مقایسه اثر اینولین استخراج شده از ریشه کاسنی بومی با اینولین تجاری روی زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست سینبیوتیک

سمانه طیبی مقدم[1]، محمد رضا احسانی[2*]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
2- عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: 97 /12/26 تاریخ پذیرش: 98/09/24)

چکیده

هدف از این پژوهش مقایسه اثر اینولین استخراج شده از ریشه کاسنی و اینولین تجاری روی ویژگی‌های ماست سینبیوتیک در طی 21 روز نگهداری در دمای یخچال است. پودر اینولین حاصل از ریشه کاسنی (در سطوح صفر، 1/5، 3 و 4 درصد) و اینولین تجاری (در سطوح صفر، 1، 2 و 3 درصد) در ماست سینبیوتیک حاوی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* مورد استفاده قرار گرفت. افزودن اینولین تجاری و پودر اینولین استخراجی سبب افزایش اسیدیته و در نتیجه کاهش pH گردید. با افزودن اینولین تجاری به شیر، میزان ویسکوزیته افزایش و سینرزیس محصول نهایی کاهش یافت. پودر اینولین استخراجی در غلظت‌های پایین اثر مثبتی روی این ویژگی‌ها داشت. با افزایش زمان نگهداری نیز اسیدیته و سینرزیس ماست سینبیوتیک افزایش و مقدار pH کاهش یافت. حضور این ترکیبات در شیر تاثیر مثبتی روی قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در ماست دارد که تاثیر اینولین تجاری روی بقاء باکتری‌های پروبیوتیک بیشتر از پودر اینولین استخراجی بود. افزودن اینولین تجاری تاثیر قابل توجه‌ای روی ویژگی‌های رنگی نمونه‌های ماست نداشت، در حالی‌که با افزودن پودر اینولین استخراجی شاخص روشنایی (L^*) به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش و شاخص‌های قرمزی (a^*) و زردی (b^*) افزایش پیدا کردند. تمامی خصوصیات حسی مورد بررسی با افزایش مقدار اینولین تجاری بهبود پیدا کرد در حالی‌که در مورد اثر پودر اینولین استخراجی، به‌طور کلی غلظت 1/5 درصد تاثیر منفی بر ویژگی‌های حسی ماست سینبیوتیک نسبت به نمونه شاهد نداشت.

کلید واژگان: اینولین، *بیفیدوباکتریوم لاکتیس*، کاسنی، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، ماست سینبیوتیک

*مسئول مکاتبات: m-ehsani@srbiau.ac.ir

1- مقدمه

محصولات شیری تخمیر شده شاید از بیش از 4000 سال پیش در دنیا مصرف می‌شوند و ماست یکی از قدیمی‌ترین و متداول‌ترین این محصولات است. امروزه بسیاری از محصولات موجود در نتیجه تخمیر همزمان باکتری‌های اسیدلاکتیکی حاصل می‌شوند. محصولات شیری تخمیریافته اساساً به عنوان روشی برای حفظ مواد مغذی تولید می‌شوند. همچنین به وسیله تخمیر شیر با میکروارگانیسم‌های مختلف، طیف وسیعی از محصولات با طعم، بافت، قوام و ویژگی‌های کارکردی مختلف تولید خواهد شد. از لحاظ تغذیه‌ای ماست ترکیباتی شبیه به شیری دارد که از آن ساخته شده است و همچنین بدیهی است که دوغ نیز حاوی تمامی ترکیبات موجود در ماست می‌باشد. این محصولات تخمیری منبعی منحصر به فرد از پروتئین‌های با کیفیت بالا، کلسیم، فسفر، منیزیم، روی و ویتامین‌های گروه B مثل ریبوفلاوین، B12 و نیاسین هستند. با این وجود تفاوت‌های اندکی به‌ویژه از لحاظ محتوی ویتامین‌های ماست وجود دارد [1]. از آنجایی‌که محصولات لبنی تخمیر شده در بین غذاهای پرمصرف جهان محسوب می‌شوند، از آن‌ها به عنوان حامل مواد مغذی و میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک در رژیم غذایی استفاده می‌شوند که ماست یکی از بهترین راه‌ها برای انتقال این ترکیبات از طریق رژیم غذایی روزانه است [2].

پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های زنده و مفیدی هستند که در صورت مصرف به اندازه کافی، در انسان یا حیوان و با اثر بر فلور میکروبی بدن، باعث بروز اثرات مفیدی بر سلامتی میزبان می‌شوند. بیشتر پروبیوتیک‌ها متعلق به گروه بزرگی از باکتری‌های اصلی فلور میکروبی روده انسان می‌باشند و در آن جا زندگی همسفرگی بی‌ضرری دارند [۳،٤]. معمول‌ترین میکروارگانیسم‌های پروبیوتیکی به دو گروه باکتری‌ها و قارچ‌ها تقسیم می‌شوند. بعضی از این میکروارگانیسم‌ها سویه‌های انتخابی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* و *بیفیدوباکتریوم* هستند؛ گرچه گونه‌هایی از *انتروکوکوس*، *استرپتوکوکوس* و *اشرشیاکلای* نیز برای این منظور استفاده می‌شوند. بیشتر باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* و *بیفیدوباکتریوم* بی‌خطر تشخیص داده شده‌اند و به جز *استرپتوکوکوس* و *انتروکوکوس*، سایر باکتری‌های مولد اسید لاکتیک به ندرت برای انسان و حیوان بیماری‌زا هستند و کاربرد آن‌ها از دیرباز در تهیه محصولات غذایی بدون ایجاد اثرات سوء به اثبات رسیده است [5].

مواد غذایی حاوی پروبیوتیک‌ها در حال حاضر به عنوان یکی از بهترین محصولات غذایی فراسودمند شناخته می‌شوند. مزایای سلامتی بخش آن‌ها به وسیله پری بیوتیک‌ها افزایش می‌یابد، زیرا یک پروبیوتیک واقعی بدون غذا (پری بیوتیک) در سیستم گوارشی قابلیت زنده‌مانی خوبی ندارد، این درحالی است که طبق گزارش FAO محصول پروبیوتیک استاندارد، محصولی است که در لحظه مصرف حداقل 10^6-10^7 CFU/g میکروارگانیسم زنده و فعال پروبیوتیک داشته باشد. بنابراین فاکتور کلیدی برای استفاده موثر از خواص پروبیوتیک‌ها، حفظ زنده‌مانی و فعالیت باکتری‌ها در طی دوره نگهداری ماده غذایی می باشد [6]. به رابطه ترکیبی بین پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک ها به اصطلاح "سینبیوتیک[1]" گفته می‌شود، این ترکیب به بهبود زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها و گسترش مزایای سلامتی بخش در میزبان کمک می‌کند [7].

پری بیوتیک‌ها اجزای غذایی هضم‌ناپذیر (یا با هضم‌پذیری اندک) در برابر آنزیم‌های گوارشی بدن انسان هستند که رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک را به طور انتخابی تحریک می‌کنند و باعث بهبود سلامت میزبان می‌شوند [8]. در حال حاضر اکثر پری‌بیوتیک‌های شناخته شده کربوهیدرات‌هایی هستند که توسط آنزیم‌های گوارش انسان و حیوان قابل هضم نیستند. از مهمترین ترکیبات پری‌بیوتیک می‌توان به فروکتوالیگوساکاریدها و اینولین اشاره کرد که در برابر فعالیت هیدرولیتیک دستگاه گوارش به شدت مقاوم می‌باشند و تنها در انتهای روده به وسیله سیستم آنزیمی فلور میکروبی تجزیه می‌شوند از این‌رو به عنوان فیبر رژیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند [9]. اینولین یک پلی‌ساکارید ذخیره‌ای در گیاهان از خانواده ***Compositae*** و ***Lilialiaceaes*** است [10]. اینولین در بسیاری از گیاهان مانند ریشه کاسنی، سیر، ریشه مارچوبه و ریشه قاصدک وجود دارد که

1. Symbiotic

میوه و سبزیجات معمول‌تر حاوی این ماده شامل پیاز، تره فرنگی، موز، گندم، چاودار و جو است [11].

اینولین محلول در آب و متعلق به گروه کربوهیدرات‌های غیر قابل هضم[1] به نام فروکتان‌ها می‌باشد. این ماده هیدروکلوئیدی به عنوان GRAS[2] از کاسنی به عنوان غنی‌ترین منبع آن شناخته می‌شود. معمولا اینولین به عنوان یک پری‌بیوتیک، جایگزین چربی، جایگزین شکر، اصلاح کننده بافت شناخته شده و برای گسترش تولید غذاهای عملکردی به منظور بهبود ویژگی سلامتی بخشی و نقش مفید آن در روده به میزان زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اینولین دارای اثرات فوق العاده‌ای در رشد و سلامت انسان می‌باشد [12].

ازا ین‌رو هدف از این پژوهش استخراج اینولین از ریشه کاسنی به عنوان منبع ترکیبات پری‌بیوتیک جهت افزایش زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک (باکتری‌های *بیفیدوباکتریوم*[3] و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*[4]) در ماست سینبیوتیک می‌باشد. همچنین ویژگی‌های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی محصول نهایی مورد ارزیابی قرار گرفت.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد

شیر خام مورد استفاده با میزان چربی 1/5 درصد از کارخانه لبنیات پگاه تهران و ریشه کاسنی یک ساله از شرکت تخصصی گیاهان دارویی افراز تجارت آرن اصفهان خریداری شد. اینولین تجاری نیز از شرکت پویا کابک کشور هلند تهیه شد. استارتر ماست (FD-DVS ABY-10) مورد استفاده متعلق به شرکت کریستین هانسن دانمارک بود. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایش‌ها شامل محیط کشت MRS agar، کربن فعال (KGaA)، هیدروکسید کلسیم، اسید فسفریک و اتانول 99 درصد و غیره نیز از شرکت مرک آلمان و سیگمای آمریکا تهیه شدند.

2-2- استخراج عصاره ریشه کاسنی

برای تهیه عصاره ابتدا ریشه‌های کاسنی شسته و تمیز شدند. در ادامه با پوست‌گیری و خرد کردن، نمونه‌های کاسنی با سه لیتر آب مقطر به ازای هر کیلوگرم مخلوط گردید. از متابی سولفیت سدیم با غلظت 100 ppm به منظور به حداقل رساندن فرآیند قهوه‌ای شدن استفاده شد. مخلوط حاصل به مدت 60 دقیقه در دمای90-80 درجه سلسیوس تحت شرایط همزنی ثابت قرار گرفت تا آنزیم‌بری صورت گیرد و اینولین به داخل آب نفوذ کند. پس از این مرحله عصاره حاصل بدون خنک شدن با استفاده از یک پارچه کتانی صاف شد و برای حذف ناخالصی‌ها (مواد کلوئیدی مانند پکتین، پروتئین و مواد دیواره سلولی) pH عصاره با استفاده از NaOH از حدود 6-5 به 12-10رسانده شد و به مدت 30 دقیقه در دمای 60-50 درجه سلسیوس قرار گرفت، رسوب حاصل با استفاده از کاغذ صافی جدا شد. در ادامه در همین دما، pH عصاره به محدوده 9-8 رسانده شد تا کلسیم اضافی و مواد آلی دیگر رسوب نمایند. رسوب حاصل با استفاده از صافی تحت خلا جدا گردید. برای اطمینان از حذف ناخالصی‌ها هرکدام از مراحل هضم قلیایی و اسیدی دوبار انجام گرفت. عصاره تصفیه شده با افزودن 20 گرم کربن فعال به ازای هر کیلوگرم عصاره تحت شرایط همزنی ثابت در دمای 60 درجه سلسیوس به مدت 30 دقیقه رنگبری شد و کربن فعال به کمک صافی تحت خلا جداسازی شد. در ادامه محتوی ماده خشک محلول (بریکس) عصاره با استفاده از دستگاه تغلیظ کننده تحت خلا (اواپراتور چرخشی) در دمای 70 درجه سلسیوس از حدود 6-5 به 42 رسانده شد. در نهایت به منظور خالص‌سازی بیشتر و تصفیه کامل، عصاره به دست آمده با اتانول 99 درصد به مدت 24 ساعت در دمای 40 درجه سلسیوس مخلوط شد. پس از حذف اتانول، رسوب به دست آمده به مدت 4 روز در دمای 50 درجه سلسیوس خشک و آسیاب شد [13].

2-3- آنالیز شیمیایی عصاره خشک شده کاسنی

2-3-1- قند کل

1. Non-digestible
2. Gernally recognize as safe
3. Bifidobacterium
4. Lactobacillus acidophilus

برای این منظور 1 گرم از عصاره استخراج شده تا غلظت 1 درصد رقیق شد و با یک میلی‌لیتر محلول فنل 5 درصد و 5 میلی لیتر اسید سولفوریک 95 درصد مخلوط شد. پس از گذشت 10 دقیقه با خنک نمودن نمونه‌ها در دمای محیط جذب آن‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (UNICO-2100, USA) در طول موج 480 نانومتر اندازه‌گیری شد و مقدار قند کل با استفاده از رابطه 1 به دست آمد. برای رسم منحنی استاندارد نیز از اینولین تجاری استفاده شد [13، 14].

رابطه 1

مقدار قند کل = (فاکتور رقت × مقدار قند بدست آمده از منحنی استاندارد / مقدار نمونه اولیه 10^6×) ×100

2-3-2- محتوی قندهای احیا کننده

3 میلی لیتر عصاره استخراج شده با غلظت 5 درصد با 3 میلی‌لیتر معرف دی نیترو سالیسیلیک اسید مخلوط شد و به مدت 15 دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. در ادامه 1 میلی لیتر محلول سدیم پتاسیم تارتارات 40 درصد به مخلوط فوق افزوده شد و با آب سرد، خنک گردید. سپس محتوی قندهای احیا کننده در طول موج 575 نانومتر توسط اسپکتروفوتومتر اندازه گیری شد [13].

2-3-3- محتوی اینولین

با محاسبه اختلاف محتوی قندهای احیا کننده و محتوی قند کل درصد اینولین واقعی محاسبه شد [15].

2-4-3- درجه پلیمریزاسیون

میانگین درجه پلیمریزاسیون اینولین، از تقسیم درصد وزنی قند کل بر درصد قند احیا به دست آمد که در تعیین کیفیت اینولین بسیار اهمیت دارد [16].

2-5-3- خاکستر کل

برای اندازه گیری خاکستر کل از روش AOAC (2002)، استفاده شد [17]. نمونه در کوره الکتریکی با دمای 550 درجه سلسیوس سوزانده شد و پس از رسیدن به وزن ثابت درصد خاکستر نمونه از روی وزن اولیه نمونه و وزن خاکستر حاصل براساس رابطه 2 محاسبه گردید.

رابطه 2 درصد خاکستر = (جرم خاکستر /جرم نمونه) ×100

2-4- تولید ماست پروبیوتیک

جهت تولید ماست از شیر گاوی (1/5 درصد چربی) استفاده گردید. شیر در دمای 90 درجه سلسیوس به مدت 5 دقیقه پاستوریزه شد و سپس تا دمای دمای 45 درجه سلسیوس سرد گردید. میزان تلقیح استارتر ماست (FD-DVS ABY-10، کریستین هانسن دانمارک) بر طبق دستور شرکت سازنده (2/5 درصد حجم شیر) تعیین شد که حاوی استارترهای سنتی ماست (لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس[1] و استرپتوکوکوس ترموفیلوس) و سویه‌های پروبیوتیک (باکتری‌های بیفیدوباکتریوم[2] و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس[3]) بود. پروبیوتیک‌ها با مقدار اولیه 10^8 سلول در هر به شیر اضافه شدند. در ادامه شیر تلقیح یافته در دمای 42 درجه سلسیوس گرمخانه گذاری شد تا اسیدیته آن به 80 درجه دورنیک برسد. در نهایت نمونه‌ها تا دمای یخچال (4 درجه سلسیوس) خنک شدند و تا زمان آزمون‌های بعدی در یخچال نگهداری شدند [18].

2-5- آزمون‌های کمی و کیفی ماست

2-5-1- اندازه‌گیری pH و اسیدیته

pH نمونه‌های ماست با استفاده از دستگاه pH متر (Metrohm, 827, Swizerland) اندازه گیری شد. اسیدیته بر حسب درجه دورنیک و با استفاده از سود 0/1 نرمال و معرف فنل فتالئین محاسبه گردید [17].

2-5-2- آب اندازی (سینرزیس)

سپس 25 گرم از نمونه‌های ماست وزن شده و روی کاغذ صافی واتمن شماره 43 قرار داده شد و پس از 120 دقیقه در یخچال وزن مایع جمع شده محاسبه و نتایج با استفاده از رابطه 3 به صورت درصد بیان شدند [19].

رابطه 3

سینرزیس (%) = (وزن اولیه نمونه ÷ وزن مایع آزاد شده) ×100

2-5-3- ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه‌های ماست تولیدی با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (مدل STOUGHTON.MA02072) اسپیندل

1. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*
2. *Bifidobacterium*
3. *Lactobacillus acidophilus*

شماره 6 در دمای 5 درجه سلسیوس و سرعت 70 دور در دقیقه اندازه گیری شد و پس از گذشت 15 ثانیه از چرخش اسپیندل ویسکوزیته هر نمونه قرائت گردید [20].

2-5-4- اندازه گیری رنگ

اندازه‌گیری پارامترهای رنگی L^* (شاخص روشنایی)، a^* (شاخص قرمزی) و b^* (شاخص زردی) با استفاده از دستگاه هانترلب (Minolta model CR-410, Tokyo, Japan) انجام شد [21].

2-5-5- آزمون میکروبی

از محیط کشت MRS-bile agar تحت شرایط هوازی و بی‌هوازی به منظور کشت و شمارش باکتری‌های به ترتیب *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* در دمای 37 درجه سلسیوس به مدت 3 روز استفاده شد [22].

2-5-6- ارزیابی حسی

ارزیابی ویژگی‌های حسی (رنگ، طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی) نمونه‌های ماست توسط 30 ارزیاب غیرحرفه‌ای (22 زن و 8 مرد گروه سنی 22 تا 40) بر اساس آزمون هدونیک 5 نقطه‌ای صورت گرفت [23].

3- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد.

نتایج حاصل تاثیر متغیرهای مختلف، اینولین تجاری (در سطوح صفر، 1، 2 و 3 درصد) و یا پودر اینولین استخراج شده از ریشه کاسنی (در سطوح صفر، 1/5، 3 و 4 درصد) و زمان نگهداری (در سطوح 1، 7، 14 و 21 روز) روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی به منظور بررسی اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها از طریق تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز شدند. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 95 درصد ($p<0/05$) استفاده گردید.

4- نتایج

4-1- آنالیز شیمیایی پودر اینولین استخراج شده

آنالیز ویژگی‌های شیمیایی پودر اینولین استخراج شده از ریشه کاسنی در مقایسه با پودر اینولین تجاری در جدول 1 نشان داده شده است. نتایج نشان داد مقدار قندهای احیا کننده در پودر اینولین حاصل از ریشه کاسنی و نمونه تجاری به ترتیب 3/25 و 3/85 اندازه گیری شد. میانگین درجه پلیمریزاسیون برای اینولین استخراج شده 14/864، و اینولین تجاری 21/03 بود. با این وجود محتوی خاکستر کل در نمونه اینولین استخراج شده از ریشه کاسنی (4/99 %) نسبت به نمونه تجاری (0/2 %) بسیار بالاتر بود (جدول 1).

Table 1 Chemical composition of the extracted inulin from chicory root compared with commercial inulin

Sample	Total carbohydrates	Reduced sugar	Inulin content	Polimerization degree	Dry matter	Ash
Inulin from chicory root	48.31±0.13	3.25±0.12	45.06±0.87	14.86±0.45	91.82±0.23	4.99±0.14
Commercial inulin	73.58±0.21	3.85±0.04	69.73±1.32	21.03±0.68	90.63±0.69	0.2±0.02

4-2- خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماست سینبیوتیک

4-2-1- اسیدیته و pH

نتایج اندازه‌گیری میزان اسیدیته و pH در نمونه‌های ماست غنی شده با اینولین تجاری و پودر اینولین استخراج شده از کاسنی در مقایسه با نمونه شاهد در طول زمان نگهداری در جدول 2 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود به‌طور کلی اسیدیته ماست از روز 1 تا 21 ام هم در نمونه شاهد و هم نمونه‌های حاوی اینولین و پودر کاسنی افزایش و متناسب با آن میزان pH کاهش می‌یابد. همچنین در مدت زمان ثابت نگهداری، اضافه شدن غلظت اینولین تجاری و پودر اینولین حاصل از کاسنی در مقادیر مختلف منجر به افزایش اسیدیته و

کاهش pH در نمونه‌های ماست شد. با اضافه کردن اینولین تجاری به مقدار 1، 2 و 3 درصد به شیر میزان اسیدیته ماست پس از تولید به ترتیب برابر 80/5، 80/25 و 80/20 درجه دورنیک بود و نسبت به نمونه شاهد با مقدار اسیدیته 78/35 درجه دورنیک اختلاف معنی‌دار داشت (p<0/05). مقدار اسیدیته ماست پس از سه هفته نگهداری به ترتیب به مقدار 91/5، 93/2 و 96/45 درجه دورنیک رسید که در مقایسه با میزان اسیدیته نمونه شاهد (88/2 درجه دورنیک) در سطح بالاتری قرار داشتند (جدول2). pH برای نمونه‌های ماست حاوی 1، 2 و 3 درصد اینولین نیز در روز اول به ترتیب برابر 4/35، 4/38 و 4/32 بود که به 4/05، 3/95 و 3/80 بعد از سه هفته نگهداری رسید. در مورد نمونه‌های ماست حاوی پودر اینولین حاصل از کاسنی روند متفاوتی به دست آمد، به این صورت که نسبت به نمونه‌های حاوی اینولین تجاری میزان اسیدیته به میزان کمتری افزایش یافت در حالی‌که غلظت مصرفی پودر اینولین استخراجی بیشتر از اینولین تجاری بود. بنابراین همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود میزان اسیدیته نمونه‌های حاوی 1/5، 3 و 4 درصد اینولین حاصل از کاسنی به ترتیب از مقدار 79، 77/5 و 81/2 درجه دورنیک در روز اول و در دمای یخچال تا میزان 82/60، 84 و 88/40 درجه دورنیک در هفته سوم افزایش پیدا کرد که نسبت به نمونه شاهد پیشرفت اسیدیته کندتر بود.

Tabel 2 Changes in acidity and pH of different samples of the synbiotic yogurt during refrigerator storage

Treatment	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Acidity				
Control	78.35±0.03^{m}	81.40±0.01^{k}	85.60±0.01^{h}	88.20±0.01^{f}
1% Inulin	80.50±0.02^{l}	84.90±0.03^{i}	87.70±0.02^{g}	91.50±0.02^{d}
2% Inulin	80.25±0.01^{l}	85.10±0.04^{i}	89.20±0.04^{e}	93.20±0.04^{b}
3% Inulin	83.20±0.02^{j}	87.80±0.02^{g}	92.50±0.03^{c}	96.45±0.01^{a}
Control	78.35±0.03^{hi}	81.40±0.02^{fg}	85.60±0.03^{bc}	88.20±0.03^{a}
1.5% Chicory Extract	79.00±0.04^{hi}	81.30±0.02^{fg}	84.80±0.02^{bcd}	82.60±0.03^{def}
3 % Chicory Extract	77.50±0.02^{i}	80.40±0.01^{fgh}	85.10±0.04^{bc}	84.00±0.02^{cde}
4% Chicory Extract	81.20±0.01^{fg}	81.80±0.01^{ef}	86.50±0.02^{ab}	88.40±0.04^{a}
pH				
Control	4.43±0.04^{a}	4.35±0.03^{abc}	4.12±0.02^{e}	4.01±0. 03^{fg}
1% Inulin	4.35±0.03^{abc}	4.26±0.05^{d}	4.10±0.03^{e}	4.05±0.02^{ed}
2% Inulin	4.38±0.03^{ab}	4.27±0.01^{cd}	4.10±0.01^{e}	3.95±0.01^{g}
3% Inulin	4.32±0.01^{bcd}	4.12±0.02^{e}	3.96±0.05^{g}	3.80±0.02^{h}
Control	4.43±0.02^{a}	4.35±0.05^{ab}	4.12±0.02^{ecd}	4.01±0.03^{ed}
1.5% Chicory Extract	4.26±0.03^{abc}	4.09±0.03^{ecd}	3.96±0.05^{e}	4.01±0.04^{ed}
3 % Chicory Extract	4.40±0.04^{ab}	4.20±0.02^{bcd}	3.97±0.02^{e}	4.03±0.05^{ed}
4% Chicory Extract	4.34±0.01^{ab}	4.22±0.02^{bcd}	4.04±0.01^{ed}	3.91±0.03^{e}

* Different letters indicate significant differences at a confidence level of 95% (p<0.05).

2-4-2- ویسکوزیته ماست

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان ویسکوزیته نشان داد که نمونه‌های دارای اینولین تجاری ویسکوزیته بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشتند، که این افزایش ویسکوزیته با افزایش غلظت اینولین رابطه مستقیم داشت. همان‌طور که مشاهده می‌شود مقدار اولیه ویسکوزیته بلافاصله پس از تولید ماست برای نمونه شاهد برابر 2317 mPas بود که با گذشت زمان نگهداری، این مقدار به 2412 mPas افزایش یافت که این اختلاف از نظر آماری معنی دار بود (p<0/05). این در حالی بود که ویسکوزیته نمونه‌های حاوی 1، 2 و 3 درصد اینولین تجاری نیز در روز اول تولید به ترتیب برابر 4027، 4129 و 4560 mPas بود که پس از سه هفته نگهداری در دمای یخچال به مقدار 4290، 4376 و 4785 mPas افزایش پیدا کردند (شکل A-1). بنابراین در میان تمامی نمونه‌ها بیشترین و کمترین ویسکوزیته به ترتیب در نمونه‌های حاوی 3 درصد اینولین تجاری و نمونه شاهد مشاهده شد که این روند در طول دوره نگهداری نیز ادامه یافت. با بررسی اثر غلظت‌های مختلف پودر ریشه کاسنی بر ویسکوزیته محصول نهایی در طول زمان نگهداری مشخص شد که این ترکیب تاثیر منفی بر قوام و ویسکوزیته ماست سینبیوتیک دارد به‌طوری‌که در زمان ثابت نگهداری، بیشترین و کمترین مقدار ویسکوزیته به ترتیب مربوط به نمونه شاهد و نمونه حاوی 4 درصد پودر کاسنی بود. مقدار اولیه ویسکوزیته برای نمونه‌های ماست 1/5، 3 و 4 درصد پودر کاسنی که بلافاصله بعد از انکوباسیون (روز اول) اندازه‌گیری شدند به

ترتیب برابر 2088، 2085 و 2009 mPas بود که بعد از سه هفته نگهداری به ترتیب به 1978، 1896 و 1741 mPas رسید.

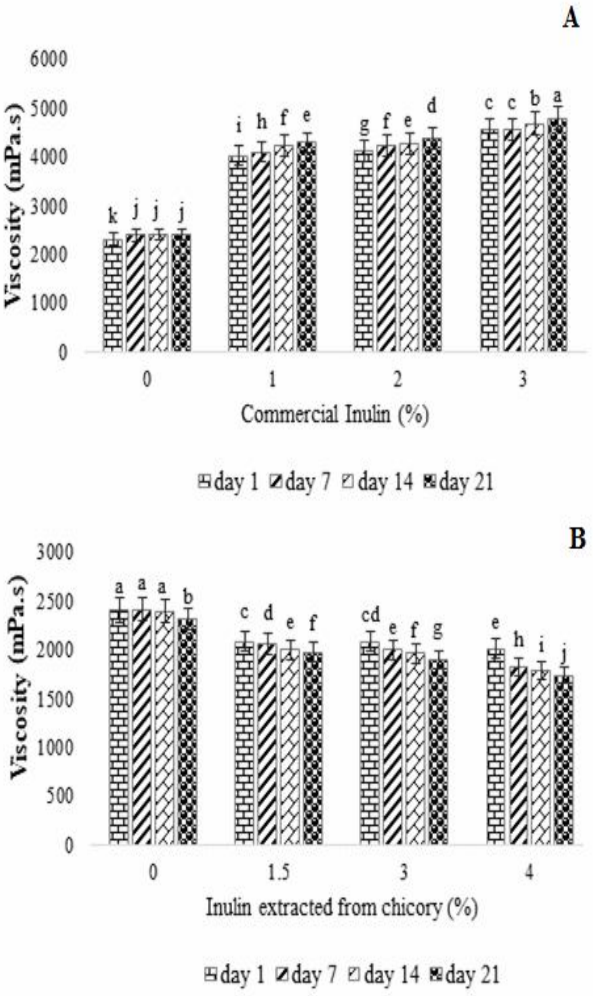

Fig 1 Changes in viscosity of different samples of the synbiotic yogurt during refrigerator storage (A: commercial inulin and B: extracted inulin from chicory)

همان‌طور که از نتایج پیداست ویسکوزیته نمونه شاهد با گذشت زمان نگهداری افزایش معنی‌داری یافته است (p<0/05) در حالی‌که نمونه‌های حاوی پودر کاسنی در غلظت ثابت با گذشت زمان نگهداری کاهش معنی‌داری (p<0/05) را در قوام و ویسکوزیته ماست نشان داده است (شکل B-1).

نتایج همچنین نشان داد که با افزودن پودر کاسنی در ماست تا 1/5 درصد، ویسکوزیته محصول اگرچه در طول زمان کاهش یافت ولی این کاهش با شیب ملایم‌تری صورت گرفت، در حالیکه با بکار بردن 3 و 4 درصد پودر کاسنی ویسکوزیته ماست کاهش قابل توجه‌ای نشان داد.

2-4-3- آب اندازی (سینرزیس)

بر اساس نتایج به دست آمده افزودن اینولین تجاری به ماست باعث کاهش میزان آب اندازی نمونه‌ها شد و با افزایش غلظت اینولین از 1 تا 3 درصد در نمونه‌های ماست، میزان آب اندازی نیز روندی نزولی داشت. سینرزیس ماست در غلظت ثابتی از اینولین تجاری، با گذشت زمان نگهداری در دمای 4 درجه سلسیوس افزایش نشان داد که تا روز هفتم نگهداری این افزایش آب اندازی قابل توجه نبود ولی با ادامه نگهداری ماست تا هفته سوم میزان آب اندازی افزایش معنی‌داری (p<0/05) نسبت به هفته اول نشان داد (شکل A-2). طبق نتایج، بیشترین و کمترین میزان سینرزیس مربوط به نمونه شاهد و نمونه ماست حاوی 3 درصد اینولین بود. بدین ترتیب مقدار سینرزیس برای نمونه شاهد، اینولین با غلظت‌های 1، 2 و 3 درصد در روز اول تولید به ترتیب برابر 25/30، 23/67، 21/92 و 18/27 درصد بود که به مقدار 29/0، 26/55، 24/78 و 19/43 درصد در هفته سوم نگهداری رسید و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار بود (p<0/05). طبق نتایج کمترین میزان سینرزیس به نمونه ماست حاوی 3 درصد اینولین تعلق داشت. نتایج اثر غلظت‌های مختلف پودر ریشه کاسنی بر میزان آب اندازی ماست سینبیوتیک در طول دوره نگهداری در دمای یخچال در شکل B-2 آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود افزودن پودر کاسنی تاثیر منفی بر قوام و سفتی ماست داشت، بدین معنی که باعث افزایش آب اندازی نمونه‌های ماست گردید و با افزایش غلظت این ترکیب در ماست از 1/5 تا 4 درصد، بر میزان سینرزیس نمونه‌های ماست افزوده شد. همچنین مشخص شد که در غلظت ثابتی از کاسنی با افزایش زمان نگهداری، آب اندازی نمونه‌های ماست افزایش پیدا کرد به‌طوری‌که کمترین میزان سینرزیس در روز اول تولید و بیشترین آن پس از 21 روز نگهداری حاصل گردید. بنابراین طبق نتایج، میزان آب اندازی نمونه‌های ماست حاوی 1/5، 3 و 4 درصد پودر اینولین کاسنی در روز اول نگهداری به ترتیب برابر 26/89، 27/90 و 30/12 درصد بود که به مقدار 34/10، 35/65 و 38/45 درصد پس از سه هفته نگهداری رسید.

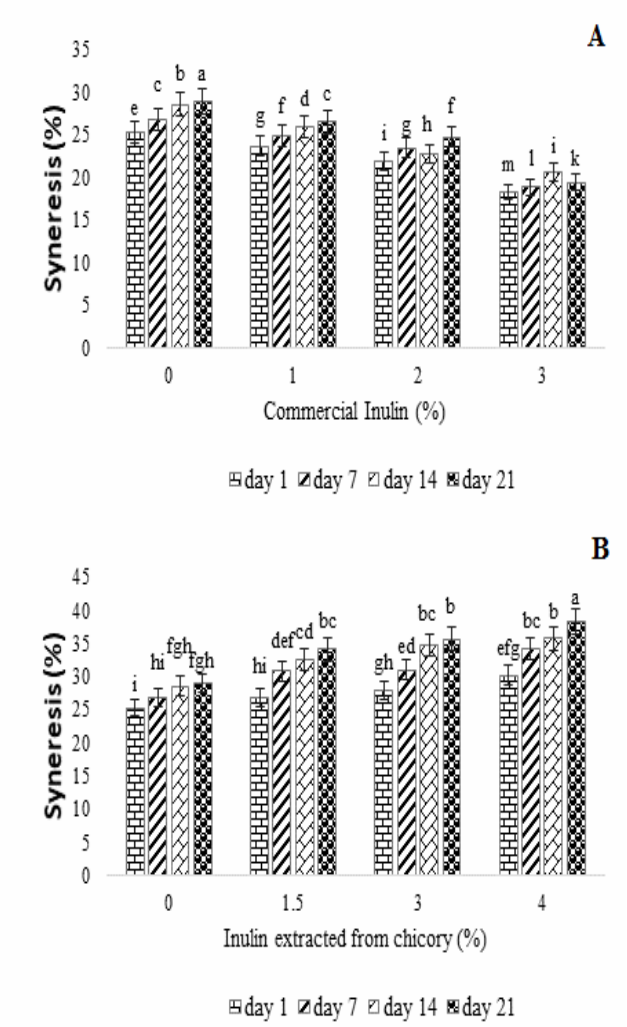

Fig 2 Changes in Syneresis of different samples of the synbiotic yogurt during refrigerator storage (A: Commercial Inulin and B: extracted inulin from chicory)

3-4- قابلیت زنده‌مانی میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک ماست

نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به قابلیت زنده‌مانی میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک نشان داد که در نمونه شاهد تعداد باکتری‌های لاکتوباسیلوس ترموفیلوس در روز اول تولید برابر log 7/42 CFU/mL بود که پس از یک هفته نگهداری نمونه‌های ماست در یخچال به 7/95 log CFU/mL افزایش یافت ولی پس از آن با گذشت زمان نگهداری تا هفته سوم از تعداد این باکتری پروبیوتیک کاسته شد. به‌طوری‌که در روز 14 و 21 نگهداری تعداد این باکتری‌ها به ترتیب به 7/78 و 6/28 log CFU/mL رسیدند. برای ماست‌های حاوی مقادیر مختلف اینولین تجاری نیز روند نسبتاً مشابه‌ای بدست آمد ولی تعداد این باکتری بیشتر از نمونه شاهد بود به‌طوری‌که میزان این باکتری در نمونه‌های حاوی 1، 2 و 3 درصد در روز اول نگهداری به ترتیب برابر 7/68، 7/79 و 7/58 log CFU/mL بود که این میزان با شیب ملایمی افزایش یافت تا اینکه به مقدار 8/34، 8/35 و 9/08 log CFU/mL در هفته دوم نگهداری رسید و این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد (p<0/05). همان‌طور که از نتایج پیداست برای نمونه‌های ماست حاوی اینولین تجاری نیز در هفته آخر نگهداری، رشد باکتری‌های پروبیوتیک سیر نزولی داشت و بسته به نوع تیمار میزان این کاهش متفاوت بود. به‌طوری‌که در هفته سوم تعداد کلنی‌های باکتری لاکتوباسیلوس ترموفیلوس در نمونه‌های حاوی 1، 2 و 3 درصد به ترتیب 7/12، 7/67 و log CFU/mL 8/45 بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین و کمترین کاهش تعداد این باکتری در طول 21 روز نگهداری نمونه‌های ماست به ترتیب به نمونه شاهد و نمونه حاوی 3 درصد اینولین تجاری تعلق داشت (جدول 3). در مورد اثر اینولین تجاری بر باکتری بیفیدوباکتریوم نیز روند مشابهی بدست آمد با این تفاوت که شمارش این باکتری نسبت به لاکتوباسیلوس ترموفیلوس کمتر بود. در نمونه شاهد تعداد این باکتری در روز اول 7/86 log CFU/mL بود که تا روز هفتم رشد پیدا کرده و به تعداد 8/25 log CFU/mL رسید و در ادامه در روزهای 14 و 21 به 7/96 و 5/88 log CFU/mL کاهش پیدا کرد. این در حالی بود که در نمونه‌های حاوی اینولین تجاری این باکتری پروبیوتیک مانند لاکتوباسیلوس ترموفیلوس نسبت به نمونه شاهد رشد بیشتری داشت (جدول 3).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به تاثیر استفاده از پودر ریشه کاسنی روی قابلیت زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها نشان داد که پودر ریشه کاسنی در غلظت‌های پایین تاثیر قابل توجه‌ای بر رشد باکتری‌های پروبیوتیک ندارد ولی در غلظت‌های بالاتر تا حدودی موجب رشد بیشتر این باکتری‌ها و افزایش قابلیت زنده‌مانی آن‌ها در طول دوره نگهداری می‌شود، با این وجود نسبت به اینولین تجاری تاثیر کمتری داشت. بیشترین تعداد باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس به نمونه حاوی 4 درصد پودر کاسنی در روز هفتم نگهداری تعلق داشت که برابر با 8/22 log CFU/mL بود و کمترین تعداد این باکتری نیز در هفته سوم نگهداری مشاهده شد که برای نمونه شاهد، و کاسنی 1/5، 3 و 4 درصد به ترتیب برابر 6/28،

6/33، 6/21 و 7/38 log CFU/mL بود. تاثیر پودر کاسنی بر قابلیت زنده‌مانی بیفیدوباکتریوم نیز تقریبا روند مشابهی داشت با این تفاوت که سرعت کاهش این باکتری نسبت به لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در پایان دوره نگهداری به مراتب بیشتر بود. به‌طوری‌که فقط نمونه حاوی 4 درصد پودر کاسنی در هفته سوم دارای تعداد باکتری بالاتر از حداقل استاندارد تعریف شده (log CFU/mL 10^6) بود و سایر نمونه‌ها تعداد میکروارگانیسم پروبیوتیک کمتر از 6 سیکل لگاریتمی داشتند. طبق نتایج بدست آمده مشخص شد که بیشترین تعداد بیفیدوباکتریوم به نمونه شاهد در روز هفتم نگهداری تعلق داشت که برابر 8/25 log CFU/mL بود. کمترین تعداد این باکتری نیز در هفته سوم مشاهده گردید که برای نمونه شاهد و 1/5، 3 و 4 درصد پودر کاسنی به ترتیب 5/88، 5/96، 6/0 و log 6/12 CFU/mL شمارش گردید (جدول 3). همان‌طور که مشاهده می‌شود در مورد نمونه‌های حاوی پودر کاسنی از روز هفتم به بعد سیر رشد باکتری‌های پروبیوتیک نزولی می‌باشد در حالی که در مورد نمونه‌های حاوی اینولین تجاری از هفته دوم به بعد این کاهش رشد صورت می‌گیرد.

Tabel 3 Viability (log CFU/mL) of the probiotic bacteria (*Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis*) in the synbiotic yogurt

Treatment	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Lactobacillus acidophilus				
Control	4.42 ± 0.03^{g}	7.95 ± 0.05^{ed}	7.78 ± 0.04^{ef}	6.28 ± 0.06^{i}
1% Inulin	7.68 ± 0.02^{efg}	8.12 ± 0.04^{cd}	8.34 ± 0.03^{bc}	7.12 ± 0.03^{h}
2% Inulin	7.79 ± 0.04^{ef}	8.42 ± 0.03^{b}	8.35 ± 0.03^{bc}	7.67 ± 0.02^{efg}
3% Inulin	7.58 ± 0.01^{fg}	8.35 ± 0.02^{bc}	9.08 ± 0.02^{a}	8.45 ± 0.05^{b}
Control	4.42 ± 0.02^{gf}	7.95 ± 0.05^{b}	7.78 ± 0.04^{bcd}	6.28 ± 0.06^{i}
1.5% Chicory Extract	7.50 ± 0.03^{efg}	7.75 ± 0.04^{cde}	7.38 ± 0.05^{g}	6.33 ± 0.04^{i}
3 % Chicory Extract	7.65 ± 0.06^{def}	7.86 ± 0.02^{bc}	6.97 ± 0.03^{h}	6.21 ± 0.03^{i}
4% Chicory Extract	7.83 ± 0.04^{bc}	8.22 ± 0.02^{a}	7.55 ± 0.01^{def}	7.38 ± 0.02^{g}
Bifidobacterium lactis				
Control	7.86 ± 0.03^{g}	8.25 ± 0.02^{e}	7.96 ± 0.01^{fg}	5.88 ± 0.02^{k}
1% Inulin	7.91 ± 0.04^{fg}	8.35 ± 0.05^{ed}	8.98 ± 0.02^{b}	6.95 ± 0.04^{i}
2% Inulin	7.90 ± 0.02^{fg}	8.45 ± 0.06^{d}	9.08 ± 0.03^{b}	7.15 ± 0.05^{h}
3% Inulin	8.05 ± 0.06^{f}	9.25 ± 0.4^{a}	8.65 ± 0.03^{c}	6.48 ± 0.01^{j}
Control	7.86 ± 0.04^{b}	8.25 ± 0.06^{a}	7.96 ± 0.03^{b}	5.88 ± 0.06^{h}
1.5% Chicory Extract	7.88 ± 0.03^{b}	7.99 ± 0.05^{b}	6.88 ± 0.04^{e}	5.96 ± 0.03^{gh}
3 % Chicory Extract	7.85 ± 0.02^{b}	7.32 ± 0.04^{d}	6.45 ± 0.05^{f}	6.08 ± 0.01^{g}
4% Chicory Extract	7.65 ± 0.01^{c}	8.05 ± 0.03^{b}	7.22 ± 0.06^{d}	6.10 ± 0.02^{g}

* Different letters indicate significant differences at a confidence level of 95% (p<0.05).

4-4- ویژگی‌های رنگی

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن از لحاظ تاثیر پودر اینولین تجاری و پودر اینولین استخراج شده از ریسه کاسنی روی ویژگی‌های رنگی (L^*، a^* و b^*) نمونه‌های ماست سینبیوتیک در طی 3 هفته ماندگاری در دمای یخچال در جدول 4 نشان داده شده است. براساس نتایج تحلیل واریانس داده‌ها مشخص شد که تغییرات پارامترهای رنگی به طور معنی‌داری (p<0/05) وابسته به نوع اینولین بکار رفته می‌باشد.

همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود افزودن اینولین تجاری تاثیر قابل توجه‌ای بر تغییرات روشنی ظاهری نمونه‌های ماست ندارد، به‌طوری‌که میزان مولفه L^* برای نمونه‌های حاوی 1 تا 3 درصد اینولین در روز اول تولید 88/10 الی 90/89 اندازه‌گیری شد و پس از 3 هفته نگهداری نمونه‌های ماست به میزان 89/21-87/55 تغییر پیدا نمود که این اختلاف از نظر آماری معنی دار نبود (p>0/05). این تغییرات برای نمونه شاهد از مقدار 89/87 در روز اول تا 89/10 در هفته سوم بود که با نمونه‌های حاوی اینولین تجاری اختلاف معنی داری نداشت (p>0/05). این در حالی بود که اثر پودر کاسنی بر میزان روشنی ظاهری نمونه‌ها کاملا محسوس بود، به‌طوری‌که با افزودن این پودر به ماست از میزان روشنی ظاهری نمونه‌ها کاسته شد. میزان مولفه L^* برای تیمار حاوی 1/5 درصد 87/17 بود که با افزودن این ترکیب تا مقدار 4 درصد، به 78/81 کاهش یافت که این

اختلاف از نظر آماری بین تیمارها و همچنین نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار بود (p<0/05). با این وجود زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری روی تغییرات شاخص L^* نمونه‌ها نداشت.

در مورد شاخص قرمزی (a^*) نیز اینولین و زمان نگهداری تاثیر معنی داری بر تغییرات آن نداشت و مقدار این مولفه در محدوده 1/32- الی 1/62- تغییرات داشت که این اختلاف بین تیمارها و با نمونه شاهد معنی‌دار نبود (p>0/05). این در حالی بود که افزودن پودر کاسنی به معنی‌داری (p<0/05) سبب افزایش شاخص قرمزی (a^*) نمونه‌ها گردید به‌طوری‌که بیشترین مقدار این شاخص به نمونه ماست حاوی 4 درصد پودر کاسنی تعلق داشت. در غلظت یکسان پودر کاسنی، افزایش زمان نگهداری تاثیری بر تغییرات این پارامتر نداشت به‌طوری‌که در هفته سوم نگهداری میزان این شاخص برای نمونه‌های تحت تیمار به ترتیب برابر 0/35-، 0/60 و 1/68 اندازه‌گیری شد (جدول 4).

علاوه براین، نتایج نشان داد اینولین تجاری نیز روی شاخص b^* (شاخص زردی) نمونه‌های ماست سینبیوتیک در طی دوره نگهداری موثر نبود (p>0/05) و تغییرات مولفه زردی در محدوده 11/60- 10/70بود. در حالی‌که افزودن پودر کاسنی منجر به افزایش شاخص زردی ماست شد. نتایج همچنین حاکی از عدم تاثیر معنی‌دار زمان نگهداری روی شاخص زردی ماست می باشد (p>0/05).

Tabel 4 Color properties (L*, a and b) of different samples of the synbiotic yogurt

Treatment	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
		L^*		
Control	89.87±0.01^{a}	89.46±0.02^{a}	89.86±0.02^{a}	89.10±0.02^{ab}
1% Inulin	89.90±0.01^{a}	89.32±0.03^{a}	89.40±0.05^{a}	89.21±0.04^{ab}
2% Inulin	88.86±0.02^{b}	88.50±0.0b^{c}	88.10±0.0^{c}	88.42±0.04^{bc}
3% Inulin	88.10±0.03^{c}	88.80±0.02^{b}	87.35±0.03^{d}	87.55±0.05^{d}
Control	89.87±0.05^{a}	89.46±0.02^{a}	89.86±0.03^{a}	89.10±0.02^{ab}
1.5% Chicory Extract	87.17±0.04^{bc}	87.16±0.05^{bc}	87.15±0.02^{bc}	87.11±0.01^{bc}
3 % Chicory Extract	85.11±0.03^{c}	85.06±0.02^{c}	85.03±0.05^{c}	85.02±0.05^{c}
4% Chicory Extract	78.81±0.06^{d}	78.79±0.04^{d}	78.76±0.04^{d}	78.72±0.03^{d}
		a^*		
Control	-1.32±0.03^{b}	-1.35±0.01^{b}	-1.28±0.03^{ab}	-1.25±0.04^{ab}
1% Inulin	-1.40±0.02^{bc}	-1.48±0.02^{c}	-1.55±0.02^{d}	-1.50±0.05^{cd}
2% Inulin	-1.18±0.02^{a}	-1.11±0.04^{a}	-1.31±0.04^{ab}	-1.46±0.02^{c}
3% Inulin	-1.32±0.04^{ab}	-1.38±0.05^{bc}	-1.58±0.06^{d}	-1.69±0.03^{e}
Control	-1.32±0.04^{d}	-1.35±0.02^{d}	-1.28±0.03^{d}	-1.25±0.01^{d}
1.5% Chicory Extract	-0.31±0.05^{c}	-0.31±0.01^{c}	0.32±0.04^{c}	-0.35±0.02^{c}
3 % Chicory Extract	0.43±0.03^{b}	0.45±0.02^{b}	0.52±0.05^{b}	0.60±0.02^{b}
4% Chicory Extract	1.87±0.06^{a}	1.65±0.03^{a}	1.74±0.06^{a}	1.68±0.03^{a}
		b^*		
Control	10.98±0.02^{b}	11.08±0.04^{b}	11.02±0.04^{b}	11.20±0.04^{ab}
1% Inulin	11.56±0.03^{a}	11.45±0.05^{a}	11.50±0.03^{a}	11.60±0.06^{a}
2% Inulin	11.43±0.06^{a}	11.40±0.03^{a}	11.35±0.05^{a}	11.42±0.04^{a}
3% Inulin	10.87±0.05^{c}	10.80±0.01^{c}	10.70±0.02^{c}	10.75±0.05^{c}
Control	10.98±0.04^{c}	11.08±0.01^{c}	11.02±0.03^{c}	11.20±0.02^{c}
1.5% Chicory Extract	12.75±0.02^{b}	12.74±0.03^{b}	12.73±0.04^{b}	12.73±0.03^{b}
3 % Chicory Extract	13.42±0.01^{b}	13.44±0.04^{b}	13.45±0.05^{b}	13.46±0.01^{b}
4% Chicory Extract	15.19±0.05^{a}	15.17±0.05^{a}	15.13±0.06^{a}	15.09±0.02^{a}

* Different letters indicate significant differences at a confidence level of 95% (p<0.05).

4-5- ارزیابی حسی

جدول 5 نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های حسی (رنگ، قوام و بافت، طعم و مزه و پذیرش کلی) نمونه‌های ماست سینبیوتیک حاوی مقادیر مختلف اینولین تجاری و پودر ریشه کاسنی و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در طی دوره نگهداری 3

هفته‌ای در دمای یخچال را نشان می‌دهد. نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که خصوصیات حسی مورد آزمون بجز رنگ، با افزایش مقدار اینولین بهبود می‌یابند. این تفاوت در مورد تمام خصوصیات نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار بود و تنها رنگ نمونه‌های حاوی اینولین تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد نداشت ($p>0/05$). امتیاز بافت و قوام محصول، برای نمونه شاهد در روز تولید امتیاز آن برابر 4 بود که در طول سه هفته نگهداری این امتیاز به 3 کاهش پیدا کرد در حالی‌که این تغییرات برای نمونه حاوی 3 درصد اینولین از امتیاز 5 در روز اول به امتیاز 4/3 در هفته سوم رسید. در مورد طعم و مزه بیشترین امتیاز به نمونه حاوی 2 درصد اینولین تجاری تعلق داشت که در پایان دوره نگهداری برابر 4/13 بود که امتیاز قابل قبولی از نظر مصرف کننده بود.

Tabel 5. Sensory evaluation of different samples of the synbiotic yogurt

Treatment	Day 1	Day 7	Day 14	Day 21
Color				
Control	4.50±0.05^{abc}	4.70±0.06^{a}	4.30±0.05^{abc}	4.00±0.00^{c}
1% Inulin	4.60±0.03^{ab}	4.80±0.07^{a}	4.50±0.04^{abc}	4.50±0.04^{abc}
2% Inulin	4.50±0.02^{abc}	4.50±0.06^{abc}	4.30±0.06^{abc}	4.30±0.01^{abc}
3% Inulin	4.60±0.03^{ab}	4.50±0.05^{abc}	4.10±0.02^{bc}	4.10±0.03^{abc}
Control	4.50±0.05^{ab}	4.70±0.02^{a}	4.30±0.03^{bc}	4.00±0.00^{cd}
1.5% Chicory Extract	4.00±0.00^{cd}	3.70±0.03^{ed}	3.50±0.07^{e}	3.60±0.05^{e}
3 % Chicory Extract	3.50±0.06^{e}	3.50±0.05^{e}	3.00±0.00^{f}	3.00±0.00^{f}
4% Chicory Extract	3.00±0.00^{f}	2.50±0.05^{g}	3.00±0.00^{f}	2.80±0.05^{fg}
Texture				
Control	4.00±0.00^{cde}	4.00±0.00^{cde}	3.50±0.05^{e}	3.00±0.00^{f}
1% Inulin	4.30±0.02^{bc}	4.20±0.05^{bcd}	4.00±0.00^{cde}	3.70±0.02^{ed}
2% Inulin	4.50±0.05^{abc}	4.00±0.00^{cde}	4.30±0.04^{bc}	4.00±0.00^{cde}
3% Inulin	5.00±0.00^{a}	4.50±0.05^{abc}	4.60±0.05^{ab}	4.30±0.04^{bc}
Control	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	3.50±0.02b^{c}	3.00±0.00^{d}
1.5% Chicory Extract	4.00±0.00^{a}	3.50±0.04^{bc}	3.50±0.04b^{c}	3.70±0.05^{ab}
3 % Chicory Extract	3.80±0.06^{ab}	3.50±0.05^{bc}	3.20±0.05c^{d}	2.90±0.06^{d}
4% Chicory Extract	3.50±0.05^{bc}	3.00.00^{d}	3.00±0.00^{d}	2.50±0.07^{e}
Flavour				
Control	4.13±0.03^{c}	4.60±0.04^{b}	3.56±0.03^{d}	3.16±0.05^{e}
1% Inulin	4.56±0.02^{b}	4.56±0.06^{b}	4.10±0.04^{c}	4.03±0.03^{c}
2% Inulin	5.00±0.00^{a}	4.90±0.07^{a}	4.63±0.06^{b}	4.13±0.02^{c}
3% Inulin	4.95±0.02^{a}	4.53±0.08^{b}	4.05±0.02^{c}	3.86±0.04^{c}
Control	4.13±0.04^{b}	4.60±0.05^{a}	3.56±0.02^{d}	3.16±0.03^{ef}
1.5% Chicory Extract	4.20±0.02^{b}	4.00±0.00^{bc}	3.50±0.06^{d}	3.00±0.00^{f}
3 % Chicory Extract	4.00±0.00^{bc}	3.70±0.04^{cd}	3.40±0.05^{ed}	3.00±0.00^{f}
4% Chicory Extract	3.70±0.03^{cd}	3.00±0.00^{f}	2.50±0.03^{g}	2.00±0.00^{h}
Acceptability				
Control	4.00±0.00^{bcd}	4.00±0.00^{bcd}	3.50±0.05^{ed}	3.00±0.00^{e}
1% Inulin	4.30±0.03^{abc}	4.50±0.04^{ab}	4.00±0.00^{bcd}	3.50±0.04^{ed}
2% Inulin	4.70±0.04^{a}	4.80±0.02^{a}	4.00±0.00^{bcd}	3.80±0.03^{cd}
3% Inulin	4.80±0.05^{a}	4.40±0.06^{abc}	4.00±0.00^{bcd}	4.00±0.00b^{cd}
Control	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	3.50±0.04^{bc}	3.00±0.00^{d}
1.5% Chicory Extract	4.00±0.00^{a}	4.00±0.00^{a}	3.80±0.05^{ab}	3.70±0.05^{abc}
3 % Chicory Extract	3.50±0.05^{bc}	3.40±0.05^{c}	3.00±0.00^{d}	3.00±0.00^{d}
4% Chicory Extract	3.00±0.00^{f}	2.50±0.04^{f}	2.00±0.00^{e}	2.00±0.00^{d}

نتایج اثر پودر اینولین استخراج شده از ریشه کاسنی بر ویژگی‌های حسی ماست سینبیوتیک نیز نشان داد نمونه‌های حاوی پودر ریشه کاسنی دارای امتیاز رنگ کمتری نسبت به نمونه شاهد بودند و با افزایش غلظت این ترکیب از امتیاز نمونه‌ها بیشتر کاسته شد. به‌طوری‌که بیشترین امتیاز رنگ به نمونه شاهد و کمترین آن نیز در نمونه حاوی 4 درصد بدست آمد. ارزیابی امتیاز حسی نمونه‌های

ماست سینبیوتیک از لحاظ بافت نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و نمونه حاوی 1/5 درصد پودر کاسنی وجود ندارد ولی با افزایش غلظت این ترکیب تا سطح 3 و 4 درصد از امتیاز حسی نمونه‌ها نیز به‌طور قابل توجه‌ای کاسته می‌شود. همچنین مشخص شد که پودر کاسنی در غلظت 1/5 درصد تاثیر منفی بر امتیاز طعم و مزه نمونه‌های ماست نداشت و با نمونه شاهد در یک سطح بودند ولی افزایش غلظت آن، تاثیر منفی روی امتیاز طعم و مزه نمونه‌ها گذاشت به‌طوری‌که کمترین امتیاز طعم به نمونه حاوی 4 درصد پودر کاسنی تعلق گرفت (جدول 5). به‌طور کلی امتیاز پذیرش کلی نشان داد که پودر کاسنی در غلظت 1/5 درصد از نظر ارزیاب‌ها مورد پسند قرار گرفت و حتی امتیاز آن اندکی بالاتر از نمونه شاهد بود ولی افزایش غلظت این ترکیب سبب افت امتیاز حسی گردید به‌طوری‌که در روزهای پایانی دوره نگهداری نمونه‌های حاوی 4 درصد پودر کاسنی اصلا قابل قبول نبودند.

5- بحث

5-1- اسیدیته و pH

همان‌طور که نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد در طی دوره نگهداری اسیدیته در نمونه شاهد، نمونه‌های حاوی اینولین و پودر کاسنی افزایش و متناسب با آن میزان pH نمونه‌های ماست سینبیوتیک کاهش یافت. بعلاوه در مدت زمان ثابت نگهداری، اضافه شدن غلظت اینولین تجاری و پودر اینولین حاصل از کاسنی در مقادیر مختلف توانست باعث افزایش اسیدیته و کاهش pH در نمونه‌های ماست سینبیوتیک شد. براساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان کرد که افزایش غلظت اینولین نیز باعث کاهش pH نمونه‌های ماست سینبیوتیک خواهد شد. علت بالا رفتن اسیدیته و کاهش pH می‌تواند افزایش ماده خشک محصول و تحریک فعالیت متابولیکی باکتری‌های استارتر تولید کننده اسید توسط ترکیبات هیدروکلوئیدی مانند اینولین باشد [24]. تغییر اسیدیته در طول نگهداری به خودی خود خوب است اما این تغییر می‌تواند مربوط استارترها (مایه ماست) باشد. به طور مشابه Akin و همکاران (2007)، گزارش کردند که با افزایش اینولین در بستنی، اسیدیته نیز به طور معنی داری افزایش می‌یابد. افزودن اینولین در نمونه و به دنبال آن تشکیل حالت ژلی سبب تاخیر در غیرفعال شدن استارترها هنگام نگهداری در یخچال و بنابراین افزایش اسیدیته و کاهش pH می‌شود [25].

در مورد نمونه‌های ماست حاوی پودر اینولین حاصل از کاسنی نسبت به نمونه‌های حاوی اینولین تجاری میزان اسیدیته به میزان کمتری افزایش یافت در حالی‌که غلظت مصرفی پودر اینولین استخراجی بیشتر از اینولین تجاری بود. احتمالا علت موثرتر بودن اینولین تجاری بر تغییرات اسیدیته و pH نسبت به پودر اینولین استخراجی، ناخالصی‌های موجود در پودر کاسنی و میزان کربوهیدرات بیشتر در اینولین تجاری باشد، بدین معنی که توسط میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک استارتر کمتر مصرف شده و یا در مصرف لاکتوز شیر اختلال ایجاد کرده است، در نتیجه میزان اسید کمتری نیز در طول مدت زمان تخمیر در نمونه‌های حاوی پودر اینولین استخراجی تولید شده است. همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان نگهداری میزان اسیدیته نمونه‌ها افزایش و در نتیجه مقدار pH نمونه‌های ماست سینبیوتیک کاهش پیدا کرد که این کاهش در میزان pH، به دلیل فعالیت باکتری‌های استارتر ماست در طی انبارداری است. Haissa و همکاران (2008)، اظهار کردند که با افزودن اینولین در پنیر سوئیسی، میزان اسیدیته افزایش و pH کاهش می‌یابد [26]. با این وجود، Guggisberg و همکاران (2009)، با افزودن اینولین به ماست کم چرب بیان کردند که اینولین تاثیر معنی‌داری بر pH ندارد اما به طور قابل توجه‌ای روی بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و ارگانولپتیکی محصول نهایی موثر است [27]. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده توسط صورت پذیرفته توسط Mehmood و همکاران (2008)، pH ماست در طی دوره نگهداری با استفاده از ترکیبات قوام دهنده و پایدار کننده کاهش می‌یابد. همان‌طورکه ذکر شد علت پایین آمدن pH با افزودن ترکیباتی مانند اینولین و یا پودر کاسنی، افزایش ماده خشک و تحریک فعالیت متابولیکی باکتری‌های استارتر می‌باشد که در این میان بسته به نوع ترکیب افزوده شده و میزان مناسب بودن آن برای مصرف باکتری‌های استارتر، میزان این تغییرات متفاوت خواهد بود [28].

5-2- ویسکوزیته ماست

ویسکوزیته ماست تحت تاثیر عوامل متعددی مانند ترکیبات تشکیل دهنده به‌ویژه چربی و پایدارکننده، نوع و کیفیت اجزا، فراوری مخلوط، غلظت و دما می‌باشد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان

ویسکوزیته نشان داد که نمونه‌های دارای اینولین تجاری ویسکوزیته بالاتری نسبت به نمونه شاهد داشتند، که این افزایش ویسکوزیته با افزایش غلظت اینولین رابطه مستقیم داشت. بنابراین در میان تمامی نمونه‌ها بیشترین و کمترین ویسکوزیته به ترتیب در نمونه‌های حاوی 3 درصد اینولین تجاری و نمونه شاهد مشاهده شد که این روند در طول دوره نگهداری نیز ادامه یافت. با بررسی اثر غلظت‌های مختلف پودر ریشه کاسنی بر ویسکوزیته محصول نهایی در طول زمان نگهداری مشخص شد که این ترکیب تاثیر منفی بر قوام و ویسکوزیته ماست سینبیوتیک دارد. به‌طوری‌که در زمان ثابت نگهداری، بیشترین و کمترین مقدار ویسکوزیته به ترتیب مربوط به نمونه شاهد و نمونه حاوی 4 درصد پودر کاسنی بود. همان‌طور که نتایج نشان داد ویسکوزیته نمونه شاهد با گذشت زمان نگهداری افزایش معنی‌داری یافت ($p<0/05$) در حالی‌که نمونه‌های حاوی پودر کاسنی در غلظت ثابت با گذشت زمان نگهداری کاهش معنی‌داری ($p<0/05$) را در قوام و ویسکوزیته ماست نشان دادند. با افزایش زمان نگهداری ویسکوزیته نمونه‌ها هم در نمونه شاهد و هم نمونه‌های حاوی اینولین افزایش پیدا کرد که احتمالا ناشی از بازآرایی پروتئین‌ها و تغییرات اتصالی پروتئین-پرتئین می‌باشد [19]. افزایش هیدراسیون نیز می‌تواند دلیل دیگر افزایش ویسکوزیته با گذشت زمان باشد [21]. افزایش ویسکوزیته در اثر افزودن اینولین را می‌توان به خاصیت جاذب الرطوبه بودن اینولین و توانایی باند کردن آب نسبت داد [29]. وقتی اینولین با آب یا هر مایع دیگر مخلوط می‌شود، کریستال‌های میکرونی ذرات اینولین، شبکه ژلی سه بعدی را تشکیل می‌دهند که سبب می‌شود مقادیر زیادی آب در این شبکه بی حرکت باقی بماند و حالت فیزیکی محلول را تثبیت کند [30]. کاهش ویسکوزیته و افزایش آب اندازی در ماست‌های میوه‌ای به ویژه با افزایش مقدار پوره یا عصاره میوه توسط محققان مختلفی گزارش شده است [31، 32]. این پژوهشگران گزارش کردند که افزودن بخش میوه‌ای به ماست به دلیل کاهش ظرفیت نگهداری آب توسط پروتئین‌های شیر منجر به کاهش قوام ماست و افزایش سینرزیس آن می‌شوند که برای جلوگیری و یا کاهش این تاثیر منفی میوه در ماست‌های میوه‌ای استفاده از پایدارکننده‌هایی مانند نشاسته، انواع صمغ‌ها، ژلاتین و پکتین را پیشنهاد کرده‌اند.

3-5- آب اندازی (سینرزیس)

یکی از مهم‌ترین اهداف صنعت، تولید ماستی مطلوب با حداقل آب اندازی در طی نگهداری و یا حمل و نقل است. ساختار ماست را می‌توان به صورت شبکه سه بعدی از زنجیره‌ها و خوشه‌های میسل‌های کازئین که شکل کروی خود را حفظ کرده‌اند، تعریف کرد. آب اندازی عموماً به دلیل تغییر و شکست در شبکه پروتئینی ماست، چروکیدگی ساختار آن و کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر به شبکه کازئینی در طی نگهداری و اعمال تنش رخ می‌دهد [33]. به نظر می‌رسد که آب اندازی به میزان گسترده‌ای با مقدار ترکیبات کازئینی شیر و یا افزودن پایدار کننده‌ها ارتباط دارد. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که با افزایش غلظت اینولین از 1 تا 3 درصد در نمونه‌های ماست، میزان آب اندازی روندی نزولی داشت. سینرزیس ماست در غلظت ثابتی از اینولین تجاری، با گذشت زمان نگهداری در دمای 4 درجه سلسیوس افزایش نشان داد. همچنین افزودن پودر کاسنی تاثیر منفی بر قوام و سفتی ماست داشت، بدین معنی که باعث افزایش آب اندازی نمونه‌های ماست گردید و با افزایش غلظت این ترکیب در ماست از 1/5 تا 4 درصد، بر میزان سینرزیس نمونه‌های ماست افزوده شد. آب اندازی عموماً به دلیل تغییر و شکست در شبکه پروتئینی ماست، چروکیدگی ساختار آن و کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های آب پنیر به شبکه کازئینی در طی نگهداری و اعمال تنش رخ می‌دهد. اضافه کردن اینولین به شیر ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی ماست را تغییر می‌دهد، ماست حاوی اینولین نقطه تنش و استحکام کمتری نسبت به ماست‌های بدون اینولین دارند، استحکام بافت ماست به طور مستقیم به ماده جامد و به طور مشخص به محتوی پروتئین و نوع و مقدار پروتئین وابسته است. محتوی پروتئینی بیشتر باعث افزایش ارتباط متقابل شبکه ژل می‌شود. علاوه بر این، مولکول‌های اینولین در میسل کازئین پراکنده شده و در نتیجه با ماتریس پروتئینی تداخل پیدا کردند، در گزارش‌های دیگر این عمل باعث تشکیل ژل‌های نرم‌تر در ماست می‌شود. احتمالا اینولین دارای اثر مثبت بر احساس دهانی خامه‌ای محصول باشد، چون اینولین یک عامل اتصال دهنده با آب و با ترکیب با دانه‌های پروتئین به عنوان قوام دهنده عمل می‌کند [34]. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج گزارش شده توسط بسیاری از محققین مطابقت داشت. به طور مشابه Sahan و همکاران (2008)، نشان دادند که

افزودن بتاگلوکان به ماست بدون چربی سبب بهبود ویژگی‌های کیفی فرآورده و کاهش آب اندازی می‌شود [19].

4-5- بقاء میکروارگانیسم های پروبیوتیک ماست

امروزه با توجه به افزایش مقبولیت و مصرف ماست، نکته مهم پایداری باکتری‌های پروبیوتیک به کار رفته در محصول است تا این باکتری‌ها بتوانند بیش‌ترین تاثیر مثبت خود را بر جای گذارند. اثرات سلامت بخش پروبیوتیک‌ها از طریق فعالیت زیستی آن‌ها در بدن، پس از استقرار در بخش‌های مختلف ایجاد می‌شود. امروزه *لاکتوباسیلوس‌ها* و *بیفیدوباکترها* بخش اعظم کشت‌های آغازگر پروبیوتیکی را تشکیل می‌دهند و به شکل گسترده‌ای از آن‌ها در تولید فرآورده‌های غذایی پروبیوتیکی استفاده می‌شود. این فرآورده‌ها اغلب از نوع لبنی هستند چرا که علاوه بر ارزش تغذیه‌ای مناسب، شیر محیط مناسبی را برای این میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کند [35]. در پژوهش حاضر نیز از استارتری استفاده گردید که علاوه بر باکتری‌های آغازگر معمولی ماست (شامل *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*)، حاوی دو باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس ترموفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* بود. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که در نمونه شاهد تعداد کلنی باکتری *لاکتوباسیلوس ترموفیلوس* پس از یک هفته نگهداری افزایش یافت ولی پس از آن با گذشت زمان نگهداری تا هفته سوم از تعداد این باکتری پروبیوتیک کاسته شد. برای ماست‌های حاوی مقادیر مختلف اینولین تجاری نیز روند نسبتاً مشابه‌ای بدست آمد ولی شمارش این باکتری بیشتر از نمونه شاهد بود. نتایج نشان داد در نمونه‌های ماست حاوی اینولین تجاری نیز در هفته آخر نگهداری، رشد باکتری‌های پروبیوتیک سیر نزولی داشت. در مورد اثر اینولین تجاری بر باکتری بیفیدوباکتریوم نیز روند مشابهی بدست آمد با این تفاوت که شمارش این باکتری نسبت به *لاکتوباسیلوس ترموفیلوس* کمتر بود. علاوه بر این، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که به‌طور کلی پودر ریشه کاسنی در غلظت‌های پایین تاثیر قابل توجه‌ای بر رشد باکتری‌های پروبیوتیک ندارد ولی در غلظت‌های بالاتر تا حدودی موجب رشد بیشتر این باکتری‌ها و افزایش قدرت زنده‌مانی آن‌ها در طول نگهداری می‌شود، ولی نسبت به اینولین تجاری تاثیر کمتری داشت. در مورد اثر پودر کاسنی بر *بیفیدوباکتریوم* نیز تقریبا نتیجه مشابهی حاصل گردید با این تفاوت که سرعت کاهش این باکتری نسبت به *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در پایان دوره نگهداری به مراتب بیشتر بود. به طور کلی باید گفت در مقایسه با نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی اینولین استخراج شده از کاسنی، ماندگاری باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های حاوی اینولین تجاری بهتر بود. بهبود زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در نمونه‌های حاوی اینولین را می‌توان به خاصیت ژل دهندگی و نفوذ کمتر اکسیژن طی مرحله رساندن نسبت داد که باعث می‌شود آسیب کمتری به پروبیوتیک‌ها برسد. علاوه بر این اینولین می‌تواند مانند یک پایدارکننده عمل کند و با بهبود بافت محصول و ممانعت از رشد کریستال‌های یخ در طی دوره نگهداری، سبب جلوگیری از آسیب به دیواره سلولی پروبیوتیک‌ها و بنابراین مانع از افت قابل توجه آن‌ها شود [36]. همچنین، با افزایش ماده جامد شیر بدلیل فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌های استارتر، میزان اسیدیته افزایش و pH کاهش می‌یابد و در نتیجه منجر به استحکام بیشتر شبکه ژلی ماست می‌شود. بنابراین به‌طور کلی ترکیبات افزودنی که منجر به افزایش ماده خشک ماست می‌گردد، رشد، تکثیر و فعالیت میکروارگانیسم‌های استارتر ماست را افزایش می‌دهند. بر این اساس اینولین و پودر کاسنی که سبب افزایش ماده خشک شیر می‌شوند بر فعالیت و رشد استارتر ماست نیز تاثیر مثبت گذاشته و با شیب ملایمی منجر به افزایش قابلیت زنده‌مانی آن‌ها می‌شوند. از طرفی طبق نتایج، تاثیر اینولین در مقایسه با پودر کاسنی در افزایش میزان ماده جامد ماست و کاهش سینرزیس به مراتب بیشتر است. بنابراین در افزایش فعالیت استارتر ماست نیز تاثیر اینولین بیشتر می‌باشد. از طرف دیگر باکتری‌های استارتر ماست جزو مزوفیل‌ها هستند و در شرایط دمایی 40-35 درجه سلسیسوس بیشترین رشد و تکثیر را دارند ولی از آنجایی‌که نمونه‌های ماست در یخچال نگهداری می‌شوند لذا شرایط رشد مطلوب استارتر فراهم نبوده و منجر به رشد و تکثیر آهسته این میکروارگانیسم‌ها می‌شود. همچنین تولید مقادیر زیاد اسید توسط باکتری‌های آغازگر ماست و عدم وجود ترکیبات محرک رشد نظیر پری بیوتیک‌ها از دلایل کاهش معنی‌دار تعداد باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه شاهد است [38]. بنابراین قابلیت زیستی باکتری‌های پروبیوتیک در ماست، طی تخمیر و نگهداری یخچالی، دو جنبه مهم تولید ماست سینبیوتیک است که یکی از راه‌های افزایش قابلیت زیستی پروبیوتیک‌ها در محصول، افزودن ترکیبات پری‌بیوتیک است. Akalin و Erisir (2008)، اثر افزودن الیگوفروکتوز یا اینولین بر ویژگی‌های رئولوژیکی و بقاء *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*

و *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* در بستنی کم چرب نگهداری شده در دمای 18- درجه سلسیوس را به مدت 90 روز بررسی نمودند. نتایج حاصل از این مطالعه این محققین نشان داد بیشترین تعداد *بیفیدوباکتریوم انیمالیس* در طول 90 روز نگهداری، در بستنی حاوی الیگوفروکتوز بدست آمد که بالاتر از حداقل پیشنهادی (10^6 CFU/g) بود. طبق نتایج آن‌ها تعداد *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس*، هنگامی که سطح اینولین زیاد شد، افزایش پیدا کرد که به دلیل اثرات پری بیوتیکی اینولین می‌باشد [37]. Takahashi و همکاران (2004)، بیان نمودند که اسیدیته و pH از عوامل بسیار مهم در ارتباط با پروبیوتیک‌ها می‌باشند. لذا این محققین اظهار داشتند که بقای *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* در فرآورده‌هایی با اسیدیته پایین (تخمیر کم) مانند ماست کم اسید، برخی پنیرها و فرآورده‌های تخمیری پروبیوتیک مانند بستنی به طور معنی‌داری بالاتر از فرآورده‌های تخمیر کامل نظیر ماست است [38].

5-5- ویژگی‌های رنگی

رنگ ماده غذایی فراهم آورنده ظاهری زیبایی و جذاب برای ماده غذایی محسوب می‌شود. مطالعات نشان داده که مصرف کنندگان به ترتیب اهمیت خصوصیات سلامتی و بهداشتی، رنگ و در مرتبه سوم مزه غذا را پارامترهای موثر در انتخاب یک ماده غذایی می‌دانند. در طی این پژوهش مشخص شد افزودن اینولین تجاری تاثیر قابل توجه‌ای بر تغییرات روشنی ظاهری نمونه‌های ماست نداشت اما اثر پودر کاسنی بر میزان روشنی ظاهری نمونه‌ها کاملا محسوس بود، به‌طوری‌که با افزودن این پودر به ماست از میزان روشنی ظاهری نمونه‌ها کاسته شد. با این وجود زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری روی تغییرات شاخص روشنایی (L^*) نمونه‌ها نداشت. در مورد شاخص قرمزی (a^*) نیز اینولین و زمان نگهداری تاثیر معنی داری بر تغییرات آن نداشت. با این وجود افزودن پودر کاسنی به معنی‌داری ($p<0/05$) سبب افزایش شاخص قرمزی (a^*) نمونه‌ها گردید به‌طوری‌که بیشترین مقدار این شاخص به نمونه ماست حاوی 4 درصد پودر کاسنی تعلق داشت. در غلظت یکسان پودر کاسنی، افزایش زمان نگهداری تاثیری بر تغییرات این پارامتر نداشت. همچنین، نتایج نشان داد اینولین تجاری نیز روی شاخص b^* (شاخص زردی) نمونه‌های ماست سینبیوتیک در طی دوره نگهداری موثر نبود ($p>0/05$). در حالی‌که افزودن پودر کاسنی منجر به افزایش شاخص زردی ماست شد. نتایج همچنین حاکی از عدم تاثیر معنی‌دار زمان نگهداری روی شاخص زردی ماست بود ($p>0/05$). اینولین ماده‌ای سفید رنگ و هم رنگ شیر می‌باشد بنابراین قابل انتظار است که تاثیری بر رنگ شیر نداشته باشد و علت کاهش اندک مولفه L^* در اثر افزودن اینولین نیز احتمالا ناشی از افزایش ماده خشک و جلوگیری از بازتاب نور باشد. اما علت تیره‌تر شدن رنگ نمونه‌های ماست حاوی پودر کاسنی، رنگ تیره پودر ریشه این گیاه می‌باشد. بنابراین هر چقدر غلظت این پودر بیشتر شود مسلما رنگ ماست تیره‌تر خواهد شد و منجر به کاهش پذیرش این محصول از طرف مصرف کننده نیز خواهد شد. روشنی شیر در واقع به دلیل حضور ذرات کلوییدی مثل گلبول‌های چربی و میسل‌های کازئینی می‌باشد و روی پذیرش مصرف کننده اثر مثبتی دارد [39]. امیری‌عقدایی و همکاران (1389)، با بررسی ویژگی‌های رنگی نمونه‌های ماست دارای موسیلاژ دانه ریحان گزارش دادند میزان شاخص L^* با افزودن هیدروکلویید به نمونه‌ها کاهش می‌یابد. این محققین عنوان کردند از آن جا که شاخص روشنی نمونه تا حد زیادی بستگی به آب موجود در سطح نمونه دارد و هیدروکلوییدها سبب جذب آب می‌شوند، بنابراین شاخص L^* را نسبت به نمونه شاهد کاهش داده‌اند. همچنین این محققین بیان کردند که شاخص‌های a^* و b^* با افزایش میزان غلظت موسیلاژ ریحان افزایش می‌یابند که علت این امر را به رنگ تیره موسیلاژ به تغییرات ایجاد شده هنگام پاستوریزاسیون نسبت دادند، زیرا هنگام پاستوریزاسیون ممکن است بعضی رنگدانه‌ها آزاد شده و علاوه بر این ممکن است ناپایداری میسل‌های کازئین، سبب بالا رفتن شاخص‌های a^* و b^* شود [40]. Staffolo و همکاران (2004)، نیز گزارش دادند که افزودن فیبر به ماست سبب کاهش شاخص روشنی ماست می‌شود [41]. اما Garcia-Perez و همکاران (2005)، دلیل افزایش شاخص b^* را به تغییرات pH و تغییر در ساختار میسل‌های کازئین نسبت دادند [39].

6-5- خصوصیات حسی محصول نهایی

اساساً اندازه‌گیری کیفیت یک فرآورده بر اساس اطلاعات دریافتی از پنج حس بینایی، شنوایی، بویایی، چشایی و لامسه ارزیابی حسی گفته می‌شود که این روش بهترین راه برای ارزیابی طعم و بافت در انواع غذاهای جدید به ویژه غذاهای ترکیبی (فرموله) در مراحل اولیه توسعه می‌باشد. نتایج تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که خصوصیات حسی مورد آزمون بجز رنگ، با افزایش مقدار اینولین بهبود می‌یابند. نتایج اثر پودر اینولین استخراج شده از ریشه کاسنی بر ویژگی‌های حسی ماست سینبیوتیک نیز نشان داد نمونه‌های حاوی پودر ریشه کاسنی دارای امتیاز رنگ کمتری نسبت به نمونه شاهد بودند و با افزایش غلظت این ترکیب از امتیاز نمونه‌ها بیشتر کاسته شد. ارزیابی امتیاز حسی نمونه‌های ماست سینبیوتیک از لحاظ بافت، طعم و مزه و پذیرش کلی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و نمونه حاوی 1/5 درصد پودر کاسنی وجود ندارد ولی با افزایش غلظت این ترکیب تا سطح 3 و 4 درصد از امتیاز حسی نمونه‌ها نیز به‌طور قابل توجه‌ای کاسته می‌شود. علت اینکه میزان طعم محصول در مقادیر زیاد اینولین (3 درصد) کاهش می‌یابد این است که در این غلظت‌ها به یکباره ویسکوزیته و قوام بافت ماست افزایش یافته و این امر باعث کند شدن حرکت ماکرومولکول ها در فضای پیچیده مولکولی به وجود آمده می شود [42]. این کندی حرکت در ترکیبات فرار و طعم‌زایی ماست نیز به وقوع می پیوندد و در نتیجه این ترکیبات به میزان کمتر در دهان آزاد شده و بر روی ارزیابی حسی طعم نیز تأثیر می‌گذارند [43]. بعلاوه ایجاد تلخی در محصول لبنی توسط هیدروکلوییدها، می‌تواند بر اثر افزایش اسیدیته، تولید طعم چربی و بافت لزج از دلایل عدم رضایت ارزیابان باشد که با نتایج ما مطابقت دارد [44].

براساس مطالعات انجام شده مشخص شده است که اینولین‌های با درجه پلیمریزاسیون بالای 10 در محیط‌های آبی به صورت میکروکریستال‌ها و یا تکه‌های کوچک ژل حل می‌گردند این میکروکریستال‌ها در دهان احساس دهانی چرب ایجاد می‌کنند. از این خاصیت در تولید ماست بدون چربی، شکلات، پنیرهای تقلیدی، بستنی و سوسیسهای تخمیری کم چرب استفاده می‌شود [45]. Staffolo و همکاران (2004)، با بررسی تاثیر برخی از فیبرهای رژیمی بر خواص حسی ماست بیان کردند نمونه‌های حاوی اینولین بیشترین امتیاز مربوط به طعم را کسب کرده‌اند [41].

6- نتیجه گیری کلی

در این تحقیق اثر پودر اینولین حاصل از ریشه کاسنی تولیدی در منطقه اصفهان و اینولین تجاری به‌عنوان ترکیبات پری بیوتیک برویژگی های فیزیکوشیمیایی، حسی و زنده مانی پروبیوتیک ها ماست کم چرب طی 21 روز نگهداری در دمای یخچال بررسی و مقایسه گردید. نتایج نشان داد به‌طور کلی پودر حاصل از ریشه کاسنی به دلیل ناخالصی بیشتر و در نتیجه میزان کربوهیدرات و اینولین کمتر نسبت به اینولین تجاری، تاثیر منفی بر سینرزیس، ویسکوزیته و در نتیجه پذیرش کلی ماست سینبیوتیک داشت و کیفیت رنگی ماست را بویژه در غلظت‌های بالاتر کاهش داد. همچنین مشخص شد در مقایسه با نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی اینولین استخراج شده از کاسنی، ماندگاری باکتری‌های پروبیوتیک در نمونه‌های حاوی اینولین تجاری بهتر بود. بنابراین در مجموع با توجه به نتایج آنالیز دستگاهی و حسی حاصل از این تحقیق، مشخص شد که نمونه‌های حاوی 3-2 درصد اینولین و یا 1/5 درصد پودر کاسنی از کیفیت و پذیرش قابل قبولی برخوردار بودند و به‌عنوان غلظت‌های مناسب در تولید ماست سینبیوتیک پیشنهاد می‌شود. لازم به ذکر است که با توجه به خاصیت پری‌بیوتیکی اینولین و پودر کاسنی، فرآورده نهایی یک محصول غذایی و دارویی فراویژه می‌باشد.

7- منابع

[1] Buttriss, J. (1997). Nutritional properties of fermented milk products.International Journal of Dairy Technology, 50(1), 21-27.

[2] Preedy, V. R., Srirajaskanthan, R., & Patel, V. B. (2013). Handbook of food fortification and health. From Concepts to Public Health Applications, 2013.

[3] Stanton, C., Gardiner, G., Meehan, H., Collins, K., Fitzgerald, G., Lynch, P. B., & Ross, R. P. (2001). Market potential for probiotics. The American journal of clinical nutrition, 73(2), 476s-483s.

[4] Campieri, M., & Gionchetti, P. (2001). Bacteria as the cause of ulcerative colitis. Gut, 48(1), 132-135.
[5] Vemuri, P. K., Velampati, R. H. P., & Tipparaju, S. L. (2014). Probiotics: a novel approach in improving the values of human life. Int J Pharm Pharm Sci, 6(1), 41-43.
[6] González-Tomás, L., Bayarri, S., & Costell, E. (2009). Inulin-enriched dairy desserts: Physicochemical and sensory aspects. Journal of Dairy Science, 92(9), 4188-4199.
[7] Valero-Cases, E., & Frutos, M. J. (2015). Effect of different types of encapsulation on the survival of Lactobacillus plantarum during storage with inulin and in vitro digestion. LWT-Food science and technology, 64(2), 824-828.
[8] Guarner, F., Khan, A. G., Garisch, J., Eliakim, R., Gangl, A., Thomson, A., ... & Fedorak, R. (2012). World gastroenterology organisation global guidelines: probiotics and prebiotics october 2011. Journal of clinical gastroenterology, 46(6), 468-481.
[9] Wang, Y., Huang, X., & Nie, S. (2018). Novel Prospective of Wild Mushroom Polysaccharides as Potential Prebiotics. In Biology of Macrofungi (pp. 211-226). Springer, Cham.
[10] Schaafsma, G. and Slavin, J.L., 2015. Significance of inulin fructans in the human diet. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 14(1), pp.37-47.
[11] Mensink, M. A., Frijlink, H. W., van der Voort Maarschalk, K., & Hinrichs, W. L. (2015). Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. Carbohydrate polymers, 130, 405-419.
[12] Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., ... & Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits and food applications. Carbohydrate polymers, 147, 444-454.
[13] Paseephol, T., Small, D., & Sherkat, F. (2007). Process optimisation for fractionating Jerusalem artichoke fructans with ethanol using response surface methodology. Food Chemistry, 104(1), 73-80.
[14] López-Molina, D., Navarro-Martínez, M. D., Rojas-Melgarejo, F., Hiner, A. N., Chazarra, S., & Rodríguez-López, J. N. (2005). Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (Cynara scolymus L.). Phytochemistry, 66(12), 1476-1484.
[15] Lingyun, W., Jianhua, W., Xiaodong, Z., Da, T., Yalin, Y., Chenggang, C., ... & Fan, Z. (2007). Studies on the extracting technical conditions of inulin from Jerusalem artichoke tubers. Journal of Food engineering, 79(3), 1087-1093.
[16] Paseephol, T., Small, D. M., & Sherkat, F. (2008). Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. Journal of Texture Studies, 39(6), 617-634.
[17] AOAC. Official methods of analysis of (2002). International. Volume I, agricultural chemicals, contaminants, drugs/edited by William Horwitz. Gaithersburg (Maryland): AOAC International, 1997.
[18] Gooda, E., Attia, I. A., Salem, S. A., & Kamar, M. S. (1993). Studies on frozen yoghurt. 1.-manufacturing method. Egyptian Journal of Food Science (Egypt).
[19] Sahan, N., Yasar, K., & Hayaloglu, A. A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β-glucan hydrocolloidal composite during storage. Food Hydrocolloids, 22(7), 1291-1297.
[20] Lee, W. J., & Lucey, J. A. (2003). Rheological properties, whey separation, and microstructure in set□style yogurt: Effects of heating temperature and incubation temperature. Journal of Texture Studies, 34(5□6), 515-536.
[21] Donkor, O. N., Henriksson, A., Vasiljevic, T., & Shah, N. P. (2007). Proteolytic activity of dairy lactic acid bacteria and probiotics as determinant of growth and in vitro angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fermented milk. Le Lait, 87(1), 21-38.
[22] Tabasco, R., Paarup, T., Janer, C., Peláez, C., & Requena, T. (2007). Selective enumeration and identification of mixed cultures of Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, L. acidophilus, L. paracasei subsp. paracasei and Bifidobacterium lactis in fermented milk. International Dairy Journal, 17(9), 1107-1114.
[23] Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food: principles

and physical properties of set-style yogurt. Milchwiss. Milk Sci. Int., 57, 325-328.
[35] Varga, L., Szigeti, J., & Csengeri, E. (2003). Effect of oligofructose on the microflora of an ABT-type fermented milk during refrigerated storage. Milchwissenschaft, 58(1-2), 55-58.
[36] Akalin, A.S. and Erisir, D., 2008. Effect of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low fat probiotic ice cream, Journal of food science. 73:184-188.
[37] Mirzae, H .,Karim, G., Soodi, M.,(1384). The study of the effect of dextrose, valine, glycine, thiamine and different temperatures on on the growth rate of lactobacilli casei, Journal of food Science and Technology. 4(1), 51-60.
[38] Takahashi, N., Xiao, J. Z., Miyaji, K., Yaeshiima, T., Hiramatsu, A., Iwatsuki, K., ... & Hosono, A. (2004). Selection of acid tolerant bifidobacteria and evidence for a low-pH-inducible acid tolerance response in Bifidobacterium longum. Journal of dairy research, 71(3), 340-345.
[39] García□Pérez, F. J., Lario, Y., Fernández-López, J., Sayas, E., Pérez□Alvarez, J. A., & Sendra, E. (2005). Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. Color Research & Application: Endorsed by Inter Society Color Council, The Colour Group (Great Britain), Canadian Society for Color, Color Science Association of Japan, Dutch Society for the Study of Color, The Swedish Colour Centre Foundation, Colour Society of Australia, Centre Français de la Couleur, 30(6), 457-463.
[40] Amiri Aghdaei, S, S., Alammi M., Khamiri M., Rezaie R. (1389). The effect of using basil seed mucilage on the physicochemical sensory and rheological properties of low fat yourt. Electronic Journal of Food Processing and Storage., 4(2), 1-17.
[41] Staffolo, M. D., Bertola, N., & Martino, M. (2004). Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal, 14(3), 263-268.
[42] Jelen, H. (2011). Food flavors: chemical, sensory and technological properties. Crc Press.
and practices. Springer Science & Business Media. 198-202.
[24] Minekus, M., Jelier, M., Xiao, J. Z., Kondo, S., Iwatsuki, K., Kokubo, S., ... & Havenaar, R. (2005). Effect of partially hydrolyzed guar gum (PHGG) on the bioaccessibility of fat and cholesterol. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 69(5), 932-938.
[25] Akın, M. B., Akın, M. S., & Kırmacı, Z. (2007). Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. Food chemistry, 104(1), 93-99.
[26] Haíssa C. R., Buriti, F. C., Castro, I. A., & Saad, S. M. (2008). Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. LWT-Food Science and Technology, 41(6), 1037-1046.
[27] Guggisberg, D., Cuthbert-Steven, J., Piccinali, P., Bütikofer, U., & Eberhard, P. (2009). Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. International Dairy Journal, 19(2), 107-115.
[28] Mehmood, S. T., Masud, T., Mahmood, T., & Maqsud, S. (2008). Effect of different additives from local source on the quality of yoghurt. Pakistan journal of nutrition, 7(5), 695-699.
[29] El Nagar, G., Clowes, G., Tudorică, C. M., Kuri, V., & Brennan, C. S. (2002). Rheological quality and stability of yog□ice cream with added inulin. International Journal of Dairy Technology, 55(2), 89-93.
[30] Roberfroid, M. (2004). Inulin-type fructans: functional food ingredients. CRC Press.
[31] Akyuz, N., Coskun, H., & National Productivity Center. (1995). Production of fruit yogurt. Yogurt, 285-294.
[32] Öztürk, B. A., & Öner, M. D. (1999). Production and evaluation of yogurt with concentrated grape juice. Journal of Food Science, 64(3), 530-532.
[33] Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1999). Yoghurt: science and technology. Woodhead Publishing. 365-373.
[34] Jaros, C. (2002). Influence of the starter culture on the relationship between dry matter

[43] Routray, W., & Mishra, H. N. (2011). Scientific and technical aspects of yogurt aroma and taste: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10(4), 208-220.

[44] Kurultay, S., Öksüz, Ö., & Simsek, O. (2000). The effects of hydrocolloids on some physicochemical and sensory properties and on the yield of kashar cheese. Nahrung, 44(5), 377-378.

[45] Çelik, E. S. (2007). Determination of aroma compounds and exopolysaccharides formation by lactic acid bacteri isolated from traditional yogurts (Master's thesis, Izmir Institute of Technology).

Comparison of the effect of extracted inulin from native chicory root with commercial inulin on the viability of probiotics and physicochemical, rheological and sensory properties of synbiotic yogurt

Tayebi-Moghaddam, S. [1], Ehsani, M. R. [1*]

1. Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

(Received: 2019/08/28 Accepted:2019/12/15)

The purpose of this study was to compare the effects of extracted inulin from chicory root and commercial inulin on synbiotic yogurt properties during 21 days at refrigerator storage. Inulin powder from chicory root (0, 1.5, 3 and 4%) and commercial inulin (0, 1, 2 and 3%) were used in synbiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis*. The addition of commercial inulin and the extracted inulin powder increased acidity and consequently decreased pH. Adding commercial inulin to milk increased the viscosity and reduced the final product syneresis. The extracted inulin powder at low concentrations had a positive effect on these properties. By increasing storage time, the acidity and syneresis of the synbiotic yogurt increased and pH decreased. The presence of these compounds in milk had a positive effect on the viability of the probiotics bacteria in yogurt, which the effect of commercial inulin on the survival of probiotic bacteria being greater than that of the extracted inulin. Addition of commercial inulin had no significant effect on the color properties of the yogurt samples, while the addition of the extracted inulin powder significantly reduced the brightness index (L^*) compared to the control sample and increased the redness (a^*) and yellowness (b^*) indexes. All sensory properties improved by increasing commercial inulin, whereas 1.5% of the extracted inulin powder had no negative effect on sensory properties of the synbiotic yogurt compared to control.

Keywords: *Bifidobacterium lactis*, Chicory, *Lactobacillus acidophilus*, Inulin, Synbiotic yogurt

[*] Corresponding Author E-Mail Address; m-ehsani@srbiau.ac.ir