https://journals.rifst.ac.ir
ISSN: 2252-0937(print), 2538-2357(online)
پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۴۰۲، جلد ۱۲، شماره ۱، صفحات ۹۲-۷۷
https://doi.org/10.22101/JRIFST.2022.340359.1353

JRIFST
مقالهٔ کامل پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی شیر بز غنی‌شده با عصارهٔ مالت جو تخمیرشده با برخی باکتری‌های لاکتیکی

مهشاد ترابی[1]، فرزانه عبدالملکی[1*]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران
* نویسندهٔ مسئول (fa.abdolmaleki@qiau.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹
تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۲/۰۳/۱۶

واژه‌های کلیدی
شیر بز
عصارهٔ مالت جو
فعالیت آنتی‌اکسیدانی
لاکتوباسیلوس پلانتاروم
لاکتوباسیلوس کازئی

OPEN ACCESS
CC BY

چکیده

بعد از انجام آزمایش‌ها و تأیید مقاومت به شرایط گوارشی سویهٔ انتخاب‌شده جهت تهیهٔ شیر بز تخمیری پروبیوتیک، ۰/۵ گرم از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (PTCC 1058) و *لاکتوباسیلوس کازئی* (PTCC 1608) به ۲۰۰ میلی‌لیتر نمونه شیر بز تلقیح شد. سپس جهت بررسی اثر عصارهٔ مالت روی بقاء و میزان فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک؛ ۲، ۴ و ۶ درصد عصارهٔ مالت جو به تیمارها افزوده شد. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی، شاخص‌های رنگ‌سنجی، ویسکوزیته، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و پذیرش کلی تیمارها در بازه‌های زمانی روز تولید، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ بررسی شد. نتایج نشان داد افزایش غلظت عصارهٔ مالت سبب افزایش محتوی پروتئین‌های محلول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، افزایش اسیدیته و کاهش pH در تمامی تیمارها شد ($P<۰/۰۵$). همچنین افزودن عصارهٔ مالت و افزایش غلظت آن، ویسکوزیته و بریکس را در روز تولید افزایش داد ولی طی ۲۸ روز روند کاهشی در پارامترهای ذکرشده گزارش شد ($P<۰/۰۵$). بررسی شاخص‌های رنگی کاهش مقدار مولفهٔ L* و افزایش a* و b* را با افزایش غلظت عصارهٔ مالت طی مدت زمان نگهداری نشان داد ($P<۰/۰۵$). ارزیابی پذیرش کلی نمونه‌ها کاهش مطلوبیت تیمارها را با افزایش غلظت عصارهٔ مالت در فرمولاسون شیر تخمیری نشان داد ($P<۰/۰۵$). همچنین بررسی شمارش باکتری‌های پروبیوتیکی طی ۷ روز اول به‌دلیل وجود مواد مغذی کافی افزایش معنی‌داری نشان داد سپس روند کاهش معنی‌دار در جمعیت باکتری‌های پروبیوتیکی گزارش شد ($P<۰/۰۵$). به‌طورکلی با درنظرگرفتن نتایج حاصل از تحقیق و ارزیابی حسی شیر بز پروبیوتیک حاوی ۴ درصد عصارهٔ مالت به‌عنوان تیمار برتر این تحقیق معرفی می‌گردد که مصرف آن طی ۷ روز به‌عنوان بهترین زمان مصرف توصیه می‌گردد.

مقدمه

امروزه، علاقهٔ فزاینده‌ای به مواد غذایی با تأثیر مثبت بر سلامت در کنار ارزش غذایی آنها وجود دارد، به‌دلیل آگاهی از فواید پروبیوتیک‌ها در سلامت روده و افزایش ایمنی، گرایش مصرف‌کنندگان به مواد غذایی حاوی سویه‌های پروبیوتیک افزایش یافته است. بنابراین، تولیدکنندگان صنعت غذا به‌طور مداوم به‌دنبال سویه‌های پروبیوتیک جدیدی هستند که زنده‌مانی طولانی‌تر و همچنین تحمل صفرا و اسید بیشتری دارند (Abid *et al.*, 2019). پروبیوتیک‌ها به‌عنوان میکروارگانیسم‌های زنده تعریف می‌شوند که وقتی به مقدار کافی (حداقل $۱۰^۶$ واحد تشکیل کُلنی بر میلی‌لیتر) مصرف شوند، برای میزبان مفید هستند (FAO/WHO, 2002). این باکتری‌ها باید توانایی چسبندگی و کلونیزاسیون[1] در لایهٔ مخاطی روده را داشته

[1] Colonize

باشند، جایی‌که می‌توانند سیستم ایمنی روده را تحریک نمایند تا علیه پاتوژن‌ها عمل کنند، همچنین آنتی‌اکسیدان‌ها، آنتی‌موتاژن‌ها و بسیاری از اثرات احتمالی دیگر ازطریق فرایند سیگنال‌دهی سلولی را تأمین می‌کنند (Abid *et al.*, 2019). باکتری‌های اسید لاکتیک میکروارگانیسم‌های اصلی هستند که برای اهداف پروبیوتیکی و تعدیل میکروبیوتای رودهٔ انسان و پستانداران مورد استفاده قرار می‌گیرند که اثرات مهمی برای ارتقای سلامتی بر میزبان دارند (Li *et al.*, 2020). مطالعه‌ها نشان داده است علی‌رغم اینکه *لاکتوباسیلوس*‌ها بخش کوچکی از میکروبیوتای رودهٔ انسان را تشکیل می‌دهند، افزایش یا کاهش جمعیت آنها با وضعیت سلامت و بیماری مرتبط است. به‌طوری‌که، درصورت استفاده به‌عنوان یک پروبیوتیک، اثرات مفیدی بر پاسخ استرس و سیستم ایمنی بدن دارند (Mindus *et al.*, 2021).

گونه‌های *لاکتوباسیلوس* از قدیمی‌ترین گونه‌های پروبیوتیکی مورد استفاده انسان هستند که ازطرف سازمان بهداشت جهانی[1] ایمن شناخته شده‌اند. به‌عنوان مثال، گونه‌های *لاکتوباسیلوس* بیشتر به‌دلیل تولید اسید لاکتیک مورد استفاده در تولید پنیر و سایر غذاهای تخمیرشده شناخته شده‌اند (Briggiler-Marcó *et al.*, 2007). در سال‌های اخیر فراورده‌های تخمیرشدهٔ شیر بز نقش مهمی در رژیم غذایی انسان ایفا می‌کند. شیر بز تخمیرشده بو و طعم جذابی دارد و منبع ارزشمندی از مواد مغذی است که ارزش بیولوژیکی بالایی را نشان می‌دهد. شیر بز و سایر فراورده‌های مشتق‌شده از بز حاوی چندین ترکیب فعال زیستی هستند که ممکن است در بیماران مبتلابه انواع بیماری‌های مزمن مفید باشد. چندین پپتید، چربی و الیگوساکارید موجود در شیر بز می‌توانند به‌طور بالقوه در بیماری‌های قلبی-عروقی، اختلالات متابولیک، انحطاط عصبی یا در ارتقای سلامت روده مفید باشند. آنها همچنین خواص شیمیایی پیشگیری‌کننده در سرطان را نشان داده‌اند. الیگوساکاریدهای موجود در شیر بز دارای خواص تعدیل‌کنندهٔ ایمنی، جلوگیری از چسبندگی باکتری‌های بیماری‌زا و اثرات پروبیوتیک و پروبیفیدوژنیک هستند. علاوه‌بر این، می‌توان آن را به‌عنوان جایگزینی برای شیر گاو مصرف کرد، زیرا کمتر حساسیت‌زاست و قابلیت هضم بالاتری دارد. استفاده از شیر بز با خواص تغذیه‌ای خاص، به تنهایی یا در ترکیب با سویه‌های باکتریایی با خواص پروبیوتیک و قادر به تولید متابولیت‌های فعال فیزیولوژیکی، ممکن است به یکی از گزینه‌های تولید نوشیدنی‌های کاربردی لبنی جدید تبدیل شود (Mituniewicz–Małek *et al.*, 2019). بسیاری از مطالعه‌ها به‌دلیل pH مناسب، ظرفیت بافری خوب و محتوای بالای مواد مغذی شیر بز، زنده‌ماندن رضایت‌بخشی باکتری‌های پروبیوتیک در فراورده‌های شیر بز را در طول نگهداری نشان دادند (Ranadheera *et al.*, 2018). Mituniewicz–Małek و همکاران (۲۰۱۹) طی بررسی کشت تک پروبیوتیک در نوشیدنی‌های تخمیرشدهٔ شیر بز حاوی *لاکتوباسیلوس*‌های مختلف (*لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*[2]، *لاکتوباسیلوس کازئی*[3]، *لاکتوباسیلوس رامنسوس*[4] و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*[5]) نشان دادند که جنس، گونه و حتی سویهٔ باکتری‌ها تأثیر مهمی بر کیفیت حسی نوشیدنی‌های تخمیرشدهٔ شیر بز داشتند.

ازطرفی، افزودن تک‌قندی‌ها و دوقندی‌ها (دی‌ساکاریدها) به محیط فراورده‌های تخمیری پروبیوتیک، سبب تشدید رشد اکثر پروبیوتیک‌ها می‌شود. جو با نام علمی هوردیوم ولگار[6] به‌علت وجود پوسته و ترکیبات شیمیایی خاص، تغییرات مطلوبی طی جوانه‌زنی پیداکرده و دارای ویژگی‌های مطلوب‌تری نسبت به سایر غلات درزمینهٔ مالت‌سازی می‌گردد. عصارهٔ مالت یا عصارهٔ جوانه جو، به‌علت دارابودن قدرت دیاستیک و ویژگی‌های آنزیمی بالا، سرشاربودن از قندهای قابل تخمیر با قابلیت تجزیه و جذب سریع، عطروطعم و قدرت طعم‌دهندگی آن و نیز ارزش تغذیه‌ای بالا، موارد استفاده زیادی دارد (Sharma *et al.*, 2021). دراین‌راستا، مطالعه‌ها حاکی از آن است افزودن عصارهٔ مالت به شیر پروبیوتیک تخمیری قابلیت زیستی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم*، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *لاکتوباسیلوس روتاری* را به‌ترتیب به اندازهٔ ۴-۳، ۱/۵ و ۰/۷ دورهٔ لگاریتمی، پس از عبوردادن از شرایط شبیه‌سازی‌شدهٔ معده افزایش داد (Helland *et al.*, 2004). باتوجه‌به خواص بی‌نظیر و سلامت‌بخش شیر بز، این مطالعه

[1] World Health Organization
[2] *Lactobacillus acidophilus*
[3] *Lacticaseibacillus casei*
[4] *Lactobacillus rhamnosus*
[5] *Lactobacillus reuteri*
[6] *Hordeum Vulgar*

پس از بررسی مقاومت به شرایط گوارش دو سویهٔ باکتری پروبیوتیکی مورد استفاده به بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و آنتی‌اکسیدانی شیر بز غنی‌شده با عصارهٔ مالت جو تخمیرشده حاوی باکتری‌های لاکتیکی، *لاکتوباسیلوس کازئی* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیهٔ سوسپانسون میکروبی

ابتدا از *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* PTCC 1058 و *لاکتوباسیلوس کازئی* PTCC 1608 (مرکز کلکسیون‌های صنعتی، ایران) در ۵۰۰ میلی‌لیتر محیط‌کشت دمن، روگوشا و شارپ آگار (MRS)[1] مایع (Merck، ساخت آلمان) در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد کشت اولیه تهیه شدند. پس از خالی‌کردن مایع رویی، رسوب با بافر فسفات ۰/۱ مولار (pH=۷) شست‌وشو داده شد. پس از تخلیهٔ مایع رویی رسوب با بافر فسفات (Merck، ساخت آلمان) به کدورت ۰/۵ مک فارلند رسانده شد و برای انجام آزمایش‌های تعیین ویژگی میکروبی باکتری‌های پروبیوتیک استفاده شد (Iran National Standards Organization, 2014).

تولید شیر بز پروبیوتیک تخمیرشده

ابتدا ۲۰۰ میلی‌لیتر نمونه شیر بز تهیه‌شده به‌صورت تجاری (سپیدان کوثر، ساخت ایران) به‌منظور اطمینان از عدم آلودگی، تیمارها در دمای ۷۲ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه حرارت داده شدند. پس از خنک‌شدن تا دمای ۴۲ درجهٔ سانتی‌گراد، ۰/۵ گرم (حدود 10^8 واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر) از سوسپانسیون میکروبی *لاکتوباسیلوس کازئی* و *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به شیر بز تلقیح شد و در ادامه به ظرف‌ها ۲، ۴ و ۶ درصد عصارهٔ مالت جو (به مالت شاپ، ساخت ایران) اضافه شد. جهت عمل تخمیر نمونه‌ها در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد قرار داده شدند تا pH شیر مایه‌خورده به حدود ۴/۵ برسد. سپس نمونه‌های تخمیرشده از گرم‌خانه (شیماز، ایران) خارج و به یخچال (دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد) منتقل شدند. تیمارهای تحقیق در ۴ گروه T (شاهد، شیر بز + ۰/۵ گرم باکتری پروبیوتیک)، T_1 (شیر بز + ۰/۵ گرم باکتری پروبیوتیک + ۲ درصد عصارهٔ مالت)، T_2 (شیر بز + ۰/۵ گرم باکتری پروبیوتیک + ۴ درصد عصارهٔ مالت) و T_3 (شیر بز + ۰/۵ گرم باکتری پروبیوتیک + ۶ درصد عصارهٔ مالت) تهیه شد و در روزهای ۱، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ جهت انجام آزمون نمونه‌برداری انجام شد (Mituniewicz–Małek *et al.*, 2019).

آزمون فعالیت پروبیوتیک سویه‌های میکروبی

ارزیابی مقاومت به اسید

۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی در تعداد مناسب لوله‌های حاوی ۱۰ میلی‌لیتر محیط‌کشت MRS مایع، که اسیدیتهٔ آن به‌وسیلهٔ استیک اسید گلاسیل (Merck، ساخت آلمان) در pH برابر ۴ تنظیم شده بود، تلقیح و در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌خانه‌گذاری شدند. پس از گذشت ۴ ساعت از گرم‌خانه‌گذاری، از محیط‌های کشت تلقیح‌شده ۱ میلی‌لیتر برداشته و مجدد به محیط‌کشت MRS جامد (Merck، ساخت آلمان) تلقیح شدند و پس از گرم‌خانه‌گذاری شمارش شدند (Iran National Standards Organization, 2014).

ارزیابی مقاومت به نمک‌های صفراوی

۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی تهیه‌شده به محیط‌کشت مایع حاوی بایل و محیط‌کشت مایع فاقد بایل (به‌عنوان شاهد) اضافه شد. جذب نوری محیط‌ها قبل از گرم‌خانه‌گذاری در طول موج ۶۰۰ تا ۶۵۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر (Stuttgart، ساخت آلمان) اندازه‌گیری شدند. سپس محیط‌ها به مدت ۸ ساعت گرم‌خانه‌گذاری و در انتها مجدد جذب نوری آنها در طول موج ۶۰۰ تا ۶۵۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. میزان مقاومت میکروارگانیسم‌ها به اسیدهای صفراوی براساس رابطهٔ (۱) محاسبه و گزارش شد (Iran National Standards Organization, 2014):

رابطهٔ (۱)

$$\text{ضریب بازدارندگی} = \frac{(T_8-T_0)Control-(T_8-T_0)Treatment}{(T_8-T_0)Control}$$

در رابطهٔ (۱)، T_8 Control: جذب نوری در محیط‌کشت بدون بایل پس از ۸ ساعت گرم‌خانه‌گذاری، T_{10} Control: جذب نوری در محیط‌کشت بدون بایل قبل از گرم‌خانه‌گذاری، T_8 Treatment: جذب نوری در محیط‌کشت حاوی بایل پس از ۸ ساعت گرم‌خانه‌گذاری و T_{10} Treatment: جذب نوری در محیط‌کشت حاوی بایل قبل از گرم‌خانه‌گذاری است.

[1] De Man, Rogosa and Sharpe agar

ارزیابی مقاومت به شیرهٔ معده (پپسین و تریپسین)

ابتدا ۲ درصد از سوسپانسیون میکروبی تهیه‌شده به هریک از محیط‌های اسید مصنوعی (پپسین و تریپسین) معده و محیط‌کشت کنترل (ام‌آراس براث[1]) تلقیح و در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌خانه‌گذاری شدند. در زمان‌های صفر، ۱، ۲، ۳، ۴ و ۲۴ ساعت پس از گرم‌خانه‌گذاری و پس از تهیهٔ رقت با آب پپتونهٔ ۱ درصد، ۱ میلی‌لیتر از هر محیط تلقیح‌شده برداشته و روی محیط‌کشت MRS جامد به روش پورپلیت کشت‌داده و به مدت ۴۸ ساعت دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌خانه‌گذاری شدند. درنهایت تعداد میکروارگانیسم‌ها شمارش و گزارش شدند (Iran National Standards Organization, 2014).

ارزیابی عدم فعالیت همولیتیک

بررسی لیز (پاره‌شدن) گلبول‌های قرمز خون گوسفندی با کشت میکروارگانیسم روی محیط‌کشت آگاردار حاوی خون گوسفند انجام شد. میکروارگانیسم ایزوله روی محیط‌کشت آگار خون‌دار (محیط پایه حاوی ۷ درصد خون گوسفندی دفیبرینه[2] (Merck، ساخت آلمان)) به روش نقطه‌ای کشت داده شدند. سپس پلیت‌ها را به‌صورت وارونه در دمای ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۸ ساعت گرم‌خانه‌گذاری شدند. پس از پایان مدت گرم‌خانه‌گذاری، پلیت‌ها ازنظر وجود هالهٔ شفاف در اطراف کُلنی‌ها بررسی شدند. وجود هالهٔ شفاف نشان‌دهندهٔ واکنش مثبت و همولیز نوع بتا بود. از *استافیلوکوکوس اورئوس* (ATCC 25293 (مرکز کلکسیون‌های صنعتی، ساخت ایران)) به‌عنوان کنترل مثبت استفاده شد (Iran National Standards Organization, 2014).

ارزیابی هیدرولیز ال-آرژنین

۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون میکروبی را به محیط مایع حاوی ۰/۳ درصد اسید آمینهٔ ال-آرژنین منتقل‌کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌خانه‌گذاری شدند. پس از پایان مدت گرم‌خانه‌گذاری، ۱۰۰ میکرولیتر از محیط‌کشت را روی کاغذ صافی حاوی معرف نسلر قرارداده و تغییر رنگ آن بررسی شد. ایجاد رنگ نارنجی متمایل به قرمز نشان‌دهندهٔ واکنش مثبت بود. از *استافیلوکوکوس اورئوس* به‌عنوان کنترل مثبت استفاده شد (Iran National Standards Organization, 2014).

آزمون شمارش باکتری‌های پروبیوتیک

از محیط‌کشت ام‌آراس آگار[3] استفاده شد. نمونه‌ها در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت گرم‌خانه‌گذاری شدند (Sabooni *et al.*, 2018).

آزمون محصول نهایی

آزمون pH و اسیدیته (برحسب درجهٔ دورنیک) تیمارها مطابق استاندارد شمارهٔ ۲۸۵۲ (Iran National Standards Organization, 2022)، مواد جامد محلول (بریکس) نمونه‌ها مطابق روش ارائه‌شدهٔ استاندارد شمارهٔ ۲۲۸۰ (Iran National Standards Organization, 2007) انجام شد. تمام آزمون‌ها در سه تکرار در روزهای ۱، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ تولید انجام شدند.

اندازه‌گیری پروتئین محلول در نمونه‌ها

برای اندازه‌گیری پروتئین محلول در نمونه‌ها از روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) با اندکی تغییرات استفاده شد. برای‌این‌منظور ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر محلول پروتئینی به ۲/۵ میلی‌لیتر محلول A (سود ۰/۲ نرمال، سدیم کربنات ۰/۴ درصد، سولفات مس ۱ درصد و سدیم پتاسیم تارتارات ۲ درصد (Merck، ساخت آلمان)) مخلوط و بلافاصله ورتکس شد. پس از ۱۰ دقیقه نگهداری در تاریکی، ۲۵۰ میکرولیتر از محلول B (شامل فولین (Sigma-Aldrich، آلمان) رقیق‌شده با آب به نسبت ۱:۱ وزنی/وزنی) به هر نمونه اضافه شد و پس از اختلاط با ورتکس و سپری‌شدن ۲۰ دقیقه، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۳۴ نانومتر قرائت شد. با کمک منحنی استاندارد آلبومین سرم گاوی در غلظت‌های صفر-۴۰۰ میکروگرم/میلی‌لیتر غلظت پروتئین‌ها اندازه‌گیری و گزارش شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

رادیکال‌های ۲،۲ آزینو-بیس (۳- اتیل بنزوتیازولین-۶-سولفونیک اسید (ABTS[4])، با مخلوط‌کردن محلول ۷ میلی‌مولار ABTS و ۲/۵۴ میلی‌مولار پرسولفات پتاسیم

[1] MRS Broth
[2] Defibrine
[3] MRS Agar
[4] 2,2′-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

(Merck، ساخت آلمان) تولید و بعد از ۱۲ تا ۱۶ ساعت نگهداری در شرایط تاریک، محلول ABTS تهیه‌شده، با محلول بافر فسفات میلی‌مولار (pH=۷/۴) رقیق شد تا جذب آن در طول موج ۷۳۴ نانومتر به ۰/۷±۰/۰۲ برسد. نمونهٔ موردآزمایش به میزان ۲۵ میکرولیتر به ۱ میلی‌لیتر محلول ABTS و پس از ۶ دقیقه میزان جذب نمونه در ۷۳۴ نانومتر قرائت شد. درصد مهار رادیکال‌های ABTS با استفاده از رابطهٔ (۲) محاسبه و گزارش شد (Re *et al.*, 1999):

رابطهٔ (۲)

$$\text{درصد مهار رایکال آزاد} = \frac{\text{جذب شاهد} - \text{جذب نمونه}}{\text{جذب شاهد}} \times ۱۰۰$$

اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته روی نمونه‌های ۱۰۰ گرمی با استفاده از ویسکومتر چرخشی (Brookfield، ساخت آمریکا)، با اسپیندل S4، کد ۰۴، در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد تعیین شد (Malbaša *et al.*, 2009).

اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی

شاخص‌های روشنایی (L^*)، قرمزی (a^*) و زردی (b^*) تمامی نمونه‌ها با دستگاه رنگ‌سنج (Extech، ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد (Yagoobi-Soureh *et al.*, 2013).

قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک

برای ارزیابی و زنده‌مانی باکتری‌ها از کشت سطحی استفاده شد. بدین‌صورت‌که بعد از گذشت ۷۲ ساعت از تخمیر در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد، نمونه‌ها به مدت ۴ هفته در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند و در فواصل روز ۱، ۳، ۷، ۱۴ و ۲۸ نمونه‌برداری انجام و قابلیت زنده‌مانی کشت‌های پروبیوتیک در محیط‌کشت ام‌آراس آگار در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. نتایج به‌صورت واحدهای تشکیل‌دهندهٔ کُلنی (لگاریتم واحد تشکیل کُلنی بر میلی‌لیتر) گزارش شد (Wang *et al.*, 2002).

ارزیابی حسی (پذیرش کلی)

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش‌دیده (۵ نفر خانم و ۵ نفر آقا) به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد (Tahsiri *et al.*, 2017).

تجزیه‌وتحلیل آماری

میانگین داده‌ها با استفاده از روش تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۲۶ مقایسه شدند. به‌منظور کاهش خطا، تمام آزمایش‌ها در سه تکرار و سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام و همچنین رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخهٔ ۲۰۱۶ صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

ارزیابی فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک

از مهم‌ترین معیارهای انتخاب باکتری‌های پروبیوتیک می‌توان مقاومت به اسید، نمک صفراوی، کاهش کلسترول، فعالیت ضدمیکروبی علیه پاتوژن‌ها و پروفایل مقاومتی آنتی‌بیوتیکی اشاره کرد. از مهم‌ترین فاکتورهای اثربخشی باکتری‌های پروبیوتیکی عبور از موانع فیزیکوشیمیایی مانند اسید و نمک‌های صفراوی موجود در دستگاه گوارش است (Mojgani *et al.*, 2015). اسیدهایی مانند اسید کلریدریک که در دستگاه گوارش یافت می‌شوند، به شدت اکسیدکننده هستند و سبب ازبین‌رفتن مولکول‌های زیستی‌سلولی مانند اسیدهای چرب، پروتئین‌ها و مولکول‌های DNA می‌شود. کاهش pH محیطی می‌تواند باعث مهار متابولیسم و کاهش رشد زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس*‌ها شود (Sahadeva *et al.*, 2011). علاوه‌بر پایداری در شرایط معده، مقاومت به اسید *لاکتوباسیلوس*‌ها در بقای آنها در غذاهای اسیدی نیز اهمیت دارد (Bertazzoni Minelli *et al.*, 2004). نتایج ارزیابی ویژگی باکتری‌های پروبیوتیک مورد استفاده در این تحقیق (*لاکتوباسیلوس پلانتارم* و *لاکتوباسیلوس کازئی*) در جدول (۱) نشان داده شده است. برای انجام هریک از ویژگی‌ها تعداد $۱۰^۸$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر از هر میکروارگانیسم استفاده شد. بعد از بررسی در شرایط اسیدی و مقاومت به اسید معده بیشتر از $۱۰^۶$ واحد تشکیل کُلنی بر میلی‌لیتر برای هر دو باکتری شمارش شدند. خاصیت پروبیوتیکی هر دو گونهٔ انتخاب‌شده از لحاظ مقاومت به اسید تأیید شد. ازطرفی، باکتری‌های پروبیوتیک باید توانایی زنده‌ماندن در دستگاه گوارش به مدت ۴ ساعت یا بیشتر را داشته باشند. میزان زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیکی در رودهٔ کوچک به مقاومت آنها در برابر نمک‌های صفراوی بستگی دارد (Bezkorovainy, 2001).

جدول ۱- نتایج ارزیابی فعالیت سویه‌های پروبیوتیک

خصوصیات	*لاکتوباسیلوس کازئی*	*لاکتوباسیلوس پلانتاروم*
مقاومت به اسید	$۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر	$<۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر
مقاومت به نمک‌های صفراوی (بایل)	۳/۵ درصد	۳/۲ درصد
مقاومت به شیرهٔ معده (پپسین، تریپسین)	$۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر	$<۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر
عدم فعالیت همولیتیک	منفی	منفی
هیدرولیز ال-آرژنین	منفی	منفی
شمارش میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک	$۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر	$<۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر

جدول ۲- نتایج آزمون‌های فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شیر بز تخمیری

آزمون	تیمار	زمان (روز) ۱	۷	۱۴	۲۱	۲۸
pH	T	۳/۳۳±۰/۰۰^{Aa}	۳/۴۷±۰/۰۱^{Bd}	۳/۴۱±۰/۰۱^{Cc}	۳/۳۷±۰/۰۰^{Dc}	۳/۳۱±۰/۰۰^{Ec}
	T_1	۳/۵۰±۰/۰۰^{Aa}	۳/۴۵±۰/۰۰^{Bc}	۳/۳۸±۰/۰۰۰^{Cb}	۳/۳۵±۰/۰۱^{Db}	۳/۲۸±۰/۰۰^{Eb}
	T_2	۳/۵۰±۰/۰۰^{Aa}	۳/۴۳±۰/۰۰^{Bb}	۳/۳۷±۰/۰۰^{Ca}	۳/۳۷±۰/۰۱^{Da}	۳/۲۳±۰/۰۰^{Eb}
	T_3	۳/۵۰±۰/۰۰^{Aa}	۳/۴۱±۰/۰۱^{Ba}	۳/۳۳±۰/۰۱^{Ca}	۳/۲۷±۰/۰۱^{Da}	۳/۰۶±۰/۰۲^{Ea}
اسیدیته (برحسب اسید لاکتیک)	T	۰/۱۸±۰/۰۰^{Ab}	۰/۱۷±۰/۰۰^{Ad}	۰/۱۷±۰/۰۰^{Ac}	۰/۱۷±۰/۰۰^{Ac}	۰/۱۷±۰/۰۰^{Ac}
	T_1	۰/۲۲±۰/۰۱^{Aa}	۰/۲۵±۰/۰۱^{Bc}	۰/۴۷±۰/۲۷^{Cb}	۰/۲۹±۰/۰۸^{Db}	۰/۹۴±۰/۳۲^{Eb}
	T_2	۰/۲۲±۰/۰۱^{Aa}	۰/۲۶±۰/۰۱^{Bb}	۰/۹۴±۰/۲۸^{Ca}	۰/۴۷±۰/۳۱^{Da}	۰/۸۱±۰/۳۲^{Eb}
	T_3	۰/۲۲±۰/۰۱^{Aa}	۰/۲۸±۰/۰۰^{Ba}	۰/۸۱±۰/۲۹^{Ca}	۰/۴۷±۰/۴۷^{Da}	۱/۲۴±۰/۳۳^{Eb}
مواد جامد محلول (درصد)	T	۱۰/۹۸±۰/۰۳^{Ad}	۱۰/۷۶±۰/۰۱^{Bc}	۱۰/۵۶±۰/۰۱^{Cc}	۱۰/۱۵±۰/۰۰^{Db}	۱۰/۰۵±۰/۰۰^{Ea}
	T_1	۱۱/۱۳±۰/۰۱^{Ac}	۱۱/۷۳±۰/۰۰^{Ba}	۱۱/۱۱±۰/۰۰^{Cb}	۱۰/۳۱±۰/۰۱^{Da}	۱۱/۱۳±۰/۰۰^{Ea}
	T_2	۱۱/۶۶±۰/۰۱^{Ab}	۱۱/۴۶±۰/۰۰^{Bb}	۱۰/۸۷±۰/۰۰^{Cbc}	۱۰/۱۳±۰/۰۱^{Db}	۱۱/۶۶±۰/۰۰^{Eb}
	T_3	۱۲/۱۶±۰/۰۱^{Aa}	۱۰/۳۰±۰/۰۱^{Bd}	۹/۴۲±۰/۰۱^{Cd}	۹/۱۲±۰/۰۱^{Dc}	۱۲/۱۶±۰/۰۲^{Ec}

* حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در هر سطر و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در هر ستون در سطح ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

پس از در معرض قرارگیری باکتری‌های پروبیوتیکی در برابر نمک‌های صفراوی، اختلالات هموستازی (ایجاد لخته در بدن یا خونریزی بیش‌ازحد) در سلول اتفاق می‌افتد. تجزیهٔ غشای لیپیدی و پروتئین‌های غشای سلولی، باعث نشت محتویات داخل سلولی و درنتیجه مرگ سلول می‌گردد (Niazi Amraii *et al.*, 2014). مقاومت بعضی سویه‌های پروبیوتیکی به نمک صفراوی با فعالیت هیدرولازی نمک صفراوی مرتبط است. مطابق با نتایج ارائه‌شده در جدول (۱) ضریب کاهش رشد برای باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* ۳/۲ درصد و برای *لاکتوباسیلوس کازئی* برابر ۳/۵ درصد گزارش شد که نشان‌دهندهٔ مقاومت خوب هر دو باکتری نسبت به نمک‌های صفراوی بود. هیچ‌کدام از باکتری‌ها فعالیت همولتیک (تخریب گلبول قرمز) و هیدرولیز ال-آرژنین نداشتند. هم‌راستا با نتایج این تحقیق، Setyawardani و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند ۱۸ سویه اسید لاکتیک جداشده از شیر بز، در برابر pH اسیدی (۲، ۲/۵ و ۳/۲) مقاومت داشتند و تنها ۸ سویه در نمک‌های صفراوی به‌خوبی رشد کردند که شامل سویه‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس رامنسوس* بودند. همچنین Rahmati (۲۰۱۸) نشان داد سویه‌های *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* جداشده از ۴۰ محصول لبنی در شهر بروجرد قادر به هیدرولیز ال-آرژنین نبودند.

نتایج آزمون فیزیکوشیمیایی محصول نهایی

تغییرات اسیدیته و pH طی مدت زمان نگهداری

جدول (۲) روند تغییرات اسیدیته، pH و مواد جامد نمونه‌های شیر بز تخمیری را نشان می‌دهد. در روز اول تولید تفاوت معنی‌داری بین میزان اسیدیته و pH تیمارها گزارش نشد ($P>۰/۰۵$). اسیدیتهٔ تیمار شاهد در طول ۲۸ روز نگهداری نسبتاً پایدار بود ازآنجایی‌که لاکتوز در دمای بالاتر ۸۱ درجهٔ سانتی‌گراد تجزیه می‌گردد این ثبات نسبی به عدم تجزیهٔ لاکتوز نسبت داده شده است (Abdolmaleki *et al.*, 2014;

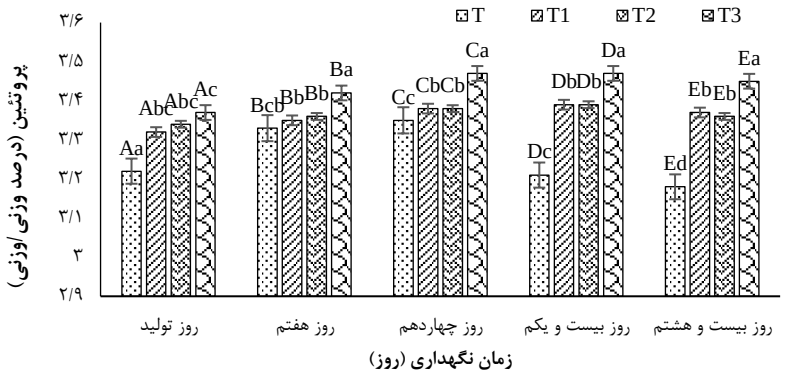
Prasantha & Wimalasiri, 2019). با گذشت مدت زمان نگهداری روند افزایش اسیدیته (روند کاهش معنی‌دار pH) در تمامی تیمارها گزارش شد ($P<۰/۰۵$). در مقایسهٔ بین غلظت عصارهٔ مالت اضافه‌شده نتایج تفاوت آماری معنی‌دار بین سه غلظت را در هر روز آزمایش نشان نداد ($P>۰/۰۵$). در سنجش میزان pH افزایش غلظت عصارهٔ مالت کاهش میزان pH نمونه‌ها را به دنبال داشت ($P<۰/۰۵$). رشد باکتری‌های پروبیوتیک در حین تخمیر سبب افزایش اسیدیته و کاهش pH تیمارها شده است و علت اصلی این امر مربوط به مصرف قندها و تولید اسیدهای آلی می‌باشد. باکتری‌های پروبیوتیک ازجمله *لاکتوباسیلوس کازئی* جهت رشد و بقا در مادهٔ غذایی احتیاج به مواد قندی و مغذی دارند که در این تحقیق از عصارهٔ مالت به‌عنوان مادهٔ قندی استفاده شد (Soofyani *et al.*, 2015). نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با نتایج تحقیق Aghdaei (۲۰۱۷) مشابهت داشت. Aghdaei (۲۰۱۷)، کاهش میزان pH و افزایش اسیدیتهٔ عصارهٔ مالت جو پروبیوتیک (حاوی باکتری *لاکتوباسیلوس کازئی*) طی ۴ هفته نگهداری در دمای یخچال را نشان داد. همچنین Mashayekh و همکاران (۲۰۱۵)، افزایش اسیدیته و کاهش pH در نمونه‌های نوشیدنی پروبیوتیکی با *لاکتوباسیلوس کازئی* را گزارش دادند.

تغییرات میزان درصد مواد جامد محلول (بریکس) طی مدت زمان نگهداری

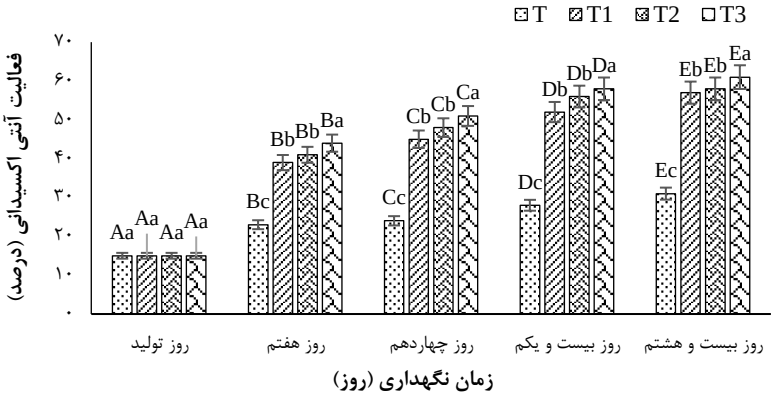
نتایج جدول (۲) همچنین نشان‌دهندهٔ افزایش میزان درصد مواد جامد محلول نمونه‌ها با افزودن عصارهٔ مالت بود ($P<۰/۰۵$). ولی در طول مدت زمان نگهداری روند کاهش در میزان درصد مواد جامد محلول تمامی تیمارها گزارش شد ($P<۰/۰۵$) که علت آن مصرف قندها (گلوکز، مالتوز و فروکتوز) توسط باکتری‌های پروبیوتیکی طی فراوری تخمیر و مدت زمان نگهداری است. در میان تیمارها بیشترین کاهش میزان درصد مواد جامد محلول در طول مدت زمان نگهداری در تیمار T_3 گزارش شد ($P<۰/۰۵$). علت این امر ممکن است به‌دلیل فعالیت بیشتر باکتری‌های پروبیوتیکی در این محیط و مصرف قندها و اسیدهای آلی باشد (Rahimi Majd *et al.*, 2021). Soofyani و همکاران (۲۰۱۵) طی بررسی درصد مواد جامد محلول عصارهٔ مالت حاوی کنسانترهٔ آب‌میوه‌ها، روند کاهش معنی‌دار مواد جامد محلول تیمارها طی ۲۸ روز نگهداری در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد را نشان دادند.

تغییرات میزان درصد پروتئین محلول طی مدت زمان نگهداری

بررسی نتایج میزان پروتئین محلول در نمونه‌های شیر تخمیری (شکل ۱) اختلاف معنی‌داری بین درصد پروتئین محلول نمونه‌ها نشان داد ($P<۰/۰۵$)، در روز تولید نتایج نشان‌دهندهٔ افزایش محتوی پروتئینی نمونه‌ها با افزودن عصارهٔ مالت بود که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشتند ($P<۰/۰۵$). در تیمار شاهد طی ۱۴ روز اول روند افزایشی و بعد از آن به‌طور قابل‌توجهی روند کاهشی در میزان پروتئین‌های محلول مشاهده شد ($P<۰/۰۵$) که این امر به تجزیهٔ پروتئین‌های شیر در عملیات حرارتی یا فعالیت میکروبی نسبت داده می‌شود (Prasantha & Wimalasiri, 2019; Safarkhanloo & Abdolmaleki, 2022). افزودن عصارهٔ مالت تا ۴ درصد تأثیر معنی‌دار بر این پارامتر نداشت ($P>۰/۰۵$). به‌طورکلی، مالت‌سازی تغییرات بیوشیمیایی مفید مهمی را در دانه‌های غلات ایجاد می‌کند. در واقع، علت افزایش پروتئین در عصاره را می‌توان به ازدست‌رفتن وزن خشک دانه‌های جو ازطریق تنفس در فرایند مالت‌سازی نسبت داد. بنابراین، براساس یک وزن واحد، تعداد جو جوانه‌زده حاوی دانه‌های بیشتری (به‌دلیل ازدست‌دادن رطوبت) است درنتیجه میزان ازت کل بالاتری نسبت به دانه‌های اولیه در همان وزن واحد را دارند (Wijngaard *et al.*, 2005). بنابراین افزایش محتوی پروتئینی تیمارها با افزودن درصد بالاتر عصاره دور از انتظار نبود. محتوی پروتئینی طی ۱۴ روز در تیمارها افزایش نشان داد ($P<۰/۰۵$). پروبیوتیک‌ها در محیط‌های حاوی مواد مغذی (کربوهیدرات، چربی، پروتئین، املاح معدنی و ویتامین‌ها) رشد بهتری دارند. عصارهٔ مالت حاوی اسیدهای آمینه، پروتئین‌های کوچک و قندهای طبیعی گوناگون است، که علاوه‌بر افزایش ارزش تغذیه‌ای آن، افزایش سرعت تکثیر و فعالیت تخمیری باکتری‌های پروبیوتیک را به‌دنبال دارد. ازطرفی *لاکتوباسیلوس*ها خاصیت رادیولیز دارند که با شکست پروتئین‌ها و استفاده از منابع ازتهٔ غیرپروتئینی باعث رشد و بقای بیشتر آنها و در پی آن تخمیر بیشتر قندها می‌شود (Pereira *et al.*, 2013). Marhamatizadeh و همکاران (۲۰۱۱) خاصیت پروتئولیتکی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در ماست پروبیوتیک حاوی عصارهٔ مالت و کاهش محتوی پروتئینی و افزایش بقای باکتری‌های پروبیوتیکی را نشان دادند.



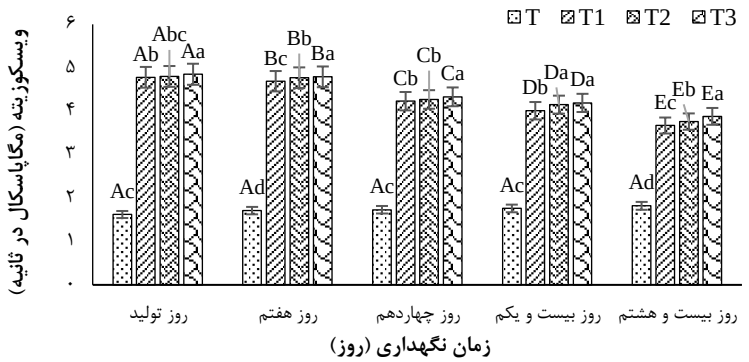
شکل ۱- مقایسهٔ میانگین شاخص درصد پروتئین تیمارهای شیر تخمیری طی مدت ۲۸ روز نگهداری، حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در زمان نگهداری در سطح (P<۰/۰۵) می‌باشد.



شکل ۲- مقایسهٔ میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارهای شیر تخمیری طی مدت ۲۸ روز نگهداری، حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در زمان نگهداری در سطح (P<۰/۰۵) می‌باشد.

تغییرات میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی مدت زمان نگهداری

شکل (۲) نتایج فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارها را نشان می‌دهد. طی ۱۴ روز میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونهٔ شاهد تقریباً ثابت بود (P>۰/۰۵) که علت آن می‌تواند به‌دلیل محتوی ثابت اسیدیته یا عدم وجود رادیکال آزاد باشد. بعد از ۱۴ روز روند افزایشی در میزان آنتی‌اکسیدانی تیمار شاهد مشاهده شد (P<۰/۰۵) در رابطه با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونهٔ شاهد می‌توان گفت، فعالیت مهار رادیکال ABTS (آنتی‌اکسیدانی) پروتئین آب‌پنیر به‌دلیل فعالیت لاکتوفرین از کازئین‌های شیر بیشتر است این امر احتمالاً به‌دلیل دناتوره‌شدن پروتئین آب‌پنیر و تولید پپتیدهای ناشی از تجزیهٔ کازئین‌ها و پروتئین‌های آب‌پنیر است که پتانسیل بالایی برای نشان‌دادن فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند (Prasantha & Wimalasiri, 2019). در بین تیمارهای تخمیری افزودن عصارهٔ مالت روند افزایشی در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد (P<۰/۰۵). افزودن عصارهٔ مالت تا غلظت ۴ درصد تأثیر معنی‌داری بر این پارامتر نداشت (P>۰/۰۵) ولی تیمار T_3 به‌طور معنی‌داری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری را نشان داد. مطالعه‌ها نشان داده است که جو یکی از کهن‌ترین غلات است که به‌طور گسترده دارای ترکیبات فنولی مانند اسیدهای فنولیک (بنزوئیک، مشتقات اسید سینامیک)، توکوفرول‌ها، توکوتریانول‌ها، تانن‌ها، تانین‌ها، پروآنتوسیانیدین‌ها، فلاونول‌ها، فلاونون‌ها، چالکون‌ها و ترکیبات فنولی آمینی می‌باشد. ازطرفی، افزایش ترکیبات فنولی طی فرایند تخمیر و درنتیجه بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصارهٔ مالت توسط بسیاری از دانشمندان به اثبات رسیده است و علت آن به هیدرولیز ترکیبات فنولی گلیکوزیل و ایجاد فنول آزاد نسبت داده شده است (Altan *et al.*, 2009). استفاده از پروپوتیک‌ها در محصولات توانایی افزایش فنول را طی فرایند تخمیر دارند. مطابق نتایج ارائه‌شده در هفتهٔ اول میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی تیمارها شدت بیشتری نسبت به روزهای بعدی داشت که علت این امر می‌تواند به‌دلیل فعالیت زیستی باکتری‌های پروبیوتیکی در هفتهٔ اول باشد (Debebe *et al.*, 2016).



شکل ۳- مقایسهٔ میانگین میزان ویسکوزیتهٔ تیمارهای شیر تخمیری طی مدت ۲۸ روز نگهداری، حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در زمان نگهداری در سطح (P<۰/۰۵) می‌باشد.

تغییرات میزان ویسکوزیته طی مدت زمان نگهداری

شکل (۳) روند تغییرات ویسکوزیتهٔ نمونه‌های تحقیق را نشان می‌دهند. در تیمار شاهد روند غیر معنی‌دار در میزان ویسکوزیته طی ۲۸ روز زمان ماندگاری مشاهده شد (P>۰/۰۵). طبق مطالعه‌های انجام‌شده در دمای بالاتر از ۸۱ درجهٔ سانتی‌گراد به‌دلیل آسیب به گلبول‌های چربی شیر، دناتوره‌شدن پروتئین شیر در طول عملیات حرارتی و جداشدن تدریجی لایهٔ خامه در طول نگهداری در دمای پایین سبب افزایش ویسکوزیتهٔ شیر بز می‌گردد (Prasantha & Wimalasiri, 2019). باتوجه‌به اعمال فرایند حرارتی در این تحقیق (۷۲ درجهٔ سانتی‌گراد) ثبات ویسکوزیتهٔ تیمار شاهد ممکن است به‌دلیل عدم دناتوره‌شدن پروتئین‌ها و آسیب به گلبول‌های چربی باشد. افزودن عصارهٔ مالت در روز اول افزایش میزان ویسکوزیته را نشان داد (P<۰/۰۵) و با گذشت زمان طی ۲۸ روز روند کاهشی در تمامی تیمارها گزارش شد (P<۰/۰۵). افزایش غلظت عصارهٔ مالت استفاده‌شده افزایش ویسکوزیته را به‌دنبال داشت. به‌طوری‌که در تمامی روزها بالاترین میزان ویسکوزیته در تیمار T_3 بود (P<۰/۰۵). این افزایش میزان ویسکوزیته در اثر افزودن عصارهٔ مالت می‌تواند به‌دلیل وجود قندهای مختلف در عصاره و جذب آب ازطریق پیوند هیدروژنی توسط آنها نسبت داده شود (Mirarab Razi *et al.*, 2017). در تحقیق Zannini و همکاران (۲۰۱۳) نشان داده شده است که عصارهٔ مالت بدون تخمیر رفتار نازک‌شوندگی با برش را از خود نشان می‌دهد. در طول تخمیر به‌دلیل استفادهٔ پروبیوتیک‌ها از قندها Zannini و همکاران (۲۰۱۳). نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با نتایج Janghorban و Goli (۲۰۲۱) مطابقت داشت. آنها طی بررسی جایگزینی شکر با عصارهٔ مالت در تهیهٔ بستنی پروبیوتیک، تضعیف پارامترهای بافتی در تیمارها را گزارش دادند. Zannini و همکاران (۲۰۱۳) نیز طی بررسی ویسکوزیته روند تخمیر عصارهٔ مالت پروبیوتیک با باکتری‌های اسید لاکتیک، روند کاهش ویسکوزیتهٔ تیمارها را نشان دادند.

تغییرات رنگی طی مدت زمان نگهداری

جدول (۳) تغییرات رنگی تیمارها طی مدت ۲۸ روز ماندگاری را نشان می‌دهد. مؤلفهٔ L^* نشان‌دهندهٔ میزان روشنایی نمونه‌ها بوده و دامنهٔ آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. در تیمار شاهد در روز اول بالاترین میزان روشنایی مشاهده شد که با گذشت زمان از میزان روشنایی آن به‌طور معنی‌داری کاسته شد (P<۰/۰۵). تغییر در مقدار مؤلفهٔ L^* شیر پاستوریزهٔ بز در طول ذخیره‌سازی ممکن است به‌دلیل واکنش قهوه‌ای‌شدن میلارد، تشکیل ترکیبات آلی مختلف دیگر طی تخریب حرارتی پاستوریزاسیون و فعالیت بیشتر باکتری‌های مزوفیل باشد Prasantha و Wimalasiri (۲۰۱۹) و Reddy و همکاران (۱۹۹۱) نشان دادند افزایش شاخص روشنایی (L^*) شیر بز به‌دلیل افزایش ویسکوزیته در زمان نگهداری می‌باشد. افزایش غلظت عصارهٔ مالت کاهش شاخص روشنایی (L^*) تیمارها را نشان داد و با گذشت زمان از میزان روشنایی تیمارها کاسته شد (P<۰/۰۵). به‌طورکلی افزودن ترکیبات قوام‌دهنده به محصول غذایی به‌دلیل ایجاد شبکه‌ای ژل‌مانند و شکست نور کاهش شاخص روشنایی (L^*) را به‌دنبال دارند (Janghorban & Goli, 2021). Mirarab Razi و همکاران (۲۰۱۷) طی جایگزینی عصارهٔ مالت با شکر در فرمولاسیون بستنی پروبیوتیکی کاهش شاخص روشنایی با افزایش غلظت عصارهٔ مالت را نشان دادند. شاخص آبی-زرد (b^*) بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر است و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد است. افزایش رنگ زردی در تیمار شاهد طی مدت زمان نگهداری را می‌توان باتوجه‌به واکنش میلارد توجیه کرد (Baharlouei *et al.*,

2015). شاخص قرمزی- سبزی (*a*) بین ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر است و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز است. افزایش رنگ قرمزی در نمونهٔ شاهد طی مدت زمان نگهداری نشان‌دهندهٔ کاهش رنگ سفیدی و تیره‌شدن نمونه‌ای شیر بز موردبررسی است (Baharlouei *et al.*, 2015). Popov-Raljić و همکاران (۲۰۰۸) افزایش شاخص قرمزی و زردی در مدت زمان نگهداری شیر پاستوریزه را نشان دادند. افزایش شاخص قرمزی و زردی با اضافه‌کردن عصارهٔ مالت و غلظت آن در روز تولید و در طول دورهٔ نگهداری مشاهده شد. علت این امر وجود رنگدانهٔ کارامل در عصارهٔ مالت است که می‌تواند شاخص قرمزی و زردی نمونه‌ها را افزایش دهد (Guven *et al.*, 2005). Janghorban و Goli (۲۰۲۱) افزایش پارامتر قرمزی (*a*) زردی (*b*) با افزایش غلظت عصارهٔ مالت جایگزین‌شده در فرمول بستنی پروبیوتیک طی مدت زمان نگهداری را نشان دادند.

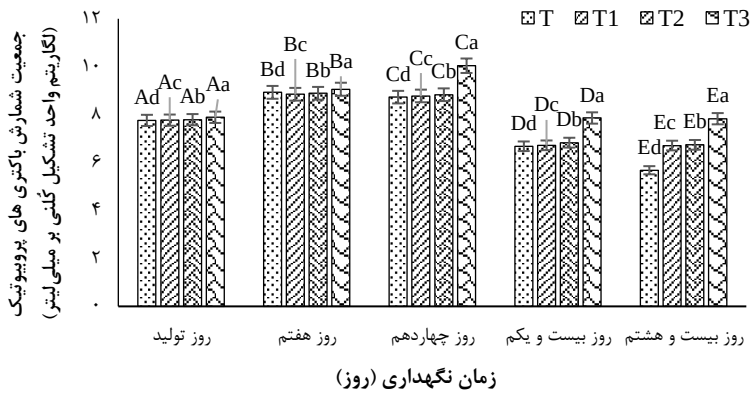
قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک طی مدت زمان نگهداری

براساس شکل (۴) میانگین شمارش باکتری‌های پروبیوتیکی طی ۷ روز اول افزایش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). علت این امر به‌دلیل وجود مواد مغذی کافی یعنی قندها می‌باشد. پس از ۷ روز روند کاهش معنی‌دار در جمعیت باکتری‌های پروبیوتیک مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). علت اصلی مرگ‌ومیر باکتری‌ها طی ۴ هفته نگهداری؛ اسیدیته بالا، pH پایین و تولید متابولیت‌های مانند اسیدهای آلی و همچنین کمبود مواد مغذی (قندها) می‌باشد (Hashemiravan *et al.*, 2015).

جدول ۳- نتایج تغییرات رنگی نمونه‌های شیر بز تخمیری

آزمون	تیمار	زمان (روز) ۱	۷	۱۴	۲۱	۲۸
*L**	T	۷۷/۰۰±۱/۲۴^{Aa}	۷۵/۰۰±۱/۲۴^{Ba}	۷۳/۰۰±۱/۲۴^{Ca}	۷۱/۰۰±۱/۲۴^{Da}	۶۷/۰۰±۱/۲۴^{Eab}
	T_1	۷۱/۰۰±۱/۲۴^{Aa}	۶۷/۰۰±۱/۸۱^{Bab}	۶۵/۰۰±۱/۶۹^{Cb}	۶۲/۰۰±۱/۹۴^{Db}	۶۰/۰۰±۱/۶۳^{Ebc}
	T_2	۶۸/۰۰±۱/۲۴^{Aab}	۶۵/۰۰±۰/۴۷^{Bb}	۶۲/۰۰±۰/۸۱^{Cb}	۵۸/۰۰±۱/۲۴^{Dbc}	۵۵/۰۰±۱/۲۴^{Ec}
	T_3	۷۷/۰۰±۱/۲۴^{Ac}	۷۷/۰۰±۱/۲۴^{Bcd}	۷۷/۰۰±۱/۲۴^{Ccd}	۷۷/۰۰±۱/۲۴^{Dd}	۵۲/۰۰±۱/۲۴^{Ed}
*a**	T	۹/۰۰±۰/۴۷^{Ad}	۹/۰۰±۰/۴۷^{Aa}	۱۰/۰۰±۰/۴۷^{Ba}	۱۱/۰۰±۰/۴۷^{Bca}	۱۳/۰۰±۰/۸۱^{Ca}
	T_1	۱۱/۰۰±۰/۴۷^{Ac}	۱۳/۰۰±۰/۸۱^{Bab}	۱۷/۰۰±۰/۴۷^{Cb}	۲۱/۰۰±۰/۸۱^{Dbc}	۲۴/۰۰±۰/۸۱^{Ec}
	T_2	۱۷/۰۰±۰/۴۷^{Ab}	۱۹/۰۰±۰/۴۷^{Bbc}	۲۲/۰۰±۰/۸۱^{Cbc}	۲۷/۰۰±۰/۸۱^{Dc}	۲۸/۰۰±۰/۴۷^{Ec}
	T_3	۳۳/۰۰±۰/۸۱^{Aa}	۱۵/۰۰±۰/۸۱^{Bc}	۳۷/۰۰±۰/۸۱^{Ccd}	۳۹/۰۰±۰/۸۱^{Dd}	۴۱/۰۰±۰/۴۷^{Ed}
*b**	T	۶/۶۳±۰/۰۱^{Ac}	۷/۰۹±۰/۰۱^{Bc}	۷/۴۴±۰/۰۰^{Bc}	۷/۵۶±۰/۰۲^{Dd}	۸/۰۰±۰/۰۲^{Ec}
	T_1	۶/۸۱±۰/۰۱^{Ac}	۷/۱۰±۰/۰۱^{Bc}	۷/۵۴±۰/۰۱^{Bbc}	۷/۸۱±۰/۰۰^{Dc}	۸/۱۳±۰/۰۲^{Ec}
	T_2	۷/۴۴±۰/۰۵^{Ab}	۷/۵۴±۰/۰۲^{Bb}	۷/۸۶±۰/۰۳^{Bb}	۷/۹۸±۰/۰۱^{Db}	۸/۲۱±۰/۰۰^{Eb}
	T_3	۹/۰۰±۰/۰۴^{Aa}	۹/۴۲±۰/۰۱^{Ba}	۹/۷۶±۰/۰۲^{Ba}	۱۰/۰۹±۰/۰۳^{Da}	۱۰/۲۷±۰/۰۰^{Ea}

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در هر سطر و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در هر ستون در سطح ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.



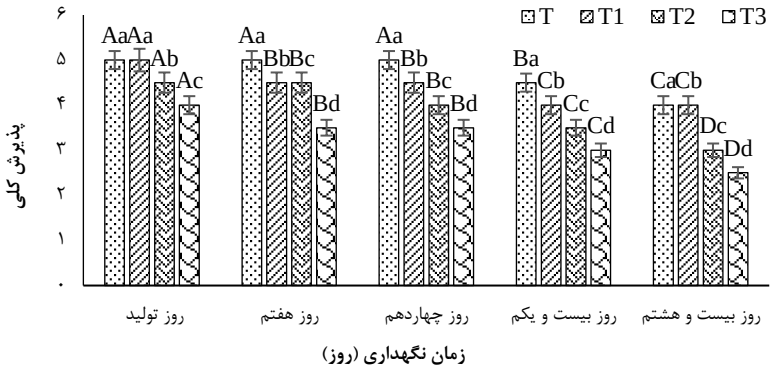
شکل ۴- مقایسهٔ میانگین جمعیت باکتری‌های پروبیوتیک تیمارهای شیر تخمیری طی مدت ۲۸ روز نگهداری، حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در زمان نگهداری در سطح ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

سوبسترای اصلی مورد مصرف باکتری‌های پروبیوتیک در محیط فراورده‌های لبنی در درجهٔ اول لاکتوز محسوب‌شده و با مصرف آن فعالیت تخمیری خود را آغاز کرده و متابولیت‌های ثانویهٔ خود که ناشی از فرایند تخمیر است (همانند الکل، دی‌اکسیدکربن، اسید لاکتیک) را تولید می‌کنند. بدیهی است که با گذشت زمان از میزان سوبسترا در فراورده کاسته‌شده و علاوه‌بر کاهش نرخ رشد باکتری‌ها، از میزان جمعیت آنها در فراورده نیز کاسته خواهد شد (Sah *et al.*, 2016). ازسویی‌دیگر وجود ترکیبات مغذی همانند مالت تنها می‌تواند مورد مصرف باکتری‌های پروبیوتیک قرار گیرد. بنابراین زمانی که سوبسترای اصلی در این باکتری‌ها روبه‌اتمام باشد، این ترکیبات به مصرف خواهند رسید (Vasconcelos *et al.*, 2014). به‌طوری‌که بیشترین میزان جمعیت باکتری در پایان مدت زمان نگهداری مربوط به تیمار T_3 با تراکم باکتری $۱۰^{۷}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر بود ($P<۰/۰۵$). اما نکتهٔ جالب این است که با افزایش عصارهٔ مالت میزان رشد باکتری‌های پروبیوتیک زیاد نبود که این امر می‌تواند به‌دلیل کاسته‌شدن از قندهای ساده و در دسترس باشد (de Araújo Etchepare *et al.*, 2016). طبق گزارش سازمان جهانی غذا و کشاورزی (FAO) محصولی پروبیوتیک است که در لحظهٔ مصرف دارای حداقل $۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر باکتری باشد. مطابق نتایج به‌دست‌آمده غیر از نمونهٔ شاهد، تمامی تیمارهای حاوی عصارهٔ مالت دارای جمعیتی بالاتر از حد استاندارد معرفی شده بودند. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج Aghdaei (۲۰۱۷) مطابقت داشت. این محقق نشان داد جمعیت باکتری *لاکتوباسیلوس کازئی* طی تخمیر عصارهٔ جو، پروبیوتیک در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۸ روز کاهش یافت و همچنین Mashayekh و همکاران (۲۰۱۵)، نشان دادند جمعیت *لاکتوباسیلوس کازئی* در تهیهٔ نوشیدنی تخمیری آب‌میوه طی ۲۸ روز نگهداری در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش یافت.

ارزیابی حسی (پذیرش کلی) نمونه‌ها طی مدت زمان نگهداری

بررسی ارزیابی حسی پذیرش کلی (شکل ۵) نشان داد در روز تولید نمونهٔ شاهد و T_1 بدون تفاوت معنی‌دار از یکدیگر حداکثر امتیاز را کسب کردند ($P>۰/۰۵$). با افزایش غلظت عصاره از مطلوبیت پذیرش کلی تیمارها کاسته شد ($P<۰/۰۵$). نمونهٔ شاهد حداکثر امتیاز را تا روز ۱۴ حفظ کرد و سپس روند کاهشی معنی‌دار گزارش شد ($P<۰/۰۵$). تیمار T_1 نیز تا روز ۱۴ مطلوبیت خوبی نشان داد. کمترین میزان مطلوبیت در تمام زمان‌های آزمایش در تیمار T_3 مشاهده شد.

Janghorban و Goli (۲۰۲۱) روند نزولی در ویژگی‌های حسی تیمارهای بستنی پروبیوتیک حاوی غلظت بالای عصارهٔ مالت را نشان دادند، که این روند درنهایت منجربه عدم پذیرش مطلوبیت آنها شد. Forgani (۲۰۱۵) طی تولید و ارزیابی ماست فراسودمند حاوی عصارهٔ ارزن نشان دادند ازنظر ارزیابی حسی تمام نمونه‌های ماست در طول مدت زمان نگهداری دارای امتیاز خوب و خیلی‌خوب بودند که حاکی از پذیرش بالای ماست‌های حاوی عصارهٔ غلات بود که با نتایج این تحقیق مطابقت نداشت.



شکل ۵- مقایسهٔ میانگین پذیرش کلی تیمارهای شیر تخمیری طی مدت ۲۸ روز نگهداری، حروف کوچک متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارها و حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهندهٔ وجود اختلاف معنی‌دار در زمان نگهداری در سطح ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

مطابق نتایج ارائه‌شده استفاده از دو باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس کازئی* انتخابی مناسب برای تهیهٔ شیر بز تخمیری فراسودمند بود. هر دو باکتری موردبررسی در شرایط اسیدی و مقاومت به اسید معده میانگینی بیشتر از $۱۰^{۶}$ واحد تشکیل‌دهندهٔ کُلنی بر میلی‌لیتر داشتند. ضریب کاهش رشد در مقابل نمک‌های صفراوی به‌ترتیب برای باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* و *لاکتوباسیلوس کازئی* برابر ۳/۲ و ۳/۵ درصد گزارش شد که نشان‌دهندهٔ مقاومت خوب هر دو باکتری نسبت به نمک‌های صفراوی بود. هیچ‌کدام از باکتری‌ها فعالیت همولتیک (تخریب گلبول قرمز) و هیدرولیز ال-آرژنین نداشتند. طی بررسی پارامترهای فیزیکوشیمیایی تیمارهای تحقیق افزایش عصارهٔ مالت در فرمولاسیون، محتوی پروتئین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، اسیدیته، ویسکوزیته و مواد جامد محلول افزایش یافت، درحالی‌که کاهش pH در تمامی تیمارها به‌دلیل رشد باکتری‌های پروبیوتیک در حین تخمیر گزارش شد. بررسی شاخص‌های رنگی کاهش مقدار مؤلفهٔ L* و افزایش a* و b* را با افزایش غلظت عصارهٔ مالت طی مدت زمان نگهداری نشان داد. به‌طورکلی با درنظرگرفتن نتایج فیزیکوشیمیایی و ارزیابی حسی شیر بز پروبیوتیک حاوی ۴ درصد عصارهٔ مالت به‌عنوان تیمار برتر این تحقیق معرفی شد که مصرف آن طی ۷ روز به‌عنوان بهترین زمان مصرف توصیه می‌گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله هیچ‌گونه حمایت مالی و معنوی ندارد.

مشارکت نویسندگان

مهشاد ترابی: ارائهٔ ایدهٔ پژوهشی و طراحی مطالعه، جمع‌آوری داده، آنالیز داده‌ها، نوشتن پیش‌نویس مقاله، بازبینی و اصلاح مقاله؛ **فرزانه عبدالملکی**: ارائهٔ ایدهٔ پژوهشی و طراحی مطالعه، تجزیه‌وتحلیل و تفسیر داده‌ها، بازبینی و اصلاح مقاله، نظارت بر مطالعه، تأیید نسخهٔ نهایی.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع

Abdolmaleki, F., Assadi, M. M., Ezzatpanah, H., & Honarvar, M. (2014). Impact of fruit processing methods on DNA extraction from transgenic frozen banana products. *European Food Research and Technology*, *239*(3), 509-517. https://doi.org/10.1007/s00217-014-2246-4

Abid, Y., Azabou, S., Casillo, A., Gharsallah, H., Jemil, N., Lanzetta, R., . . . Corsaro, M. M. (2019). Isolation and structural characterization of levan produced by probiotic Bacillus tequilensis-GM from Tunisian fermented goat milk. *International Journal of Biological Macromolecules*, *133*, 786-794. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.04.130

Aghdaei, F. (2017). *Production of probiotic barley malt extract using Lactobacillus casei* Islamic Azad University, Varamin Branch-Pishva]. (in Persian)

Altan, A., McCarthy, K. L., & Maskan, M. (2009). Effect of extrusion process on antioxidant activity, total phenolics and β-glucan content of extrudates developed from barley-fruit and vegetable by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, *44*(6), 1263-1271. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01956.x

Baharlouei, R., Maleki, A., Ghasemi Varnamkhasti, M., Ghanbarian, D., & Bonyadian, M. (2015). Determination of freshness of UHT milk with L * a * b * color parameters measured by image processing. *Innovative Food Technologies*, *2*(2), 105-113. https://doi.org/10.22104/jift.2015.94 (in Persian)

Bertazzoni Minelli, E., Benini, A., Marzotto, M., Sbarbati, A., Ruzzenente, O., Ferrario, R., . . . Dellaglio, F. (2004). Assessment of novel probiotic Lactobacillus casei strains for the production of functional dairy foods. *International Dairy Journal*, *14*(8), 723-736. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.01.007

Bezkorovainy, A. (2001). Probiotics: determinants of survival and growth in the gut123. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *73*(2), 399s-405s. https://doi.org/10.1093/ajcn/73.2.399s

Briggiler-Marcó, M., Capra, M. L., Quiberoni, A., Vinderola, G., Reinheimer, J. A., & Hynes, E. (2007). Nonstarter Lactobacillus Strains as Adjunct Cultures for Cheese Making: In Vitro Characterization and Performance in Two Model Cheeses. *Journal of Dairy Science*, *90*(10), 4532-4542. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0180

de Araújo Etchepare, M., Raddatz, G. C., de Moraes Flores, É. M., Zepka, L. Q., Jacob-Lopes, E., Barin, J. S., . . . de Menezes, C. R. (2016). Effect of resistant starch and chitosan on survival of Lactobacillus acidophilus microencapsulated with sodium alginate. *LWT - Food Science and Technology*, *65*, 511-517. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.039

Debebe, A., Chandravanshi, B. S., & Abshiro, M. (2016). Total contents of phenolics, flavonoids, tannins and antioxidant capacity of selected traditional Ethiopian alcoholic beverages. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, *30*(1), 27-37. https://doi.org/10.4314/bcse.v30i1.3

FAO/WHO. (2002). Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria, a joint FAO/WHO expert consultation. Cordoba, Argentina, 1-4 October 2001. *http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/probiotics/en/index.html*.

Forgani, S. (2015). *Formulation of functional yogurt containing cereal extract* University of Tabriz]. (in Persian)

Guven, M., Yasar, K., Karaca, O. B., & Hayaloglu, A. A. (2005). The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, *58*(3), 180-184. https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00210.x

Hashemiravan, M., Soofyani, Z. Y., & Pourahmad, R. (2015). Chemical Changes in the Quality of Beverage Based on Probiotic Fermented Mixture of Malt Extract and Red Fruit Juices. *International Journal of Review in Life Sciences*, *5*(2), 51-57. https://scienztech.org/index.php/ijrls/article/view/1013

Helland, M. H., Wicklund, T., & Narvhus, J. A. (2004). Growth and metabolism of selected strains of probiotic bacteria in milk- and water-based cereal puddings. *International Dairy Journal*, *14*(11), 957-965. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.03.008

Iran National Standards Organization (INSO). (2007). *Malt beverage – Test methods, (INSO Standards No. 2280, 1st Revision)*. http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=44465 (in Persian)

Iran National Standards Organization (INSO). (2014). *Probiotic microorganisms-Specifications and In Vitro test methods, (INSO Standard No. 19459, 1st Edition)*. http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=42535 (in Persian)

Iran National Standards Organization (INSO). (2022). *Milk and milk products-Determination of titrable acidity and pH-Test method, (INSO Standard No. 2852, 2nd Revision))*. http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=57037 (in Persian)

Janghorban, E., & Goli, M. (2021). Investigation of sugar and fat substitution with malt extract and inulin in order to prepare dietary syrup used for probiotic ice cream. *Journal of food science and technology(Iran)*, *18*(114), 57-71. https://doi.org/10.52547/fsct.18.114.57 (in Persian)

Li, M., Wang, Y., Cui, H., Li, Y., Sun, Y., & Qiu, H. J. (2020). Characterization of Lactic Acid Bacteria Isolated From the Gastrointestinal Tract of a Wild Boar as Potential Probiotics. *Front Vet Sci*, *7*, 49. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00049

Lowry, O., Rosebrough, N., Farr, A. L., & Randall, R. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, *193*(1), 265-275. https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6

Malbaša, R. V., Milanović, S. D., Lončar, E. S., Djurić, M. S., Carić, M. Đ., Iličić, M. D., & Kolarov, L. (2009). Milk-based beverages obtained by Kombucha application. *Food Chemistry*, *112*(1), 178-184. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.055

Marhamatizadeh, M., Karmand, M., Farokho, A. R., Rafatjou, R., & Rezazadeh, S. (2011). The effects of malt extract on the increasing growth of probiotic bacteria Lactobacillus acidophilus and Bifidobacterium bifidum in probiotic milk and yoghurt. *Journal of Food Technology and Nutrition*, *8*(2), 78-85. (in Persian)

Mashayekh, S., Hashemiravan, M., & Mokhtari, F. D. (2015). Study on production possibility of probiotic fermented beverage based on mixture of pineapple, apple and mango juices. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, *7*(12), 1132-1137.

Mindus, C., Ellis, J., van Staaveren, N., & Harlander-Matauschek, A. (2021). Lactobacillus-Based Probiotics Reduce the Adverse Effects of Stress in Rodents: A Meta-analysis. *Front Behav Neurosci*, *15*, 642757. https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.642757

Mirarab Razi , S., Taheryan, A., Teymouri, M., Motamedzadegan, A., & Bagheri, H. (2017). Study the effect of sugar substitution with malt extract on physical and sensory characteristics of ice-cream. *Journal of Food Processing and Production*, *6*(4), 1-15. (in Persian)

Mituniewicz–Małek, A., Zielińska, D., & Ziarno, M. (2019). Probiotic monocultures in fermented goat milk beverages – sensory quality of final product. *International Journal of Dairy Technology*, *72*(2), 240-247. https://doi.org/10.1111/1471-0307.12576

Mojgani, N., Hussaini, F., & Vaseji, N. (2015). Characterization of indigenous lactobacillus strains for probiotic properties. *Jundishapur J Microbiol*, *8*(2), e17523. https://doi.org/10.5812/jjm.17523

Niazi Amraii, H., Abtahi, H., Jafari, P., Mohajerani, H. R., Fakhroleslam, M. R., & Akbari, N. (2014). In Vitro Study of Potentially Probiotic lactic Acid Bacteria Strains Isolated From Traditional Dairy Products. *Jundishapur J Microbiol*, *7*(6), e10168. https://doi.org/10.5812/jjm.10168

Pereira, A. L. F., Almeida, F. D. L., de Jesus, A. L. T., da Costa, J. M. C., & Rodrigues, S. (2013). Storage Stability and Acceptance of Probiotic Beverage from Cashew Apple Juice. *Food and Bioprocess Technology*, *6*(11), 3155-3165. https://doi.org/10.1007/s11947-012-1032-1

Popov-Raljić, J. V., Lakić, N. S., Laličić-Petronijević, J. G., Barać, M. B., & Sikimić, V. M. (2008). Color Changes of UHT Milk During Storage. *Sensors (Basel)*, *8*(9), 5961-5974. https://doi.org/10.3390/s8095961

Prasantha, B. D. R., & Wimalasiri, K. M. S. (2019). Effect of HTST Thermal Treatments on End-Use Quality Characteristics of Goat Milk. *International Journal of Food Science*, *2019*, 1801724. https://doi.org/10.1155/2019/1801724

Rahimi Majd, H., Hashemiravan, M., & Pourahmad, R. (2021). Production of probiotic beverage based on mixture of Red grape juice and Malt extract. *Journal of Food Safety and Processing*, *1*(1), 85-96. https://jfps.varamin.iau.ir/article_685253_7856b3c7bcfee31f6e0da2067a6ce50f.pdf

Rahmati, F. (2018). Identification and characterization of Lactococcus starter strains in milk-based traditional fermented products in the region of Iran. *AIMS Agriculture and Food*, *3*(1), 12-25. https://doi.org/10.3934/agrfood.2018.1.12

Ranadheera, C. S., Naumovski, N., & Ajlouni, S. (2018). Non-bovine milk products as emerging probiotic carriers: recent developments and innovations. *Current Opinion in Food Science*, *22*, 109-114. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.02.010

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, *26*(9-10), 1231-1237. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3

Reddy, K. K., Nguyen, M., Kailasapathy, K., & Zadow, J. (1991). The effects of some treatments and storage temperatures on UHT whole milk. *Australian Journal of Dairy Technology (Australia)*.

Sabooni, P., Pourahmad, R., & Adeli, H. R. M. (2018). Improvement of viability of probiotic bacteria, organoleptic qualities and physical characteristics in kefir using transglutaminase and xanthan. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, *17*(2), 141-148. https://doi.org/10.17306/j.Afs.0556

Safarkhanloo, S., & abdolmaleki, f. (2022). The effect of adding kunjak gum on the Chemical, textural and sensory properties of tofu. *Journal of food science and technology(Iran)*, *19*(125), 59-72. https://doi.org/10.22034/fsct.19.125.59 (in Persian)

Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. N. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*, *65*, 978-986. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.027

Sahadeva, R., Leong, S., Chua, K., Tan, C., Chan, H., Tong, E., . . . Chan, H. (2011). Survival of commercial probiotic strains to pH and bile. *International Food Research Journal*, *18*(4), 1515-1522.

Setyawardani, T., Rahayu, W. P., Maheswari, R., & Palupi, N. H. S. (2011). Identification and Characterization of Probiotic Lactic Acid Bacteria Isolated From Indigenous Goat Milk. *Animal Production*, *13*(1).

Sharma, R., Mokhtari, S., Jafari, S. M., & Sharma, S. (2021). WITHDRAWN: Barley-based probiotic food mixture; Health effects and future prospects. *Journal of Functional Foods*, 104287. https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104287

Soofyani, Z. Y., Hashemiravan, M., & Pourahmad, R. (2015). Production of beverage based on probiotic fermented mixture of malt extract and red fruit juices. *Advances in Environmental Biology*, *9*, 762-769.

Tahsiri, Z., Niakousari, M., Khoshnoudi-Nia, S., & Hosseini, S. M. H. (2017). Sensory evaluation of selected formulated milk barberry drinks using the fuzzy approach. *Food Science & Nutrition*, *5*(3), 739-749. https://doi.org/10.1002/fsn3.454

Vasconcelos, B. G., Martinez, R. C. R., de Castro, I. A., & Saad, S. M. I. (2014). Innovative açaí (Euterpe oleracea, Mart., Arecaceae) functional frozen dessert exhibits high probiotic viability throughout shelf-life and supplementation with inulin improves sensory acceptance. *Food Science and Biotechnology*, *23*(6), 1843-1849. https://doi.org/10.1007/s10068-014-0252-8

Wang, Y.-C., Yu, R.-C., & Chou, C.-C. (2002). Growth and survival of bifidobacteria and lactic acid bacteria during the fermentation and storage of cultured soymilk drinks. *Food Microbiology*, *19*(5), 501-508. https://doi.org/10.1006/fmic.2002.0506

Wijngaard, H. H., Ulmer, H. M., Neumann, M., & Arendt, E. K. (2005). The Effect of Steeping Time on the Final Malt Quality of Buckwheat. *Journal of the Institute of Brewing*, *111*(3), 275-281. https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00683.x

Yagoobi-Soureh, A., Alizadeh-Khaled Abad, M., & Rezazad Bari, M. (2013). Application of image processing for determination of L*, a*and b*indices in color measurement of foods. *Journal of Food Research*, *23*(3), 411-422. https://foodresearch.tabrizu.ac.ir/article_123_5a9a5b4275ed866d8a448862b34cf2a3.pdf (in Persian)

Zannini, E., Mauch, A., Galle, S., Gänzle, M., Coffey, A., Arendt, E. K., . . . Waters, D. M. (2013). Barley malt wort fermentation by exopolysaccharide-forming Weissella cibaria MG1 for the production of a novel beverage. *J Appl Microbiol*, *115*(6), 1379-1387. https://doi.org/10.1111/jam.12329

Investigation of Physicochemical and Antioxidant Properties of Goat Milk Enriched with Barley Malt Extract Fermented with Some Lactic acid Bacteria

Mahshad Torabi[1], Farzaneh Abdolmaleki[1*]

1- Department of Food Science and Engineering, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

* Corresponding author (fa.abdolmaleki@qiau.ac.ir)

Abstract

After testing and verification of resistance to gastrointestinal conditions confirming the strain selected to prepare probiotic fermented goat milk, 0.5 g of *Lactobacillus plantarum* (PTCC 1058) and *Lactobacillus casei* (PTCC 1608) were inoculated into 200 mL of goat milk sample. Then, 2, 4, and 6% of barley malt extract were added to the treatments to evaluate the effects of malt extract on the survival and activity of probiotic bacteria. Sample tests (including physicochemical, colorimetric indices, viscosity, antioxidant activity, and general acceptance) were evaluated on production days 7, 14, 21, and 28. The results showed that increasing the concentration of malt extract increased the content of soluble proteins, antioxidant activity, acidity, and decreased pH in all treatments increased ($P<0.05$). Also, adding malt extract and increasing its concentration increased the viscosity and brix on the day of production, but during 28 days, these parameters decreased ($P<0.05$). The color indices showed L^* sample decreased and a^* and b^* increased with increasing the concentration of malt extract during storage ($P<0.05$). Evaluation of general acceptance of samples showed by increasing the malt extract concentration, treatment desirability declined. As well as, evaluation growth probiotic bacteria showed during the 7th day, due to the presence of sufficient nutrients, they significantly increased. Then the population of probiotic bacteria decreased ($P<0.05$). Generally, according to the results and sensory evaluation, probiotic goat milk containing 4% malt extract is the best sample, and recommend that consumed during the 7th day as the best time.

Keywords: Antioxidant activity, Barley malt extract, Goat milk, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*

© 2023, Research Institute of Food Science and Technology. All rights reserved.
This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0). To view a copy of this license, visit (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).