاهد می‌باشد [۱۷].

مهار رادیکال ازاد $\% = (Ac - As)/(Ac) \times 100$ رابطه (۲)

۲-۸-اندازه گیری ترکیبات فنولی کل (TPC) [8]

در این مطالعه اندازه گیری ترکیبات فنول کل به روش فولین سیوکالتو انجام شد. جذب در طول موج ۷٦۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (Unico UV 2100،چین) خوانده شد. منحنی استاندارد با استفاده از افزایش غلظت اسید گالیک تهیه شد و ترکیبات فنولی به عنوان میلی گرم استاندارد اسید گالیک[9] (GAE) بر لیتر گزارش شد [۱٦].

۲-۹- ارزیابی حسی

برای این آزمون از ٤۰ نفر ارزیاب عمومی آموزش دیده (۲۰ زن و ۲۰ مرد) استفاده شد و ویژگی های حسی محصول از نظر مطلوبیت بافت، مطلوبیت طعم، مطلوبیت بو و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفته شد و امتیاز ٦ برای مطلوبیت زیاد و امتیاز ۱ برای نامطلوب زیاد در نظر گرفته شد [٤].

۲-۱۰-تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش شامل ۵ تیمار (شیر موکا، شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (GG) در فرم آزاد و شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (GG) انکپسوله شده در حامل آلژینات، آلژینات-پروتئین آب پنیر و آلژینات-اینولین بود. تیمار ها در فاصله زمانی ۷ روزه به مدت ۲۱ روز مورد بررسی قرار گرفتند. در این پژوهش تجزیه و تحلیل نتایج بر اساس طرح کاملا تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل صورت گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵ ٪ و از طریق نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام گرفت.

۳-نتایج و یافته ها

۳-۱-راندمان انکپسولاسیون

هدف از انکپسوله کردن، ایجاد یک محیط مناسب برای میکروارگانیسم‌ها جهت زنده ماندن بیشتر طی زمان ذخیره سازی و آزاد شدن در مکان مناسب (برای مثال روده کوچک) می باشد [۱۸]. همانطور که اشاره شد، راندمان انکپسولاسیون معمولاً به صورت "تعداد میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک شمارش شده در کپسول ها نسبت به تعداد اولیه مورد استفاده" تعریف می شود [۱۹]. راندمان انکپسولاسیون باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (نمودار ۱) انکپسوله شده توسط حامل‌های سدیم آلژینات، سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات-اینولین اختلاف آماری معناداری

1 -Encapsulation efficiency
1- 2,2-Diphenyl-l-picrylhydrazyl
2-Total phenolic compounds
3-Gallic acid

نداشت ($p> ۰/۰۵$). که علت راندمان مناسب در تیمارهای فوق شرایط ملایم روش کپسول‌پوشانی اکستروژن (دمای اتاق ۲۵ °C) می‌باشد [۱۴]. مطالعات پیشین، راندمان کپسول‌پوشانی بیشتر از ۸۰٪ برای باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات- پروتئین آب پنیر [۱۴] و باکتری *لاکتوباسیلوس کازئی* انکپسوله شده با سدیم آلژینات-پروتئین نخود [۵] و بیشتر از ۹۰٪ برای باکتری *لاکتوباسیلوس برویس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات- ایزوله پروتئین سویا [۲۰] و باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات-اینولین [۱۳] را نشان دادند که علت آن خواص عملکردی پروتئین ها و پری‌بیوتیک‌ها و تاثیر مستقیم آنها بر راندمان انکپسولاسیون می‌باشد [۷-۱۴].

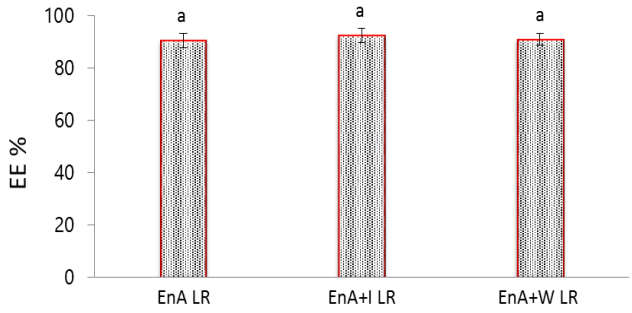

Figure 1. Encapsulation efficiency (%) of *Lactobacillus rhamnosus* GG in sodium alginate (EnA LR), sodium alginate-inulin (EnA and I LR) and alginate-whey protein (EnA and W LR)

Table 1. Assessment of the viability of *Lactobacillus rhamnosus* GG (CFU/ml) in mocha milk

Mocha milk (Treatment)	Time (Day)			
	Day1	Day 7	Day14	Day 21
EnA LR	8.17 ± 0.17^{aA}	7.94 ± 0.80^{aA}	7.91 ± 0.81^{aA}	7.13 ± 0.27^{aA}
EnA+I LR	8.27 ± 0.17^{aA}	8.14 ± 0.90^{aA}	7.95 ± 0.85^{aA}	7.18 ± 0.44^{aA}
EnA+w LR	8.45 ± 0.05^{aA}	8.23 ± 0.64^{aA}	8.10 ± 0.79^{aA}	7.25 ± 0.68^{aA}
LR	8.02 ± 0.06^{aA}	7.84 ± 0.58^{aAB}	6.99 ± 0.44^{aBC}	6.01 ± 0.81^{bC}

In each column, values with different lowercase letters are significantly different ($p<0.05$), and in each row, the values with different capital letters are significantly different ($p<0.05$). Mocha milk containing free form of *Lactobacillus rhamnosus* (LR), encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* in sodium alginate (EnA LR), sodium alginate-inulin (EnA+I LR) and in sodium alginate-whey protein (EnA+W LR).

۳-میزان زنده‌مانی باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده و آزاد در طول مدت نگهداری

ارزش اصلی یک محصول حاوی باکتری پروبیوتیک تعداد سلول‌های پروبیوتیک زنده در هر میلی لیتر محصول در زمان مصرف است. همانطور که پیش تر ذکر شد، یک محصول پروبیوتیک در زمان مصرف باید حاوی حداقل ۷ (CFU/ml) باکتری پروبیوتیک زنده باشد تا تأثیر سلامت بخش برای مصرف کننده داشته باشد. با توجه به لزوم زنده ماندن باکتری های پروبیوتیک در زمان مصرف یک محصول، تأثیر انکپسولاسیون بر زنده ماندن باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده (در حامل سدیم آلژینات، سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات-اینولین) در شیر

موکا مورد مطالعه قرار گرفت. جدول۱ زنده مانی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده و آزاد را طی مدت زمان نگهداری نشان می‌دهد. در روز اول پس از تولید تعداد میکروارگانیسم *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* در همه تیمارهای با یکدیگر اختلاف آماری معناداری نداشت ($p>۰/۰۵$). زنده مانی باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* طی مدت زمان نگهداری روند کاهشی داشت اما میزان کاهش برای *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده در همه حامل‌های مورد استفاده، به طور معناداری کمتر از فرم آزاد می‌باشد ($p< ۰/۰۵$). بدان معنا که استفاده از سدیم آلژینات، سدیم آلژینات–پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات–اینولین به عنوان حامل انکپسولاسیون باعث حفظ بقاء بیشتر *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* می‌شود. این موضوع تأثیر حامل کپسول‌ها بر محافظت از باکتری‌های پروبیوتیک در حین نگهداری محصول را تایید می کند. به عبارت دیگر انکپسولاسیون یک مانع فیزیکی بین میکروارگانیسم و محیط ایجاد کرده در نتیجه دسترسی به مواد مغذی موجود در محیط برای میکروارگانیسم کمتر شده و رشد و فعالیت کمتری خواهد داشت در واقع میکروارگانیسم انکپسوله شده به زمان بیشتری برای کاهش یک چرخه لگاریتمی در مقایسه با میکروارگانیسم به فرم آزاد نیاز دارد [۱۱]. در این پژوهش زنده مانی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات، سدیم آلژینات–پروتئین آب پنیر و سدیم آلژینات–اینولین در مدت زمان نگهداری ۲۱ روز، بیشتر از $۱۰^{۷}$ (CFU/ml) بود. نتایج پژوهش های پیشین در همین راستا حاکی از نقش محافظتی کپسول‌ها در بقا *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات–پروتئین آب پنیر $۱۰^{۹}$ (CFU/ml) [۱٤]، *بیفیدوباکتریوم لانگوم* انکپسوله شده توسط سدیم آلژینات–پروتئین آب پنیر $۱۰^{۷}$ (CFU/ml) [۱۵] و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات–اینولین در $۱۰^{۸}$ (CFU/ml) شیر بز [۲۲] بود.

۳-۳- تغییرات pH

بر اساس نتایج موجود در نمودار۲ طی مدت زمان نگهداری، pH شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده و آزاد کاهش پیدا می‌کند، اما کاهش pH در شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده به طور معناداری کمتر از سایر نمونه‌ها است ($p< ۰/۰۵$). علت آن دسترسی بیشتر و آسان‌تر *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* به مواد مغذی موجود در محیط، فعالیت زیستی بیشتر و در نتیجه تولید و انتشار اسیدهای آلی توسط آنها می‌باشد. پژوهش های پیشین نیز به بررسی تغییرات pH و اسیدیته شیر طعم دار حاوی باکتری‌های پروبیوتیک انکپسوله شده و آزاد طی مدت زمان نگهداری پرداختند و نشان دادند کاهش pH و افزایش اسیدیته در شیر کاکائو حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس کازئی* و *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* انکپسوله شده به دلیل فعالیت کمتر میکروارگانیسم‌های داخل پوشش کپسول‌ها، کمتر [۱۱] و کاهش pH و افزایش اسیدیته در شیر طعم دار شده با شیره انگور حاوی باکتری *باسیلوس کواگولانس* به علت دسترسی میکروارگانیسم به شیره انگور به عنوان ماده غذایی مورد نیاز جهت فعالیت و تولید اسید لاکتیک، بیشتر است [۲۳].

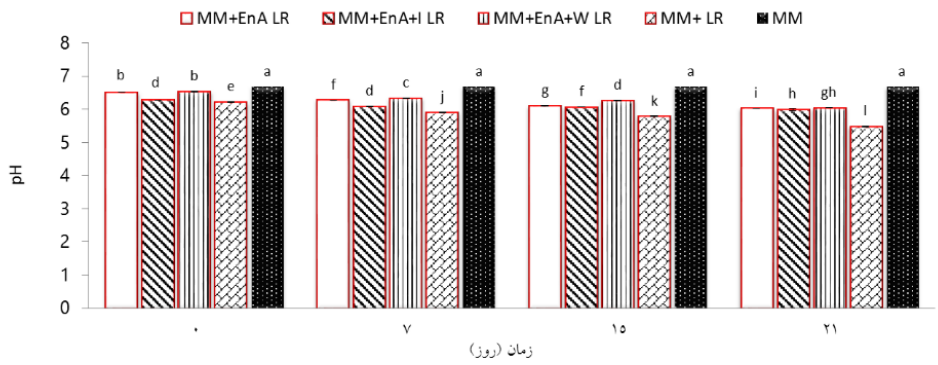

Figure 2. Assessment of the pH of mocha milk containing free and encapsulated forms of Lactobacillus rhamnosus GG at 4 °C for 21 d

The means with different letters at the level of 5% of the LSD test are significantly different.
Mocha milk containing free form of Lactobacillus rhamnosus (LR), encapsulated Lactobacillus rhamnosus in sodium alginate (EnA LR), sodium alginate-inulin (EnA+I LR) and in sodium alginate-whey protein (EnA+W LR).

در شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات-اینولین، pH به طور معناداری کمتر از شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات و سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر است ($p< ۰/۰۵$). علت آن فعالیت اسیدی اینولین، در هنگام حل شدن در شیرموکا می‌باشد. که با نتایج حاصل از پژوهش گندمی و همکاران که کاهش pH را پس از افزودن اینولین به آب سیب مشاهده کردند و علت آن را رفتار اسیدی خفیف اینولین پس از حل شدن عنوان کردند، مطابقت دارد [۱۵].

٤-۳-بررسی قدرت مهار رادیکال آزاد

کاکائو و قهوه دارای ترکیبات زیست فعال با خاصیت آنتی اکسیدانی هستند. پودر کاکائو به طور متوسط ۷۵٪ خاصیت آنتی اکسیدانی دارد [۲٤]. باکتری‌های اسید لاکتیک به دلیل فعالیت‌های متابولیکی قادر به تولید ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند ترکیبات فنولیک هستند [۲۵]. در این پژوهش اثر زمان نگهداری بر ظرفیت آنتی اکسیدانی شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده و آزاد و شیر موکا (شاهد) معنادار بوده و باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی شده است ($p< ۰/۰۵$) (جدول ۲). شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* آزاد به طور معناداری بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی و شیر موکا (شاهد) کمترین ظرفیت آنتی اکسیدانی را دارد ($p< ۰/۰۵$) (جدول ۲). علت آن فعالیت متابولیکی بیشتر *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* آزاد نسبت به *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده است. در همین راستا مدهو و همکاران افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی ماست پروبیوتیک حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* در طول مدت زمان نگهداری ۲۸ روزه به علت تولید ترکیبات زیست فعال دارای خاصیت آنتی اکسیدانی در طی عمل تخمیر توسط باکتری های اسید لاکتیک بیان کردند [۲٦]. ماریوس و همکاران نیز بیشترین ظرفیت آنتی اکسیدانی را در آب میوه حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس پاراکازئی* در روز آخر نگهداری گزارش کردند [۲۵]. هرچه باکتری پروبیوتیک خاصیت پروتئولیتیک و رشد بیشتری داشته باشد، محصول تولیدی توسط آن نیز خاصیت آنتی اکسیدانی بیشتری دارد [۲٤]. کپسول یک مانع فیزیکی بین *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* و محیط ایجاد می‌کند و باعث کاهش فعالیت متابولیکی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* می‌شود [۱۱]. همچنین شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر به طور معناداری افزایش

بیشتری در ظرفیت آنتی اکسیدانی نسبت به شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات و سدیم آلژینات–اینولین داشت ($p< ۰/۰۵$). علت آن علاوه بر تولید ترکیبات زیست فعال دارای خاصیت آنتی اکسیدانی توسط *لاکتوباسیلوس رامنوسوس*، اسیدهای‌آمینه موجود در پروتئین آب پنیر نیز می‌باشد که باعث افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی می‌شوند. در تایید این موضوع شاید بتوان اظهار داشت که بیشتر بودن ظرفیت آنتی اکسیدانی در نوشیدنی تخمیری حاوی آب پنیر آمینواسیدهایی مانند سیتئین و تیروزین به همراه آلفالاکتالبومین و بتالاکتوگلوبولین موجود در پروتئین آب پنیر و پاستوریزاسیون آب پنیر در حین فرآوری می‌باشد [۲٤].

۵-۳-بررسی فنل کل

همانطور که پیش از این گفته شد، باکتری‌های اسید لاکتیک به دلیل فعالیت‌های متابولیکی قادر به تولید ترکیبات فنولیک هستند [۲۵]. این باکتری‌ها برای فعالیت خود نیاز به لاکتوز دارند و چون شیر حاوی لاکتوز است برای فعالیت این باکتری‌ها محیط مناسبی بوده و میزان تولید ترکیبات فنولیک در طی مدت زمان نگهداری بیشترخواهد شد [۲۷]. بر اساس نتایج موجود در *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* آزاد به دلیل دسترسی بهتر به مواد مغذی محیطی و استفاده از آنها و تولید ترکیبات فنولیک می‌باشد [۱۱]. قهوه و کاکائو حاوی ترکیبات فنولیک زیادی مانند اپی کاتچین و کاتچین هستند و باعث افزایش محتوای فنولیک در نمونه های شیر موکا می‌شوند [۲٤].

Table 2. Antioxidant capacity (%) and total phenolic content [mg(GAE)/100 ml] in mocha milk containing encapsulated and free forms of *Lactobacillus rhamnosus*

Mocha milk	Antioxidant capacity (%)		Total phenolic content (mg(GAE) /100 ml)	
	Day 1	Day 21	Day 1	Day 21
MM+EnA LR	39.90 ± 4.97^{b}	57.64 ± 3.92^{bc}	465.13 ± 28.85^{de}	703.37 ± 32.84^{b}
MM+EnA+I LR	32.21 ± 4.92^{c}	48.08 ± 8.73^{cd}	416.87 ± 24.25^{ef}	580.27 ± 40.41^{c}
MM+EnA+w LR	41.00 ± 4.84^{b}	60.55 ± 5.69^{b}	471.13 ± 28.15^{de}	737.47 ± 50.85^{b}
MM+ LR	61.69 ± 3.21^{a}	80.24 ± 3.31^{a}	479.00 ± 41.62^{d}	925.93 ± 35.58^{a}
MM	29.54 ± 6.53^{c}	42.23 ± 3.69^{d}	379.97 ± 47.11^{f}	512.40 ± 16.38^{d}

The means with different letters at the level of 5% of the LSD test are significantly different.
Mocha milk (MM) containing free form of *Lactobacillus rhamnosus* (LR), encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* in sodium alginate (EnA LR), sodium alginate-inulin (EnA+I LR) and in sodium alginate-whey protein (EnA+W LR).

Table 3. Sensory evaluation of mocha milk containing encapsulated and free form of *Lactobacillus rhamnosus*

Mocha milk	Odor acceptability	Texture acceptability	Taste acceptability	Over all acceptability
MM+EnA LR	4.97 ± 0.58^{a}	4.97 ± 0.72^{bc}	5.35 ± 0.49^{a}	5.03 ± 0.63^{a}
MM+EnA+I LR	5.09 ± 0.62^{a}	4.91 ± 0.73^{bc}	5.50 ± 0.62^{a}	5.06 ± 0.74^{a}
MM+EnA+w LR	4.91 ± 0.67^{a}	4.88 ± 0.81^{c}	5.26 ± 0.51^{a}	4.91 ± 0.62^{a}
MM+ LR	5.12 ± 0.59^{a}	5.26 ± 0.67^{ab}	5.50 ± 0.51^{a}	5.12 ± 0.73^{a}
MM	5.12 ± 0.69^{a}	5.35 ± 0.69^{a}	5.56 ± 0.56^{a}	5.09 ± 0.71^{a}

The means with different letters at the level of 5% of the LSD test are significantly different.
Mocha milk (MM) containing free form of *Lactobacillus rhamnosus* (LR), encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* in sodium alginate (EnA LR), sodium alginate-inulin (EnA+I LR) and in sodium alginate-whey protein (EnA+W LR).

جدول۲ محتوای ترکیبات فنولیک همه ی نمونه ها در طی مدت زمان نگهداری به طور معناداری افزایش پیدا کرده است (p< ۰/۰۵). ترکیبات فنولیک در شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* آزاد به طور معناداری بیشتر از ترکیبات فنولیک شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده و شیر موکا (شاهد) افزایش داشته است (p< ۰/۰۵) (جدول ۲). که علت آن فعالیت متابولیکی بیشتر در همین راستا مدهو و همکاران به بررسی ترکیبات فنولیک ماست حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* پرداختند و بیان کردند ترکیبات فنولیک موجود در ماست حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* بیشتر از نمونه شاهد بود که علت آن فعالیت تخمیری *لاکتوباسیلوس فرمنتوم* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و تولید ترکیبات فنولیک می‌باشد [۲۶].

۶-۳-بررسی ارزیابی حسی

جدول ۳ ویژگی های ارزیابی حسی تیمارهای مختلف شیر موکا به منظور بررسی مطلوبیت بافت، بو و طعم و پذیرش کلی نشان داده شده است. شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* به فرم انکپسوله شده و آزاد با نمونه شاهد از نظر مطلوبیت بو، طعم و پذیرش کلی اختلاف آماری معنادری نداشت. این موضوع نشان می دهد که افزودن *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* به فرم انکپسوله شده و آزاد تاثیری بر ویژگی های فوق الذکر نداشت (p< ۰/۰۵). در بررسی مطلوبیت بافت نمونه ها، ابتدا نمونه شاهد بیشترین امتیاز و بعد از آن شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* آزاد امتیاز بیشتری را کسب نمودند. گفته شده است، اندازه کپسول‌ها بر ظاهر و بافت محصولات غذایی تاثیر دارند و کپسول‌های دارای ابعاد بیشتر از یک میلی متر باعث زبر و شنی شدن بافت محصول می شوند [۲۸]. از آنجایی که انکپسولاسیون به روش اکستروژن، ذراتی با ابعاد بزرگ تولید می‌کند، هنگام مصرف باعث ایجاد حالت نامطلوب در بافت محصول می شود به همین دلیل شیرموکا های حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده، مطلوبیت بافت کمتری دارند [۱۱]. در این پژوهش شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده با سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر کمترین امتیاز را از لحاظ مطلوبیت بافت کسب کرد.

٤-نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، استفاده از حامل‌های سدیم آلژینات، سدیم آلژینات-اینولین و سدیم آلژینات-پروتئین آب پنیر راندمان انکپسولاسیون مناسبی را فراهم می‌کنند. افزودن *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* منجر به افزایش ارزش غذایی و عملکردی شیر موکا شده و در طی مدت زمان نگهداری ظرفیت آنتی اکسیدانی و محتوای فنل کل در شیر موکا افزایش می‌یابد. علاوه بر این، روند تغییرات pH در شیرموکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* را می توان با انکپسولاسیون به تعویق انداخت. امکان تولید شیر موکا حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده در صورت نگهداری در دمای یخچال وجود دارد و بقا *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* کپسول‌پوشانی در شیر موکا تا ۲۱ روز مناسب است. علاوه بر این، با توجه به ویژگی‌های حسی ارزیابی شده و کسب امتیاز مورد قبول برای پذیرش کلی، با اصلاحات لازم جهت بهبود بافت محصول، شیر موکا حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* انکپسوله شده، می‌تواند به بازار عرضه شود.

٥-منابع

[1] Bisig, W., & Kelly, A. L. (2011). Liquid Milk Products | Liquid Milk Products: Flavored Milks. Module in Food Science, 301-306.
[2] Orleans, K. A. (2011). Microbiological and chemical changes during shelf-life in regular and chocolate milk (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
[3] Saeed Gohari, A., Nateghi, L. (2022). A review on the use of gums in the production of biopolymer-based nanocapsules in the production of ultra-

beneficial dairy products. Journal of Food Safety and Processing, 3(2),151-162.
[4] Taghizadeh, G., Jahadi, M., & Abbasi, H. (2018). Physicochemical properties of probiotic soy milk chocolate mousse during refrigerated storage. Applied Food Biotechnology, *5*(2), 79-86.
[5] Sobati, M., Kazemeini, H., & Khoshbakht, R. (2023). Evaluation of the effect of shiitake mushroom (lentinulaedodes) water extracts on the survival of the probiotic bacterium bifidobacterium bifidum and physico-chemical properties in Feta cheese. Journal of food science and technology (Iran), 20(136), 11-23.
[6] Chan, M. Z. A., & Liu, S. Q. (2022). Coffee brews as food matrices for delivering probiotics: Opportunities, challenges, and potential health benefits. Trends in Food Science & Technology, 119, 227-242.
[7] Xu, M., Gagné-Bourque, F., Dumont, M. J., & Jabaji, S. (2016). Encapsulation of *Lactobacillus casei ATCC 393* cells and evaluation of their survival after freeze-drying, storage and under gastrointestinal conditions. Journal of Food Engineering, 168, 52-59.
[8] Sarao, L. K., & Arora, M. (2017). Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. Critical reviews in food science and nutrition, *57*(2), 344-371.
[9] Armand, M., Ghasemi, M. F., Fazeli, M. R., & Mirpour, M. (2023). Pilot-Plant scale biomass production by *Lactobacillus rhamnosus GG* ATCC 53103: A comparison between batch and fed-batch fermentation. Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, e9718-e9718.
[10] Ta, L. P., Bujna, E., Antal, O., Ladányi, M., Juhász, R., Szécsi, A., & Nguyen, Q. D. (2021). Effects of various polysaccharides (alginate, carrageenan, gums, chitosan) and their combination with prebiotic saccharides (resistant starch, lactosucrose, lactulose) on the encapsulation of probiotic bacteria *Lactobacillus casei* 01 strain. *International Journal of Biological Macromolecules*, *183*, 1136-1144
[11] Ghasemnezhad, R., Razavilar, V., Pourjafar, H., Khosravi-Darani, K., & Ala, K. (2017). The viability of free and encapsulated *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium animalis* in chocolate milk, and evaluation of its pH changes and sensory properties during storage. Annual Research & Review in Biology, 1-8.
[12] Jannah, S. R., Rahayu, E. S., Yanti, R., Suroto, D. A., & Wikandari, R. (2022). Study of Viability, Storage Stability, and Shelf Life of Probiotic Instant Coffee *Lactiplantibacillus plantarum Subsp. plantarum Dad-13* in Vacuum and Nonvacuum Packaging at Different Storage Temperatures. International Journal of Food Science, 2022.
[13] Jantarathin, S., Borompichaichartkul, C., & Sanguandeekul, R. (2017). Microencapsulation of probiotic and prebiotic in alginate-chitosan capsules and its effect on viability under heat process in shrimp feeding. Materials Today: Proceedings, 4(5), 6166-6172.
[14] De Araújo Etchepare, M., Nunes, G. L., Nicoloso, B. R., Barin, J. S., Flores, E. M. M., de Oliveira Mello, R., & de Menezes, C. R. (2020). Improvement of the viability of encapsulated probiotics using whey proteins. LWT-Food Science and Technology, 117, 108601.
[15] Gandomi, H., Abbaszadeh, S., Misaghi, A., Bokaie, S., and Noori, N. (2016). Effect of chitosan-alginate encapsulation with inulin on survival of *Lactobacillus rhamnosus GG* during apple juice storage and under simulated gastrointestinal conditions. LWT-Food Science and Technology, 69, 365-371.
[16] Azarpazhooh, E., Rashidi, H., Sharayei, P., Behmadi, H., & Ramaswamy, H. S. (2021). Effect of flaxseed-mucilage and Stevia on physico-chemical, antioxidant and sensorial properties of formulated cocoa milk. Food Hydrocolloids for Health, 1, 100017.
[17] Zahrani, A. J. A., & Shori, A. B. (2023). Viability of probiotics and antioxidant activity of soy and almond milk fermented with selected strains of probiotic *Lactobacillus spp*. LWT-Food Science and Technology, 176, 114531.
[18] Darbahaniha, R., Akhavan Sepahi, A., Mehrabiyan, S., & Dehnad, A. (2022). Isolation of *Lactobacillus spp* from cheese and their microencapsulation to increase shelf life. New Cellular and Molecular Biotechnology Journal, 12(48), 0-0.
[19] Hugues-Ayala, A. M., Sarabia-Sainz, J. A. I., González-Rios, H., Vázquez-Moreno, L., & Montfort, G. R. C. (2020). Airbrush encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus GG* in dry microbeads of alginate coated with regular buttermilk proteins. LWT- Food Science and Technology, 117, 108639
[20] Karimi, M., Tabatabaee Yazdi, F., Mortazavi, S. A., Shahabi-Ghahfarrokhi, I., Chamani, J. (2019). Improvement of GABA production and survival of Lactobacillus brevis G42 in simulated gastrointestinal conditions by soy- alginate microcapsulation. Journal of Food Science & Technology (2008-8787), 17(105).
[21] Yasmin, I., Saeed, M., Pasha, I., & Zia, M. A. (2019). Development of whey protein concentrate-pectin-alginate based delivery system to improve survival of B. longum BL-05 in simulated gastrointestinal conditions. Probiotics and antimicrobial proteins, 11, 413-426.
[22] Pradeep Prasanna, P. H., & Charalampopoulos, D. (2019). Encapsulation in an alginate–goats' milk–inulin matrix improves survival of probiotic Bifidobacterium in simulated gastrointestinal conditions and goats' milk yoghurt. International Journal of Dairy Technology, 72(1), 132-141.
[23] Kazem Alilou, N., Amiri, S., Rezazadeh Bari, M., and Dodangeh, S. (2021). Investigation of chemical and microbial properties of flavored

probiotic milk using Bacillus coagulans and grape syrup. Journal of food science and technology (Iran), 18(112), 11-19.
[24] Taheri, S., Khomeiri, M., Moayedi, A., Aalami, M. (2019). Proteolytic activity of *Lactobacillus rhamnosus GG* and *Lactobacillus paracasei* in drinking dessert containing resistant starch and its effect on antioxidant activity of product: Comparingthe fermented and non-fermented type. Journal of Food Science and Technology (lran), 19(128), 225-233.
[25] Marius, F. K. E., Marie, K. P., Blandine, M., Laverdure, T. P., Daquain, F. T. U., and François, Z. N. (2023). Development of a non-dairy probiotic beverage based on sorrel and pineapple juices using *Lacticaseibacillus paracasei 62L*. Journal of Agriculture and Food Research, 100688.
[26] Madhu, A. N., Amrutha, N., and Prapulla, S. G. (2012). Characterization and antioxidant property of probiotic and synbiotic yogurts. Probiotics and Antimicrobial Proteins, 4, 90-97.
[27] Mohammadi-Yeganeh, Z., Khodaiyan, F., Hosseini, M., Rezai, K., Mousavi, M. (2017). Investigating antioxidant and physicochemical properties of whey-pistachio fermented drink using kefir starter, New Technologies in Food Industry Journal, 3(1), 69-84.
[28] Kazemi Goraji, M., Abbasi, H., Roozbeh Nasiraii, L., Milani, E. (2014). Influence of microencapsulation of indigenous probiotic *Lactobacillus plantarum* on bacterial survival in simulated gastrointestinal conditions. Journal of Food Research, 1(27),183-191.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Production of functional mocha milk containing encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* GG

Hanieh Nilforooshzadeh [1], Mahshid Jahadi[2*]

1- MSc. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Isfahan Branch (Khorasgan), Islamic Azad University, Isfahan, Iran
2- Associate professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Isfahan Branch (Khorasgan), Islamic Azad University, Isfahan, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2023/9/12
Accepted:2024/1/24

Keywords:

Probiotics,

Encapsulation,

Lactobacillus rhamnosus (GG),

Mocha milk

DOI: **10.22034/FSCT.21.149.1.**

*Corresponding Author E-Mail:
m.jahadi@khuisf.ac.ir

ABSTRACT

Nowadays, production of dairy products containing probiotic bacteria with valuable nutritional characteristics is one of the important interests of food industries. The aim of this study was to investigate survival of *Lactobacillus rhamnosus* GG probiotic bacteria of free and encapsulated forms in mocha milk and their effects on the milk characteristics during 21 days of storage at 4 °C. Sodium alginate, sodium alginate-whey protein and sodium alginate-inulin were used for the encapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* GG using extrusion method. Carrier materials used for encapsulation did not include significant effects on the encapsulation efficiency and all the carriers provided encapsulation efficiency of nearly 90%. Based on the similar patterns, pH of all mocha milk samples increased significantly during the storage; however, pH changes were higher in mocha milk containing *Lactobacillus rhamnosus* GG of free form ($p < 0.05$). Furthermore, DPPH free radical inhibition power and total phenol content in mocha milk containing *Lactobacillus rhamnosus* GG of encapsulated and free forms were higher than those in the control. Survival rate of encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* GG was significantly higher than that of free *Lactobacillus rhamnosus* GG in mocha milk during 21 days of storage at 4 °C ($p < 0.05$). Encapsulation significantly decreased texture desirability of mocha milk containing encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* GG ($p < 0.05$) with no significant effects on other sensory characteristics.