بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست چویل پروبیوتیک حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (PTCC 1643) ریزپوشانی شده با سدیم‌آلژینات و صمغ عربی

سید سعید سخاوتی‌زاده[1*]، انیسه ایزدی[2]

[1]گروه صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، فارس

[2]گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سروستان، فارس

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

چکیده

امروزه مصرف محصولات پروبیوتیک روبه افزایش است. اضافه کردن باکتری‌های پروبیوتیک به محصولات سنتی یکی از راه‌های ایجاد جاذبه در مصرف این محصولات می‌باشد. از سوی دیگر ماندگاری پروبیوتیک‌ها در طول فرایند و طول مدت نگهداری ازجمله موانع گسترش مصرف این فراورده‌ها است. با این هدف باکتری ریزپوشانی شده *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* با سدیم‌آلژینات و صمغ عربی (در ۴ غلظت ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ ٪) تولید شد. دانک تولیدشده کروی (صور نمایی ۱/۰۶) و دارای کارایی ریزپوشانی بالا (۹۰/۵۲+۲/۰۲) بود. با فزایش غلظت صمغ عربی ، قطر لایه بیرونی دانک افزایش پیدا کرد. از آنجایی که ماندگاری دانک واجد ۰/۸ ٪ صمغ عربی $2/47\ \log CFU.ml^{-1}$ در 6 min بوده است؛ لذا از این دانک برای اضافه شدن به ماست چویل انتخاب شد. در نمونه ماست حاوی باکتری آزاد میزان ماندگاری باکتری پروبیوتیک ۱۹/۳۱ ٪ و در دانک ۵۰/۶۰ ٪در پایان دوره نگهداری برآورد شده است. در ارزیابی ماندگاری باکتری در شرایط مشابه معده‌ای و روده‌ای، درصد ماندگاری باکتری آزاد ۶/۹۵ ٪ و در دانک ۴۰/۹ ٪ بوده است. بیشترین میزان کاهش مربوط به فاز معده‌ای، برای باکتری آزاد $4/38\ \log CFU.ml^{-1}$ و برای دانک $2/64\ \log CFU.ml^{-1}$ بوده است. ماست چویل حاوی دانک امتیاز کمتری را در مؤلفه‌های بو، طعم و مزه نسبت به سایرین داشت. ولی در مؤلفه بافت از امتیاز بیشتری برخوردار بود است. لذا استفاده از دانک دولایه واجد سدیم‌آلژینات و صمغ عربی پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، ریزپوشانی، شرایط معده‌ای و روده‌ای، مقاومت حرارتی

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

مقدمه

در سال ۲۰۰۱ واژه پروبیوتیک توسط شرزنمیر[1] و دی ورسه[2] ارائه شد. بر اساس این تعریف فراورده پروبیوتیک به فراورده‌ای اطلاق می‌شود که دارای مقدار مکفی $۱۰^{۷}$-$۱۰^{۶}$ 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 به‌کار رفته در غذا هستند. این پروبیوتیک‌ها اثرات مفیدی بر سلامت انسان و حیوانات دارند. آن‌ها نقش مهمی در محافظت از میزبان در برابر میکروارگانیسم‌های 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 مقاوم‌به‌اسید و صفرا بوده و قادر به چسبیدن به مجاری روده می‌باشند. یکی از باکتری های اسیدلاکتیک، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*[3] است (۲).

لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس یک میکروارگانیسم گرم مثبت هموفرمنتاتیو[4]، میکروآئروفیل[5] با زنجیره کوتاه و میله‌ای است. این باکتری دارای باکتریوسین[6] است. از این باکتری به‌عنوان 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 یبوست، اسهال و عدم تحمل لاکتوز است. *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در تعدادی از محصولات تخمیری مانند میسو، تمپه، ماست، پنیر چدار، پنیر گودا، پنیر سفید پروبیوتیک، شیر سویا و دوغ کشت داده‌شده، استفاده می شود (۴).

تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در غذا از آن جنبه مهم است که بتواند خود را به روده رسانده و تشکیل کلنی بدهد. لذا حداقل تعداد میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک زنده موجود در غذا می‌بایستی بین $۱۰^{۷}$-$۱۰^{۶}$ در محصول باشد (۶و۵).

ماست یک محصول شیر تخمیر شده سنتی است که بخشی از رژیم غذایی بسیاری 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 ازجمله آن می‌توان به شرایط نگهداری ماست، نوع سویه پروبیوتیک تلقیح شده در محصول، غلظت اسیدلاکتیک محصول، کشت‌های آغازگر استفاده‌شده و غلظت پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و اکسیژن موجود در ماست اشاره کرد (۸). لذا معمولاً با کاهش ماندگاری پروبیوتیک‌ها در این محصول روبرو هستیم. جهت جلوگیری از این کاهش می‌توان از روش ریزپوشانی استفاده کرد.

ریزپوشانی به معنای ایجاد دیواره برای باکتری است؛ که به‌وسیله این عمل از باکتری‌ها در مقابل شرایط بد محیطی می توان محافظت کرد. این روش می‌بایستی پایداری پروبیوتیک‌ها را در طول مدت نگهداری نیز حفظ کند، به‌علاوه 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. به‌طور ویژه دانک‌هایی که از ساختاری چندلایه تشکیل شده‌اند؛ در بهبود بقای سلول‌های پروبیوتیک مؤثرتر از انواع تک لایه بوده‌اند (۱۰).

1. Schrezenmeir
2. De Vrese.
3. *Lactobacillus acidophilus*

4. Homofermentative
5. Microaerophilic
6. Bacteriocin

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

مواد استفاده شده برای ریزپوشانی پروبیوتیک‌ها باید از نوع مواد غذایی ایمن باشند. آلژینات‌سدیم به دلیل مقرون‌به‌صرفه بودن، استفاده آسان، غیر سمی بودن، زیست سازگاری و قابلیت هضم به‌طورگسترده برای ریزپوشانی پروبیوتیک‌ها استفاده می‌شود. با این‌حال، آلژینات‌سدیم در حضور کاتیون‌های ضد ژل یا عوامل کلاته کننده پایدار نیست. علاوه بر این دانک‌های آلژینات به pH پایین حساس هستند و به‌سرعت اجزای دانک را آزاد می‌کنند (۱۱). از سوی دیگر، دانک‌های مبتنی بر آلژینات دارای شبکه‌های متخلخل هستند و نمی‌توانند به‌خوبی از پروبیوتیک‌ها در برابر شرایط نامساعد محیطی محافظت کنند (۱۲).

اعمال پوشش یا لایه ثانویه بر روی سطح میکروکپسول آلژینات می‌تواند عیوب ذکرشده را برطرف کند. مواد مختلف استفاده‌شده برای لایه دوم پوشش شامل پلی کاتیون‌ها مانند کیتوزان یا اسیدهای آمینه پلی آمینه، پروتئین‌ها و صمغ‌ها می باشد (۱۳). یکی از صمغ‌های مهمی که می‌تواند به‌عنوان لایه دوم معرفی شود صمغ عربی می‌باشد. صمغ عربی که به‌عنوان صمغ اقاقیا نیز شناخته می‌شود یک صمغ طبیعی است که از ترشح گونه‌های اقاقیا (*Acacia*) به دست می‌آید. این صمغ مخلوطی از پلی‌ساکاریدها و گلیکوپروتئین‌های 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 نمی‌کند، در غلظت‌های (۱۰- ۱ ٪) به‌عنوان تشکیل‌دهنده لایه محافظ رطوبت عمل می‌کند. همچنین، باعث تشدید طعم و مزه می‌شود (۱۵). علاوه بر این، صمغ عربی می‌تواند به‌عنوان یک پری بیوتیک عمل کرده و در عمل تخمیر *لاکتوباسیل‌ها* و *بیفیدوباکتری‌ها* باعث تولید بیشتر اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه شود (۱۶). این صمغ می‌تواند برهمکنش‌های الکترواستاتیکی با سایر پلیمرها ایجاد کند . بنابراین انتظار می رود که حفاظت از میکروارگانیسم‌های ریزپوشانی شده را بهبود دهد. صمغ عربی به‌عنوان ماده دیواره‌ای باکتری‌ها در خشک‌کن اسپری دایر بکار رفته و محافظت بهتری را برای زنده ماندن میکروارگانیسم‌های خشک‌شده ایجاد کند و همچنین باعث ثبات محصول پودری شود (۱۷).

یکی از گیاهان دارویی که در فرآورده‌های لبنی استفاده شده ، *Ferulago angulata* است؛ که در زبان فارسی به نام چویل شناخته می‌شود. 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 angulata (Schlecht.) Boiss*با ۳۵ تا ۴۰ گونه در جهان شناخته می‌شود که حدود هشت گونه در فلور ایران وجود دارد. چویل درختچه‌ای است چندساله با ۶۰ cm تا ۱۵۰ که جزء گیاه دارویی و معطر محسوب می‌شود. در مطالعات بسیاری نشان داده شده است؛ که از این گیاه برای خواص ضد میکروبی و ضد اکسیداسیون استفاده می‌شود (۱۸).

هدف از این پژوهش تولید ماست چویل پروبیوتیک با باکتری *لاکتوباسیلوس* آزاد و ریزپوشانی شده دولایه با آلژینات‌سدیم و صمغ‌عربی می‌باشد. همچنین خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آن در طول مدت ۲۱ روز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد

باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (PTCC ۱۶۴۳) از مرکز کلکسیون میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران، سازمان پژوهش‌های علمی صنعتی ایران به‌صورت لیوفیلیزه تهیه شد. MRS broth،MRS Agar آلژینات‌سدیم از شرکت مرک آلمان خریداری شد. آلژینات‌سدیم از شرکت سیگما خریداری شد. صمغ‌عربی از شرکت اهورا دارو، مرودشت، فارس تهیه شد. آنزیم لیپاز، پپسین، پانکراتین، oxgall از شرکت سیگما خریداری شد.

تهیه کشت باکتری

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

برای کشت *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* از محیط MRS سوربیتول‌آگار تحت شرایط هوازی، در دمای ۳۷ °C به مدت ۷۲ h استفاده شد. پس از رشد باکتری، محیط مایع حاوی باکتری در ۴۵۰۰ rpm، در دمای ۴ °C به مدت ۱۰ min سانتریفیوژ شد. سپس، با محلول آب پپتون (۰/۱٪) 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 سدیم‌آلژینات و لایه دوم صمغ‌عربی بود. برای ریزپوشانی، باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* پس از سانتریفوژ و شستشو، توسط نرمال سالین به حجم 5ml (در غلظت حدود 10^{10} CFU/ml)رسانده شد و ۱۵ ml محلول آلژینات‌سدیم ۲٪ به آن اضافه شد. محلول فوق توسط نیدل ۰/۱۱mm به‌صورت قطره قطره به ۵۰ ml محلول ۰/ ۱ M $CaCl_2$ استریل اضافه شد و به مدت یک‌شب در یخچال قرار داده شد. سپس، دانک‌ها به ۱۰۰ml محلول صمغ‌عربی (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸٪) به تفکیک اضافه شد و به مدت ۴۰ min بر روی شیکر ارلن در دور ۱۸۰ rpm قرار داده شد. در ادامه، دانک‌ها توسط پپتون واتر ۰/۱٪ 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 آلژینات‌سدیم حاوی باکتری انتخاب و تعداد باکتری‌های موجود در آن شمارش شد. سپس ۱ g دانک تولیدشده، با ۹ ml محلول استریل سدیم‌سیترات ۰/۱٪ مخلوط و توسط دستگاه استوماکر همزده شد. سپس رقت‌سازی انجام و شمارش میکروبی بر طبق شمارش استاندارد در محیط‌کشت MRS agar صورت پذیرفت. پلیت‌های محیط‌کشت به مدت ۴۸ h در دمای ۳۷ °C گرمخانه‌گذاری شدند. بازده ریزپوشانی با استفاده از فرمول زیر به‌دست آمد.

بازده ریزپوشانی = $N/N_O \times 100$

N تعداد سلول‌های آزادشده از دانک

N_0 تعداد سلول‌های موجود در آلژینات حاوی باکتری

اندازه و شکل دانک‌های حاصل از ریز درون‌پوشانی سلول‌های میکروبی به‌وسیله دوربین عکاسی Canon EOS 2000D Body, Japan و میکروسکپ نوری Olympus BX51, Japan و توسط برنامه Micromeasure ver 1.5 محاسبه شد. نسبت طول به عرض ۱۰ عدد از دانک‌ها با تقسیم این دو پارامتر بر 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 10^8–10^9CFU/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 (min ۰،۱،۲،۳،۴،۵،۶) محاسبه شد(۲۲).

روش تهیه ماست چویل

برای تهیه ماست از شیر کم‌چرب استفاده شد. بر روی این شیر آزمایش‌های اسیدیته، درصد چربی، پروتئین، دانسیته توسط Cryostar I Funke Gerber 2001 (Berlin, Germany) and Lactostar Funke Gerber 2001 (Berlin, Germany) انجام شد. کلیه مواد پودری شامل ۱/۵٪ شیر خشک (به‌منظور استاندارد کردن ماده خشک) و ۱٪ نشاسته، به تفکیک از دمای ۳۰ °C الی ۴۰ به‌تدریج به شیر خام اضافه شد و عمل همزدن آرام، تا دمای ۶۰ °C ادامه داشت. سپس، شیر به دستگاه هموژن منتقل و با فشار ۱۸۰ bar هموژن شد. پاستوریزاسیون در دمای ۹۰ °C به مدت ۵ min دقیقه 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 ۴–۶ °C منتقل شدند. به همگی نمونه‌ها به میزان ۵٪ چویل، ۰/۵٪ فلفل و ۱٪ نمک

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

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 هرنمونه در حدود $9 \log CFU.g^{-1}$ 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 *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* از محیط کشت MRS آگار حاوی سوربیتول استفاده شد. نمونه‌های 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 *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس*[1] از محیط MRS[2] آگار (pH= ۴/۵) و برای کشت *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*[3] از محیط M17 استفاده شد.

ماندگاری در شرایط مشابه معده‌ای روده‌ای

این آزمون بر طبق روش کریمی[4] و همکاران (۲۰۲۱) بر روی نمونه‌های باکتری ریزپوشانی شده *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* انجام شد. به این منظور، g ۱ دانک در ml ۹ محلول نرمال سیلین ریخته شد و pH همه نمونه‌ها با استفاده از اسیدکلریدریک N ۱ به ۱/۸ رسانیده شد. سپس، میزانی آنزیم پپسین و لیپاز به نمونه‌ها اضافه شد تا غلظت نهایی این دو ماده به ترتیب به mg/l ۳۰۰ و ۰/۹ 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 (۱۵۰ml سود N ۱ به همراه g ۱۴ $Na_2H_2PO_4$ H_2O) به ۵ رسانده شد. سپس، پانکراتین و صفرا به‌ترتیب با غلظت gr/l ۱ و ۱۰به تفکیک به نمونه اضافه شد و نمونه‌ها در دمای ۳۷ °C به مدت ۲h در انکوباتور شیکردار با سرعت rpm ۱۵۰ قرار داده شدند (فاز اول روده‌ای). سپس، pH نمونه‌ها با محلول قلیایی بالا، به ۷ رسانده شد. پانکراتین و صفرا 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 ۱۵۰rpm قرار گرفتند (فاز دوم روده‌ای). نمونه‌گیری برای شمارش *لاکتوباسیلوس* 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.

ارزیابی pH

میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر مدل، Sanxin 5021 Ltd,Shanghi, China. کالیبره شده، با 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 برحسب اعداد ۱ تا ۵ به‌ترتیب برای امتیاز ۱ (شدیداً مخالفم) تا امتیاز ۵ (شدیداً موافقم) برای مؤلفه‌های طعم، رنگ، بو، بافت و نظر کلی طراحی شد (۲۱).

آزمون‌های آماری

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

1. *Lactobacillus bulgaricus*
2. Man, Rogosa and Sharp
3. *Streptococcus thermophilus*
4. Karimi

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

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

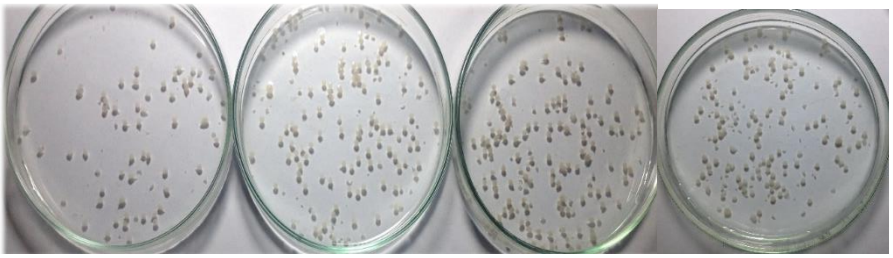
نتایج

بررسی مرفولوژی، کارایی ریزپوشانی

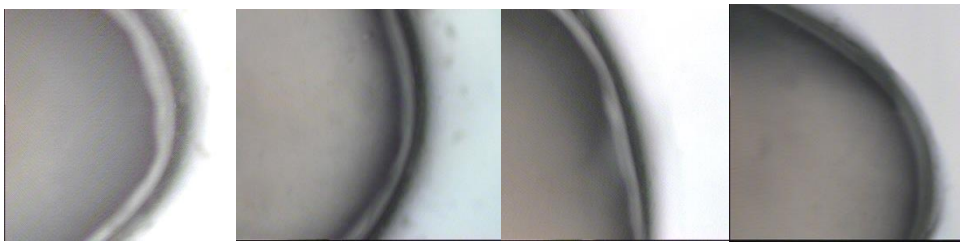
شکل ۱نشان دهنده مرفولوژی دانک های تولید شده با مقادیر مختلف صمغ عربی می باشد. بر طبق نتایج، باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* به‌خوبی ریزپوشانی شده است. همچنین، در این مطالعه، کارایی ریزپوشانی با صمغ عربی ۹۰/۲+۵۲/۰۲ بود. دانک‌ها کروی و صور نمایی آنها ۱/۰۶ بود. لایه داخلی از جنس سدیم‌آلژینات و لایه بیرونی صمغ‌عربی بود (شکل ۲). با افزایش درصد صمغ‌عربی قطر لایه ریزپوشانی نیز افزایش یافت (جدول ۱). اندازه قطر لایه آلژینات از µm ۳۳۰۵۴/۴۰+۵۲/۰۶ تا ۳۳۳۴/۶۵+۱۱۱/۶۸ بود. میزان درصدهای مختلف صمغ‌عربی، بر قطر لایه آلژینات تأثیری نداشت، اما تأثیر معناداری بر روی قطر لایه دوم (صمغ‌عربی) داشت. بیشترین قطر لایه دوم به نمونه حاوی ۰/۸٪ صمغ‌عربی مربوط بود.

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 C ° ۷۲ حساس بوده و با کاهش لگاریتمی تعداد مواجه بوده‌اند. این کاهش برای باکتری آزاد $8\log CFU.ml^{-1}$ و برای باکتری ریزپوشانی شده $2/47\ \log CFU.ml^{-1}$ در min ۶ است. دانک حاوی ۰/۸٪ صمغ‌عربی کمترین کاهش تعداد باکتری را در طی زمان حرارت دهی در بین دانک‌ها داشت. ازآنجایی‌که مهم‌ترین ویژگی دانک مقاومت حرارتی بوده است، بنابراین دانک حاوی ۰/۸٪ صمغ‌عربی به‌عنوان مناسب‌ترین دانک جهت افزودن به ماست انتخاب شد.



شکل ۱. تصویر دوربین عکس‌برداری (از چپ به راست) باکتری ریزپوشانی شده با ۰/۲، ۰/٤، ۰/٦ و ۰/۸٪ صمغ عربی به‌کاررفته در ریزپوشانی



شکل ۲. تصویر (از چپ به راست) میکروسکوپ نوری باکتری ریزپوشانی شده با ۰/۲، ۰/٤، ۰/٦ و ۰/۸٪ صمغ عربی به‌کاررفته در ریزپوشانی

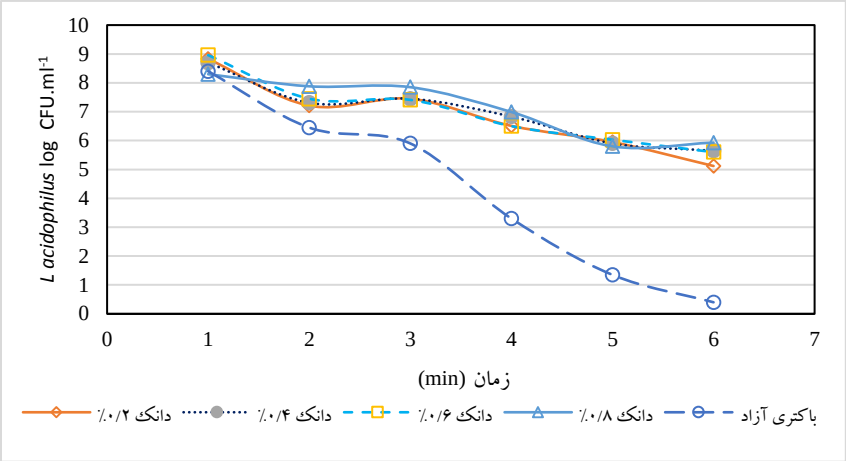
[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

جدول ۱. قطر لایه‌های دانک با صمغ عربی

		۰٪/۲	٪ ۰/۴	۰٪/۶	٪ ۰/۸
قطر لایه‌ها (µm)	آلژینات	۳۳۰۵/۴۰±۵۲/۰۶a	۳۲۳۳/۳۰±۱۰۱/۱۷	۳۳۴۹/۶۰±۱۰۹/۵۵a	۳۳۳۴/۶۵±۱۱۱/۶۸a
	صمغ عربی	۱۲/۸۹±۵/۵۵c	۱۳/۶۹±۲/۸۳bc	۱۶/۷۳±۲/۷۱ab	۱۷/۹۷±۲/۴۲a

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 *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* آزاد و ریزپوشانی شده در دمای ۷۲ °C

[1]داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) سه تکرار می‌باشد.

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 *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* به‌صورت آزاد، دارای اسیدیته بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها بود. بیشترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه حاوی دانک (°D ۹۳) در روز ۲۱ بود.

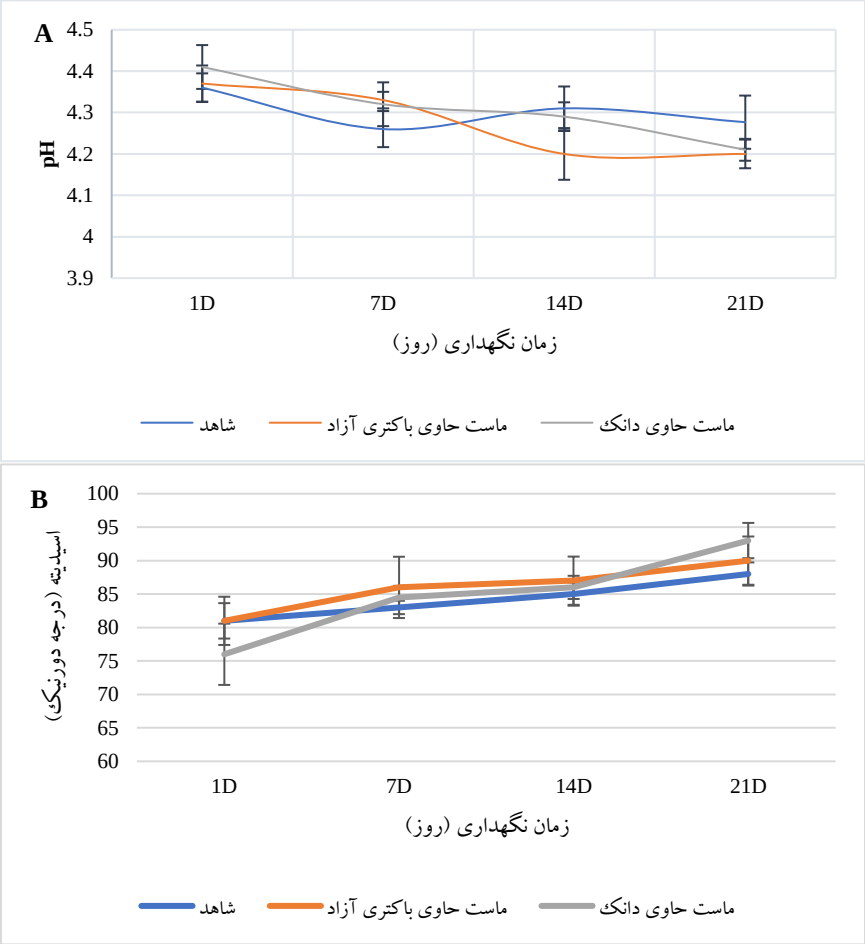
اندازه‌گیری ماندگاری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و باکتری‌های استارتر در طول مدت نگهداری

شمارش کلی باکتری‌های استارتر شامل *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس*، *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و باکتری *لاکتوباسیلوس 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 *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* از log cfu/ml ۹/۸ به ۷/۹ و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* از log cfu/ml ۹/۵ به ۷/۷ کاهش داشت. در نمونه ماست حاوی باکتری آزاد درصد ماندگاری باکتری پروبیوتیک ۱۹/۳۱ ٪ و در دانک ۵۰/۶ ٪ در پایان دوره نگهداری برآورد شده است.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

جدول ۲. آنالیز فیزیکوشیمیایی و میکروبی شیر

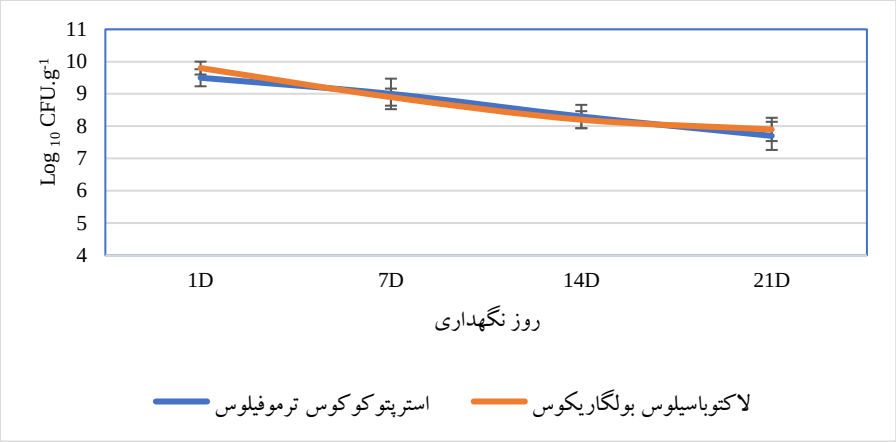
فاکتورها	درصد
pH	۶/۹
اسیدیته (درجه دورنیک)	۱۵
پروتئین	۳/۳
چربی خام	۱/۵
دانسیته (gr.cm-3)	۱/۰۳۶
نقطه انجماد(ºC)	-۰/۵۲۳
وجود آنتی‌بیوتیک	دیده نشده است
شمارش کلی باکتریایی(log CFU·ml^{-1})	۵/۳۲

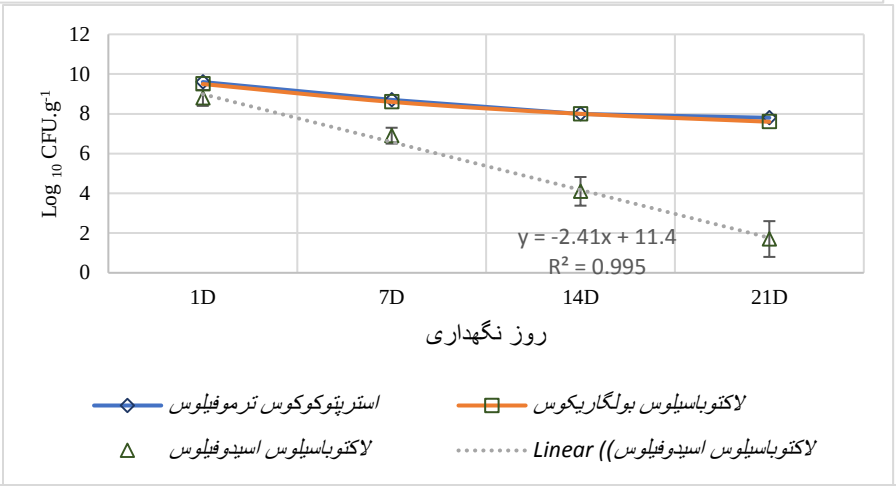


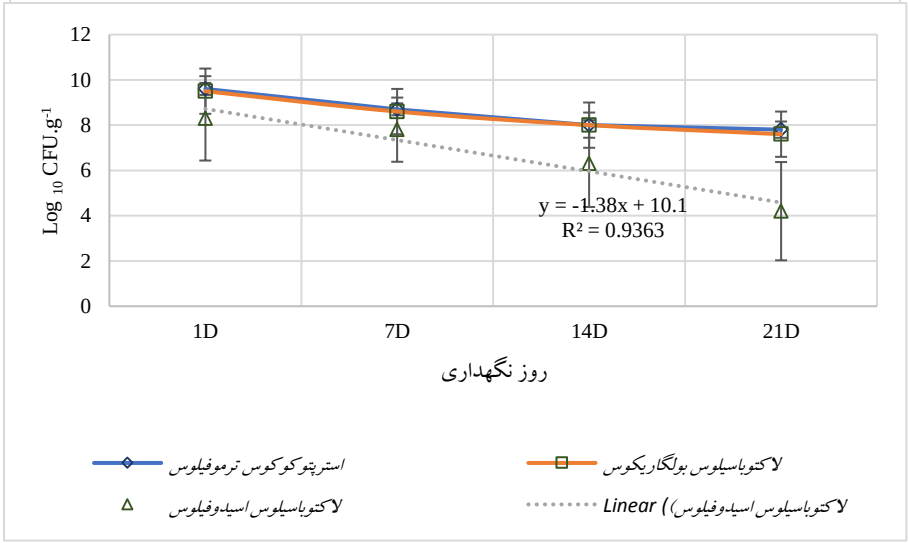
شکل ٤. pH (A) و اسیدیته (B) ؛*لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* ریزپوشانی شده، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* آزاد و ماست چویل شاهد

[1]داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) سه تکرار می‌باشد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



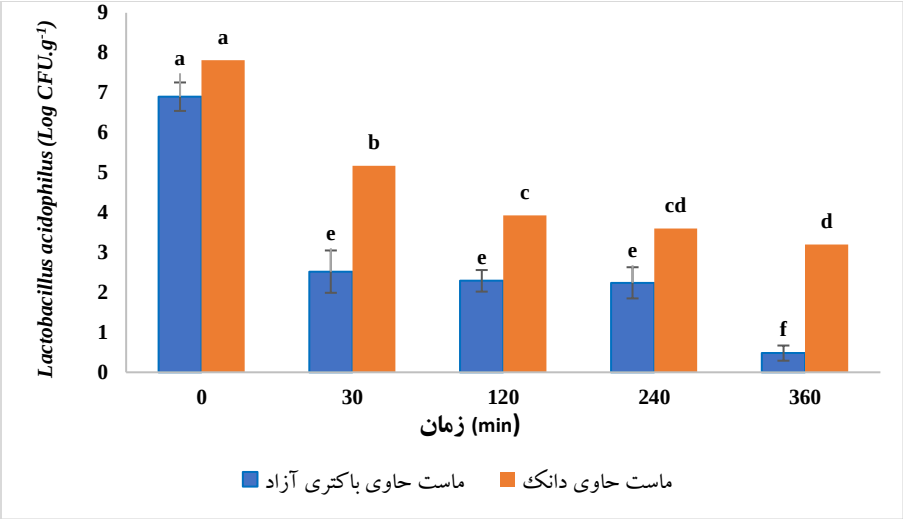




شکل ۵. بقای استارتر و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در ماست چویل شاهد(A)؛ حاوی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* آزاد (B)؛ *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* میکروکپسوله شده (۰/۸ ٪ صمغ عربی) (C)؛ در طول زمان نگهداری.

[1]داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) از سه تکرار می‌باشد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



شکل ٦. ماندگاری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* آزاد و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* میکروکپسوله شده واجد ۰/۸ ٪ صمغ عربی در مرحله شبیه‌سازی‌شده معده‌ای روده‌ای

[1]داده‌ها (میانگین ± انحراف معیار) از سه تکرار می‌باشد.

ماندگاری در شرایط معده‌ای روده‌ای

نتایج ماندگاری باکتری *لاکتوباسیلوس* 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 معده ای 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 $۴/۳۸ \log CFU.ml^{-1}$ و برای دانک $۲/۶۴ \log CFU.ml^{-1}$ بود.

ارزیابی حسی ماست چویل

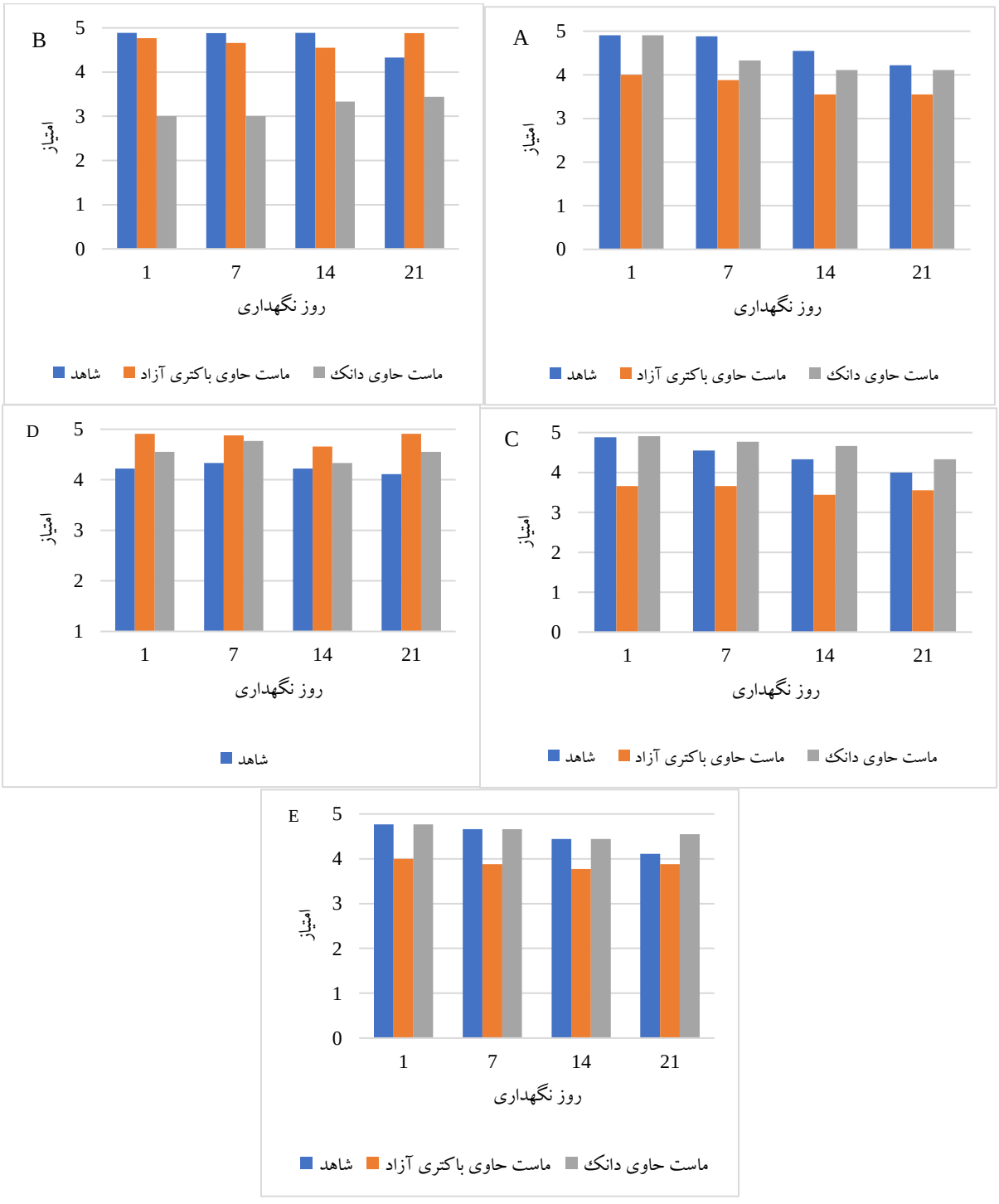
بررسی مؤلفه‌های حسی در شکل ۷ آورده شده است. مؤلفه‌های بو، طعم و مزه، در ماست چویل حاوی دانک نسبت به سایرین از امتیاز کمتری برخوردار بود. اما در مؤلفه بافت نمونه حاوی دانک از امتیاز بیشتری نسبت به سایرین برخوردار بود.

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش درصد صمغ عربی، باعث افزایش قطر لایه خارجی در دانک‌ها شده است. با توجه به آنکه اندازه دانک‌ها در واحد µm می باشد، می‌تواند عاملی برای ایجاد بافت یکنواخت در ماست چویل باشد. ،درحالی‌که، اگر اندازه ذرات در حدود mm بود، احتمالا بافتی 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 ۱۰۰ µm برای استفاده در غذا پیشنهاد می‌شود. نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات لوکا[1] و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد. یکی از عوامل مهم در اندازه قطر دانک‌های تولید شده مربوط به نیدل استفاده شده و فاصله نیدل با کلریدکلسیم در فرایند ریزپوشانی می‌باشد (۲۴).

1. Luca

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]



شکل ۷. ویژگی‌های حسی ماست شاهد؛ *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* میکروکپسوله شده ؛ *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* آزاد در طول زمان نگهداری ماست چویل. پارامترهای حسی شامل طعم(A) ؛ بو(B) ؛ رنگ(C) ؛ بافت(D) ؛ مقبولیت(E)

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

بر طبق نتایج مطالعات سایر پژوهشگران بازده ریزپوشانی با سدیم‌آلژینات 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 ریزپوشانی‌شده 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. به‌عنوان‌مثال، استفاده از نانو فیبرهای نشاسته و سدیم‌آلژینات در ریزپوشانی می‌تواند کاهش $\log CFU.ml^{-1}$ ۳/۱۱ در باکتری آزاد و $\log CFU.ml^{-1}$ ۱/۰۶۵ را 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. لی‌لاک[1] و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی مشابه، مطالعه‌ای بر روی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* ریزپوشانی شده با صمغ‌عربی و آب‌پنیر به روش خشک‌کن پاششی انجام دادند. نتایج نشان داد که باکتری ریزپوشانی شده به‌طور قابل‌توجهی 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 *لاکتوباسیلوس 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 حدنصاب باکتری پروبیوتیک $CFU.g^{-1}$ $۱۰^{۶}$ بود. ازاین‌رو می‌توان اظهار داشت استفاده از صمغ‌عربی به‌عنوان 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 *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* آزاد پس از قرار گرفتن در مرحله شبیه‌سازی معده‌ای (pH=۳) $\log CFU.ml^{-1}$ ۳/۵۴ بوده است. درحالی‌که، دانک‌های واجد باکتری پروبیوتیک برحسب نوع دیواره و تیمار آن دارای کاهش $\log CFU.ml^{-1}$ ۱/۵۱ (دیواره پکتینی)، $\log CFU.ml^{-1}$ ۱/۵۹ (دیواره پکتین و پروتئین آب‌پنیر) و $\log CFU.ml^{-1}$ 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 مختلفpH ، 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 متراکم‌تر شدن بافت ماست می‌شود (۳۰). در طول مدت نگهداری تقریباً تمام مؤلفه‌ها کاهش یافتند، اما مؤلفه

1. Leylak

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

بافت با افزایش مدت‌زمان نگهداری در محصول افزایش یافت. افضل[1] و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای مشابه، افزودن باکتری های پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* ریزپوشانی شده با سدیم‌آلژینات و کاراگینان به‌طور 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 آلژیناتی 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 به‌کاررفته در دیواره ریزپوشانی باشد (۳۱).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان این‌چنین استنباط کرد که باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* را می‌توان با سدیم‌آلژینات 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 *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* به فرم دانک باعث حفظ حد نصاب ($۱۰^۶$ $CFU.g^{-1}$) 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 به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر، استفاده از دانک (۰/۸٪) می‌تواند در ارتقاء باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* مؤثر باشد، با این‌حال برای ارتقا خصوصیات حسی محصول نیاز به مطالعات بیشتری می‌باشد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

منابع

1. 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.
2. 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
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Minelli EB, Benini A. Relationship between number of bacteria and their probiotic effects. Microbial Ecology in Health Disease. 2008; 20(4):180-3.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

1. Afzaal

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

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 physiochemical, 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.
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.Dokoohaki 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

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

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.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]

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 Ezadi[2]

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

*s.sekhavati@areeo.ac.ir

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-11-08]