JRIFST
مقالهٔ کامل پژوهشی

www.journals.rifst.ac.ir
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۹، جلد ۹، شماره ۱، صفحات ۴۱-۵۶
DOI: 10.22101/JRIFST.2019.08.06.e1081

بهینه‌یابی فرمولاسیون ماست پروبیوتیک حاوی پورهٔ بادمجان براساس روش تحلیل سلسله مراتبی

حسین جوینده[1*]، محمد نوشاد[2]، کوثر کاکایی[3]، میترا قدسی شیخ‌جان[4]

۱- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
* نویسندهٔ مسئول (hosjooy@asnrukh.ac.ir)
۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۳- دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران
۴- دکتری دامپزشکی (حرفه‌ای)، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵

واژه‌های کلیدی
پورهٔ بادمجان
روش تحلیل سلسله مراتبی
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس
لاکتوباسیلوس رامنوسوس
ماست پروبیوتیک

چکیده

هدف از انجام پژوهش، بررسی تأثیر افزودن پورهٔ بادمجان (۴۵-۰ درصد) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، رنگ و میزان آب‌اندازی)، خواص حسی (عطروطعم، رنگ و بافت) و قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در ماست بادمجان پروبیوتیک پس از ۱، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۴ روز نگهداری در یخچال بود. همچنین از روش تحلیل سلسله مراتبی (APH) باتوجه‌به ویژگی‌های موردبررسی به‌منظور انتخاب بهترین فرمولاسیون استفاده شد. نتایج نشان داد با افزایش غلظت پورهٔ بادمجان میزان اسیدیته، آب‌اندازی و شاخص روشنایی (L^*) نمونه‌ها کاهش یافت، درحالی‌که میزان pH افزایش یافت. همچنین افزودن پورهٔ بادمجان سبب کاهش قابل‌توجه باکتری‌های پروبیوتیک در ابتدای زمان انبارمانی در نمونه‌ها شد. درهرحال، با افزایش مدت زمان انبارمانی، این روند معکوس گردید به‌طوری‌که نمونه‌های حاوی درصد بالاتر پورهٔ بادمجان با اختلاف معنی‌داری از میانگین شمارش باکتری پروبیوتیک بالاتری برخوردار بودند که دلیل آن احتمالاً اثر پری‌بیوتیکی پورهٔ بادمجان و pH پایین‌تر نمونه‌های ماست بود. ارزیابی داده‌ها توسط روش APH نشان داد محصول حاوی ۳۰ درصد بادمجان با وزن ۰/۱۷۱ بالاتر از سایر محصولات قرار گرفت. همچنین، میزان نرخ ناسازگاری ۰/۰۸ بود و باتوجه‌به اینکه این مقدار کمتر از ۰/۱ می‌باشد، نتایج از اعتبار بالا و قابلیت اتکای مناسبی برخوردار بود. براساس نتایج این تحقیق، ماست پروبیوتیک حاوی پورهٔ بادمجان به‌دلیل دارابودن خواص حسی و وپروبیوتیکی مطلوب می‌تواند به‌عنوان یک محصول فراسودمند معرفی گردد. به‌علاوه، به‌دلیل قابلیت کاربرد بادمجان به‌عنوان مادهٔ پری‌بیوتیکی، می‌توان از آن در تولید سایر محصولات پروبیوتیک استفاده نمود.

مقدمه

ماست به‌علت ویژگی خاص فیزیکی و داشتن خواص بی‌شمار تغذیه‌ای، پروبیوتیکی و حسی که دارد، از محبوب‌ترین محصولات لبنی می‌باشد (Hunter, 2008). این محصول طی فرایند تخمیر شیر توسط باکترهای آغازگر و ازطریق تبدیل لاکتوز شیر به اسید لاکتیک و کاهش pH و ایجاد ژل پروتئینی ضعیف تشکیل می‌شود. ماست به‌دلیل ارزش غذایی بالا و اثرات سلامت‌بخشی که بر انسان دارد از محصولات محبوب می‌باشد (Hayaloglu, Karabulut, Alpaslan, & Kelbaliyev, 2007). این محصول غنی از

کلسیم، فسفر، ریبوفلاوین، ویتامین B_{12} و B_5، روی و منیزیم می‌باشد (Tamime & Robinson, 2007). امروزه محصولات ازقبیل ماست‌های یخزده و ماست‌های نوشیدنی بخشی از انواع ماست‌های تجاری را تشکیل می‌دهند و به‌طور فزاینده‌ای محبوب شده‌اند (Lourens-Hattingh & Viljoen, 2001). اساساً، ماست را می‌توان به دو گروه تقسیم کرد: ماست با محیط کشت استاندارد و ماست پروبیوتیک (Pandey, Du, Sanromán, Soccol, & Dussap, 2016). ماست به‌عنوان یکی از محصولات موردتوجه برای منتقل‌کردن پروبیوتیک‌ها به افراد می‌باشد. مصرف مداوم ماست پروبیوتیک در کاهش التهاب روده‌ها، عفونت، اسهال، میزان تحریک‌پذیری روده و کلسترول مؤثر می‌باشد (Jaster *et al.*, 2018). درحقیقت، پروبیوتیک‌ها مخلوطی از یک یا چند میکروارگانسیم زنده می‌باشند که با فعالیت زیستی خود که عمدتاً ازطریق حفظ و بهبود توازن فلور میکروبی میان میکروارگانیسم‌های سودمند و زیان‌بخش می‌باشد، دارای اثرات سلامتی‌بخش بر میزبان خود هستند (Hosono, Kitazawa, & Yamaguchi, 1997; Turgut & Cakmakci, 2009). درهرحال، مطابق انجمن نوشابه‌های اسید لاکتیک و شیرهای تخمیری در ژاپن[1] برای تأثیر ویژگی‌های سلامت‌بخشی محصولات پروبیوتیک، باید تعداد این باکتری‌ها در هنگام مصرف بیش از 10^7 واحد تشکیل کلنی[2] در هر گرم/میلی‌لیتر از محصول باشد (Jay, Loessner, & Golden, 2008).

بادمجان[3] یکی از محبوب‌ترین محصولات گیاهی در نقاط مختلف جهان و متعلق به خانوادهٔ *Solanaceae* است. بادمجان همچنین با نام‌های برینگال[4]، اوبرجین[5]، ملانزین[6] و برنجنا[7] شناخته شده است. تولید اولیه و اصلی این محصول در هند بوده است و گونه‌های دیگر آن در جنوب شرقی آسیا دیده شده است (Ranil *et al.*, 2017). میوهٔ این گیاه کشیده و باریک و یا گرد است که به رنگ‌های بنفش، سیاه، زرد و سفید دیده می‌شود (ناطقی، انصاری و شهاب‌لواسانی، ۱۳۹۶). پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهد که بادمجان می‌تواند باعث کاهش کلسترول خون شود. بادمجان حاوی فیبرهای رژیمی، ویتامین‌ها (به‌ویژه B_1 و B_2)، مواد معدنی پتاسیم و منیزیم، و ترکیبات پلی‌فنولی می‌باشد (Okmen *et al.*, 2009). همچنین غنی از سایر مواد معدنی مانند کلسیم، آهن، روی، مس و نیز اسیدهای چرب می‌باشد (Ranil *et al.*, 2017). در سال‌های اخیر بادمجان به‌دلیل دارابودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی بالا به‌عنوان یک غذای کارآمد موردتوجه زیادی قرار گرفته است. پوست و گوشت آن به‌ترتیب غنی از ترکیبات فلاونوئیدی به‌ویژه آنتوسیانین و اسیدهای فنولیک می‌باشد (Okmen *et al.*, 2009). مشتق‌های دلفینیدین‌ها[8] و ایزومرهای کلاروژنیک اسید[9] از ترکیبات فنولی اصلی تشکیل‌دهندهٔ این سبزی می‌باشند (Niño-Medina, Urías-Orona, Muy-Rangel, & Heredia, 2017). در طب سنتی برای درمان اختلالات مختلفی مثل آسم، برونشیت و دیابت از بادمجان استفاده می‌گردد (انصاری و حجتی، ۱۳۹۷).

باتوجه‌به اینکه عوامل متعددی بر ویژگی‌های کیفی محصولی نظیر ماست بادمجان تأثیر دارد، بنابراین انتخاب فرمول بهینه که براساس تصمیم‌گیری چندمعیاره صورت بگیرد به‌دلیل پیچیدگی به‌راحتی امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ به‌ویژه آنکه اغلب معیارهای موردنظر با یکدیگر تعارض داشته، به‌طوری‌که افزایش مطلوبیت یکی می‌تواند باعث کاهش مطلوبیت برای دیگری شود. به‌همین‌دلیل روش‌هایی تحت عنوان تصمیم‌گیری چندمعیاره توسعه داده شده‌اند که به حل این مسائل کمک می‌کنند. در این روش‌ها چندین گزینه براساس چندین معیار مختلف با هم مقایسه شده، بهترین گزینه یا ترتیب گزینه‌های مناسب انتخاب می‌شوند. در میان روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه، روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[10]) به‌عنوان روشی کارآمد، به‌دلیل درنظرگرفتن شرایط و متغیرهای کمّی و کیفی مسئله به‌طور هم‌زمان بیشتر موردتوجه قرار گرفته است (Noshad, Savari, & Roueita, 2018). روش AHP یکی از جامع‌ترین روش‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا در آن امکان درنظرگرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی وجود دارد. به‌طور خلاصه، اساس این روش بر مبنای مقایسهٔ زوجی بنا شده است و نمونه‌ها از نظر ویژگی‌های

[1] Fermented Milks and Lactic Acids Beverages Association
[2] Colony Forming Unit
[3] *Solanum melongena* L.
[4] Bringal
[5] Aubergine
[6] Melanzane
[7] Berenjena
[8] Delphinidins
[9] Chlorogenic acid (CGA)
[10] Analytic Hierarchy Process

کیفی و کمّی مشخص‌شده در طرح دوبه‌دو با هم مقایسه می‌شوند. سپس با استفاده از روش برداری، نتایج ارزیابی‌ها آنالیز و وزن نسبی برای مقایسه‌های زوجی انجام می‌شود. با ضرب بردار در ماتریس مقایسهٔ زوجی، سازگاری ماتریس مقایسه‌های زوجی بررسی‌شده و پس از محاسبهٔ وزن‌های نسبی، با تعیین رتبه هریک از معیارها و با درنظرگرفتن وزن رتبه، وزن نهایی محاسبه و نتیجهٔ ارزیابی اعلام می‌شود.

باتوجه‌به اثرات سلامت‌بخشی ماست پروبیوتیک و ویژگی‌های عمل‌گرایی منحصربه‌فرد بادمجان، هدف از این تحقیق تولید و بررسی ویژگی‌های ماست پروبیوتیک حاوی بادمجان به‌عنوان محصولی عمل‌گرا و انتخاب بهترین فرمولاسیون براساس روش AHP بود.

مواد و روش‌ها

مواد

شیرخام از ایستگاه دامپروری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان تهیه گردید. بادمجان، موسیر و سبزی‌های خشک‌شدهٔ معطر و نمک طعام از بازار محلی خریداری شد. آغازگر ماست یومیکس[1] ۵۳۲ محتوی سویه‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*[2] و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونهٔ *بولگاریکوس*[3] (شرکت لبنی دانیسکوی، ساخت آلمان) خریداری شد. سویه‌های میکروبی پروبیوتیک (*لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*[4] PTCC ۱۶۴۳ و *لاکتوباسیلوس رامنوسوس*[5] PTCC۱۶۳۷) به‌صورت آمپول لیوفیلیزه از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران (مرکز کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های ایران، PTCC[6]) خریداری گردید.

آماده‌سازی مایهٔ کشت پروبیوتیک

به‌منظور فعال‌سازی سویه‌های پروبیوتیک مطابق دستورالعمل شرکت تولیدکننده، محتویات آمپول‌های لیوفیلیزهٔ حاوی سویه‌های *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (PTCC ۱۶۳۷) درون لوله‌های آزمایش حاوی محیط‌کشت براث MRS و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (PTCC ۱۶۴۳) درون محیط‌کشت دمن روگوسا شارپ (MRS[7]) براث حاوی ۰/۰۵ درصد ال-سیستئین هیدروکلرید[8] منتقل گردید و محیط‌کشت‌های یادشده به‌ترتیب در شرایط هوازی و بی‌هوازی (استفاده از جار بی‌هوازی) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد گرم‌خانه‌گذاری شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت، با کمک سوآپ سویه‌های میکروبی روی محیط‌کشت MRS آگار منتقل و به‌صورت سطحی کشت داده شدند و به مدت ۴۸ ساعت درون انکوباتور ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد مجدداً در شرایط هوازی و بی‌هوازی گرم‌خانه‌گذاری شدند. بعد از سپری‌شدن مدت زمان لازم، کلنی‌های تشکیل‌شده توسط لوپ (آنس) استریل جمع‌آوری و به درون میکروتیوب‌های حاوی محیط‌کشت MRS براث به‌همراه ۲۰ درصد (حجمی/حجمی) گلیسرول به‌عنوان محافظ سرما انتقال یافتند و در دمای ۲۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. در هنگام تولید ماست، سویه‌های جمع‌آوری‌شده به نسبت ۵ درصد و در دو مرحله در لوله‌های فالکون حاوی ۵۰ سی‌سی محیط‌کشت MRS براث تلقیح و در دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت کشت داده شدند (Hernandez-Mendoza, Garcia, & Steele, 2009). پس از گذشت زمان لازم، به‌منظور جداسازی باکتری‌ها (پلت باکتریایی[9]) از محیط‌کشت، لوله‌های فالکون به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد توسط دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار (Eppendorf AG 22331، ساخت آلمان) در شتاب ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و سوپرناتانت آن دور ریخته شد. در ادامه، سوسپانسیون میکروبی از رسوب تهیه شد و ازطریق اندازه‌گیری میزان جذب آن و مقایسه با محلول مک‌فارلند، شمارش بار باکتریایی رسوب تعیین شد. جهت تولید نمونه‌های ماست پروبیوتیک، مقدار رسوب باکتریایی افزوده‌شده به‌گونه‌ای انتخاب گردید که تعداد باکتری‌های پروبیوتیک (به شکل مجزا یا مخلوط دو سویه) در هر نمونه به حدود 5×10^{8} واحد تشکیل کلنی در هر گرم ماست برسد (Elsanhoty, Salam, Ramadan, & Badr, 2014).

تولید ماست

تولید ماست طبق روش یدملت، جوینده و حجتی (۱۳۹۶) با اندکی تغییرات انجام شد. به‌این‌صورت که ابتدا شیر خام به دمای ۹۰ درجهٔ سانتی‌گراد رسانیده شد و ۱۰ دقیقه در

[1] YO-MIX
[2] *Streptococcus thermophilus*
[3] *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*
[4] *Lactobacillus acidophilus*
[5] *Lactobacillus rhamnosus*
[6] Persian Type Culture Collection
[7] De Man, Rogosa, Sharpe
[8] L-Cysteine hydrochloride
[9] Bacterial pellet

این دما نگهداشته شد. سپس شیر تا دمای ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد خنک گردید و سویه‌های میکروبی پروبیوتیک (*لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* یا مخلوط مساوی از هر دو سویه) و آغازگر ماست (۰/۰۵ درصد پودر استارتر) در این دما به شیر اضافه شدند و به مدت حدود ۳ ساعت تا رسیدن pH به ۴/۶ در انکوباتور نگهداری شد. پس از نگهداری ماست‌های آماده‌شده به مدت یک شب در یخچال (دمای ۵ درجهٔ سانتی‌گراد)، بادمجان کبابی‌شده به‌صورت پوره‌شده در درصدهای ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد به‌همراه موسیر چرخ‌شده (۱ درصد)، نمک (۰/۵ درصد) و مخلوط پودر سبزیجات معطر (شوید، پونه، آویشن و نعنا به مقدار ۲ درصد) به ماست اضافه شد. سطوح متغیر یادشده براساس آزمون‌های مقدماتی و باتوجه‌به نتایج ارزیابی حسی و ویژگی‌های کیفی ماست بادمجان تعیین گردید. نمونهٔ ماست ساده فاقد سبزیجات و پورهٔ بادمجان نیز به‌عنوان نمونهٔ شاهد درنظرگرفته شد. نمونه‌ها در ظروف پلی‌پروپیلن ۸۰ گرمی در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند و در پایان، آزمایش‌های ماست در زمان‌های نگهداری ۱، ۴، ۷، ۱۰ و ۱۴ روز انجام شد.

اندازه‌گیری pH

pH نمونه‌ها با استفاده از روش AOAC (۲۰۰۰)، با استفاده از دستگاه pHمتر (مدل Metrohm 691، ساخت سوئیس) با قراردادن پروب pHمتر درون نمونه‌های ماست انجام شد.

اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیتهٔ ماست توسط روش AOAC (۲۰۰۰) اندازه‌گیری و به‌صورت درصد اسید لاکتیک بیان شد. ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر ماست با ۲۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به‌خوبی با یکدیگر مخلوط و از معرف فنول فتالئین[1] به‌عنوان شناساگر استفاده شد. سپس مخلوط با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به رنگ صورتی ضعیف تیتر شد (AOAC, 2000).

سینرزیس[2]

آب‌اندازی نمونه‌ها با استفاده از روش Farnsworth، Li، Hendricks و Guo (۲۰۰۶) با اندکی تغییرات انجام شد. برای اندازه‌گیری درصد آب‌اندازی نمونه‌ها، از دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار (مدل 5804R، ساخت آلمان) استفاده شد. برای اندازه‌گیری درصد سینرزیس از دور ۲۵۰۰ و زمان ۱۵ دقیقه استفاده شد؛ به‌این‌صورت‌که ابتدا ۵ گرم از نمونه در لولهٔ فالکون توزین شد و سپس با استفاده از دستگاه یادشده سوپرناتانت نمونه‌ها جدا شد. پس از جداسازی و توزین، درصد آب‌اندازی با استفاده از رابطهٔ (۱) محاسبه گردید (Farnsworth *et al.*, 2006):

رابطهٔ (۱)

$$\text{درصد سینرزیس} = \frac{\text{وزن سوپرناتانت}}{\text{وزن اولیهٔ نمونه}} \times ۱۰۰$$

آزمون رنگ‌سنجی

برای اندازه‌گیری میزان روشنایی نمونه‌های ماست از دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta، مدل CR-۴۰۰، ساخت ژاپن) استفاده شد. قبل از اندازه‌گیری، نمونه‌ها به‌خوبی هم‌زده شد و ارتفاع نمونه‌ها در ظروف نسبت به دستگاه در یک حد ثابت تنظیم گردید (Jooyandeh, Nooshkam, & Davari, 2016).

شمارش باکتری پروبیوتیک در ماست

جهت شمارش باکتری‌های آغازگر ماست از محیط‌کشت MRS آگار و برای شمارش پروبیوتیک‌ها از محیط‌کشت MRS آگار حاوی ۰/۱۵ درصد نمک صفراوی به روش کشت آمیخته یا پورپلیت استفاده گردید ترابی، جوینده، نوشاد و برزگر (۱۳۹۸). پس از رقت‌سازی توسط پیپتون واتر، پلیت‌ها به انکوباتور با دمای ۳۷ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شد و باتوجه‌به دستورالعمل شرکت تولیدکننده به مدت ۴۸ ساعت در شرایط هوازی (جهت شمارش *لاکتوباسیلوس رامنوسوس*) و بی‌هوازی (جهت شمارش *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*) گرم‌خانه‌گذاری گردید. میانگین شمارش باکتریایی برحسب واحد تشکیل کُلنی در هر گرم گزارش شد.

آنالیز آماری

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت پذیرفت. از آزمون دانکن جهت مقایسهٔ میانگین داده‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخهٔ ۲۰) استفاده شد. همچنین تمام آزمایش‌ها در سه بار تکرار انجام شد.

---
[1] Phenolphthalein
[2] Syneresis

بهینه‌یابی

در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی برای اولویت‌بندی و انتخاب بهترین نمونهٔ تولیدشده استفاده شد. برای‌این‌منظور، ابتدا گزینه‌ها و معیارهای موردتحلیل که ازطریق بررسی‌های اولیه به‌دست‌آمده بودند در تحلیل سلسله مراتبی و براساس درخت سلسله مراتبی (شامل ۴ گزینه و ۷ معیار) تدوین شد. برای تحلیل داده‌های حاصل، از نرم‌افزار Expert Choice استفاده شد. روش تحلیل سلسله مراتبی که در این پژوهش استفاده شده است، می‌تواند با به‌کارگیری هم‌زمان معیارهای کیفی و کمّی و در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متعدد شرایط انتخاب را با مشکل مواجه می‌سازد، مؤثر واقع‌شده و سلسله مراتب اهمیت و نحوهٔ اولویت‌بندی بین معیارهای مختلف را تعیین کند. مراحل تحلیل سلسله مراتبی به شرح ذیل بود:

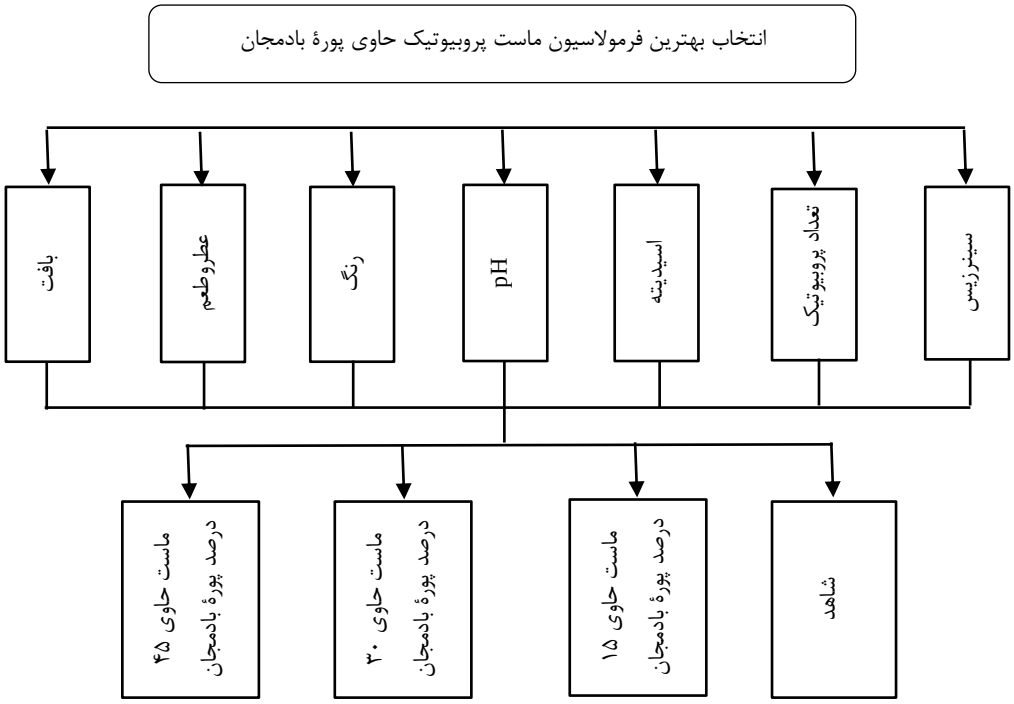
۱- ترسیم و تشریح درخت سلسله مراتبی: فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر می‌توانند شامل سطوح اهداف، معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌های احتمالی می‌باشند که در اولویت‌بندی به‌کار می‌روند (شکل ۱).

سطح اول؛ تدوین هدف: در این پژوهش، هدف دستیابی به بهترین فرمول ماست بادمجان تولیده‌شده بود.

سطح دوم؛ تعیین معیارها: ۷ معیاری که در این پژوهش استفاده شدند عبارت بودند از سینرزیس، pH، اسیدیته، تعداد باکتری پروبیوتیک و ویژگی‌های حسی عطروطعم، رنگ و بافت.

سطح سوم؛ گزینه‌ها: ۴ گزینه‌ای که موردتحلیل قرار گرفتند محصولات تولیدشدهٔ حاوی سطوح مختلف پورهٔ بادمجان بودند.

۲- مقایسهٔ زوجی گزینه‌ها و معیارها: جدول مقایسهٔ زوجی گزینه‌ها و معیارها به‌صورت پیوستاری ۹ درجه‌ای طراحی شد (جدول ۱). براین‌اساس، مقایسه‌های زوجی گزینه‌ها براساس تک‌تک معیارها تحلیل شد.



شکل ۱- درخت سلسله مرتبی

جدول ۱- مقیاس امتیازدهی ۹ درجه‌ای

ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	ترجیح یکسان	شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم‌تر است.
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم‌تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مرجح	گزینه i از j مطلقاً مهم‌تر و قابل‌مقایسه با j نیست.
۶-۴-۲	بینابین	ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد مثلاً ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای i است.

نتایج و بحث

pH

بررسی نتایج آزمون pH نمونه‌های ماست بیانگر اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بین تیمارهای ماست بادمجان پروبیوتیک و نمونهٔ شاهد پروبیوتیک بود به‌طوری‌که ماست حاوی ۴۵ درصد بادمجان دارای بیشترین مقدار pH و نمونهٔ شاهد دارای کمترین مقدار pH طی مدت نگهداری بود (جدول ۲). بالاتربودن pH نمونه‌های ماست پروبیوتیک بادمجان به‌ویژه در سطوح بالاتر جایگزینی ماست با بادمجان، احتمالاً به‌دلیل کاهش مقدار اسید لاکتیک/لاکتوز محصول و نیز به‌علت pH بالاتر پورهٔ بادمجان (۶/۱±۰/۱) در مقایسه با ماست می‌باشد. در نتایجی مشابه، پژوهش‌های Meenakshi، Ganya و Umamaheswari (۲۰۱۸) نشان داد که اضافه‌کردن پالپ موز به ماست پروبیوتیک میوه‌ای باعث افزایش مقدار pH آن می‌شود. درهرحال برخلاف این نتایج، Roy و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که با افزودن پالپ موز، پاپایا و هندوانه به فرمولاسیون ماست میوه‌ای، مقدار pH کاهش معنی‌داری یافت. همچنین، نتایج نشان داد که pH همهٔ تیمارها در طول زمان به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش یافت که دلیل آن مربوط به تولید اسیدلاکتیک درنتیجهٔ تخمیر لاکتوز طی نگهداری نمونه‌های ماست است که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت داشت (علیرضالو، حصاری، صادقی و بک‌محمدپور، ۱۳۹۴).

جدول ۲- تأثیر مقدار پورهٔ بادمجان و نوع باکتری پروبیوتیک بر مقدار pH نمونه‌های ماست طی مدت ۱۴ روز نگهداری

نوع باکتری پروبیوتیک	زمان نگهداری (روز)	pH			
		شاهد (۰ درصد)	۱۵ درصد	۳۰ درصد	۴۵ درصد
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۱	۴/۰۷ Ba	۴/۱۵ Cb	۴/۱۶ Bb	۴/۳۱ Cc
	۴	۴/۰۷ Ba	۴/۱۱ Cab	۴/۱۴ Bb	۴/۲۴ Bc
	۷	۴/۰۱ ABa	۴/۰۴ Bab	۴/۰۷ Ab	۴/۲۴ Bc
	۱۰	۴/۰۱ ABa	۴/۰۲ ABa	۴/۰۶ Ab	۴/۱۸ Ab
	۱۴	۳/۹۷ Aa	۳/۹۹ Aa	۴/۰۷ Ab	۴/۱۷ Ac
لاکتوباسیلوس رامنوسوس	۱	۴/۰۴ Ca	۴/۱۳ Cb	۴/۱۷ Bb	۴/۳۰ Ec
	۴	۴/۰۴ Ca	۴/۱۱ Cb	۴/۱۳ Bb	۴/۲۶ Dc
	۷	۴/۰۰ BCa	۴/۰۵ Bb	۴/۰۶ Ab	۴/۲۳ Cc
	۱۰	۳/۹۷ ABa	۴/۰۰ ABab	۴/۰۵ Ab	۴/۱۹ Bc
	۱۴	۳/۹۵ Aa	۳/۹۷ Aab	۴/۰۲ Ab	۴/۱۴ Ac
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس رامنوسوس (۱:۱)	۱	۴/۰۵ Da	۴/۱۰ Db	۴/۱۳ Db	۴/۲۶ Ec
	۴	۴/۰۳ CDa	۴/۰۹ Db	۴/۱۲ Db	۴/۲۲ Dc
	۷	۴/۰۰ Ca	۴/۰۵ Cb	۴/۰۶ Cb	۴/۱۸ Cc
	۱۰	۳/۹۵ Ba	۳/۹۸ Bab	۴/۰۱ Bb	۴/۱۴ Bc
	۱۴	۳/۸۹ Aa	۳/۹۳ Aab	۳/۹۷ Ab	۴/۰۴ Ac

حروف متفاوت کوچک در هر ردیف (نمونه‌های ماست حاوی مقادیر مختلف پورهٔ بادمجان) و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون (در نمونه‌های ماست حاوی هریک از انواع باکتری پروبیوتیک) به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

اسیدیته

نتایج آزمون اسیدیته نشان داد که درصد بادمجان تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۵) روی محصول داشت به‌طوری‌که با افزایش میزان پورهٔ بادمجان، میزان اسیدیتهٔ نمونه‌ها کاهش یافت، همان‌گونه‌که در بالا اشاره شد احتمالاً علت این موضوع وجود بادمجان و تأثیر آن بر اسیدیتهٔ محصول و نیز تأثیر منفی موسیر و سایر سبزیجات استفاده‌شده بر فعالیت باکتری‌های آغازگر ماست و پروبیوتیک‌ها می‌باشد (جدول ۳). Kumar و Kumar (۲۰۱۶) مقدار اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون ماست‌های پروبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* و پالپ میوه‌های مختلف (زردآلو، تمشک، آلو و جامون) را بین ۰/۴۶ تا ۰/۷۴ درصد گزارش کردند که از مقادیر به‌دست‌آمده در این پژوهش کمتر بود. همچنین نتایج نشان داد مدت زمان ماندگاری تأثیر معنی‌داری (P<۰/۰۵) بر میزان اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون نمونه‌ها داشت به‌طوری‌که با افزایش مدت زمان ماندگاری، مقدار اسیدیتهٔ قابل تیتراسیون در تمامی نمونه‌ها افزایش یافت که دلیل آن تخمیر لاکتوز توسط باکتری‌های اسید لاکتیک ماست است (Tamime & Robinson, 2007). افزایش قابل‌توجه اسیدیته در ماست طی مدت زمان نگهداری توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Jooyandeh *et al.*, 2016; Kumar & Kumar, 2016). همچنین نتایج نشان داد استفاده از مخلوط باکتری‌های پروبیوتیک در مقایسه با استفادهٔ جداگانه از هریک از آنها سبب کاهش بیشتر pH در تمامی دوره‌های نگهداری گردید. کاهش بیشتر pH در هنگام استفادهٔ توأم باکتری‌های پروبیوتیک توسط سایر محققین نیز گزارش شده است که دلیل آن را به فعالیت سینرژیستی باکتری‌ها نسبت داده‌اند (Farnsworth *et al.*, 2006).

جدول ۳- تأثیر مقدار پوره بادمجان و نوع باکتری پروبیوتیک بر اسیدیته نمونه‌های ماست طی مدت ۱۴ روز نگهداری

نوع باکتری پروبیوتیک	زمان نگهداری (روز)	اسیدیته (درصد اسید لاکتیک)			
		شاهد (۰ درصد)	۱۵ درصد	۳۰ درصد	۴۵ درصد
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۱	۰/۹۳ Ca	۰/۹۱ Da	۰/۸۷ Db	۰/۷۲ Cc
	۴	۰/۹۴ Ca	۰/۹۳ CDab	۰/۹۰ CDb	۰/۷۵ BCc
	۷	۰/۹۶ Ca	۰/۹۵ BCa	۰/۹۳ BCa	۰/۷۶ Bb
	۱۰	۱/۰۰ Ba	۰/۹۸ ABab	۰/۹۵ Bb	۰/۷۸ Bc
	۱۴	۱/۰۴ Aa	۱/۰۱ Aab	۰/۹۸ Ab	۰/۸۲ Ac
لاکتوباسیلوس رامنوسوس	۱	۰/۹۴ Da	۰/۸۹ Db	۰/۸۴ Cc	۰/۷۵ Dd
	۴	۰/۹۶ CDa	۰/۹۴ Ca	۰/۸۷ Cb	۰/۷۸ CDc
	۷	۰/۹۹ BCa	۰/۹۶ BCb	۰/۹۱ Bc	۰/۸۰ BCd
	۱۰	۱/۰۲ ABa	۰/۹۹ Ba	۰/۹۴ Bb	۰/۸۲ ABc
	۱۴	۱/۰۵ Aa	۱/۰۴ Aa	۰/۹۹ Ab	۰/۸۵ Ac
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس رامنوسوس (۱:۱)	۱	۰/۹۷ Da	۰/۹۳ Db	۰/۸۷ Cc	۰/۷۸ Dd
	۴	۰/۹۹ CDa	۰/۹۵ CDb	۰/۹۰ BCc	۰/۸۱ CDd
	۷	۱/۰۱ BCa	۰/۹۷ Cb	۰/۹۲ Bc	۰/۸۳ BCd
	۱۰	۱/۰۴ Ba	۱/۰۱ Bab	۰/۹۸ Ab	۰/۸۶ Bc
	۱۴	۱/۰۸ Aa	۱/۰۵ Aa	۱/۰۰ Ab	۰/۹۰ Ac

حروف متفاوت کوچک در هر ردیف (نمونه‌های ماست حاوی مقادیر مختلف پورهٔ بادمجان) و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون (در نمونه‌های ماست حاوی هریک از انواع باکتری پروبیوتیک) به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) می‌باشد.

سینرزیس

یکی از عواملی که کیفیت ماست را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، آب‌اندازی می‌باشد. سینرزیس یک ویژگی نامطلوب در دورهٔ ماندگاری می‌باشد و باعث کاهش پذیرش مصرف‌کننده می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد درصدهای مختلف بادمجان اثر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر آب‌اندازی محصول داشت، به‌طوری‌که با افزایش غلظت بادمجان میزان آب‌اندازی نمونه‌ها کاهش چشمگیری داشت (جدول ۴). اضافه‌کردن ترکیباتی مانند برخی سبزیجات به‌علت جذب آب آزاد ماست توسط آنها و انجام فعالیت‌های اسمزی، باعث کاهش آب میان‌بافتی محصول می‌شود (Tamime & Robinson, 2007). اما شاید بتوان گفت مهم‌ترین دلیل کاهش سینرزیس در نمونه‌های حاوی ماست بادمجان اسیدیتهٔ پایین‌تر در آنهاست چرا که با افزایش اسیدیتهٔ ماست، به‌دلیل کاهش قابلیت نگهداری آب در محصول مقدار سینرزیس آن افزایش می‌یابد. ارتباط میان اسیدیته و سینرزیس توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Athar, Shah, & Khan, 2000; Jooyandeh, Mortazavi, Farhang, & Samavati, 2015; Meenakshi *et al.*, 2018; Selvamuthukumaran & Farhath, 2014). ازسوی‌دیگر، دورهٔ ماندگاری اثر معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) روی تمام تیمارها داشت به‌این‌صورت‌که در طی دورهٔ نگهداری ۱۴ روزه میزان آب‌اندازی نمونه‌ها افزایش پیدا کرد. تغییر در میزان اسیدیتهٔ ماست منجربه بازآرایی شبکهٔ کازئینی می‌شود که این امر باعث آب‌اندازی ماست می‌شود (Lucey, 2002). نتایج این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش Meenakshi و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت. برخلاف این نتایج، Roy و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که مقدار سینرزیس ماست در ۱۰ روز ابتدای نگهداری کاهش و پس از آن تا پایان زمان نگهداری افزایش می‌یابد. همچنین اختلاف معنی‌داری از نظر سینرزیس میان نمونه‌های ماست حاوی باکتری‌های جداگانهٔ پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* با یکدیگر و نیز با نمونه‌های حاوی مخلوط این باکتری‌ها مشخص نگردید ($P>۰/۰۵$)، درهرحال، همان‌گونه‌که در جدول (۴) مشهود است، مقدار سینرزیس در نمونه‌های ماست حاوی مخلوط دو باکتری پروبیوتیک موردنظر بالاتر از نمونه‌های حاوی سویه تک باکتری پروبیوتیک بود که دلیل آن همان‌گونه‌که در بالا اشاره شد، احتمالاً اسیدیتهٔ پایین‌تر نمونه‌های حاوی باکتری پروبیوتیک به شکل مجزاست.

جدول ۴- تأثیر مقدار پورهٔ بادمجان و نوع باکتری پروبیوتیک بر سینرزیس نمونه‌های ماست طی مدت ۱۴ روز نگهداری

نوع باکتری پروبیوتیک	زمان نگهداری (روز)	سینرزیس (درصد)			
		شاهد (۰ درصد)	۱۵ درصد	۳۰ درصد	۴۵ درصد
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۱	۳۹/۶۲ Ca	۲۵/۳۳ Cb	۱۷/۵۸ Cc	۲/۳۵ Bd
	۴	۴۰/۷۹ BCa	۲۷/۶۵ Cb	۲۰/۰۱ BCc	۳/۶۸ ABd
	۷	۴۳/۸۳ /Ba	۳۲/۸۳ Bb	۲۴/۰۵ ABc	۴/۵۸ ABd
	۱۰	۴۹/۶۴ Aa	۳۶/۱۶ ABb	۲۴/۹۶ Ac	۵/۹۷ ABd
	۱۴	۵۱/۲۱ Aa	۳۹/۱۶ Ab	۲۵/۴۶ Ac	۷/۴۲ Ad
لاکتوباسیلوس رامنوسوس	۱	۴۰/۳۶ Ca	۲۶/۳۵ Cb	۱۸/۱۶ Bc	۲/۸۶ Bd
	۴	۴۰/۹۸ BCa	۲۸/۶۸ BCb	۲۳/۱۶ Ac	۴/۰۳ ABd
	۷	۴۴/۲۵ Ba	۳۲/۰۶ Bb	۲۵/۰۶ Ac	۵/۰۴ ABd
	۱۰	۵۰/۰۴ Aa	۳۶/۸۳ Ab	۲۵/۵۸ Ac	۶/۳۱ ABd
	۱۴	۵۱/۹۳ Aa	۳۹/۹۷ Ab	۲۶/۰۷ Ac	۷/۵۵ Ad
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* (۱:۱)	۱	۳۹/۹۰ Ca	۲۶/۸۴ Db	۱۷/۵۳ Cc	۲/۹۷ Bd
	۴	۴۲/۹۴ BCa	۲۸/۷۴ Db	۲۳/۴۰ Bc	۳/۸۹ Bd
	۷	۴۴/۴۳ Ba	۳۳/۲۵ Cb	۲۶/۶۹ ABc	۶/۱۵ ABd
	۱۰	۵۰/۷۸ Aa	۳۷/۱۵ Bb	۲۸/۶۸ Ac	۷/۰۲ Ac
	۱۴	۵۲/۲۶ Aa	۴۱/۰۵ Ab	۲۹/۰۷ Ac	۸/۶۷ Ad

حروف متفاوت کوچک در هر ردیف (نمونه‌های ماست حاوی مقادیر مختلف پورهٔ بادمجان) و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون (در نمونه‌های ماست حاوی هریک از انواع باکتری پروبیوتیک) به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

رنگ‌سنجی

باتوجه‌به تأثیر مهم رنگ محصولات لبنی در پذیرش مصرف‌کننده، مقدار روشنایی (L^*) نمونه‌های ماست اندازه‌گیری شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، افزودن پالپ بادمجان تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر میزان کاهش شاخص روشنایی نمونه‌ها داشت که می‌توان آن را به‌علت حضور بادمجان در محصول و تیره رنگ‌شدن ماست نسبت به نمونهٔ شاهد و تأثیری که مکمل‌های فیبری بر میزان ترکیبات سرمی موجود در ماست دارند، نسبت داد. در میان تیمارها، ماست حاوی ۴۵ درصد پالپ بادمجان در تمامی دوره‌های نگهداری از کمترین میزان روشنایی برخوردار بود. در مطابقت با این نتایج، Staffolo، Bertola، Martino و Bevilacqua (۲۰۰۴) تیره‌ترشدن رنگ ماست را در اثر افزودن فیبر سیب و Chouchouli و همکاران (۲۰۱۳) کاهش درجهٔ روشنایی ماست غنی‌شده با عصارهٔ دانه‌های مختلف نظیر دانهٔ انگور را نسبت به نمونهٔ شاهد گزارش کردند. ازسوی‌دیگر هرچند مدت زمان ماندگاری در تحقیق حاضر تأثیر معنی‌داری بر شاخص روشنایی نمونهٔ شاهد نداشت، اما در نمونه‌های ماست حاوی بادمجان، با گذشت زمان نگهداری میزان روشنایی نمونه‌ها به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) افزایش یافت (جدول ۵). افزایش شاخص روشنایی نمونه‌های ماست حاوی بادمجان طی مدت نگهداری می‌تواند به‌دلیل تجزیهٔ ترکیبات رنگی به‌ویژه ترکیبات آنتوسیانین و کاروتنوئیدی موجود در بادمجان باشد. همانند نتایج این تحقیق، کاهش معنی‌داری میزان روشنایی در ماست زرشک (Hassani & Sharifi, 2012) و ماست‌های میوه‌ای توت‌فرنگی، آلبالو و زغال‌اخته (Mehdizadeh, Razavi, & Esmaeili Koutamehr, 2019) طی مدت نگهداری گزارش شده است. درهرحال برخلاف نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق، Seçkin وBaladura (۲۰۱۲) در بررسی تأثیر افزودن منابع فیبری مختلف (پسماند سیب، گندم و بامبو) بر شاخص‌های رنگی ماست‌چکیده در طی مدت ۲۱ روز زمان ماندگاری روند مشخص و معنی‌داری در شاخص‌های رنگی نمونه‌ها مشاهده ننمودند. همچنین، همان‌گونه‌که در جدول (۵) قابل‌مشاهده است، اختلاف چندانی از نظر میزان شاخص L^* میان نمونه‌های ماست حاوی انواع مختلف باکتری‌های پروبیوتیک مشاهده نگردید.

جدول ۵- تأثیر مقدار پورهٔ بادمجان و نوع باکتری پروبیوتیک بر شاخص روشنایی نمونه‌های ماست طی مدت نگهداری

نوع باکتری پروبیوتیک	زمان نگهداری (روز)	شاخص روشنایی			
		شاهد (۰ درصد)	۱۵ درصد	۳۰ درصد	۴۵ درصد
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۱	۷۵/۲۸ Aa	۵۹/۵۶ Ab	۵۰/۴۹ Ab	۴۱/۹۵ Ac
	۴	۷۵/۱۲ Aa	۵۹/۱۳ Ab	۴۸/۴۴ Ac	۴۰/۶۹ Ad
	۷	۷۴/۳۶ Aa	۵۶/۹۰ ABb	۴۶/۹۵ ABc	۳۸/۱۶ ABd
	۱۰	۷۴/۲۶ Aa	۵۴/۱۹ BCb	۴۴/۴۲ BCc	۳۴/۷۷ BCd
	۱۴	۷۳/۹۱ Aa	۵۱/۷۷ Cb	۴۱/۴۹ Cc	۳۲/۵۰ Cd
لاکتوباسیلوس رامنوسوس	۱	۷۷/۶۵ Aa	۵۷/۶۶ Ab	۴۹/۱۸ Ac	۴۲/۱۰ Ad
	۴	۷۷/۴۷ Aa	۵۳/۰۴ ABb	۴۷/۷۴ ABc	۴۱/۵۲ ABd
	۷	۷۷/۳۷ Aa	۵۰/۵۲ Bb	۴۵/۸۵ BCc	۳۸/۴۴ BCd
	۱۰	۷۶/۵۶ Aa	۴۹/۷۰ BCb	۴۲/۹۵ CDc	۳۵/۲۸ Cd
	۱۴	۷۴/۸۲ Aa	۴۷/۹۳ Cb	۴۲/۶۱ Dc	۳۳/۷۱ Cd
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس رامنوسوس (۱:۱)	۱	۷۶/۴۸ Aa	۵۸/۲۸ Ab	۵۱/۵۶ Ac	۴۰/۷۷ Ad
	۴	۷۶/۰۳ Aa	۵۶/۸۵ Ab	۴۹/۱۹ Ac	۳۷/۲۲ ABd
	۷	۷۴/۸۸ Aa	۵۳/۱۱ Ab	۴۷/۷۳ ABc	۳۶/۵۸ ABd
	۱۰	۷۴/۰۹ Aa	۴۸/۱۸ Bb	۴۳/۹۰ BCc	۳۴/۶۶ Bd
	۱۴	۷۳/۳۶ Aa	۴۵/۳۴ Bb	۴۲/۰۲ Cb	۳۲/۹۷ Bc

حروف متفاوت کوچک در هر ردیف (نمونه‌های ماست حاوی مقادیر مختلف پورهٔ بادمجان) و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون (در نمونه‌های ماست حاوی هریک از انواع باکتری پروبیوتیک) به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

شمارش پروبیوتیک‌ها

براساس نتایج این تحقیق، افزودن بادمجان در ابتدای زمان نگهداری سبب کاهش قابل‌توجه ($P<۰/۰۵$) باکتری‌های پروبیوتیک گردید که دلیل آن احتمالاً رقت باکتری‌های یادشده در ماست می‌باشد. درهرحال با افزایش زمان نگهداری، این روند معکوس گردید به‌طوری‌که نمونه‌های حاوی درصد بالاتر بادمجان با اختلاف معنی‌داری از میانگین شمارش باکتری پروبیوتیک بالاتری نسبت به نمونهٔ شاهد برخوردار بودند که نشان‌دهنده اثر مثبت بادمجان افزوده‌شده بر قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک بود (جدول ۶). اثر پری‌بیوتیک سبزیجات و میوه‌جات مختلف بر باکتری‌های پروبیوتیک به‌دلیل وجود ترکیبات الیگوساکاریدی توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (Fernandez & Marette, 2017; Galgano, Condelli, Caruso, Colangelo, & Favati, 2014; Luckow & Delahunty, 2004; Mehdizadeh *et al.*, 2019; Sadeghi, Pourahmad, & Mokhtare, 2017). به‌علاوه، علت بالاتربودن تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های ماست حاوی میوه‌جات و سبزیجات می‌تواند به‌دلیل خاصیت ضداکسایشی این ترکیبات و حذف اکسیژن از محیط به‌ویژه توسط ترکیبات فنلی باشد. در این شرایط، با حذف اکسیژن و ایجاد پتانسیل اکسیداسیون-احیاء[1] پایین، قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک افزایش می‌یابد (Marhamatizadeh, Ehsandoost, & Gholami, 2013).

نتایج همچنین نشان داد که زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک داشت. همان‌گونه‌که در جدول (۶) می‌توان ملاحظه نمود، به‌طورکلی تعداد باکتری‌های پروبیوتیک تا روز ۷ام نگهداری افزایش و پس از آن کاهش یافت. علت افزایش باکتری‌های پروبیوتیک در اوایل دورهٔ نگهداری می‌تواند به‌دلیل فراهم‌بودن شرایط مختلف به‌ویژه وجود مواد مغذی لازم جهت رشد باکتری‌های پروبیوتیک باشد (Donkor, Nilmini, Stolic, Vasiljevic, & Shah, 2007). کاهش قابل‌توجه باکتری‌های پروبیوتیک در ادامهٔ مدت زمان نگهداری نیز احتمالاً به‌دلیل افزایش اسیدیتهٔ ماست و همچنین تولید پراکسید هیدروژن توسط سویه‌های آغازگر ماست و اثر منفی این ترکیبات بر قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک (Dave & Shah, 1997) می‌باشد. درهرحال، باوجود کاهش قابل‌توجه باکتری‌های پروبیوتیک طی دورهٔ نگهداری، تعداد این باکتری‌ها در نمونهٔ شاهد و تمامی نمونه‌های حاوی پورهٔ بادمجان در پایان مدت زمان نگهداری بالاتر از استاندارد لازم برای محصولات پروبیوتیک و بالاتر از $۱۰^{۷}$ واحد تشکیل کُلنی در هر گرم بود. تعداد قابل‌توجه و قابل‌قبول باکتری پروبیوتیک در پایان دورهٔ نگهداری در سایر فراورده‌های لبنی پروبیوتیک نظیر داهی[2] (نیکبخت‌کشکولی، جوینده، تهموزی‌دیده‌بان و سماواتی، ۱۳۹۶)، نوشیدنی تخمیری بر پایهٔ تراوه (خمیریان، جوینده، حصاری و برزگر، ۱۳۹۶) و پنیر فراپالوده (ترابی و همکاران، ۱۳۹۸) نیز گزارش شده است. در نتایجی مشابه، Ertem و Çakmakçı (۲۰۱۸) بالاترین تعداد باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* (۸/۶۵ لگاریتم واحد تشکیل کُلنی در هر گرم) در ماست پروبیوتیک حاوی ۵ درصد گوبدین[3] (غذای محلی ترکیه شامل مخلوط شاه‌توت سفید خشک و خمیر گردو) را در روز ۷ام نگهداری و کمترین شمارش پروبیوتیکی را در پایان زمان ۲۱ روز نگهداری گزارش نمودند. Delavari، Pourahmad و Sokutifar (۲۰۱۴) نیز در نتایجی مشابه با این تحقیق، تعداد بالاتری ($P<۰/۰۵$) از باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* را در زمان ۷ام نگهداری گزارش نمودند که این میزان در ادامهٔ مدت زمان نگهداری در یخچال به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یافت.

به‌علاوه نتایج نشان داد که نمونه‌های ماست حاوی مخلوط باکتری‌های پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* در غلظت‌های مختلف بادمجان از شمارش باکتری‌های پروبیوتیکی بالاتری در تمامی مدت زمان نگهداری برخوردار بودند. درهرحال اختلاف معنی‌داری میان نمونه‌های ماست حاوی سویه‌های جداگانه پروبیوتیک مشاهده نگردید که با نتایج Daneshi، Ehsani، Razavi و Labbafi (۲۰۱۳) همخوانی داشت.

[1] Redox potential

[2] Dahi

[3] Gobdin

جدول ۶- تأثیر مقدار پورهٔ بادمجان و نوع باکتری پروبیوتیک بر شمارش پروبیوتیک‌های نمونه‌های ماست طی مدت نگهداری

نوع باکتری پروبیوتیک	زمان نگهداری (روز)	شمارش باکتری‌های پروبیوتیک (برحسب لگاریم واحد تشکیل کُلنی در هر گرم)			
		شاهد (۰ درصد)	۱۵ درصد	۳۰ درصد	۴۵ درصد
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس	۱	۸/۷۶ Ba	۸/۶۱ Bab	۸/۵۰ Cbc	۸/۳۴ CBc
	۴	۸/۹۴ Aa	۸/۸۹ Aa	۸/۷۸ Bab	۸/۶۵ Bb
	۷	۹/۰۹ Aa	۹/۰۰ Aab	۸/۹۸ Aab	۸/۹۰ Ab
	۱۰	۸/۶۳ Bb	۸/۶۷ Bb	۸/۸۶ ABa	۸/۹۱ Aa
	۱۴	۷/۷۹ Cb	۷/۸۲ Cab	۷/۸۸ Dab	۷/۹۶ Da
لاکتوباسیلوس رامنوسوس	۱	۸/۸۹ BCa	۸/۷۴ Bb	۸/۶۱ Cb	۸/۵۶ Cb
	۴	۹/۰۸ ABa	۸/۸۶ Bb	۸/۸۷ ABb	۸/۸۳ Bb
	۷	۹/۱۴ Aa	۹/۰۸ Aa	۹/۰۵ Aa	۹/۱۱ Aa
	۱۰	۸/۷۸ Ca	۸/۷۷ Ba	۸/۷۲ BCa	۸/۹۰ Ba
	۱۴	۷/۸۳ Db	۷/۸۹ Cb	۸/۱۳ Dab	۸/۱۸ Da
لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس و لاکتوباسیلوس رامنوسوس (۱:۱)	۱	۸/۹۴ Ba	۸/۸۳ Ca	۸/۷۶ Bab	۸/۶۴ Cb
	۴	۹/۲۱ Aa	۹/۰۷ ABab	۹/۰۴ Aab	۸/۹۳ Bb
	۷	۹/۳۴ Aa	۹/۳۰ Aa	۹/۲۱ Aa	۹/۱۷ Aa
	۱۰	۸/۹۶ Ba	۹/۰۱ BCa	۹/۱۱ Aa	۹/۰۸ ABa
	۱۴	۸/۱۱ Cb	۸/۱۷ Dab	۸/۲۴ Cab	۸/۳۶ Da

حروف متفاوت کوچک در هر ردیف (نمونه‌های ماست حاوی مقادیر مختلف پورهٔ بادمجان) و حروف متفاوت بزرگ در هر ستون (در نمونه‌های ماست حاوی هریک از انواع باکتری پروبیوتیک) به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) می‌باشد.

بهینه‌یابی

در تحلیل سلسله مراتبی، احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. بنابراین، از سنجه‌ای به نام «نرخ ناسازگاری» برای تعیین میزان ناهماهنگی داوری‌ها استفاده می‌شود. این ضرایب مقدار این احتمال را که ماتریس مقایسهٔ زوجی کاملاً به‌صورت تصادفی پرشده است، مشخص می‌کند. در این شرایط، درصد ناسازگاری ۰/۱ به‌عنوان بیشینهٔ قابل‌قبول معرفی شده است. به‌منظور بررسی و اولویت‌بندی ۴ محصول (شاهد و نمونه‌های ماست حاوی ۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد بادمجان) براساس تحلیل سلسله مراتبی باتوجه‌به ویژگی‌های بافت، عطروطعم، رنگ، pH، اسیدیته، تعداد باکتری پروبیوتیک و سینرزیس، نتایج نشان داد محصول حاوی ۳۰ درصد بادمجان با وزن ۰/۱۷۱ بالاتر از سایر محصولات بوده است. همچنین، نتایج نشان داد که میزان نرخ ناسازگاری ۰/۰۸ بود که باتوجه‌به اینکه کمتر از ۰/۱ می‌باشد، نتایج از اعتبار بالایی برخوردار است و قابلیت اتکای مناسبی دارد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق به‌منظور بررسی تأثیر افزودن پورهٔ بادمجان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی ماست پروبیوتیک انجام پذیرفت و مقدار بهینهٔ پورهٔ بادمجان افزوده‌شده به ماست توسط تحلیل سلسله مراتبی مشخص گردید. نتایج نشان داد که با افزودن پورهٔ بادمجان، ویژگی‌های اسیدیته، شاخص روشنایی و سینرزیس نمونه‌های ماست پروبیوتیک کاهش و مقدار pH افزایش یافت. درمورد شمارش باکتری‌های پروبیوتیک، نتایج کمی پیچیده‌تر بود. با افزایش مقدار بادمجان، تعداد باکتری‌های پروبیوتیک نمونه‌ها تا اواسط دورهٔ نگهداری به‌دلیل کاهش سهم ماست در فرمولاسیون ماست بادمجان و به تبع آن کاهش نسبت باکتری‌ها کاهش یافت. اما از روز ۷ام به بعد، میزان باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های حاوی پورهٔ بادمجان نسبت به شاهد روندی افزایشی نشان داد، به‌طوری‌که در پایان مدت ۱۴ روز نگهداری، نمونه‌های حاوی مقادیر بالاتر بادمجان از شمارش باکتری‌های پروبیوتیکی بالاتری برخوردار بودند. درهرحال، تمامی نمونه‌های ماست (شاهد و نمونه‌های حاوی درصدهای مختلف بادمجان) از شمارش بالای باکتری پروبیوتیک و بالاتر از حد استاندارد ($۱۰^{۷}$ واحد تشکیل کُلنی در هر گرم) برخوردار بودند. همچنین افزودن بادمجان تا مقدار ۳۰ درصد سبب بهبود ویژگی‌های حسی ماست پروبیوتیک بادمجان گردید؛ هرچند نمونهٔ حاوی ۱۵ و ۴۵ درصد نیز

از کیفیت عطروطعم و بافت مناسبی برخوردار بودند. به‌علاوه، براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص گردید که اگرچه از نظر ویژگی‌های موردبررسی اختلاف معنی‌داری میان نمونه‌های ماست حاوی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *لاکتوباسیلوس رامنوسوس* وجود نداشت، اما نمونه‌های حاوی مخلوط دو باکتری پروبیوتیک از مقادیر اسیدیته، سینرزیس و تعداد باکتری پروبیوتیک بالاتری برخوردار بودند. درهرحال، به‌جز شمارش باکتری‌های پروبیوتیک، سایر ویژگی‌ها معنی‌دار نگردید. باتوجه‌به نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی مشخص گردید که با استفاده از میزان ۳۰ درصد پورهٔ بادمجان می‌توان محصولی با کیفیت مناسب تولید نمود. با تولید ماست پروبیوتیک بادمجان، می‌توان محصول عمل‌گرایی تولید نمود که به‌دلیل تعداد بالای باکتری پروبیوتیک، وجود ترکیبات زیست‌فعال و مقادیر بالای پتاسیم بادمجان و کلسیم و منیزیم شیر در محصول نهایی بتواند نقش مهمی در برآورده‌نمودن نیازهای تغذیه‌ای روزانهٔ ما ایفا نماید.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی به شمارهٔ ۹۷۱/۱۱ است و نویسندگان مقاله از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جهت حمایت‌های مالی و معنوی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

انصاری، م.، و حجتی، م. (۱۳۹۷). بهینه سازی استخراج و میکروانکپسولاسیون آنتوسیانین حاصل از پوست پیاز قرمز وکلم قرمز. *فصلنامه پژوهش های صنایع غذایی*، *۲۸*(۱)، ۷۳-۹۱ .

ترابی، ف.، جوینده، ح.، نوشاد، م.، و برزگر، ح. (۱۳۹۸). مدل‌سازی و بهینه‌یابی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، حسی و قابلیت زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در پنیر فراپالودهٔ سین‌بیوتیک حاوی آنزیم ترانس‌گلوتامیناز میکروبی، محلول پودر آب‌پنیر و اینولین. *پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، *۸*(۲)، ۱۳۷-۱۵۰ . doi:https://doi.org/10.22101/JRIFST.2019.07.22.823

خمیریان، ر.، جوینده، ح.، حصاری، ج.، و برزگر، ح. (۱۳۹۶). بهینه‌سازی و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی نوشیدنی پروبیوتیک پرتقالی تولید شده بر پایه تراوه. *علوم و صنایع غذایی ایران*، *۱۴*(۶۵)، ۱۹۷-۱۸۵ .

علیرضالو، ک.، حصاری، ج.، صادقی، م. ح.، و بک‌محمدپور، م. (۱۳۹۴). بررسی تولید ماست رنگی فراسودمند غنی شده با عصاره‌های شاه توت و هویج. *فناوری‌های نوین غذایی*، *۳*(۲)، ۵۳-۶۴. doi:https://doi.org/10.22104/jift.2016.278 .

ناطقی، ل.، انصاری، س.، و شهاب‌لواسانی، ع. (۱۳۹۶). بررسی بازده و خصوصیات فیزیکوشیمیایی پکتین استخراجی از ضایعات پوست بادمجان. *علوم و صنایع غذایی ایران*، *۱۴*(۷۳)، ۳۰-۱۳ .

نیکبخت‌کشکولی، ت.، جوینده، ح.، تهموزی‌دیده‌بان، س.، و سماواتی، و. (۱۳۹۶). بهینه‌یابی فرآیند تولید داهی سین‌بیوتیک حاوی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، کتیرا و اینولین به روش سطح پاسخ (RSM). *علوم و صنایع غذایی ایران*، *۱۴*(۶۲)، ۱۰۳-۱۸۹ .

یدملت، م.، جوینده، ح.، و حجتی، م. (۱۳۹۶). تاثیر صمغ فارسی و صمغ دانه بالنگو شیرازی بر ویژگی های بافتی ماست همزده کم چرب. *فصلنامه پژوهش های صنایع غذایی*، *۲۷*(۴)، ۱۷۱-۱۸۱ .

Alirezalu, K., Hesari, J., Sadeghi, M. H., & Bak-Mohammadpour, M. (2016). Production of functional colored yoghurts incorporating with blackberry and carrot extracts. *Innovative Food Technologies*, *3*(2), 53-64. doi:https://doi.org/10.22104/jift.2016.278 (in Persian)

Ansari, M., & Hojjati, M. R. (2018). Optimization of extraction and microencapsulation of anthocyanin pigments extracted from red onion peel and red cabbage. *Journal of Food Research (AGRICULTURAL SCIENC)*, *28*(1), 73-91. (in Persian)

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis (17th ed.). In *Association of Official Analytical Chemist*. Washington DC, USA.

Athar, I. H., Shah, M. A., & Khan, U. (2000). Effect of various stabilizers on whey separation (syneresis) and quality of yoghurt. *Pakistan Journal of Biological Sciences (Pakistan)*. doi:https://doi.org/10.3923/pjbs.2000.1336.1338

Chouchouli, V., Kalogeropoulos, N., Konteles, S. J., Karvela, E., Makris, D. P., & Karathanos, V. T. (2013). Fortification of yoghurts with grape (Vitis vinifera) seed extracts. *LWT-Food Science and Technology, 53*(2), 522-529. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.03.008

Daneshi, M., Ehsani, M. R., Razavi, S. H., & Labbafi, M. (2013). Effect of refrigerated storage on the probiotic survival and sensory properties of milk/carrot juice mix drink. *Electronic Journal of Biotechnology, 16*(5), 5-5. doi:https://doi.org/10.2225/vol16-issue5-fulltext-2

Dave, R. I., & Shah, N. P. (1997). Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurts made from commercial starter cultures. *International Dairy Journal, 7*(1), 31-41. doi:https://doi.org/10.1016/S0958-6946(96)00046-5

Delavari, M., Pourahmad, R., & Sokutifar, R. (2014). Production of low fat synbiotic yogurt containing Lactobacillus plantarum and inulin. *Adv Environ Biol, 8*, 17-24.

Donkor, O. N., Nilmini, S., Stolic, P., Vasiljevic, T., & Shah, N. (2007). Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *International Dairy Journal, 17*(6), 657-665. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.08.006

Elsanhoty, R. M., Salam, S. A., Ramadan, M. F., & Badr, F. H. (2014). Detoxification of aflatoxin M1 in yoghurt using probiotics and lactic acid bacteria. *Food Control, 43*, 129-134. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.03.002

Ertem, H., & Çakmakçı, S. (2018). Shelf life and quality of probiotic yogurt produced with Lactobacillus acidophilus and Gobdin. *International Journal of Food Science & Technology, 53*(3), 776-783. doi:https://doi.org/10.1111/ijfs.13653

Farnsworth, J., Li, J., Hendricks, G., & Guo, M. (2006). Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research, 65*(1-2), 113-121. doi:https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.036

Fernandez, M. A., & Marette, A. (2017). Potential health benefits of combining yogurt and fruits based on their probiotic and prebiotic properties. *Advances in Nutrition, 8*(1), 155S-164S. doi:https://doi.org/10.3945/an.115.011114

Galgano, F., Condelli, N., Caruso, M. C., Colangelo, M. A., & Favati, F. (2014). Probiotics and prebiotics in fruits and vegetables: technological and sensory aspects. *Beneficial Microbes in Fermented and Functional Foods; CRC Press-Taylor & Francis Group: Abingdon, UK*, 189-206.

Hassani, B., & Sharifi, A. (2012). Application of anthocyanin extracted from barberry in food processing. *International Journal of AgriScience, 2*(6), 522-528.

Hayaloglu, A., Karabulut, I., Alpaslan, M., & Kelbaliyev, G. (2007). Mathematical modeling of drying characteristics of strained yoghurt in a convective type tray-dryer. *Journal of Food Engineering, 78*(1), 109-117. doi:https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.006

Hernandez-Mendoza, A., Garcia, H., & Steele, J. (2009). Screening of *Lactobacillus casei* strains for their ability to bind aflatoxin B_1. *Food and Chemical Toxicology, 47*(6), 1064-1068. doi:https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.01.042

Hosono, A., Kitazawa, H., & Yamaguchi, T. (1997). Antimutagenic and antitumour activities of lactic acid bacteria. In *Probiotics 2* (pp. 89-132): Springer.

Hunter, B. T. (2008). *Probiotic foods for good health: Yogurt, sauerkraut, and other beneficial fermented foods*: Basic Health Publications, Inc.

Jaster, H., Arend, G. D., Rezzadori, K., Chaves, V. C., Reginatto, F. H., & Petrus, J. C. C. (2018). Enhancement of antioxidant activity and physicochemical properties of yogurt enriched with concentrated strawberry pulp

obtained by block freeze concentration. *Food Research International, 104*, 119-125. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.006

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2008). *Modern food microbiology*: Springer Science & Business Media.

Jooyandeh, H., Mortazavi, S. A., Farhang, P., & Samavati, V. (2015). Physicochemical properties of set-style yoghurt as effected by microbial transglutaminase and milk solids contents. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 4*(11S), 59-67.

Jooyandeh, H., Nooshkam, M., & Davari, A. B. (2016). Effects of Different Manufacturing Methods on Yield, Physicochemical and Sensory Properties of Mozzarella Cheese. *Iranian Food Science and Tehnology Research Journal, 12*(3), 371-381.

Khamirian, R. A., Jooyandeh, H., Hesari, J., & Barzegar, H. (2017). Optimization and investigation on physicochemical, microbial and sensory quality of permeate-based probiotic orange beverage *Food Science and Technology, 14*(65), 185-197. (in Persian)

Kumar, A., & Kumar, D. (2016). Development of antioxidant rich fruit supplemented probiotic yogurts using free and microencapsulated Lactobacillus rhamnosus culture. *Journal of food science and technology, 53*(1), 667-675. doi:https://doi.org/10.1007/s13197-015-1997-7

Lourens-Hattingh, A., & Viljoen, B. C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International Dairy Journal, 11*(1-2), 1-17. doi:https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00036-X

Lucey, J. (2002). Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of dairy science, 85*(2), 281-294. doi:https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74078-2

Luckow, T., & Delahunty, C. (2004). Which juice is 'healthier'? A consumer study of probiotic non-dairy juice drinks. *Food Quality and Preference, 15*(7-8), 751-759. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2003.12.007

Marhamatizadeh, M. H., Ehsandoost, E., & Gholami, P. (2013). The influence of green tea (Camellia sinensis L.) extract on characteristic of probiotic bacteria in milk and yoghurt during fermentation and refrigerated storage. *International Journal of Farming and Allied Sciences, 2*(17), 599-606.

Meenakshi, V., Ganya, S. U., & Umamaheswari, T. S. (2018). Formulation of value enriched probiotic fruit yoghurt. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7*(3), 1440-1450. doi:https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.172

Mehdizadeh, T., Razavi, M., & Esmaeili Koutamehr, M. (2019). The Effect of Wild Leek (Allium Ampeloprasum) on Growth and Survival of Lactobacillus Acidophilus and Sensory Properties in Iranian White Cheese. *Research and Innovation in Food Science and Technology, 7*(4), 431-444.

Nateghi, L., Ansari, S., & Shahab Lavasani, A. R. (2018). Investigation of yield and physicochemical properties of pectin extracted from eggplant peel *Food Science and Technology, 14*(73), 30-13. (in Persian)

Nikbakht Kashkooli, T., Joyandeh, H., Tahmoozi Dide Ban, S., & Samavati, V. (2017). Optimizing of the production process of synbiotic dahi containing lactobacillus acidophilus, tragacanth and inulin using Surface Response Methodology. *Food Science and Technology, 14*(62), 103-189. (in Persian)

Niño-Medina, G., Urías-Orona, V., Muy-Rangel, M., & Heredia, J. (2017). Structure and content of phenolics in eggplant (Solanum melongena)-A review. *South African Journal of Botany, 111*, 161-169. doi:https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.03.016

Noshad, M., Savari, M., & Roueita, G. (2018). A hybrid AHP-TOPSIS method for prospectively modeling of ultrasound-assisted osmotic dehydration of strawberry. *Journal of food process engineering, 41*(8), e12928. doi:https://doi.org/10.1111/jfpe.12928

Okmen, B., Sigva, H. O., Mutlu, S., Doganlar, S., Yemenicioglu, A., & Frary, A. (2009). Total antioxidant activity and total phenolic contents in different Turkish eggplant (Solanum melongena L.) cultivars. *International Journal of Food Properties, 12*(3), 616-624. doi:https://doi.org/10.1080/10942910801992942

Pandey, A., Du, G., Sanromán, M. Á., Soccol, C. R., & Dussap, C.-G. (2016). *Current developments in biotechnology and bioengineering: Food and beverages industry*: Elsevier.

Ranil, R., Prohens, J., Aubriot, X., Niran, H., Plazas, M., Fonseka, R., . . . Knapp, S. (2017). Solanum insanum L.(subgenus Leptostemonum Bitter, Solanaceae), the neglected wild progenitor of eggplant (S. melongena L.): a review of taxonomy, characteristics and uses aimed at its enhancement for improved eggplant breeding. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *64*(7), 1707-1722. doi:https://doi.org/10.1007/s10722-016-0467-z

Roy, D. K. D., Saha, T., Akter, M., Hosain, M., Khatun, H., & Roy, M. C. (2015). Quality evaluation of yogurt supplemented with fruit pulp (banana, papaya, and water melon). *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, *4*(6), 695-699. doi:https://doi.org/10.11648/j.ijnfs.20150406.25

Sadeghi, A. R., Pourahmad, R., & Mokhtare, M. (2017). Enrichment of probiotic yogurt with broccoli sprout extract and its effect on Helicobacter pylori. *Applied Food Biotechnology*, *4*(1), 53-57.

Seçkin, A. K., & Baladura, E. (2012). Effect of using some dietary fibers on color, texture and sensory properties of strained yogurt. *GIDA*, *37*(2), 63-69.

Selvamuthukumaran, M., & Farhath, K. (2014). Evaluation of shelf stability of antioxidant rich seabuckthorn fruit yoghurt. *International Food Research Journal*, *21*(2).

Staffolo, M. D., Bertola, N., Martino, M., & Bevilacqua, y. A. (2004). Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, *14*(3), 263-268. doi:https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.004

Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (2007). *Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology*: Elsevier.

Torabi, F., Jooyandeh, H., Noshad, M., & Barzegar, H. (2019). Modeling and Optimization of Physicochemical and Organoleptical Properties and Lactobacillus acidophilus Viability in ltrafiltrated Synbiotic Cheese, Containing Microbial Transglutaminase Enzyme, Whey and Inulin. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, *8*(2), 137-150. doi:https://doi.org/10.22101/jrifst.2019.07.22.823 (in Persian)

Turgut, T., & Cakmakci, S. (2009). Investigation of the possible use of probiotics in ice cream manufacture. *International Journal of Dairy Technology*, *62*(3), 444-451. doi:https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00494.x

Yademellat, M., Jooyandeh, H., & Hojjati, M. (2018). The effect of application of Persian and Balangu-Shirazi gums on textural properties of low-fat stirred yogurt. *Journal of Food Research (AGRICULTURAL SCIENC)*, *27*(4), 171-181. (in Persian)

Optimizations of Probiotic Yogurt Formulation Containing Eggplant Puree Based on Analytic Hierarchy Process

Hossein Jooyandeh[1*], Mohammad Noshad[2], Kowsar Kakaei[3], Mitra Ghodsi Sheikhjan[4]

1- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

[*] Corresponding author (hosjooy@asnrukh.ac.ir)

2- Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

3- MSc. Graduated, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

4- DVM, Department of Food Science and Technology, Faculty of Animal Science and Food Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of incorporation of eggplant puree (0-45%) on physicochemical properties (pH, acidity, color and syneresis), sensorial parameters (odor and taste, color, and texture) and survival of probiotics in yogurt after 1, 4, 7, 10 and 14 days of storage. Furthermore, Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to determine the best probiotic eggplant yogurt according to the assessed parameters. The results showed that by increasing the amount of eggplant puree, the extent of acidity, syneresis and lightness (L*) decreased while the pH increased. Incorporating eggplant puree caused significant ($P<0.05$) reduction of probiotic bacteria at the beginning of storage time. However, during the storage period this status contrarily changed, in such a way that yogurt samples containing a higher concentration of eggplant puree at the end of storage had a higher count. This was probably due to prebiotic effect of eggplant puree and the lower pH of yogurt sample. According to data analysis by AHP, yogurt sample contained 30% of eggplant puree with the weight of 0.171 being the best formula compared with the others. The results showed that incompatibility rate was 0.08 and as this value was lower than 0.1, the obtained results had an acceptable reliability and credibility. Based on the results of this research, the manufactured eggplant probiotic yogurt having an acceptable sensory and probiotic properties may be introduced as a functional food product. Furthermore, due to prebiotic capability of the eggplant puree, it could be used in various probiotic products.

Keywords: Analytic hierarchy process, Eggplant puree, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, Probiotic yogurt