

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چویل پروپیوتیک حاوی باکتری لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس (PTCC 1643) ریزپوشانی شده با سدیم آلرینات و صمغ عربی

سید سعید سخاوتیزاده^{۱*}، انسه ایزدی^۲

^۱گروه صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، فارس
^۲گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سروستان، فارس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۲

چکیده

امروزه مصرف محصولات پروپیوتیک روبه افزایش است. اضافه کردن باکتری های پروپیوتیک به محصولات سنتی یکی از راه های ایجاد جاذبه در مصرف این محصولات می باشد. از سوی دیگر ماندگاری پروپیوتیک ها در طول فرایند و طول مدت نگهداری از جمله موانع گسترش مصرف این فراورده ها است. با این هدف باکتری ریزپوشانی شده لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس با سدیم آلرینات و صمغ عربی (در ۴ غلظت ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸٪) تولید شد. دانک تولید شده کروی (صور نمایی ۱/۰۶) و دارای کارایی ریزپوشانی بالا (۹۰/۵۲+۲/۰۲٪) بود. با فرایش غلظت صمغ عربی ، قطر لایه بیرونی دانک افزایش پیدا کرد. از آنجایی که ماندگاری دانک واجد ۰/۸٪ صمغ عربی^{-۱} در ۶ min ۲/۴۷ log CFU.ml بوده است؛ لذا از این دانک برای اضافه شدن به ماست چویل انتخاب شد. در نمونه ماست حاوی باکتری آزاد میزان ماندگاری باکتری پروپیوتیک ۱۹/۳۱٪ و در دانک ۵۰/۶٪ در پایان دوره نگهداری برآورد شده است. در ارزیابی ماندگاری باکتری در شرایط مشابه معده ای و روده ای، درصد ماندگاری باکتری آزاد ۶/۹۵٪ و در دانک ۴۰/۹٪ بوده است. بیشترین میزان کاهش مربوط به فاز معده ای، برای باکتری آزاد ۴/۳۸ log CFU.ml^{-۱} و برای دانک ۲/۶۴ log CFU.ml^{-۱} بوده است. ماست چویل حاوی دانک امتیاز کمتری را در مؤلفه های بو، طعم و مزه نسبت به سایرین داشت. ولی در مؤلفه بافت از امتیاز بیشتری برخوردار بود است. لذا استفاده از دانک دولایه واجد سدیم آلرینات و صمغ عربی پیشنهاد می شود.

واژگان کلیدی: لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس، ریزپوشانی، شرایط معده ای و روده ای، مقاومت حرارتی

مقدمه

حداقل تعداد میکرووارگانیسم‌های پروبیوتیک زنده موجود در غذا می‌بایستی بین 10^6 - 10^7 در محصول باشد (۶و۵).

ماست یک محصول شیر تخمیر شده سنتی است که بخشی از رژیم غذایی سیاری از مردم در سراسر جهان می‌باشد. امروزه ماست به دلیل داشتن مواد مغذی مفید و کمک به جذب سایر ریزمغذی‌ها، محصولی مناسب برای سلامتی انسان می‌باشد (۷).

ماندگاری پروبیوتیک‌ها در ماست تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد؛ که از جمله آن می‌توان به شرایط نگهداری ماست، نوع سویه پروبیوتیک تلقیح شده در محصول، غلظت اسیدلاکتیک محصول، کشت‌های آغازگر استفاده شده و غلظت پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و اکسیژن موجود در ماست اشاره کرد (۸). لذا معمولاً با کاهش ماندگاری پروبیوتیک‌ها در این محصول روپرتو هستیم. جهت جلوگیری از این کاهش می‌توان از روش ریزپوشانی استفاده کرد.

ریزپوشانی به معنای ایجاد دیواره برای باکتری است؛ که به وسیله این عمل از باکتری‌ها در مقابل شرایط بد محیطی می‌توان محافظت کرد. این روش می‌بایستی پایداری پروبیوتیک‌ها را در طول مدت نگهداری نیز حفظ کند، به علاوه در برابر شرایط نامناسب معده‌ای روده‌ای پایداری لازم را ایجاد نماید. این باکتری‌ها می‌توانند در روده بزرگ آزاد شده و در آنجا کلنی تولید کند (۹).

در سال‌های اخیر، مطالعات مختلفی به بررسی نقش حفاظتی ریزپوشینه‌های (دانک‌های) پروبیوتیک‌ها در برابر شرایط سخت محیطی انجام شده است. به طور ویژه دانک‌هایی که از ساختاری چندلایه تشکیل شده‌اند؛ در بهبود بقای سلول‌های پروبیوتیک مؤثرتر از انواع تک لایه بوده‌اند (۱۰).

در سال ۲۰۰۱ واژه پروبیوتیک توسط شرزنمر^۱ و دیورسه^۲ ارائه شد. بر اساس این تعریف فراورده پروبیوتیک به فراورده‌ای اطلاق می‌شود که دارای مقدار مکافی 10^6 - 10^7 باکتری پروبیوتیک در محصول باشد. این باکتری‌ها می‌توانند در روده یا کلون تکثیر یافته و اثرات سلامت بخشی را ایجاد کند (۱).

باکتری‌های تولیدکننده اسیدلاکتیک رایج‌ترین پروبیوتیک‌های به کار رفته در غذا هستند. این پروبیوتیک‌ها اثرات مفیدی بر سلامت انسان و حیوانات دارند. آن‌ها نقش مهمی در محافظت از میزبان در برابر میکرووارگانیسم‌های مضر داشته و همچنین باعث تقویت سیستم ایمنی می‌شوند. برخی از پروبیوتیک‌ها هضم غذا را بهبود می‌بخشند و اختلالات متابولیک را کاهش می‌دهند. این باکتری‌ها مقاوم به اسید و صفراء بوده و قادر به چسبیدن به مجرای روده می‌باشند. یکی از باکتری‌های اسیدلاکتیک، لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس^۳ است (۲).

لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس یک میکرووارگانیسم گرم مثبت هموفرمتاتیو^۴، میکروآئروفیل^۵ با زنجیره کوتاه و میله‌ای است. این باکتری دارای باکتریوسین^۶ است. از این باکتری به عنوان پروبیوتیک در مواد غذایی استفاده می‌شود و دارای اثرات مفید مختلفی برای سلامتی انسان است (۳). برخی از این فواید شامل کاهش کلسترول خون، کاهش خطر جهش‌زایی و سرطان‌زایی و کاهش خطر بیوست، اسهال و عدم تحمل لاکتوز است. لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس در تعدادی از محصولات تخمیری مانند میسو، تمپه، ماست، پنیر چدار، پنیر گودا، پنیر سفید پروبیوتیک، شیر سویا و دوغ کشت داده شده، استفاده می‌شود (۴).

تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در غذا از آن جنبه مهم است که بتواند خود را به روده رسانده و تشکیل کلنی بدهد. لذا

1. Schrezenmeir

2. De Vrese.

3. *Lactobacillus acidophilus*

⁴.Homofermentative

⁵.Microaerophilic

⁶. Bacteriocin

خشک کن اسپری دایر بکار رفته و محافظت بهتری را برای زنده ماندن میکروارگانیسم های خشک شده ایجاد کند و همچنین باعث ثبات محصول پودری شود (۱۷).

یکی از گیاهان دارویی که در فرآورده های لبنی استفاده شده ، *Ferulago angulata* است، که در زبان فارسی به نام چویل شناخته می شود. این گیاه در غرب ایران پراکنده است که از خانواده *Apiaceae* است و در ایران، یونان، ترکیه، استرالیا یوگسلاوی و مقدونیه پراکنده است. جنس *Ferulago* (Schlecht.) Boiss شناخته می شود که حدود هشت گونه در فلور ایران وجود دارد. چویل درختچه ای است چندساله با cm ۳۵ تا ۴۰ گونه در جهان دارویی و معطر محسوب می شود. در مطالعات بسیاری نشان داده شده است؛ که از این گیاه برای خواص ضد میکروبی و ضد اکسیداسیون استفاده می شود (۱۸).

هدف از این پژوهش تولید ماست چویل پروبیوتیک با باکتری لاکتوپاسیلوس آزاد و ریزپوشانی شده دولایه با آژینات سدیم و صمغ عربی می باشد. همچنین خصوصیات فیزیکوшیمیایی، میکروبی و حسی آن در طول مدت ۲۱ روز بررسی شد.

مواد و روش ها

مواد

باکتری لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس (PTCC ۱۶۴۳) از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم های صنعتی ایران، سازمان پژوهش های علمی صنعتی ایران به صورت لیو فیلیزه تهیه شد. آژینات سدیم MRS Agar، MRS broth آژینات سدیم از شرکت مرک آلمان خریداری شد. آژینات سدیم از شرکت سیگما خریداری شد. صمغ عربی از شرکت اهورا دارو، مرو دشت، فارس تهیه شد. آنزیم لیپاز، پیسین، پانکراتین، oxford از شرکت سیگما خریداری شد.

تهیه کشت باکتری

مواد استفاده شده برای ریزپوشانی پروبیوتیک ها باید از نوع مواد غذایی اینم باشند. آژینات سدیم به دلیل مقرنون به صرفه بودن، استفاده آسان، غیر سمی بودن، زیست سازگاری و قابلیت هضم به طور گسترده برای ریزپوشانی پروبیوتیک ها استفاده می شود. با این حال، آژینات سدیم در حضور کاتیون های ضد ژل یا عوامل کلاته کننده پایدار نیست. علاوه بر این دانک های آژینات هستند و pH پایین حساس هستند و به سرعت اجزای دانک را آزاد می کنند (۱۱). از سوی دیگر، دانک های مبتنی بر آژینات دارای شبکه های متخلخل هستند و نمی توانند به خوبی از پروبیوتیک ها در برابر شرایط نامساعد محیطی محافظت کنند (۱۲).

اعمال پوشش یا لایه ثانویه بر روی سطح میکروکپسول آژینات می تواند عیوب ذکر شده را برطرف کند. مواد مختلف استفاده شده برای لایه دوم پوشش شامل پلی کاتیون ها مانند کیتوزان یا اسیدهای آمینه پلی آمینه، پروتئین ها و صمغ ها می باشد (۱۳). یکی از صمغ های مهمی که می تواند به عنوان لایه دوم معرفی شود صمغ عربی می باشد. صمغ عربی که به عنوان صمغ افacia نیز شناخته می شود یک صمغ طبیعی است که از ترشح گونه های افacia (Acacia) به دست می آید. این صمغ محلولی از پلی ساکاریدها و گلیکوپروتئین های استفاده شده در صنایع برای تشکیل فیلم، امولسیون سازی و مناسب برای ریزپوشانی است (۱۴). تاین ماده خواص امولسیون کنندگی بالایی را دارد ولی ویسکوزیته زیادی را ایجاد نمی کند، در غلظت های (۱-۱۰٪) به عنوان تشکیل دهنده لایه محافظ رطوبت عمل می کند. همچنین، باعث تشدید طعم و مزه می شود (۱۵). علاوه بر این، صمغ عربی می تواند به عنوان یک بری بیوتیک عمل کرده و در عمل تخمیر لاکتوپاسیل ها و بیفیدو باکتری ها باعث تولید پیشتر اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه شود (۱۶). این صمغ می تواند برهمکنش های الکترواستاتیکی با سایر پلیمرها ایجاد کند. بنابراین انتظار می رود که حفاظت از میکروارگانیسم های ریزپوشانی شده را بهبود دهد. صمغ عربی به عنوان ماده دیواره ای باکتری ها در

N_0 تعداد سلول‌های موجود در آژینات حاوی باکتری اندازه و شکل دانک‌های حاصل از ریز درون‌پوشانی سلول‌های میکروبی بهوسیله دوربین عکاسی Canon EOS Olympus 2000D Body, Japan Micromeasure ver 1.5 BX51, Japan و توسط برنامه ۱۰ عدد از دانک‌ها با تقسیم محاسبه شد. نسبت طول به عرض ۱۰٪ از دانک‌ها با این دو پارامتر برابر هم و تعیین صور نمایی انجام شد (۲۱).

ارزیابی مقاومت حرارتی باکتری‌های ریزپوشانی شده و آزاد

برای سنجش مقاومت حرارتی از دمای ۷۲ °C استفاده شد. تعداد اولیه باکتری‌ها در حالت آزاد و ریزپوشانی در حدود 10^8 - 10^9 CFU/ml انتخاب شد. محیط حرارت دهی باکتری در MRS broth بود. بعد از حرارت، رقت سازی انجام شد. از بافر سدیم‌سیترات برای آزاد شدن باکتری از درون دانک استفاده شد. سپس کاهش تعداد باکتری‌ها در زمان‌های ۶, ۴, ۳, ۲, ۱, ۰ min محاسبه شد (۲۲).

روش تهیه ماست چوبی

برای تهیه ماست از شیر کم چرب استفاده شد. بر روی این شیر آزمایش‌های اسیدیته، درصد چربی، پروتئین، دانسیته Cryostar I Funke Gerber 2001 (Berlin, Germany) and Lactostar Funke Gerber 2001 (Berlin, Germany) انجام شد. کلیه مواد پودری شامل ۱/۵٪ شیر خشک (به منظور استاندارد کردن ماده خشک) و ۱٪ نشاسته، به تفکیک از دمای ۳۰ °C الی ۴۰ °C به تدریج به شیر خام اضافه شد و عمل همزدن آرام، تا دمای ۶۰ °C ادامه داشت. سپس، شیر به دستگاه هموژن منتقل و با فشار bar ۱۸۰ هموژن شد. پاستوریزاسیون در دمای ۹۰ °C به مدت ۵ min دقيقه انجام شد. دمای شیر به ۴۲ °C رسانده شد. سپس، به میزان ۰/۰۴٪ کشت استارتر به آن اضافه شد و تا رسیدن اسیدیته نمونه‌ها به ۷۳ درجه دورنیک به گرمخانه ۴۵±۱ °C منتقل شد. در این مرحله، نمونه‌ها از گرمخانه خارج و به سردخانه ۶-۴ °C منتقل شدند. به همگی نمونه‌ها به میزان ۰/۰۵٪ چوبی، ۰/۱٪ نمک

MRS میکروبیو لوس اسیدوفیلوس از محیط سوربیتول آگار تحت شرایط هوایی، در دمای ۳۷ °C به مدت ۷۲ h استفاده شد. پس از رشد باکتری، محیط مایع حاوی سانتریفیوژ شد. سپس، با محلول آب پیتون (۰/۰۱٪) دو بار شستشو شد و در یخچال نگهداری شد (۱۹).

روش ریزپوشانی

برای ریزپوشانی از روش اکستروژن دولایه‌ای استفاده شد، که در آن لایه اول سدیم‌آژینات و لایه دوم صمغ عربی بود. برای ریزپوشانی، باکتری لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس پس از سانتریفیوژ و شستشو، توسط نرمال سالین به حجم ۵ ml (در غلظت حدود 10^{10} CFU/ml) رسانده شد و ۱۵ ml محلول آژینات سدیم ۰/۲٪ به آن اضافه شد. محلول فوق توسط نیدل ۰/۱۱ mm به صورت قطره قطره به ۵۰ ml محلول 1M CaCl_2 استریل اضافه شد و به مدت یک شب در یخچال قرار داده شد. سپس، دانک‌ها به ۱۰۰ ml محلول ۰/۰۰۰۰۰۰۰۸٪ به تفکیک اضافه شد و به مدت ۴۰ min بروی شیکر ارلن در دور ۱۸۰ rpm قرار داده شد. در ادامه، دانک‌ها توسط پیتون واتر ۰/۰۱٪ استریل چندین بار شستشو شد و در دمای ۴ °C قرار داده شد (۲۰).

شمارش تعداد باکتری‌های به دام افتاده در کپسول‌ها
در ابتدا محلول آژینات سدیم حاوی باکتری انتخاب و تعداد باکتری‌های موجود در آن شمارش شد. سپس ۱ g دانک تولید شده، با ۹ ml محلول استریل سدیم‌سیترات ۰/۱٪ محلوط و توسط دستگاه استوماکر هم‌زده شد. سپس رقت سازی انجام و شمارش میکروبی بر طبق شمارش استاندارد در محیط کشت MRS agar صورت پذیرفت. پلیت‌های محیط کشت به مدت ۴ h در دمای ۳۷ °C گرمخانه گذاری شدند. بازده ریزپوشانی با استفاده از فرمول زیر به دست آمد.

$$\text{بازده ریزپوشانی} = \frac{N}{N_0} \times 100$$

N تعداد سلول‌های آزادشده از دانک

غلظت ۱ gr/l و ۱۰ به تفکیک به نمونه اضافه شد و نمونه‌ها در دمای ۳۷ °C به مدت ۲h در انکوباتور شیکردار با سرعت ۱۵۰ قرار داده شدند (فاز اول روده‌ای). سپس، pH نمونه‌ها با محلول قلیایی بالا، به ۷ رسانده شد. پانکراتین و صفراء در همان غلظت مرحله قبل، به نمونه اضافه شد. بار دیگر نمونه‌ها در دمای ۳۷ °C به مدت ۲ h در انکوباتور متحرک با سرعت ۱۵۰ rpm قرار گرفتند (فاز دوم روده‌ای). نمونه‌گیری برای شمارش لاکتوپاسیللوس در ۳۰ min، ۲ h، ۴ و ۶ انجام شد و در محیط اختصاصی کشت داده شد (۲۲).

اندازه‌گیری اسیدیته

اندازه‌گیری اسیدیته بر اساس درجه دورنیک و بر طبق روش استاندارد ۲۸۵۲ سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران انجام شد.

pH ارزیابی

میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر مدل، Sanxin 5021 Ltd, Shanghi, China. الکترودهای شیشه‌ای استاندارد در دمای ۲۵ °C در دامنه بین ۶-۴ (با استفاده از بافر فسفات مربوطه) اندازه‌گیری شد.

آزمون حسی

آزمون حسی بر اساس روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد. این آزمون با استفاده از ۱۰ نفر ارزیاب انجام شد که بیشترین امتیاز ارزیابی چشایی را در آزمون اولیه از خود نشان دادند. جدول امتیازی بر حسب اعداد ۱ تا ۵ به ترتیب برای امتیاز ۱ (شدیداً مخالف) تا امتیاز ۵ (شدیداً موافق) برای مؤلفه‌های طعم، رنگ، بو، بافت و نظر کلی طراحی شد (۲۱).

آزمون‌های آماری

نتایج (داده‌ها) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۳ آنالیز شدند. جهت آنالیز آماری داده‌ها از جدول آنالیز واریانس یک طرفه و برای بررسی اختلاف میانگین‌ها از آزمون دانکن

اضافه شد. نمونه‌ها در تانک مجهز به همزن با دور ۱۰ rpm به مدت ۱ min هم‌زده شد. ماست‌های تولیدی به سه قسمت مساوی تقسیم شدند. به یکی از نمونه‌های ماست چویل، باکتری ریزپوشانی شده و به نمونه دوم ماست چویل، باکتری آزاد اضافه شد. غلظت نهایی باکتری پروبیوتیکی در هر نمونه در حدود $9 \log \text{CFU.g}^{-1}$ بود. یک نمونه به عنوان شاهد انتخاب شد. آزمایش‌های اسیدیته، pH، آزمون حسی و میکروبی بر روی هر نمونه ماست چویل، با ۳ مرتبه تکرار، در روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ انجام شد (۲۳).

ماندگاری باکتری پروبیوتیک و استارتر در طول مدت نگهداری

برای شمارش لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس از محیط کشت MRS آگار حاوی سوربیتول استفاده شد. نمونه‌های شاهد، ماست حاوی باکتری آزاد و زیرپوشانی شده به تفکیک شاهد، ماست حاوی باکتری آزاد و زیرپوشانی شده به تفکیک در محیط انتخابی در روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ کشت داده شدند. برای کشت لاکتوپاسیللوس بولگاریکوس^۱ از محیط آگار (pH=۴/۵) و برای کشت استرپتوکوکوس ترموفیلوس^۲ از محیط M17 استفاده شد.

ماندگاری در شرایط مشابه معده‌ای روده‌ای

این آزمون بر طبق روش کریمی^۴ و همکاران (۲۰۲۱) بر روی نمونه‌های باکتری ریزپوشانی شده لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس انجام شد. به این منظور، ۱ g دانک در ۹ ml محلول نرمال سیلین ریخته شد و pH همه نمونه‌ها با استفاده از اسید کلریدریک ۱ N به ۱/۸ رسانیده شد. سپس، میزانی آنزیم پسپین و لیپاز به نمونه‌ها اضافه شد تا غلظت نهایی این دو ماده به ترتیب به ۳۰۰ mg/l و ۹۰ رسید. نمونه‌ها در دمای ۳۷ °C به مدت ۲h در انکوباتور شیکردار با سرعت ۱۵۰ rpm قرار داده شدند (فاز معدی). در مرحله بعد، pH نمونه‌ها با استفاده از محلول قلیایی (۱۵۰ ml) ۱ N سود ۱۴ g به همراه $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ به ۵ رسانده شد. سپس، پانکراتین و صفراء به ترتیب با H_2O

1. *Lactobacillus bulgaricus*

2. Man, Rogosa and Sharp

3. *Streptococcus thermophilus*

4. Karimi

بیشترین قطر لایه دوم به نمونه حاوی $8\%/\text{٪}$ صمغ عربی مربوط بود.

استفاده شد ($p \leq 0.05$). کلیه آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. برای رسم نمودارها از برنامه اکسل ۲۰۱۹ استفاده شد.

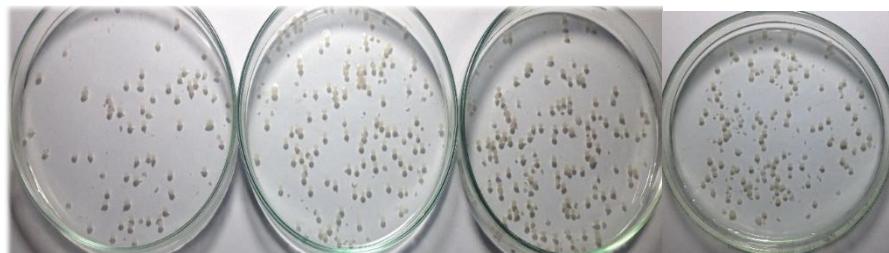
ارزیابی مقاومت حرارتی باکتری‌های ریزپوشانی شده و آزاد

ارزیابی مقاومت حرارتی باکتری‌های ریزپوشانی شده و آزاد در شکل ۳ آورده شده است. باکتری آزاد و ریزپوشانی شده به حرارت 72°C حساس بوده و با کاهش لگاریتمی تعداد $8\log \text{CFU.ml}^{-1}$ در $2/47$ min و برای باکتری ریزپوشانی شده $\log \text{CFU.ml}^{-1}$ در $2+52/40$ است. دانک حاوی $8\%/\text{٪}$ صمغ عربی کمترین کاهش تعداد باکتری را در طی زمان حرارت دهی در بین دانک‌ها داشت. از آنجایی که مهم‌ترین ویژگی دانک مقاومت حرارتی بوده است، بنابراین دانک حاوی $8\%/\text{٪}$ صمغ عربی به عنوان مناسب‌ترین دانک جهت افزودن به ماست انتخاب شد.

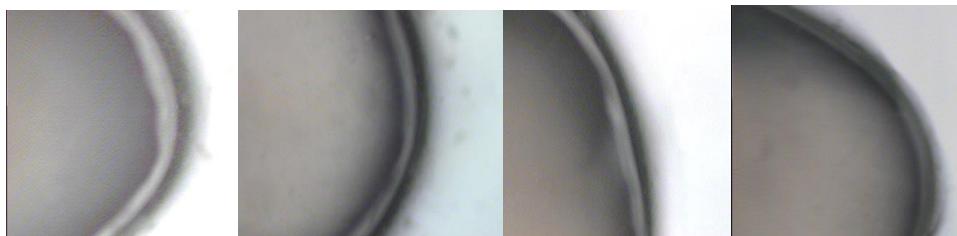
نتایج

بررسی مرفو‌لوزی، کارایی ریزپوشانی

شکل انشان دهنده مرفو‌لوزی دانک‌های تولید شده با مقادیر مختلف صمغ عربی می‌باشد. بر طبق نتایج، باکتری لاکتو‌بایسیلوس اسیدوفیلوس به خوبی ریزپوشانی شده است. همچنین، در این مطالعه، کارایی ریزپوشانی با صمغ عربی $90/2+52/40$ بود. دانک‌ها کروی و صور نمایی آنها $1/06$ بود. لایه داخلی از جنس سدیم آلتینات و لایه بیرونی صمغ عربی بود (شکل ۲). با افزایش درصد صمغ عربی قطر لایه ریزپوشانی نیز μm افزایش یافت (جدول ۱). اندازه قطر لایه آلتینات از $3334/65+111/68$ تا $33054/40+52/06$ بود. میزان درصدهای مختلف صمغ عربی، بر قطر لایه آلتینات تأثیری نداشت، اما تأثیر معناداری بر روی قطر لایه دوم (صمغ عربی) داشت.



شکل ۱. تصویر دورین عکس‌برداری (از چپ به راست) باکتری ریزپوشانی شده با $0/2$ ، $0/4$ ، $0/6$ و $0/8\%/\text{٪}$ صمغ عربی به کاررفته در ریزپوشانی

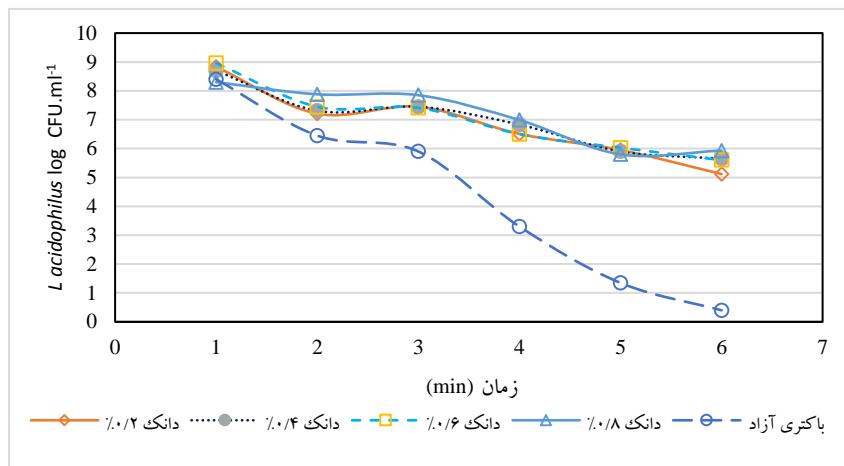


شکل ۲. تصویر (از چپ به راست) میکروسکوپ نوری باکتری ریزپوشانی شده با $0/2$ ، $0/4$ ، $0/6$ و $0/8\%/\text{٪}$ صمغ عربی به کاررفته در ریزپوشانی

جدول ۱. قطر لایه‌های دانک با صمغ عربی

فرز لایه‌ها (μm)	آلتینات	$330.5/40 \pm 52/0.6a$	$3223/30 \pm 10/1.17$	$3349/60 \pm 10.9/5.5a$	$3334/65 \pm 11.1/6.8a$
صمغ عربی	$12/89 \pm 5/5.5c$	$13/69 \pm 2/8.3bc$	$16/73 \pm 2/7.1ab$	$17/97 \pm 2/4.2a$	

اعداد (میانگین ± انحراف معیار) نه تکرار هستند.

نتایج با حروف کوچک انگلیسی متفاوت، نشان‌دهنده اختلاف آماری معنادار هستند ($p \leq 0.05$).

شکل ۳. بقای لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس آزاد و ریزپوشانی شده در دمای ۷۲ °C
داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) نه تکرار می‌باشد.

شمارش کلی باکتری‌های استارتر شامل لاکتوپاسیللوس بولگاریکوس، استرپتوبکوکوس ترموفیلوس و باکتری لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس در سه نمونه ماست حاوی باکتری آزاد، ماست حاوی دانک و ماست شاهد انجام شد (شکل ۵). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، باکتری‌های استارتر در سه نمونه ماست کاهش یافت. تعداد باکتری لاکتوپاسیللوس بولگاریکوس از $9/8 \log \text{cfu}/\text{ml}$ به $7/9$ و استرپتوبکوکوس ترموفیلوس از $9/5 \log \text{cfu}/\text{ml}$ به $7/7$ کاهش داشت. در نمونه ماست حاوی باکتری آزاد درصد ماندگاری باکتری پروبیوتیک $19/31$ ٪ در دانک $50/6$ ٪ در پایان دوره نگهداری برآورد شده است.

خصوصیات شیر اولیه، اندازه‌گیری اسیدیته و pH

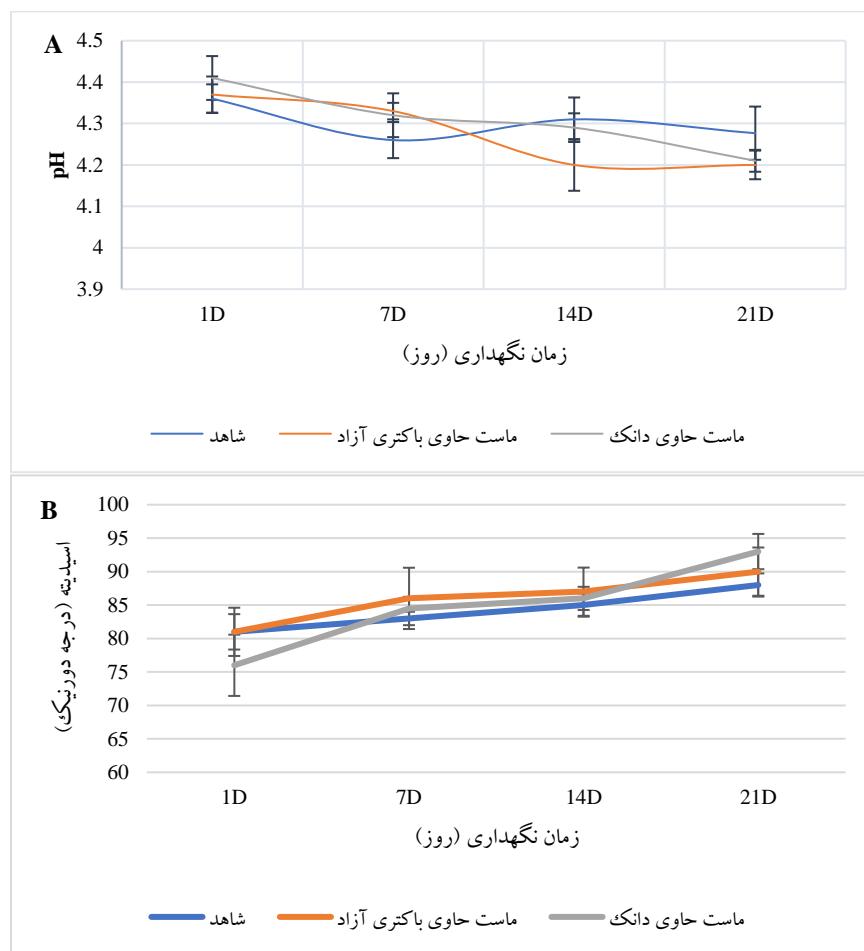
خصوصیات فیزیکوشیمیایی و میکروبی شیر اولیه در جدول ۲ آورده شده است. تغییرات اسیدیته و pH نمونه‌های ماست چویل پروبیوتیک در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق با نتایج، اسیدیته نمونه‌ها در انتهای دوره نگهداری افزایش و pH کاهش یافت. همچنین، بررسی تغییرات اسیدیته بین نمونه‌های مختلف نشان داد در روزهای ۷ و ۱۴، ماست چویل حاوی لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس به صورت آزاد، دارای اسیدیته بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها بود. بیشترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه حاوی دانک (93°D) در روز ۲۱ بود.

اندازه‌گیری ماندگاری لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس و باکتری‌های استارتر در طول مدت نگهداری



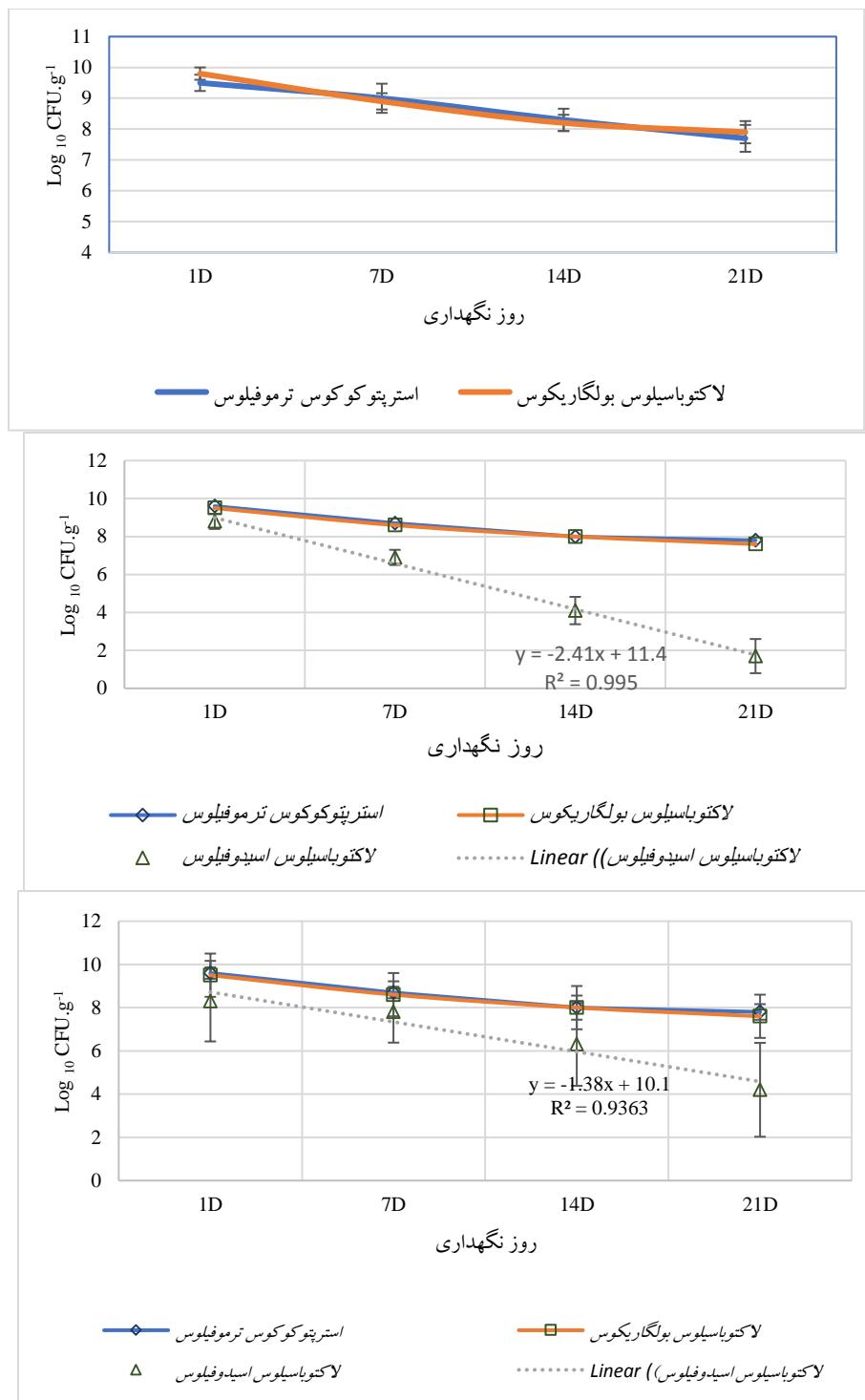
جدول ۲. آنالیز فیزیکوشیمیایی و میکروبی شیر

فاکتورها	درصد
pH	۶/۹
اسیدیته (درجه دورنیک)	۱۵
پروتئین	۳/۳
چربی خام	۱/۵
(gr.cm ⁻³) دانسیته	۱/۰۳۶
(°C) نقطه اتحاد	-۰/۵۲۳
وجود آنتیبیوتیک	دیده نشده است
شمارش کلی باکتریایی (log CFU·ml ⁻¹)	۵/۳۲



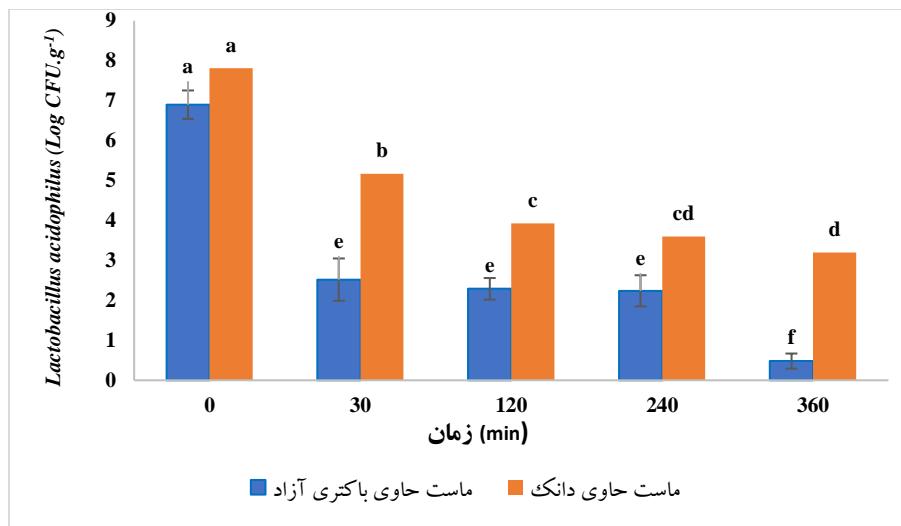
شکل ۴. pH (A) و اسیدیته (B) ۸۳کتوباسیلوس اسیدوفیلوس دیزپوشانی شده، ۸۳کتوباسیلوس اسیدوفیلوس آزاد و ماست چوبی شاهد

^۱داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) سه تکرار می‌باشد.



شکل ۵. بقای استرپتوكوس ترموفیللوس در ماست چویل شاهد (A); حاوی لاکتوپاسیللوس اسیدوفیللوس آزاد (B); لاکتوپاسیللوس اسیدوفیللوس میکروکپسوله شده (C)؛ در طول زمان نگهداری.

^۱داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) از سه تکرار می‌باشد.



شکل ۶. ماندگاری لاكتوباسیلوس اسیدوفیلوس آزاد و لاكتوباسیلوس اسیدوفیلوس میکروکپسوله شده وارد
صمع عربی در محله شبیه‌سازی شده معده‌ای روده‌ای ۰/۸٪

^aداده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) از سه تکرار می‌باشد.

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش درصد صمع عربی، باعث افزایش قطر لایه خارجی در دانک‌ها شده است. با توجه به آنکه اندازه دانک‌ها در واحد μm می‌باشد، می‌تواند عاملی برای ایجاد بافت یکنواخت در ماست چویل باشد. در حالی که، اگر اندازه ذرات در حدود mm بود، احتمالاً بافت دانه‌دار را در محصول ایجاد می‌کرد. از سوی دیگر اندازه ذرات دانک بر روی پایداری آن در شرایط معده‌ای و روده‌ای نیز موثر است. بنابراین، استفاده از ذرات بزرگ‌تر از $100 \mu\text{m}$ برای استفاده در غذا پیشنهاد می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات لوکا^۱ و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد. یکی از عوامل مهم در اندازه قطر دانک‌های تولید شده مربوط به نیدل استفاده شده و فاصله نیدل با کلرید کلسیم در فرایند ریزپوشانی می‌باشد (۲۴).

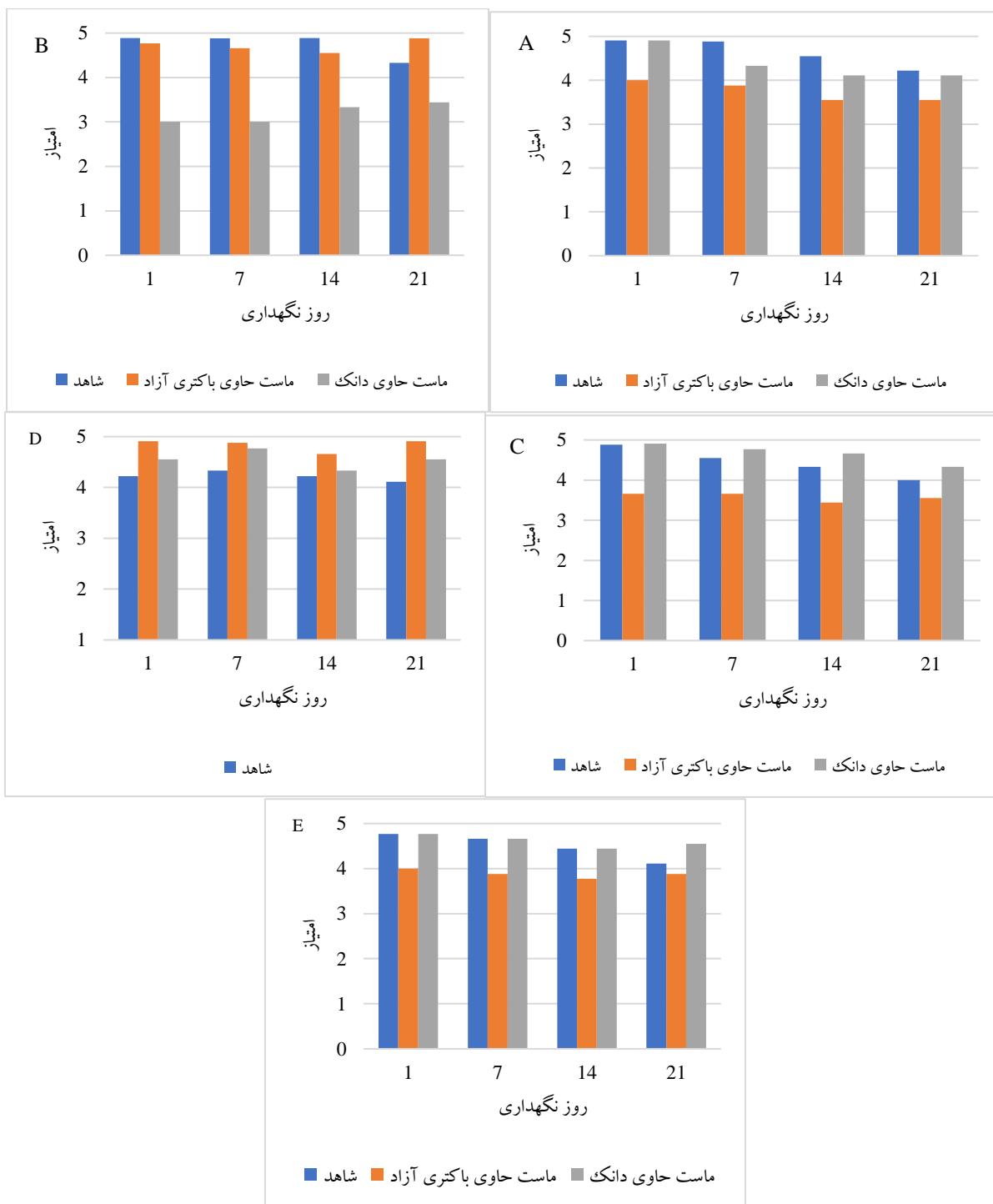
ماندگاری در شرایط معده‌ای روده‌ای

نتایج ماندگاری باکتری لاكتوباسیلوس آزاد و دانک آن در روز ۷ نگهداری، در شکل ۶ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در دو نمونه، تعداد باکتری‌ها کاهش داشته‌اند. ماندگاری باکتری آزاد در شرایط مشابه معده‌ای روده ای (۶/۹۵٪) به مراتب کمتر از دانک (۴۰/۹٪) بوده است. بیشترین میزان کاهش به فاز معده‌ای مربوط بوده است که برای باکتری آزاد $2/64 \log \text{CFU.ml}^{-1}$ و برای دانک $4/38 \log \text{CFU.ml}^{-1}$ بود.

ارزیابی حسی ماست چویل

بررسی مؤلفه‌های حسی در شکل ۷ آورده شده است. مؤلفه‌های بو، طعم و مزه، در ماست چویل حاوی دانک نسبت به سایرین از امتیاز کمتری برخوردار بود. اما در مؤلفه بافت نمونه حاوی دانک از امتیاز بیشتری نسبت به سایرین برخوردار بود.

1. Luca



شکل ۲. ویژگی‌های حسی ماست شاهد؛ لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس میکروکپسوله شده؛ لاکتوپاسیللوس اسیدوفیلوس آزاد در طول زمان نگهداری ماست چویل. پارامترهای حسی شامل طعم (A)؛ بو (B)؛ رنگ (C)؛ بافت (D)؛ مقبولیت (E)

که باکتری ریزپوشانی شده به طور قابل توجهی ماندگاری بالاتری نسبت به فرم آزاد در ۲۸ روز نگهداری در دمای ۴°C داشت (۱۶). میزان pH پایین ماست و رقابت با باکتری‌های استارتر می‌تواند از دلایل کاهش فرم آزاد باکتری لاكتوباسیلوس اسیدوفیلوس در ماست باشد (۲۶). با توجه به شکل ۵، ماست حاوی باکتری آزاد تا روز ۷ و ماست حاوی دانک تا روز ۱۴ واجد حد نصاب باکتری پروبیوتیک CFU.ml^{-1} بود. ازین‌رو می‌توان اظهار داشت استفاده از صمغ عربی به عنوان پوشش تا حدودی اثر حفاظتی بر باکتری پروبیوتیک داشته است. همچنین، در شرایط مشابه معدی-رودهای نیز ماندگاری باکتری ریزپوشانی شده بیشتر از نوع آزاد آن بود. در مطالعه‌ای کاهش تعداد سلول‌های لاكتوباسیلوس اسیدوفیلوس آزاد پس از قرار گرفتن در مرحله شیوه‌سازی معده‌ای ($\text{pH}=3$) $\log \text{CFU.ml}^{-1}$ ۳/۵۴ بوده است. در حالی که، دانک‌های واجد باکتری پروبیوتیک بر حسب نوع دیواره و تیمار آن دارای $\log \text{CFU.ml}^{-1}$ ۱/۵۱ (دیواره پکتینی)، $\log \text{CFU.ml}^{-1}$ ۱/۵۹ (دیواره پکتین و پروتئین آب‌پنیر) و $\log \text{CFU.ml}^{-1}$ ۱/۶۷ (دیواره پکتین و پروتئین آب‌پنیر همراه با حرارت) بوده است که با نتایج این پژوهش همخوانی ندارد. این اختلاف ممکن است به دلیل شرایط مطالعه، مانند مقاومت طبیعی میکروارگانیسم، مقادیر مختلف pH، وجود یا عدم وجود آنزیم‌ها و مواد مختلف دیواره دانک باشد (۲۹).

در آزمون حسی نتایج این پژوهش نشان‌دهنده افزایش امتیاز بافت نمونه حاوی دانک نسبت به سایر نمونه‌ها بود. یکی از دلایل این افزایش می‌تواند حل شدن دیواره دانک در محصول و ایجاد قوام مناسب باشد. همچنین، وجود باکتری پروبیوتیک باعث تولید اسید بیشتری در محصول طی مدت نگهداری می‌شود و متعاقب آن میسل کازئین باز آرایی می‌کند و این کار سبب متراکم تر شدن بافت ماست می‌شود (۳۰). در طول مدت نگهداری تقریباً تمام مؤلفه‌ها کاهش یافته‌اند، اما مؤلفه

بر طبق نتایج مطالعات سایر پژوهشگران بازده ریزپوشانی با سدیم آژرینات و کلرید کلسیم ۳٪، بیش از ۹۶٪ بود که با نتایج این پژوهش متفاوت است. یکی از دلایل این تفاوت در بازده می‌تواند به اختلاف درصد کلرید کلسیم (۲٪) در این پژوهش مربوط باشد. افزایش درصد کلرید کلسیم، به سفت‌تر شدن بافت دانک منجر می‌شود و در نتیجه کارایی ریزپوشانی را افزایش می‌دهد (۲۵).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که دانک ایجادشده دارای مقاومت مناسبی به حرارت می‌باشد. در این زمینه، در پژوهشی باکتری‌های ریزپوشانی شده با پودر کاکائو در دمای ۶۰°C به دلیل عدم آسیب به غشا دانک در آنها سالم ماندند (۲۶). از سویی دیگر، جنس مواد ریزپوشانی، می‌تواند در مقاومت باکتری مؤثر باشد. به عنوان مثال، استفاده از نانو فیرهای نشاسته و سدیم آژرینات در ریزپوشانی می‌تواند کاهش $\log \text{CFU.ml}^{-1}$ ۱/۱۱ در باکتری آزاد و $\log \text{CFU.ml}^{-1}$ ۱/۰۶۵ در دانک تولیدشده در دمای ۶۵°C به مدت ۳۰ min ایجاد کند که با یافته‌های این پژوهش همخوانی ندارد. علاوه بر جنس ساختمان دیواره ریزپوشانی، دما و زمان متفاوت می‌تواند از دلایل این اختلاف باشد (۲۷).

ارزیابی اسیدیته در نمونه‌ها نشان از کاهش این مؤلفه در طول مدت نگهداری داشت. کاهش pH در نمونه‌های حاوی دانک و باکتری آزاد بیشتر از نمونه شاهد بود. اسیدی شدن پس از تولید در روزهای اول بیش از سایر روزهای دوره نگهداری بود که این موضوع به دلیل مصرف لاکتوز، تولید لاکتیک اسید و فعالیت متابولیکی باکتری‌ها می‌باشد (۲۸).

مطالعه حاضر نشان داد که بقای باکتری ریزپوشانی شده بیشتر از نوع آزاد آن در ماست چویل بوده است. لی لاک ۱ و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی مشابه، مطالعه‌ای بر روی باکتری لاكتوباسیلوس اسیدوفیلوس ریزپوشانی شده با صمغ عربی و آب‌پنیر به روش خشک کن پاششی انجام دادند. نتایج نشان داد

لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس مؤثر باشد، با این حال برای ارتقا خصوصیات حسی محصول نیاز به مطالعات بیشتری می‌باشد.

تعارض منافع

نویسنده‌گان هیچ گونه تعارض منافعی ندارند.

منابع

- Kerry RG, Patra JK, Gouda S, Park Y, Shin H-S, Das G. Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2018; 26(3):927-39.
- Zielinska D, Kolozyn-Krajewska D. Food-origin lactic acid bacteria may exhibit probiotic properties. *Journal of BioMed Research International*. 2018; 2018:1-15. <https://doi.org/10.1155/2018/5063185>
- Saxelin M, Tynkkynen S, Mattila-Sandholm T, de Vos WM. Probiotic and other functional microbes: from markets to mechanisms. *Current Opinion in Biotechnology*. 2005; 16(2):204-11.
- Anjum N, Maqsood S, Masud T, Ahmad A, Sohail A, Momin A. Lactobacillus acidophilus: characterization of the species and application in food production. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2014; 54(9):1241-51.
- Michael M, Phebus RK, Schmidt KA. Plant extract enhances the viability of Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus and Lactobacillus acidophilus in probiotic nonfat yogurt. *Food Science Nutrition*. 2015; 3(1):48-55.
- Minelli EB, Benini A. Relationship between number of bacteria and their probiotic effects. *Microbial Ecology in Health Disease*. 2008; 20(4):180-3.
- Fiore G, Di Profio E, Sculati M, Verduci E, Zuccotti GV. Health effects of yogurt consumption during paediatric age: a narrative review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2022;1-22.
- Mousavi M, Heshmati A, Garmakhany AD, Vahidinia A, Taheri M. Optimization of the viability of Lactobacillus acidophilus and physico-chemical, textural and sensorial characteristics of flaxseed-enriched stirred probiotic yogurt by using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*. 2019; 102:80-8.
- Yao M, Xie J, Du H, McClements DJ, Xiao H, Li L. Progress in microencapsulation of probiotics: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety*. 2020;19(2):857-74.

بافت با افزایش مدت زمان نگهداری در محصول افزایش یافت. افضل^۱ و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای مشابه، افودن باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس ریزپوشانی شده با سدیم آژینات و کاراگینان به طور مستقل به ماست را بررسی کردند. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که ماست حاوی سلول‌های آزاد باکتری امتیاز کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها در تمامی مؤلفه‌های حسی داشت. ماست‌های حاوی دانک آژیناتی و کاراگینانی دارای امتیازی نسبتاً مشابه با نمونه شاهد بودند. نتایج این مطالعه با نتایج حاصل از پژوهش حاضر هم‌خوانی ندارد. یکی از دلایل این عدم هم‌خوانی می‌تواند مواد به کاررفته در دیواره ریزپوشانی باشد (۳۱).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان این چنین استنباط کرد که باکتری لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس را می‌توان با سدیم آژینات و صمغ عربی به روش اکستروژن دولایه ریزپوشانی کرد. دانک تولید شده در این مطالعه، کارایی ریزپوشانی بالایی داشت. همچنین، غلظت ۰/۸٪ بهترین غلظت صمغ عربی برای دیواره از نظر مقاومت باکتری به دمای کشنده بود. ماست چویل حاوی باکتری ریزپوشانی شده از افزایش اسیدیته و کاهش pH بیشتری نسبت به فرم آزاد برخوردار بود. اضافه کردن باکتری لاکتوپاسیلوس اسیدوفیلوس به فرم دانک باعث حفظ حد نصاب (10^6 CFU.g⁻¹) در ۱۴ روز شد، که این میزان بیشتر از باکتری پروبیوتیک آزاد (۷ روز) بوده است. علاوه بر این، فرم دانک باکتری توانایی مقاومت بیشتری در شرایط مشابه روده‌ای و معده‌ای نسبت به فرم آزاد داشت. ارزیابی حسی انواع مختلف ماست چویل نیز نشان داد امتیاز مؤلفه‌های حسی برای ماست چویل حاوی دانک کمتر از سایرین بود، در این بین امتیاز بافت نمونه حاوی دانک بیشتر از سایرین بود. درنهایت با استناد به نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر، استفاده از دانک (۰/۸٪) می‌تواند در ارتقاء باکتری

1. Afzaal

20. Sekhavatizadeh SS, Abedi M, Hemmati F, Goodarzi Nejad R, Mirzaee N, Afra N. Investigation of physicochemical properties of *Lactobacillus ruteri* microorganism coated with two layers of sodium alginate and mastic gum (*Pistacia atlantica* subsp. *kurdica*). *Innovative Food Technologies*. 2021; 8(4):399-414 [In persian].
21. Dokoozaki ZN, Sekhavatizadeh SS, Hosseinzadeh S. Dairy dessert containing microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* (ATCC 53103) with quince seed mucilage as a coating material. *LWT*. 2019; 115:108429.
22. Karimi M, Sekhavatizadeh SS, Hosseinzadeh S. Milk dessert containing *Lactobacillus reuteri* (ATCC 23272) encapsulated with sodium alginate, *Ferula assa-foetida* and Zedo (*Amygdalus scoparia*) gum as three layers of wall materials. *Food Bioproduct Processing*. 2021; 127:244-54.
23. Sekhavati Zade S, Karimi M, Savand Romi AR, Sadeghi Sarvestani V. Industrial production and sensory and chemical analysis of Chavil yogurt. *Journal of Food Technology and Nutrition*. 2014; 12(1):59-70 [In persian].
24. Luca L, Oroian M. Influence of different prebiotics on viability of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus rhamnosus* encapsulated in alginate microcapsules. *Foods*. 2021; 10(4):710.
25. Yun P, Devahastin S, Chiewchan N. Microstructures of encapsulates and their relations with encapsulation efficiency and controlled release of bioactive constituents: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science Food Safety*. 2021; 20(2):1768-99.
26. Abbaszadeh S, Gandomi H, Misaghi A, Bokaei S, Noori N. The effect of alginate and chitosan concentrations on some properties of chitosan-coated alginate beads and survivability of encapsulated *Lactobacillus rhamnosus* in simulated gastrointestinal conditions and during heat processing. *Journal Sci ence Food and Agriculture*. 2014; 94(11):2210-6.
27. Ghorbani S, Maryam A. Encapsulation of lactic acid bacteria and Bifidobacteria using starch-sodium alginate nanofibers to enhance viability in food model. *Journal of Food Processing Preservation*. 2021; 45(12):e16048.
28. Shoji AS, Oliveira AC, Balieiro JCC, Freitas O, Thomazini M, Heinemann RJB, et al. Viability of *L. acidophilus* microcapsules and their application to buffalo milk yoghurt. *Food Bioproduct Processing*. 2013; 91(2):83-8.
29. Gebara C, Chaves KS, Ribeiro MCE, Souza FN, Grosso CRF, Gigante ML. Viability of *Lactobacillus acidophilus* La5 in pectin-whey protein microparticles during exposure to simulated
10. Feng K, Huang R-m, Wu R-q, Wei Y-s, Zong M-h, Linhardt RJ, et al. A novel route for double-layered encapsulation of probiotics with improved viability under adverse conditions. *Food Chemistry*. 2020; 310:125977.
11. Khorshidi M, Heshmati A, Taheri M, Karami M, Mahjub R. Effect of whey protein-and xanthan-based coating on the viability of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* and physicochemical, textural, and sensorial properties of yogurt. *Food Science Nutrition* 2021; 9(7):3942-53.
12. Ramos PE, Cerqueira MA, Teixeira JA, Vicente AA. Physiological protection of probiotic microcapsules by coatings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018; 58(11):1864-77.
13. Gbassi GK, Vandamme T. Probiotic encapsulation technology: from microencapsulation to release into the gut. *Pharmaceutics*. 2012; 4(1):149-63.
14. Gurjar P, Killadi B, Lenka J, Shukla D. Effect of gum arabic coatings on physico-chemical and sensory qualities of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Shweta. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018; 7:3769-75.
15. Matos-Jr FEd, Silva MPd, Kasemodel MGC, Santos TT, Burns P, Reinheimer J, et al. Evaluation of the viability and the preservation of the functionality of microencapsulated *Lactobacillus paracasei* BGP1 and *Lactobacillus rhamnosus* 64 in lipid particles coated by polymer electrostatic interaction. *Journal of Functional Foods*. 2019; 54:98-108.
16. Leylak C, Özdemir KS, Gurakan GC, Ogel ZB. Optimisation of spray drying parameters for *Lactobacillus acidophilus* encapsulation in whey and gum Arabic: Its application in yoghurt. *International Dairy Journal*. 2021; 112:104865.
17. Jimenez-Fernandez M, Perez-Tirado D, Peredo-Lovillo A, Luna-Solano G. Physicochemical characteristics and survivability of *Lactobacillus paracasei* encapsulated by a gum arabic-pectin mixture as wall material and added to fresh panela cheese. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 2021; 20(3):Alim2551-Alim.
18. Parvar R, Ghoorchi T, Kashfi H, Parvar K. Effect of *Ferulago angulata* (Chavil) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. *Small Ruminant Research*. 2018; 167:48-54.
19. Al-Sahlany ST, Niamah AK. Bacterial viability, antioxidant stability, antimutagenicity and sensory properties of onion type's fermentation by using probiotic starter during storage. *Nutrition and Food Science*. 2022; 52(6):901-16.

gastrointestinal conditions. Food Research International. 2013; 51(2):872-8.

30. Kailasapathy K. Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. LWT-Food Science Technology. 2006; 39(10):1221-7.

31. Afzaal M, Khan AU, Saeed F, Ahmed A, Ahmad MH, Maan AA, et al. Functional exploration of free and encapsulated probiotic bacteria in yogurt and simulated gastrointestinal conditions. Food Science and Nutrition. 2019; 7(12):3931-40.

Investigation of physicochemical and sensory properties of probiotic Chavil yogurt containing microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* (PTCC 1643) with sodium alginate and Arabic gum

Seyed Saeed Sekhavatizadeh^{*1}, Aniseh Ezadi²

¹Assistant professor of Food Science Dep, Fars Agricultural, and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Fars, Iran

²Graduated Student of Food Science and Technology Dep, Islamic Azad University, Sarvestan, Fars, Iran

Abstract

Nowadays, the consumption of probiotic products is increasing. Adding probiotic bacteria to traditional products is one of the ways to create attraction in the consumption of these products. On the other hand, the survivability of probiotics during the process and storage time is one of the obstacles to expand the use of these products. With this aim, microencapsulated *Lactobacillus acidophilus*(bead) was produced with sodium alginate and Arabic gum (in 4 concentrations 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8%). The produced beads were spherical in shape (aspect ratio 1.06) and had high microencapsulation efficiency (90.52+2.02%). With the increase in the concentration of Arabic gum, the diameter of the outer layer of the beads increased. Since the survivability of the beads containing Arabic gum (0.8%) was 2.47 log CFU.ml⁻¹ in 6 minutes; therefore, this bead was chosen for adding to Chavil yogurt. The survival rate of probiotic bacteria was estimated to be 19.31% and 50.60% in the yogurt sample containing free bacteria and beads separately at the end of the storage period. In the simulation gastrointestinal condition, the survival percentages were 40.9% and 6.95% for free bacteria and bead separately. Chavil yogurt containing beads had the lowest score in the sensory components containing odor, flavor and color, although it had the highest score in the texture parameter. Therefore, the use of double-layer beads containing sodium alginate and Arabic gum may be recommended.

Keywords: *Lactobacillus acidophilus*, Microencapsulation, Gastrointestinal conditions, Heat resistance