مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر فیبر چغندرقرمز (لبو) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آب میوه مخلوط پروبیوتیک بر پایه آب انار، توت فرنگی

مرضیه ابراهیم خانی[۱]، علیرضا شهاب لواسانی[۱*]، نازنین زند[۱]

۱. گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۰۴

کلمات کلیدی:

چغندر قرمز،

آب میوه،

پروبیوتیک،

آب انار،

لاکتوباسیلوس پلانتاروم

DOI: 10.48311/fsct.2026.117389.82913

* مسئول مکاتبات:

alireza_shahablavasani@iau.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف تاثیر فیبر چغندرقرمز بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ماندگاری حسی آب میوه مخلوط پروبیوتیک بر پایه آب انار و توت فرنگی انجام شد. برای این منظور، نمونه‌های ۱۰۰ درصد آبمیوه انار(نمونه شاهد)، ۱۰۰ درصد آبمیوه توت فرنگی(نمونه شاهد) و ۵۰:۵۰ آبمیوه انار: توت فرنگی حاوی باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* (10^8 cfu/mL) و سطوح مختلف پودر چغندر قند (۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) تهیه شد. خواص فیزیکوشیمیایی، شاخص رنگ، بقاء باکتری پروبیوتیک و حسی نمونه‌های آبمیوه طی ۳۰ روز ارزیابی شد. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSSو آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. نتایج نشان داد استفاده از پوره چغندر قند بر پارامترهای نمونه‌های آبمیوه تأثیر معناداری داشت. کاهش pH، افزایش اسیدیته٪، افزایش کدورت(NTU)، درجه بریکس، ویسکوزیته CP، محتوی فنل کل(ppm) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی(IC50 mg/mL) نمونه‌های آبمیوه مختلف طی افزودن پوره چغندر قند و بهبود فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک تا حدود ۲ درصد افزایش قابلیت زنده مانی مشاهده شد ($p<0.05$). کاهش معنادار شاخص روشنایی و همچنین افزایش معنادار شاخص‌های قرمزی و زردی در نمونه‌های آبمیوه پروبیوتیک مشاهده شد($p<0.05$). همچنین مهار رشد کپک و مخمر و افزایش بقاء باکتری پروبیوتیک در نمونه‌های آبمیوه پروبیوتیک مشاهده شد. افزایش بقاء باکتری پروبیوتیک وابسته به درصد غلظت چغندر قند به عنوان پری‌بیوتیک طی زمان نگهداری نمونه‌ها مشاهده شد. عدم تأثیر معنادار پوره چغندر قند بر ویژگی‌های حسی (طعم، عطر، رنگ و پذیرش کلی) نیز گزارش شد($p>0.05$). نزدیک ترین تیمار به تیمار شاهد، تیمار T2 حاوی۱۰۰ درصد آب انار، 10^8 cfu/mL باکتری پروبیوتیک و ۰/۵ درصد پوره چغندر می باشد.

۱-مقدمه

نشاسته به‌عنوان منبع اصلی کربوهیدرات در بسیاری از پروبیوتیک به‌طورکلی به‌عنوان یک مکمل میکروبی زنده تعریف می‌شود که باعث بهبود تعادل میکروبی روده میزبان و باعث بهبود عملکرد دستگاه گوارش می‌شود. مصرف منظم میکروارگانیسم پروبیوتیک ، دارای مزایای زیادی برای سلامتی است که شامل تحمل بالای لاکتوز، خواص ضدمیکروبی، خواص ضد سرطان‌زایی و همچنین خواص ضدموتاسیون و اثرات مفید دیگری دارد. [1].

مصرف آب میوه‌های مخلوط و همچنین آب میوه‌ها و سبزیجات پتانسیل زیادی دارد. این نوشیدنی ها حاوی مقادیر قابل توجهی ویتامین، مواد معدنی، فیبر، آنتی‌اکسیدان‌ها و ترکیبات زیست فعال هستند. بنابراین، علاوه بر افزایش مصرف این مواد مغذی توسط جمعیت، آب میوه‌ها همچنین تقاضای نوظهور برای محصولات سالم‌تر و طبیعی‌تر را برآورده می‌کنند. از این منظر، برخی از نویسندگان استفاده از آب میوه‌ها و یا سبزیجات پروبیوتیک را به عنوان ماتریس‌های بالقوه برای توسعه انواع مواد غذایی فراسودمند بررسی کرده اند [2].

چغندر قرمز عمده‌ترین سبزی کشت‌شده در سطح جهان است و به دلیل طعم شیرین، ویژگی‌های تغذیه‌ای و کاربردهای تکنولوژیکی رنگدانه بتالاین برای مصرف جذاب است. بخش خوراکی معمولی چغندر قرمز ریشه غده ای است که به عنوان سبزی مصرف می‌شود یا برای تولید آب میوه، پودر، ترشی و عصاره فرآوری می‌شود. با این حال، محصولات ریشه چغندر قرمز و فرآوری آن مقادیر زیادی ضایعات را به شکل ساقه و برگ تولید می‌کند که برای مصرف انسان بی‌خطر است و دارای چندین ماده مغذی و ترکیبات زیست فعال است [3]. اثرات مفید چغندر قرمز بر سلامت بیشتر به محتوای بالای فیبرهای محلول و نامحلول، پکتین‌ها، بتالین‌ها و ترکیبات فنولیک، به ویژه اسیدهای فنولیک و فلاونوئیدها مربوط می‌شود که خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضدسرطانی بالایی دارند. مصرف چغندر قرمز با تأثیرات مثبت بر سیستم گوارشی و قلبی عروقی و عملکرد ورزش استقامتی همراه بوده و منبعی از ترکیبات با ارزش بالا برای صنایع غذایی است. آبمیوه‌ها به دلیل داشتن ویتامین‌ها و مواد معدنی بسیار، مفید بودن برای سلامتی، عدم حساسیت‌زایی، کم بودن عوامل آلرژن نسبت به سایر مواد غذایی، برای افراد مختلف با در رده‌های سنی مختلفی جذاب بوده و توسط طیف وسیعی از افراد به صورت روزانه مورد مصرف قرار می‌گیرد[3].

آبمیوه‌ها حاوی میزان بالایی از قندهای متنوعی هستند که می‌تواند رشد سویه‌های پروبیوتیک، از جمله باکتری‌های اسید لاکتیک و بیفیدوباکتریوم‌ها را تقویت کرده [4]. مطابق با تعاریف FAO، باکتری پروبیوتیک به آن دسته از میکروارگانیسم‌ها گفته می‌شود که به صورت زنده مصرف شده و پس از مصرف، در روده ساکن می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها از طریق بهبود میکروفلور طبیعی روده، اثرات مفیدی در سلامتی مصرف کننده بر جای می‌گذارند. از جمله این میکروارگانیسم‌ها می‌توان به *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* اشاره نمود که موجب کاهش کلسترول و فیبروژن خون، کاهش نفخ و درد شکم، کاهش تحریک پذیری روده‌ها و ... می‌گردد. *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* یک باکتری هتروفرمنتاتیو اختیاری است که قادر به تخمیر پلی ساکارید رافینوز نیز می‌باشد. همچنین، تحمل بالایی نسبت به pH پایین دارد، بنابراین زنده‌مانی و قدرت فعالیت پروبیوتیکی این باکتری نسبت به سایر گونه‌های *لاکتوباسیلوس* بالاتر است که یک ویژگی مهم در طی فرآیند تخمیر می‌باشد [5,6,7].باکتری‌های مولد اسید لاکتیک، به ویژه *لاکتوباسیلوس*ها و *بیفیدیوم باکتری*ها به طور عادی جزئی از اکوسیستم دستگاه گوارش هستند [8].باکتری‌های اسید لاکتیک گروه هتروژنی از باکتریهای گرم مثبت، غیر اسپورزا، کاتالاز منفی و بی‌هوازی اختیاری هستند که از دیدگاه بیوتکنولوژی پتانسیل بالایی در تولید مواد غذایی به ویژه فرآورده‌های لبنی تخمیر شده دارند [9]. فیبر چغندرقند به عنوان یک محصول فیبری که از تولید قند به دست می‌آید، یک منبع مهم از فیبر رژیم غذایی است که مجموع فیبر قابل

هضم[1] آن ۷۵ تا ۸۰ درصد میباشد، اما تا کنون از این منبع در تولید مواد غذایی استفاده چندانی نشده است. چغندر قند غنی از فیبر غذایی قابل حل[2] و فیبر غذایی غیرقابل حل[3] میباشد [10].با توجه به افزایش علاقه مندی مصرف کنندگان به استفاده از مواد غذایی حاوی ترکیبات پری بیوتیک و همچنین افزایش آگاهی عمومی نسبت به تاثیرات سلامتی زای میکروارگانیسم های پروبیوتیک، از اینرو هدف از این مطالعه تاثیر فیبر چغندرقرمز بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ماندگاری حسی آب میوه مخلوط پروبیوتیک بر پایه آب انار و توت فرنگی می باشد.

۲-تهیه پوره چغندرقرمز

چغندر قرمز را با آب تمیز شسته و سپس لکه‌های سیاه را از آن جدا کرده و به مکعب‌های کوچک برش داده شد. ۱ کیلوگرم چغندر قرمز را با ۲۰۰ میلی لیتر آب مخلوط کرده و به مدت ۱۰ دقیقه روی حرارت جوشانده شد پس از خنک شدن، در همزن برقی مخلوط شد. مخلوط حاصل تا زمان استفاده در ظروف پلاستیکی در دمای انجماد ۱۸- درجه سانتیگراد نگهداری شد [11].

۲-۱-تولید نمونه‌های آب‌میوه پروبیوتیک

نمونه‌های آب‌میوه با درصدهای مختلف (نمونه ۱: ۱۰۰ درصد انار، نمونه ۲: ۵۰ درصد انار-۵۰ درصد توت فرنگی، نمونه ۳: ۱۰۰ درصد توت فرنگی) تهیه شدند. به هر نمونه غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد از پوره چغندر قرمز افزوده شد. آب‌میوه‌ها با دمای ٦٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه شد [12]. درنهایت، غلظت cfu/ml 10^8 از باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* به آبمیوه اضافه گردید. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند. پس از آن بلافاصله تمامی تیمارها در دمای ٤ درجه سانتی گراد به مدت چهارده روز انبار و مورد آزمون‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و میکروبی قرار گرفتند[13]. تیمارهای مورد استفاده در تحقیق در جدول ۲-۱، آورده شده است.

Table 2-1- Treatments used in the research

Treatment code	Formulation
T1(شاهد)	100% pomegranate juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria
T2	100% pomegranate juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 0.5% beetroot puree
T3	100% pomegranate juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 1% beetroot puree
T4	100% pomegranate juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 1.5% beetroot puree
T5	50:50 percent pomegranate juice:strawberry + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria
T6	Juice 50:50 percent pomegranate:strawberry juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 0.5 percent sugar beet
T7	Juice 50:50 percent pomegranate:strawberry juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 1 percent sugar beet
T8	50:50 percent pomegranate:strawberry juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 1.5 percent sugar beet
T9	100% strawberry juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria
T10	100% strawberry juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 0.5% beetroot puree
T11	100% strawberry juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 1% beetroot puree
T12	100% strawberry juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 1.5% beetroot puree

1 -Total Dietary Fiber (TDF)

2 -Soluble Dietary Fiber (SDF)

3 -Insoluble Dietary Fiber (IDF)

۲-۲-آزمایشات فیزیکو شیمیایی

۲-۲-۱-اندازه گیری pH

ابتدا دستگاه pHمتر با بافرهای ٤ و ٧ کالیبره شد. مقداری از نمونه درون بشر ریخته و الکترود pHمتر درون آن قرار داده شد. پس از ثابت شدن عدد روی pHمتر عدد آن خوانده و گزارش شد[14].

۲-۲-۲-اندازه‌گیری اسیدیته

در یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی‌لیتری، ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و روی شعله گاز قرار داده و جوشانده شد. در حالت جوش، به آرامی ۲۵ میلی‌لیتر نمونه ریخته بعد از چند جوش مهلت داده شد تا خنک شود. ۱ گرم فنل‌فتالئین ریخته و تکان داده شد. نمونه با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ پایدار عیارسنجی شد [14].

$$\text{اسیدیته (درصد)} = \frac{0.007 \times V2}{V1} \times ۱۰۰$$

که در آن:

V_1: حجم نمونه برحسب میلی‌لیتر

V_2: حجم مصرفی هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال برحسب میلی‌لیتر

۲-۲-۳-اندازه‌گیری بریکس

ابتدا دستگاه را با آب مقطر روی عدد صفر تنظیم شد. سپس چند قطره آزمونه با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد را روی منشور رفرکتومتر(رفراکتومتر چشمی بریکس ATC۰-۳۲ ، ایران) که بر حسب ساکارز درجه بندی شده است، قرار داده شد و پس از حذف پراکندگی نوری و ایجاد دو بخش مساوی روشن و تاریک در صفحه نمایانگر، غلظت مواد جامد محلول در آب را بر حسب بریکس در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد خوانده شد. نتیجه بر حسب گرم درصد گرم نمونه بیان گردد[14].

۲-۲-٤-اندازه‌گیری کدورت

۱۰ میلی‌لیتر آب میوه با شتاب g × ٤۲۰۰ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس مایع رویی جمع‌آوری و با استفاده از اسپکتروفتومتر با استفاده از آب مقطر به‌عنوان بلانک در طول موج ٦٦۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. کدورت نمونه‌ها از فرمول زیر محاسبه می‌شود، که در آن Abs نشان دهنده جذب مایع‌رویی در ٦٦۰ نانومتر است[15].

$$\text{Turbidity} = 100 - 100 \times 10^{-\text{Abs}}$$

۲-۲-۵-اندازه‌گیری رنگ

شاخص‌های رنگی *L (شاخص شفافیت-تیرگی)، *a (شاخص قرمزی- سبزی) و *b (شاخص زرد-آبی) نمونه‌های آبمیوه با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج هانترلب مدل HP ساخت کشور چین تعیین شدند[16].

۲-۲-٦-اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه‌های آبمیوه توسط دستگاه ویسکومتر برکفیلد با استفاده از اسپیندل شماره S00 در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و نیروی برشی ۸۵-۳/٤ بر ثانیه اندازه‌گیری شد [17].

۲-۲-۷-مقدار ترکیبات فنولی

ابتدا محلول استاندارد از نمونه‌های آبمیوه (۵۵ میکرولیتر) با ۱۰۰ میکرولیتر از معرف Folin-Ciocalteu مخلوط شد و کاملاً مخلوط شد. پس از ٤۵ دقیقه، ۲۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم ۱ مولار به مخلوط اضافه و سپس مخلوط حاصل به مدت ۱ ساعت قبل از اندازه‌گیری جذب در ٧٦۰ نانومتر از نور نگهداری شد. استانداردهای اسید گالیک (۱۰ تا ۱۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) تهیه و برای ایجاد یک منحنی استاندارد استفاده شد [18].

۲-۲-۸-اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

ابتدا مقداری از هر نمونه (۲۵ میکرولیتر) به ۲۵۰ میکرولیتر محلول DPPH (۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) اضافه شد و سپس در تاریکی به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری شد تا واکنش

کامل گردد. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر مطابق رابطه ۱، قرائت شد [19].

رابطه۱:

$$\%A = \frac{Ac-As}{Ac} \times 100$$

A: درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH

A_c: جذب نوری شاهد

A_s: جذب نوری نمونه بر حسب نانومتر

۲-۳- آزمون‌های میکروبی

۲-۳-۱- شمارش کپک و مخمر

۱ میلی‌لیتر از هر نمونه به پلیت سترون منتقل شد؛ سپس ml ۱۲ تا ۱۵ از محیط YGC به درون پلیت اضافه شد. سپس روی سطح صاف و خنک قرار گرفته تا جامد شوند. پلیت‌ها بصورت وارونه در دمای ۱ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ روز گرمخانه‌گذاری شد؛ پس از پایان زمان گرمخانه‌گذاری کلنی‌های پلیت رشد و بر اساس cfu/g گزاش شد [20].

۲-۳-۲- آزمون‌های باکتری پروبیوتیک

۲-۳-۲-۱-تعیین فعالیت زنده‌مانی گونه پروبیوتیک

برای شمارش باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* پس از تهیه رقت از نمونه‌ها، در محیط کشت MRS آگار کشت داده شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری و سپس شمارش گردید. کشت میکروبی و بررسی قابلیت زیستی باکتری پروبیوتیک، با نمونه برداری از نمونه‌های آبمیوه تهیه شده در دو تکرار انجام گرفت [21].

۲-٤- ارزیابی حسی

این آزمون به روش هدونیک پنج نقطه‌ای (امتیازی) توسط شانزده نفر (۸ مرد – ۸ زن) از ارزیابان حسی نیمه آموزش دیده انجام شد. به هر یک از ارزیابان نمونه‌های با کد متفاوت داده شد و فاکتورهای مزه، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی در مورد نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت[22].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی می باشد. جهت تشخیص معنی دار $p<0.05$ و عدم معنی دار بودن تیمارها از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید

۳- نتایج و بحث

نتایج میانگین میزان pH نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک در شکل ۳-۱ نشان داده شده است. مطابق نتایج تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر میزان pH نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطابق نتایج به ترتیب آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد توت فرنگی و ۱۰۰ درصد انار بیشترین و کمترین میزان pH را داشتند ($p<0.05$). این کاهش معنادار میزان pH با افزایش درصد پوره از ۰/۵ به ۱/۵ درصد مشهودتر بود ($p<0.05$). آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد توت فرنگی و ۱۰۰ درصد لنار بیشترین و کمترین میزان pH (یا کمترین و بیشترین اسیدیته) را داشتند. باتوجه به ماهیت اسیدی دو نمونه آبمیوه (آبمیوه توت فرنگی دارای pH برابر ۳/۳ است [11] و میزان pH آب انار ۳/۷ [23]. این نتایج قابل انتظار بود. علاوه بر این نتایج نشان داد افزودن پوره چغند قند سبب کاهش معنادار میزان pH (یا افزایش اسیدیته) هر سه نمونه آبمیوه شد(شکل ۳-۲). زیرا فیبر موجود در چغندر قند توسط باکتری‌های پروبیوتیک استفاده می‌شود که ازطریق آنها اسیدهای آلی تولید می‌شود و تجمع اسیدهای آلی منجر به کاهش pH (یا افزایش اسیدیته) در محیط می‌شود [24]. بطوری که این کاهش معنادار میزان pH با افزایش درصد پوره از ۰/۵ به ۱/۵ درصد مشهودتر بود. در روز ۳۰ نگهداری بیشترین میزان pH در نمونه‌های T_5، T_6 و T_7 (به ترتیب ۳/۳۸، ۳/٤۰ و ۳/٤۱) و کمترین میزان pH در نمونه T_4 (۲/٦ درصد) مشاهده شد. همچنین در روز

۳۰ نگهداری کمترین میزان اسیدیته در نمونه T_8 (۰/۹۵ درصد) مشاهده شد. درحالیکه نمونه T_3 و T_4 (به ترتیب ۲/۱۱ و ۲/۱۳) بیشترین میزان اسیدیته را نشان دادند. در طول زمان نگهداری باکتری‌های پروبیوتیک فرصت بیشتری برای تبدیل قند به اسید دارند و قند موجود در آبمیوه توسط باکتری‌های اسید لاکتیک به اسید تبدیل شده و در نتیجه اسیدیته افزایش و pH کاهش می‌یابد و رابطه معکوس بین اسیدیته و pH وجود دارد [24].مطابق استاندارد ایران شماره ۲۶۱۶ (۱۴۰۲)، محدوده pH آبمیوه انار در محدوده ۲/۶ تا ۳/۷ و اسیدیته آن در محدوده ۰/۵ تا ۱/۵ گزارش شده است. بنابراین اصل تمامی نمونه‌های آبمیوه انار طی ۳۰ روز pH و اسیدیته محدوده مجاز استاندارد را داشتند[25].

بریموندی و همکاران (۱۳۹۷) آب توت فرنگی پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس کازئی* و لاکتوباسیلوس پلانتاروم تولید نمودند و نشان دادند که در طول زمان نگهداری، pH و جمعیت میکربی کاهش یافته و اسیدیته افزایش می‌یابد[26].

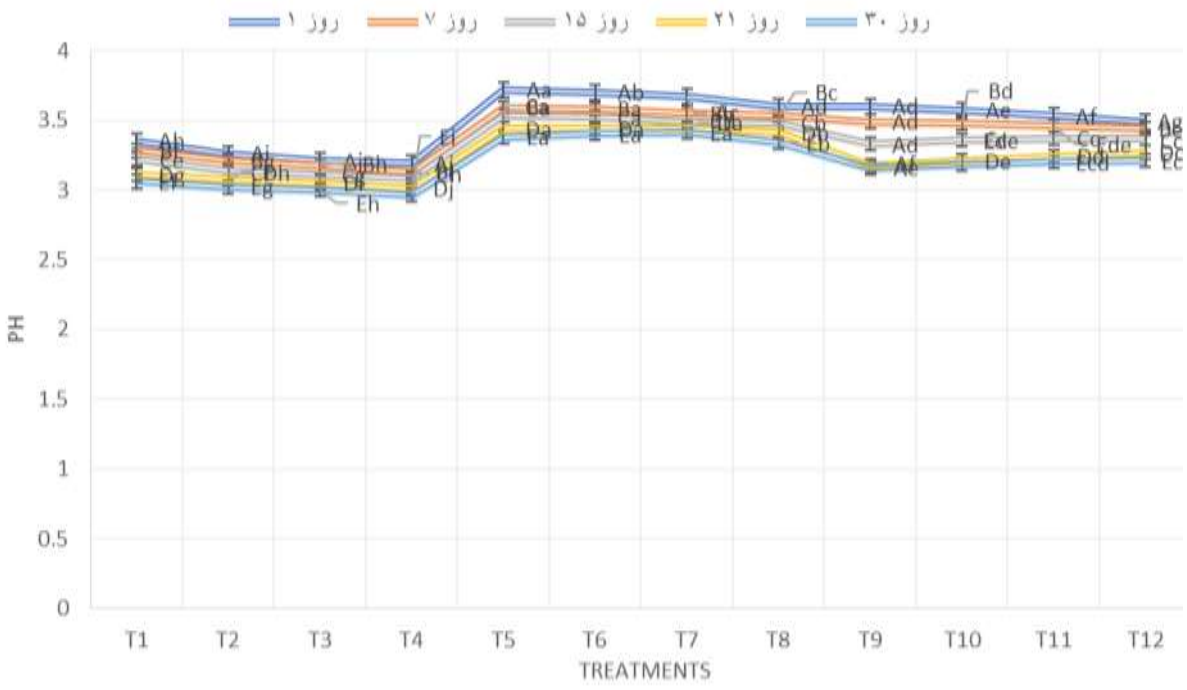

Figure 3-1- Results of the average pH of functional fruit juice samples during 30 days of storage

*T1 Control treatment: 100% pomegranate juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria/ T2: 100% pomegranate juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 0.5% beetroot puree/ T3: 100% pomegranate juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 1% beetroot puree/ T4: 100% pomegranate juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 1.5% beetroot puree/ T5: 50% pomegranate juice: 50% strawberry juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria/ T6: 50% pomegranate juice: 50% strawberry juice + 0.5% beetroot puree/ T7: 50% pomegranate juice: 50% Strawberry + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 1% beetroot puree/T8: 50% pomegranate juice: 50% strawberry + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 1.5% beetroot puree/T9: 100% strawberry juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria/T10: 100% pomegranate juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 0.5% beetroot puree/T11: 100% pomegranate juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 1% beetroot puree/T12: 100% pomegranate juice + 108 cfu/ml probiotic bacteria + 1.5% beetroot puree *Different lowercase letters indicate statistically significant differences between treatments ($p<0.05$) *Capital letters Different indicates a statistically significant difference between times ($p<0.05$).

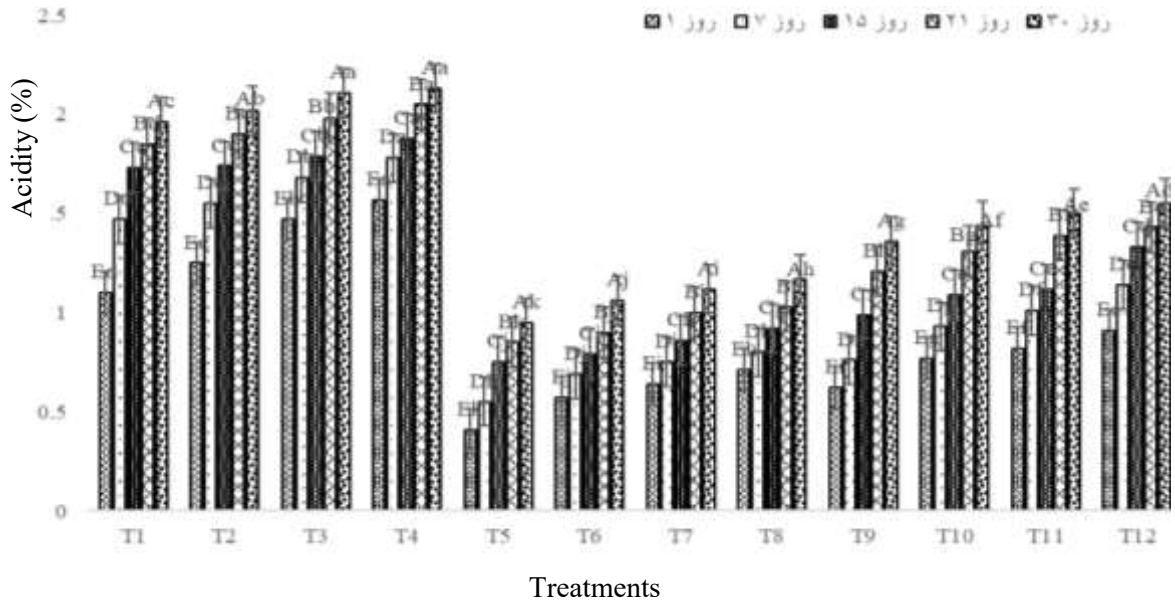

Figure 3-2 - Results of the average acidity of functional fruit juice samples during 30 days of storage

نتایج میانگین میزان بریکس نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک در شکل ۳-۳ نشان داده شده است. مطابق نتایج تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر میزان بریکس نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطابق نتایج به ترتیب آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد انار بیشترین و به دنبال آن آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد توت فرنگی کمترین میزان بریکس را داشتند ($p<0.05$). علاوه بر این نتایج نشان داد افزودن پوره چغند قند سبب افزایش معنادار میزان بریکس نمونه‌های آبمیوه شد ($p<0.05$). با این حال، افزایش درصد پوره از ۰/۵ به ۱/۵ درصد تأثیر معناداری بر میزان بریکس نداشت ($p>0.05$). علاوه بر این روند کاهش معنادار میزان بریکس طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$).

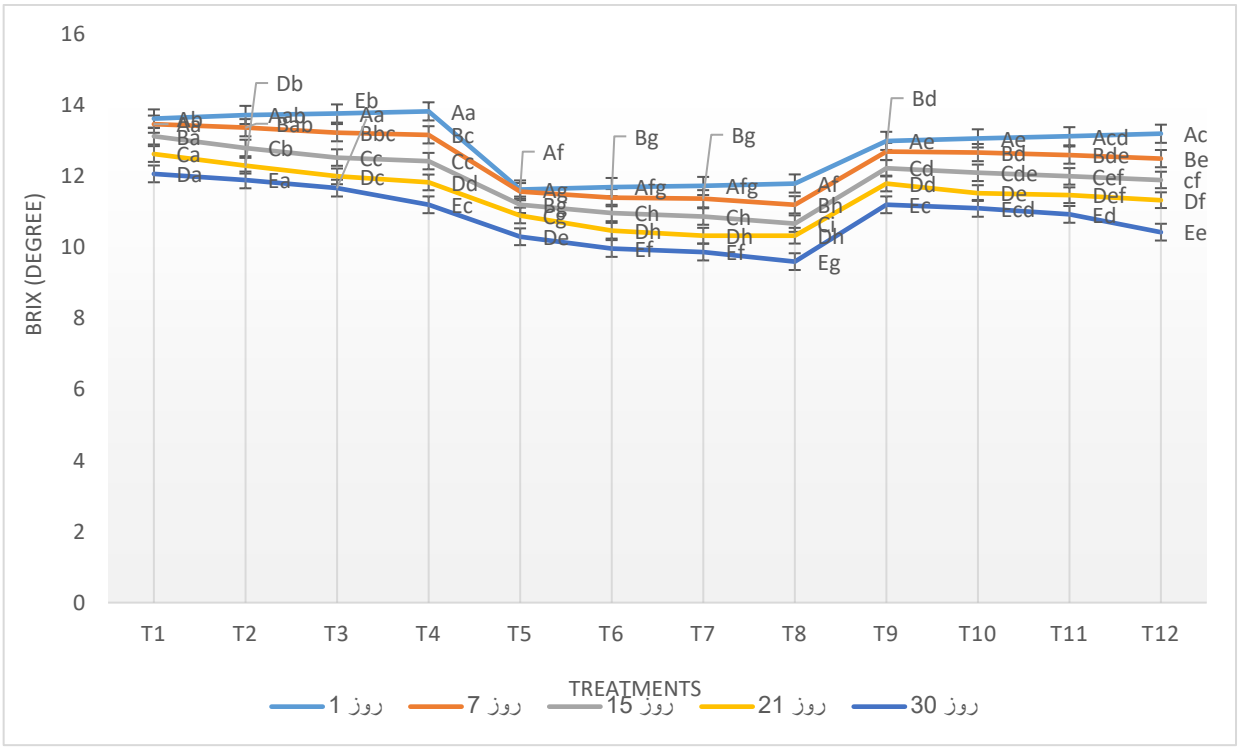

Figure 3-3- Results of average Brix of functional fruit juice samples during 30 days of storage

نمونه T_1 و T_2 (به ترتیب ۱۲/۰۷ و ۱۱/۹۰) بیشترین میزان بریکس را نشان دادند زیرا ترکیبات فیبری و پلی ساکاریدی با گذشت زمان مورد مصرف باکتری های پروبیوتیک قرار می گیرند. Babaeiو همکاران (۲۰۱٦) تولید مخلوط سبزی جات شامل آب گوجه فرنگی ۸۵ درصد، آب فلفل دلمه‌ای سبز ۵ درصد، آب کرفس ۵ درصدو آب گشنیز ۵ درصد با استفاده از پروبیوتیک‌های *لاکتوباسیلوس کازئی* و *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* را بررسی نمودند. در طی تخمیر و نگهداری با افزایش تراکم باکتری و در زمان نگهداری، بریکس نوشیدنی پروبیوتیک به طور معنی‌داری کاهش یافت[27].

تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر میزان کدورت نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطابق نتایج آبمیوه‌های ۵۰:۵۰ انار و توت فرنگی بیشترین میزان کدورت را داشتند ($p<0.05$). که به دلیل فیبر و مواد جامد موجود در خود میوه استفاده شده در تهیه آبمیوه می‌باشد [11]. علاوه بر این نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سبب افزایش معنادار میزان کدورت نمونه‌های آبمیوه شد ($p<0.05$). این افزایش معنادار با افزایش درصد پوره از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود ($p<0.05$). علاوه بر این روند کاهش معنادار میزان کدورت طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$) (شکل ٤-۳). علاوه بر این نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سبب افزایش معنادار میزان کدورت نمونه‌های آبمیوه شد. این افزایش معنادار با افزایش درصد پوره از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود که این امر به دلیل فیبر موجود در چغندر قند است. علاوه بر این روندافزایش معنادار میزان کدورت طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد که محققان دلیل این تغییرات را فعالیت باکتری‌ها، مصرف فیبر و در نتیجه تولید مواد اضافی در زمان‌های ابتدایی توسط باکتری‌ها می‌دانند [28]. بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری کمترین میزان کدورت در نمونه‌های T_3 و T_4 (به ترتیب ۰/۲۰۱ NTU و ۰/۲۰۲) مشاهده شد. درحالیکه نمونه T_5 (۰/٤۳٤ NTU) بیشترین میزان کدورت را نشان داد. در همین راستا Pir Mohammadi و همکاران (۲۰۱٦) امکان تولید آبمیوه سیب موز سین بیوتیک را بعد از ۲۸ روز نگهداری بررسی کردند. نتایج نشان داد با گذشت زمان در اثر فعالیت باکتری‌ها از میزان شفافیت نوشیدنی کاسته و بر شدت رنگ و کدورت آن افزوده شد و دلیل این تغییرات را فعالیت باکتریها، مصرف فیبر و در نتیجه تولید مواد اضافی در زمان‌های ابتدایی توسط باکتری‌ها گزارش شد[28].

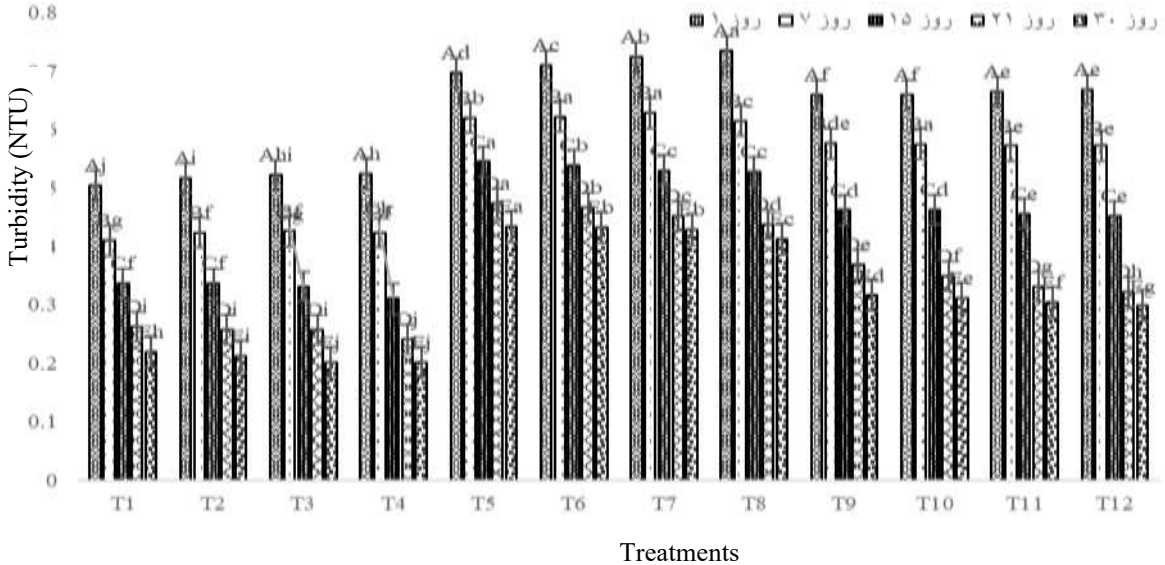

Figure 3-4- Turbidity of functional fruit juice samples during 30 days of storage

میزان شـــاخص روشـــنایی نمونـه‌هـای مختلف آبمیوه پروبیوتیک در نمودار ۳-۵ نشـان داده شـده اسـت. مطابق نتـایج تیمـارهـای مختلف و مـدت زمـان نگهـداری تـأثیر معناداری بر میزان شـــاخص روشـــنایی نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیـک داشـــت ($p<0.05$). مطـابق نتـایج آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد انار بیشترین میزان شاخص روشنایی را داشتند ($p<0.05$). همچنین نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سـبب کاهش معنادار میزان شـاخص روشـنایی نمونه‌های آبمیوه شـــد ($p<0.05$). این کاهش معنادار با افزایش درصد پوره از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود ($p<0.05$).

علاوه بر این روند کاهش معنادار میزان شـاخص روشـنایی طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررســی مشـــاهده شـــد ($p<0.05$). بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری کمترین میزان شـــاخص در نمونه T_7 T_8 (به ترتیب آبمیوه ۵۰ : ۵۰ درصد انار : توت فرنگی به ترتیب حاوی ۱ و ۱/۵ درصد پوره چغندر قند) مشاهده شد ($p<0.05$). درحالیکه نمونه T_1 (آبمیوه ۱۰۰ درصد انار) بیشترین میزان شاخص روشنایی را نشان داد ($p<0.05$).

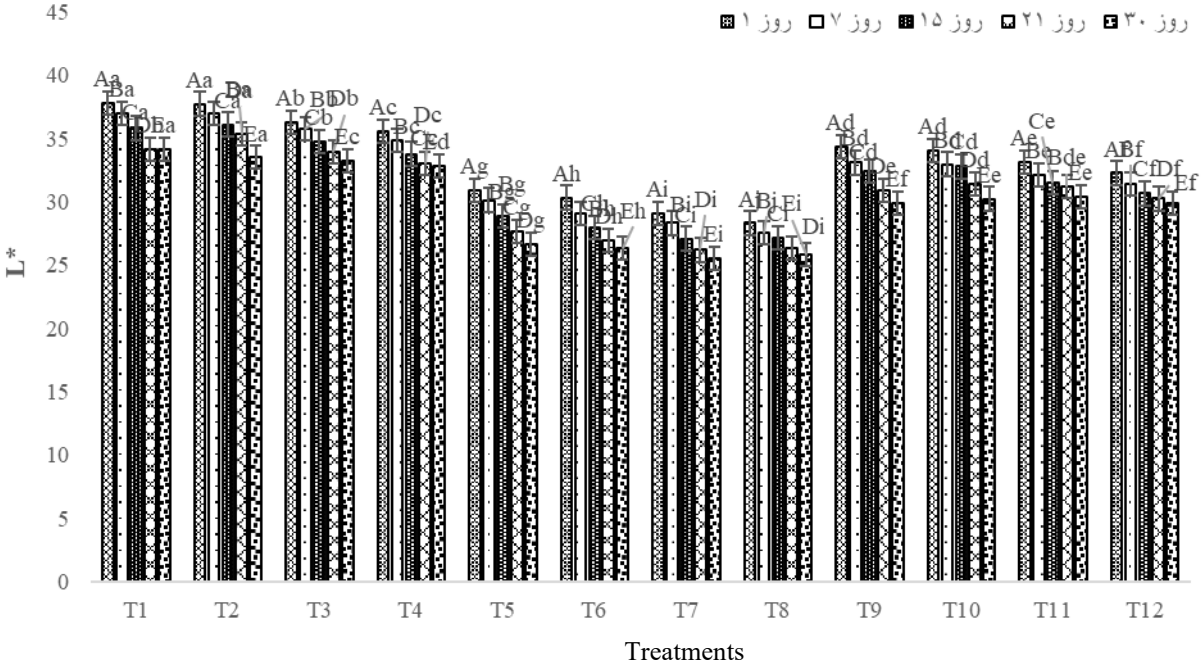

Figure 3-5- Brightness index (L^*) of functional fruit juice samples during 30 days of storage

میزان روشنایی (L^*) بین صفر تا ۱۰۰ تغییر می‌کند و هر چه مقدار آن بزرگ‌تر باشد، نمونه روشن‌تر می‌باشد. کارتنوئیدها در آبمیوه به شکل ترانس هستند که شدت رنگ بالاتری ایجاد می‌کنند و ممکن است در شرایط اسیدی پایین و یا قلیایی بالا و همچنین زمان نگهداری زنجیره پلی‌ان (Polyene) کارتنوئیدها ناپایدار شود. بنابراین دلیل تغییرات در شاخص‌های مذکور می‌تواند فرایند ایزومراسیون (ایجاد شده با دما، نور و اسید) و یا اکسیداسیون (ناشی از نور، دما، فلزات و آنزیم‌ها) مولکول‌های کارتنوئید آب میوه‌ها و در نتیجه تغییر در رنگ نمونه باشد. همچنین ممکن است فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک منجر به تبدیل ایزومرهای ترانس به سیس شده و باعث تغییرات شود [29]. فنول‌ها به دلیل تشکیل پیوند هیدروژنی در آب محلول بوده ولی بیشتر مشتقات آن‌ها در آب کم محلول یا نامحلول هستند. مواد فنولی در حضور آب پروتون از دست داده و به ترکیبات دیگری تبدیل می‌شوند و خواص آنتی‌اکسیدانی متاثر از ترکیبات موجود در محلول حاوی مواد مغذی خواهد بود که با ترکیب مواد خام مختلف خواص اسیدی ترکیبات افزایش یا کاهش می‌یابد و در نتیجه بر روی روشنایی و سایر پارامترهای رنگ موثر می‌باشد [30].

آبمیوه‌های ۵۰ :۵۰ درصد توت فرنگی: انار بیشترین میزان شاخص قرمزی را داشتند ($p<0.05$). همچنین نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سبب افزایش معنادار میزان شاخص قرمزی نمونه‌های آبمیوه شد ($p<0.05$)(شکل ۳-۶). این افزایش معنادار با افزایش درصد پوره چغندر قند از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود ($p<0.05$). علاوه بر این روند کاهش معنادار میزان شاخص قرمزی طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$). بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری بیشترین و کمترین میزان شاخص قرمزی به ترتیب در نمونه T_8 (آبمیوه ۵۰ :۵۰ درصد توت فرنگی: انار حاوی ۱/۵ درصد پوره چغندر قند) و T_2 (آبمیوه ۱۰۰ درصد انار حاوی ۰/۵ درصد پوره چغندر قند) مشاهده شد ($p<0.05$)

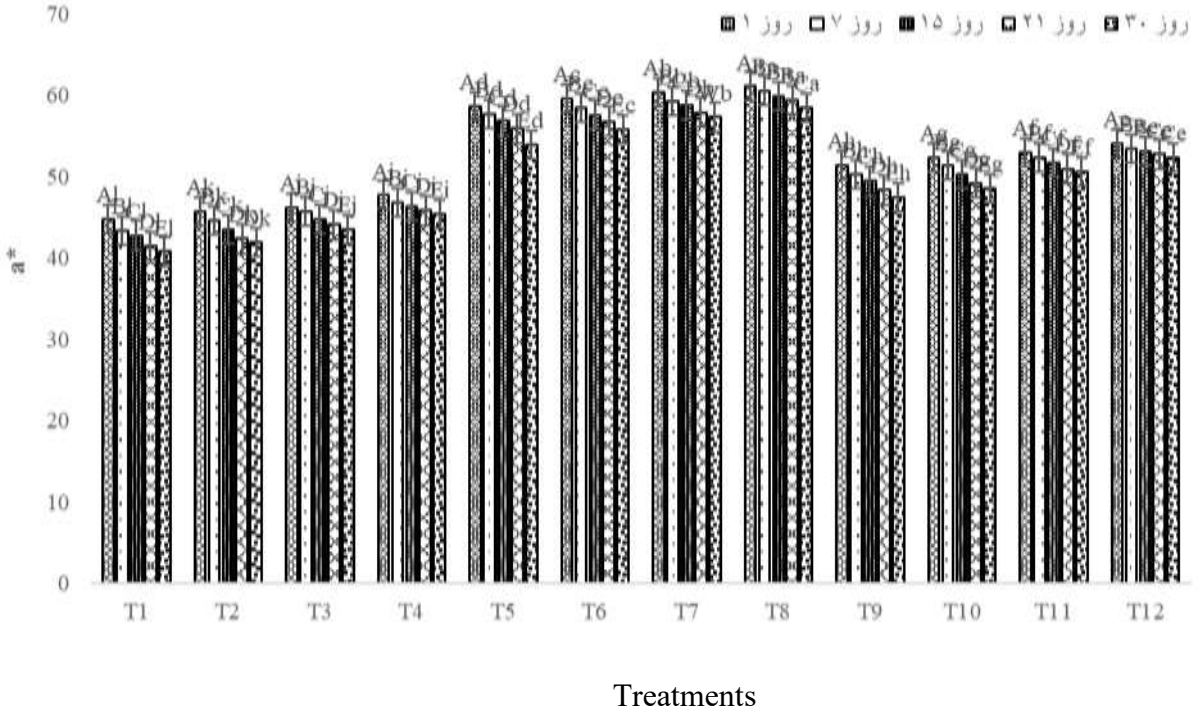

Figure 3-6- Redness index (a^*) of functional fruit juice samples during 30 days of storage

چغندر قرمز حاوی مقدار زیادی بتالین است، گروهی از رنگدانه‌های متعدد حاوی نیتروژن محلول در آب که از اسید بتلامیک به دست می‌آید. در داخل گروه بتالین، دو دسته از ترکیبات وجود دارد: بتازانتین زرد-نارنجی و بتاسیانین‌های بنفش قرمز. رنگدانه بتاسیانین اصلی در چغندر قرمز (Beta vulgaris rubra) بتانین است که یک بتانیدین-۵-O-β-گلوکوزید است. بنابراین بتانیدین شکل آگلیکونیک بتانین است. تا به امروز، رنگ خوراکی استخراج شده از چغندر قرمز (*Beta vulgaris rubra*)، معروف به "چغندر قرمز"، به عنوان E162 در ایالات متحده و اروپا در دسترس است [31].

تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر میزان شاخص زردی نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطابق نتایج آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد انار بیشترین میزان شاخص زردی را داشتند ($p<0.05$). همچنین نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سبب افزایش معنادار میزان شاخص زردی نمونه‌های آبمیوه شد ($p<0.05$). این افزایش معنادار با افزایش درصد پوره چغندر قند از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود ($p<0.05$)(شکل ۷-۳). علاوه بر این روند افزایش معنادار میزان شاخص زردی طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$). بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری بیشترین و کمترین میزان شاخص زردی بیشترین

میزان شـــاخص زردی در نمونه T_3 و T_4 (به ترتیب آبمیوه ۱۰۰ درصـــد انار حاوی ۱ و ۱/۵ درصـــد پوره چغندر قند) مشاهده شد ($p<0.05$)

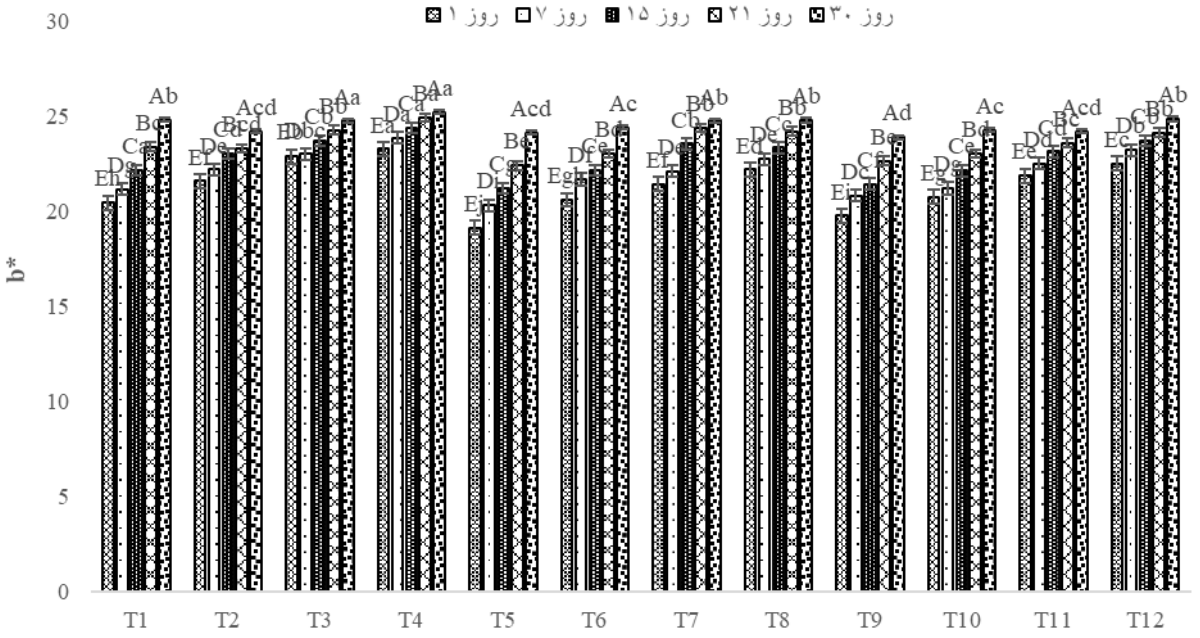

Figure 3-7- Yellowness index(b^*) of functional fruit juice samples during 30 days of storage

افزودن اینولین به نمونه‌ها تغییر معنی‌داری در b^* نداشـــت. کمترین مقدار a^* در تیمار شـاهد و بیشـترین در تیمارهای حاوی ۲/۱ درصـــد وزنی بر وزن فیبر چغندرقند مشـــاهده شـــد. Pereira. و همکاران (۲۰۱۱) با بررســی نوشــیدنی پروبیوتیک تخمیر شـده از آب سیب را با استفاده از باکتری *لاکتوباسـیلوس کازئی* طی مدت نگهداری ۴۲ روز در دمای ٤ درجه ســـانتی‌گراد نشـــان دادند که شـــاخص‌های رنگی روشـــنایی (L^*)، زردی (b^*) افزایش یافته (به دلیل رنگ طرد کاروتنوئید موجود در سـیب) و شـاخص قرمزی (a^*) کاهش یافته اســـت[32]. Mokhtar و همکاران (۲۰۲۰) باابررسی اثر افزودن عصاره پوست انار و عصاره برگ گواوا در غلظـت‌هـای ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصـــد بر خواص فیزیکوشـیمیایی، آنتی‌اکسـیدانی، میکروبیولوژیکی و حسـی شـــهد گواوا پاســـتوریزه طی نگهداری در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نشـان دادند با افزودن عصاره پوست انار و عصـــاره برگ گواوا رنگ (L^*، a^* و b^*) کاهش یافت [33]. مجـذوبی و همکـاران (۲۰۱۰) گزارش نمودنـد کـه احتمالاً به دلیل وجود فیبر در محصـول که سـبب جلوگیری از عبور نور می‌شود، باعث کاهش روشنایی برای نان بربری حـاوی تفـالـه چغنـدرقنـد می‌گردد[34]. Basiony و همکـاران (۲۰۲۳) افزودن پوره چغنـدر قرمز بـا آب انـار و توت فرنگی به نســـبت های مختلف به جز رنگ (افزایش رنگ قرمز) تأثیر کمی بر خواص فیزیکی و شـیمیایی ماست دارد و افزودن آب میوه به طور قابل توجهی باعث کاهش روشنایی شد[11]. خاکباز و همکاران (۲۰۱۷) با تهیه نشان دادنـد کـه اثر متقـابـل دو متغیر آب آلبـالو و انگور قرمز بر میزان رنگ نمونه‌های آب میوه‌ی ترکیبی معنی‌دار بود[35]. تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر محتوی فنل کل نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطـابق نتـایج آبمیوه‌هـای ۱۰۰ درصـــد انـار بیشـــترین محتوی فنل کل را داشـــتند ($p<0.05$). همچنین نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سبب افزایش معنادار محتوی فنـل کـل نمونـه‌هـای آبمیوه شـــد ($p<0.05$). این افزایش معنادار با افزایش درصـد پوره چغندر قند از ۰/۵ به

۱/۵ مشـــهودتر بود ($p<0.05$). علاوه بر این روند کاهش معنادار محتوی فنل کل طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$)(شکل۳-۸). بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری بیشـترین محتوی فنل کل در نمونه T_4 (آبمیوه ۱۰۰ درصـد انار حاوی ۱/۵ درصـد پوره چغندر قند) مشـاهده شـد ($p<0.05$). کمترین محتوی فنل کل در T_5 (آبمیوه ۵۰ : ۵۰ انار و توت فرنگی) مشاهده شد ($p<0.05$)

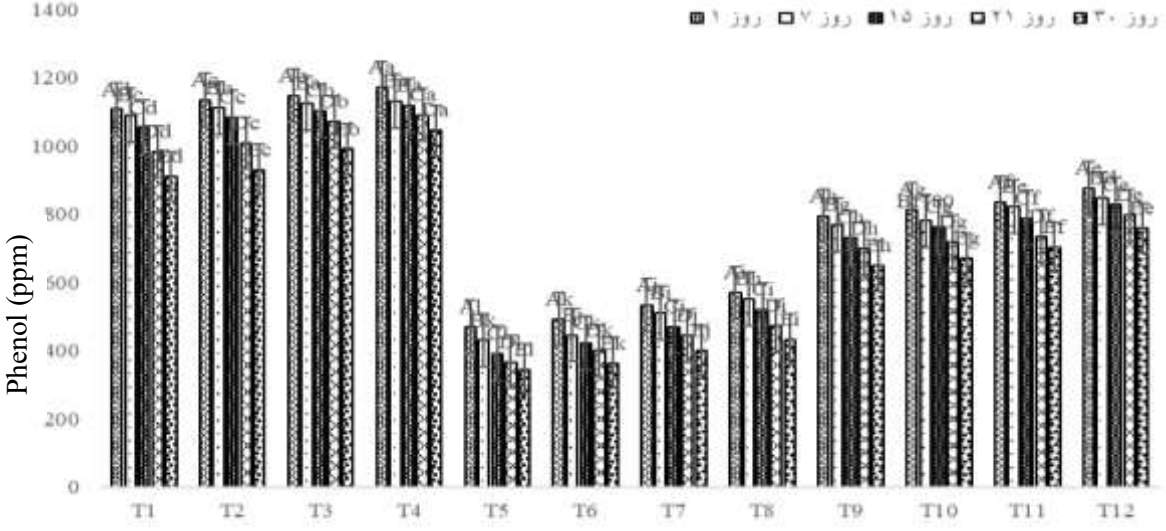

Figure 3-8- Phenol content of functional fruit juice samples during 30 days of storage

فلاونوئیدهای اولیه موجود در انار، چغندر و توت فرنگی شـــامل فلاونول‌ها، فلاوان-۳-اول ها، فلاون‌ها، فلاونون‌ها، آنتوســـیانین، آنتوســـیانیدین‌ها، پروآنتوســـیانیدین‌ها، دی هیدروفلاوانول‌ها و ایزوفلاون‌ها می‌باشـد. از سـوی دیگر، غیر فلاونوئیدهای برجسته شـامل فنل‌های سـاده، تانن‌های قابل هیدرولیز، اسـید سـینامیک، کومارین‌ها، گزانتون، اسـتیل‌بن‌هـا، لیگنـان‌هـا، سـکوئیرویـدهـا، بنزوفنون‌هـا، استوفنون‌ها، فنیل استیک و اسید بنزوئیک می‌شوند [36]. انار در بسیاری از قسمت‌های خود دارای مواد فعال زیستی مهمی از جمله پلی‌فنول‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها است کـه دارای خـواص دارویی و عـملکردی، خـواص آنتی-اکسیدانی، فواید ضد سرطانی و اثرات ضد تصلب شرایین اســـت. آب لنار ازآنجایی‌که هم گلوکز و هم ترکیبات فنلی دارد، یک نوشـیدنی مغذی است که به دلیل طعم شـیرین و ترش معروف اســـت [23]. توت فرنگی به دلیل محتوای بالای مواد مغذی ضـروری و فیتوکمیکال‌های مفید، میوه‌ای رایج و مهم در رژیم غذایی مدیترانه‌ای اســـت که به نظر می‌رسـد فعالیت بیولوژیکی مرتبطی در سـلامت انسـان دارد. در میـان این فیتوکمیکـال‌هـا، آنتوســـیـانین و الاژیتـانین‌هـا ترکیبات آنتی‌اکسـیدانی اصـلی هسـتند[11] . چغندر نیز به عنوان منبعی از انواع ترکیبات فعال زیســـتی (مانند فیبر رژیمی، پکتیک-الیگوســـاکاریدها، بتالین‌ها و فنولیک‌ها) با اثرات مفید اثبات شـده بر سـلامت انسـان می‌باشـد. عصـاره چغندر و پکتین و پکتیک-الیگوسـاکاریدهای چغندر نشـان داده‌اند که می‌توانند ترکیب و فعالیت میکروبیوتای روده را به طور مثبت از طریق اثرات بیفیدوژنیک قابل توجه، علاوه بر تحریک رشـد و متابولیسـم پروبیوتیک‌ها تعدیل نمایند. بتـالین‌هـا و فنولیـک‌هـای چغنـدر بـه نظر می‌رســـد تولیـد متابولیت‌ها (به عنوان مثال اسیدهای چرب با زنجیره کوتاه) توسط فلور میکربی روده و پروبیوتیک‌ها را افزایش می‌دهند که با اثرات مفید متفاوتی بر سـلامت میزبان مرتبط هسـتند. محتوای برجســـتـه بتـالین‌هـا و فنولیـک‌هـا بـا خواص آنتی‌اکسیدانی، ضد التهابی و ضد سرطان‌زایی با اثرات مثبت چغندر بر ســـلامت دســـتگاه گوارش مرتبط اســـت [3]. Habibو همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای نشـــان دادند که کنســـانتره آب لنار یک منبع غنی از پلی‌فنول‌ها اســـت که

فعالیت آنتی‌اکسیدانی قابل توجهی را نشان می‌دهد و مزایای بالقوه سلامتی را برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها نشان می‌دهد. در این مطالعه، پروفایل پلی‌فنولی کنسانتره آب انار برای اولین بار مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که کنسانتره آب انار می‌تواند از آسیب اکسیداتیو به آلبومین سرم گاوی و اسید دئوکسی ریبونوکلئیک و همچنین فعالیت‌های استیل کولین استراز، α-آمیلاز و تیروزیناز جلوگیری کند. پلی‌فنل‌های اولیه شناسایی شده در کنسانتره آب انار عبارتند از ٤-هیدروکسی-۳-متوکسی بنزوات، اپی‌کاتچین، کاتچین، روتین، اسید فرولیک، اسید P-کوماریک و اسید سینامیک. در نتیجه کنسانتره اب انار ممکن است یک عنصر مفید در فرمولاسیون غذاهای فراسودمند باشد و می‌تواند در صنایع غذایی، مواد غذایی و دارویی مورد استفاده قرار گیرد[37] . Saleem و همکاران (۲۰۲۵) به بررسی خواص تغذیه‌ای، آنتی اکسیدانی، فیزیکوشیمیایی و حسی کنسانتره انار، کنسانتره چغندر، کنسانتره هویج و نوشیدنی‌های آب پنیر مکمل پرداختند. نتایج نشان داد که کنسانتره انار بالاترین غلظت خاکستر، سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و اسید اسکوربیک را نسبت به کنسانتره چغندر و کنسانتره هویج نشان داد. همچنین، بیشترین محتوای فنلی کل، محتوای فلاونوئید کل، ۲، ۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) و قدرت آنتی اکسیدانی کاهنده آهن (FRAP) در کنسانتره انار نسبت به کنسانتره چغندر و کنسانتره هویج ثبت شد، درحالی‌که حداکثر بتاکاروتن و آنتوسیانین در کنسانتره هویج و کنسانتره انار مشاهده شد[38].

Basionyو همکاران (۲۰۲۳) با افزودن پوره چغندر قرمز با آب انار و توت فرنگی به نسبت های مختلف به ماست نشان دادند که افزودن این آب میوه‌ها به طور قابل توجهی باعث افزایش محتوای فنلی کل ماست می‌شود[11].تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطابق نتایج آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد انار بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را داشتند ($p<0.05$). همچنین نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سبب افزایش معنادار فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های آبمیوه شد ($p<0.05$). این افزایش معنادار با افزایش درصد پوره چغندر قند از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود ($p<0.05$). علاوه بر این روند کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$)(شکل ۳-۹). بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه T_4 (آبمیوه ۱۰۰ درصد انار حاوی ۱/۵ درصد پوره چغندر قند) مشاهده شد ($p<0.05$). کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در T_5 (آبمیوه ۵۰ : ۵۰ انار و توت فرنگی) مشاهده شد ($p<0.05$).

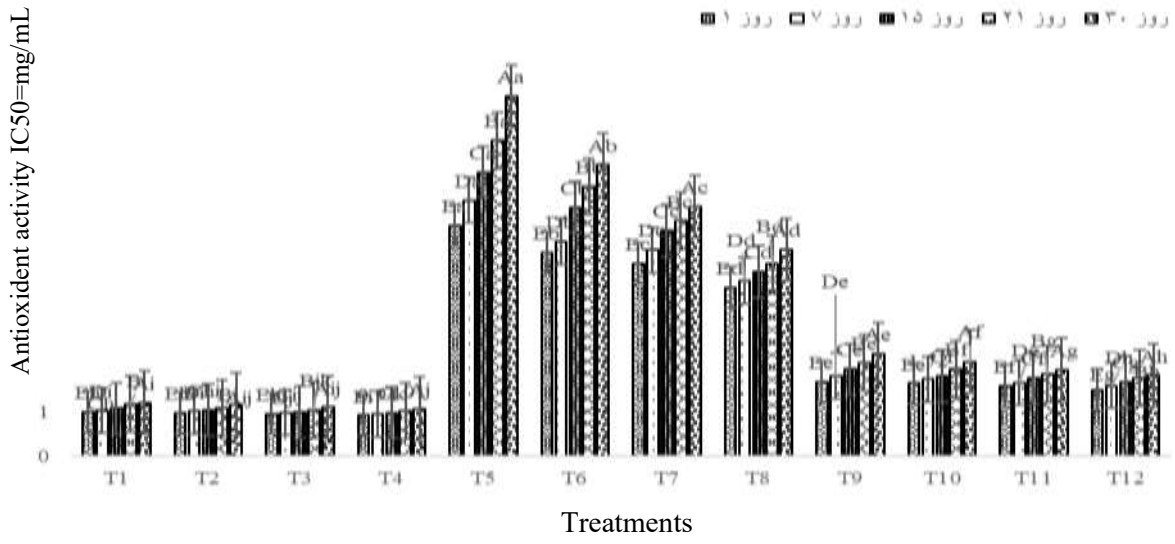

Figure 3-9 - Antioxidant activity of functional fruit juice samples during 30 days of storage

آب انار منبع مهمی از ترکیبات فنلی است که آنتوسیانین‌ها یکی از مهم‌ترین آن ها به ویژه ۳ گلوکوزیدها و ۳، ۵- دی گلوکوزیدهای دلفینیدین، سیانیدین و پلارگونیدین هستند. این اجزا به همراه تانن‌های نوع گالاژیل، مشتقات اسید الاژیک و سایر تانن‌های قابل هیدرولیز می‌توانند به نوعی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب لنار نقش داشته باشند [39].توت فرنگی نیز به دلیل محتوای بالای مواد مغذی ضروری و فیتوکمیکال‌های مفید، میوه‌ای رایج و مهم در رژیم غذایی مدیترانه‌ای است که به نظر می‌رسد فعالیت بیولوژیکی مرتبطی در سلامت انسان دارد. در میان این فیتوکمیکال‌ها، آنتوسیانین و الاژیتانین‌ها ترکیبات آنتی‌اکسیدانی اصلی هستند[11] . بطور کلی انار *(Punica granatum)*، هویج *(Daucus carota)* و چغندر *(Beta vulgaris)* منابع غنی ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی (A، C و E)، کاروتنوئیدها (شامل α-کاروتن، بتا-کاروتن، لوتئین، زیگزانتین، بتا-کریپتوکسانتین، و ترکیبات آستاگزانتین) هستند. این ترکیبات پلی‌فنلی را می‌توان بیشتر به فلاونوئیدها و غیر فلاونوئیدها طبقه‌بندی کرد. فلاونوئیدهای اولیه موجود در انار، چغندر و هویج شامل فلاونول‌ها، فلاوان-۳-اول‌ها، فلاون‌ها، فلاونون ها، آنتوسیانین، آنتوسیانیدین‌ها، پروآنتوسیانیدین‌ها، دی هیدروفلاوانول‌ها و ایزوفلاون‌ها می‌باشد. از سوی دیگر، غیر فلاونوئیدهای برجسته شامل فنل‌های ساده، تانن‌های قابل هیدرولیز، اسید سینامیک، کومارین‌ها، گزانتون، استیل‌بن‌ها، لیگنان‌ها، سکوئیرویدها، بنزوفنون‌ها، استوفنون‌ها، فنیل استیک و اسید بنزوئیک می‌شوند[36]. Mokhtar و همکاران (۲۰۲۰) باابررسی اثر افزودن عصاره پوست انار و عصاره برگ گواوا در غلظتهای ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد بر خواص فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی، میکروبیولوژیکی و حسی شهد گواوا پاستوریزه طی نگهداری در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نشان دادند که عصاره پوست انار و عصاره برگ گواوا محتوای فنلی کل بالایی را به ترتیب با ۱۲۹/٤۰و ۹۲/۲۱ میلی‌گرم در گرم و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب با ۹۱/۱۵ درصد و ۸۷/۳٤ درصد نشان دادند[33]. Basionyو همکاران (۲۰۲۳) نشان ادند که با افزودن پوره چغندر قند با آب انار و توت فرنگی به ماست میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی این مخلوط افزایش می‌یابد[11]. Kaur و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی در چغندر قرمز در عصاره اتانولی ۷۳/۳ درصد و در عصاره آبی ۵۵ درصد است[40].

تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر شمارش کپک و مخمر نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطابق نتایج در تمامی تیمارها طی ۱۵ روز و تیمار T_4 و T_{12} (به ترتیب آبمیوه ۱۰۰ درصد انار و آبمیوه ۱۰۰ درصد توت فرنگی) طی ۲۱ روز رشد کپک و مخمر مشاهده نشد ($p>0.05$). مطابق نتایج در روز ۲۱ بالاترین شمارش کپک و مخمر در نمونه T_5 (آبمیوه ۵۰ :۰۵ آبمیوه انار و توت فرنگی) مشاهده شد ($p<0.05$). علاوه بر این، نتایج نشان داد افزودن عصاره جغندر قند سبب کاهش رشد کپک و مخمر شد ($p<0.05$). این کاهش معنادار با افزایش درصد پوره چغندر قند از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود ($p<0.05$)(شکل۳-۱۰). علاوه بر این روند افزایش شمارش کپک و مخمر طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$). بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری بیشترین شمارش کپک و مخمر در نمونه T_5 مشاهده شد ($p<0.05$). کمترین محتوی فنل کل در T_5 (آبمیوه ۵۰ : ۵۰ انار و توت فرنگی) مشاهده شد ($p<0.05$)

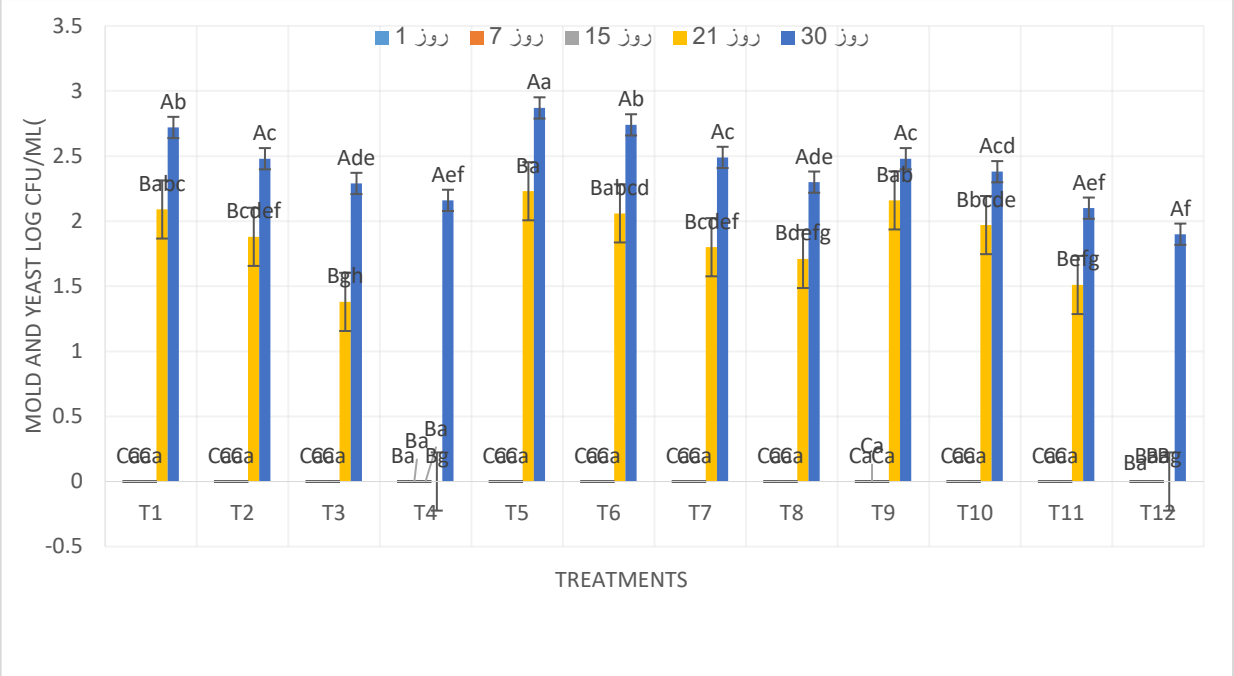

Figure 3-10 - Antibacterial activity (mold and yeast count) of functional fruit juice samples during 30 days of storage

توت فرنگی و انار و چغندر دارای ترکیبات ریست فعال می باشند که دارای عملکردی درمانبی و ضد میکربی و آنتی-اکسیدانی می‌باشد [11]. افزودن عصاره جغندر قند سبب کاهش رشد کپک و مخمر شد.Habib و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادندکه پلی‌فنل‌های اولیه شناسایی شده در کنسانتره آب انار شامل ٤-هیدروکسی-۳-متوکسی بنزوات، اپی-کاتچین، کاتچین، روتین، اسید فرولیک، اسید P-کوماریک و اسید سینامیک می‌باشند که به دلیل داشتن این ترکیبات زیست فعال ،کنسانتره آب انار اثرات ضد باکتریایی قوی علیه پاتوژن‌های انسانی مانند *استرپتوکوک موتانس* و *آئرومونا*س *هیدروفیلا* از خود نشان می‌دهند[37].Mokhtar و همکاران (۲۰۲۰) باربرسی اثر افزودن عصاره پوست انار و عصاره برگ گواوا در غلظت‌های ۰، ۰/۱ ، ۰/۲ و ۰/۳ درصد بر خواص میکروبیولوژیکی شهد گواوا پاستوریزه طی نگهداری در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نشان دادند که تمام نمونه‌های شهد از نظر میکروبیولوژیکی ایمن بودند[33].

تیمارهای مختلف و مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). مطابق نتایج آبمیوه‌های ۱۰۰ درصد توت فرنگی بیشترین زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک را داشتند ($p<0.05$). همچنین نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر قند سبب افزایش معنادار زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک نمونه‌های آبمیوه شد ($p<0.05$). این افزایش معنادار با افزایش درصد پوره چغندر قند از ۰/۵ به ۱/۵ مشهودتر بود ($p<0.05$). علاوه بر این روند کاهش زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک طی ۳۰ روز نگهداری در تمامی گروه‌های مورد بررسی مشاهده شد ($p<0.05$)(شکل ۱۱-۳). بطوریکه در روز ۳۰ نگهداری بیشترین زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک در نمونه T_{12} (آبمیوه ۱۰۰ درصد توت فرنگی حاوی ۱/۵ درصد پوره چغندر قند) مشاهده شد ($p<0.05$). کمترین زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک در T_5 (آبمیوه ۵۰ : ۵۰ انار و توت فرنگی) مشاهده شد ($p<0.05$).

bacteria Log CFU/mL

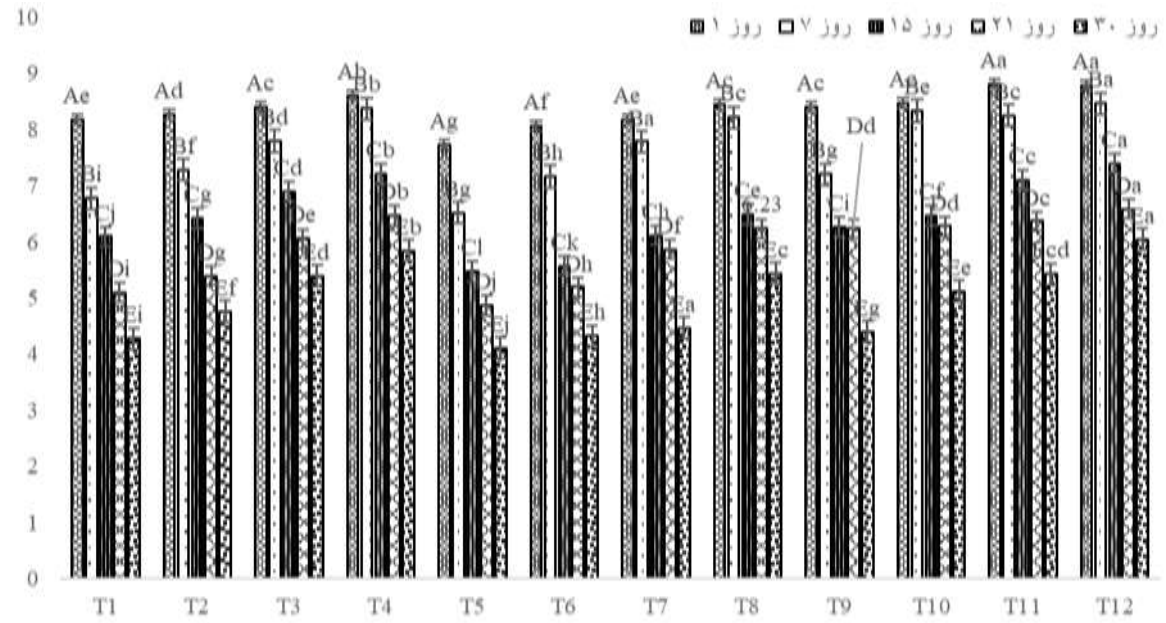

Figure 3-11- Survival of probiotic bacteria in functional fruit juice samples during 30 days of storage

فیبرهای غذایی از ترکیبات پری‌بیوتیکی هستند که می-توانند زنده ماندن میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک را در محصولات غذایی در طول نگهداری افزایش داده و اثرات سلامتی بر مصرف کنندگان داشته باشند [30]. محصولات آبمیوهای تغلیظ و فرآوری شده می‌توانند سطوح خیلی پایینی از فیبر داشته باشند که در نتیجه ی فرآوری، همین مقدار فیبر نیز از مواد اولیه حذف می‌شود. برخی از فیبرهای رژیمی می‌توانند به عنوان پری‌بیوتیک عمل کرده و باعث تقویت و افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در مواد غذایی شوند. آبمیوه به دلیل داشتن مواد مغذی مفید و یک پروفایل طعمی جذاب برای همه ی گروه‌های سنی یک محیط ایده آل و به عنوان پری بیوتیک برای ترکیبات فراسودمند سلامتی بخش می‌باشد [41].

Khezri و همکاران (۲۰۱۸) از آب انجیر به عنوان پایه ای برای تلقیح *لاکتوباسیلوس دلبروکی* با اینولین استفاده نمودند که نتایج نشان دادند که آب انجیر محیط مناسبی برای بقای *لاکتوباسیلوس دلبروکی* است[42]. فیبر میوه‌جات به عنوان ماده مغذی انرژی را برای باکتری‌ها فراهم می‌کند و رشد و زنده ماندن آنها را در طول ذخیره‌سازی افزایش می‌دهد [43].

مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر ارزیابی حسی طعم نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). درحالیکه تیمارهای مختلف تأثیر معناداری بر میزان ارزیابی حسی طعم نمونه‌ها نداشتند و طی ۳۰ روز اختلاف آماری معنادار بین تیمارها مشاهده شد ($p>0.05$). با این حال کاهش معنادار ارزیابی حسی طعم در تمام گروه‌های مورد بررسی طی ۳۰ روز نگهداری مشاهده شد ($p<0.05$)جدول ۳-۱.

Table 3-1- Results of the average sensory evaluation of the taste of different functional juice samples during 30 days of storage

Day Treatment	Day1	Day7	Day15	Day21	Day30
T1	4.00 ±1.00 ^{Aabc}	2.66 ± 0.57 ^{Bbc}	2.00 ± 0.00 ^{Bc}	1.00 ± 0.00 ^{Cd}	1.00 ± 0.00 ^{Ca}
T2	4.33 ± 0.57 ^{Aabc}	3.33 ± 0.57 ^{ABabc}	2.33 ± 0.57 ^{BCbc}	1.33 ± 0.57 ^{Ccd}	1.33 ± 0.57 ^{Ca}
T3	3.33 ± 0.57 ^{Ad}	2.66 ± 0.57 ^{ABbc}	2.00 ± 0.00 ^{BCc}	1.33 ± 0.57 ^{Ccd}	1.33 ± 0.57 ^{Ca}
T4	3.33 ± 0.57 ^{Ad}	2.33 ± 0.57 ^{ABc}	2.33 ± 0.57 ^{ABbc}	2.66 ±0.57 ^{ABab}	1.66 ± 0.57 ^{Ba}

T5	5.00 ± 0.00 Aa	4.00 ± 0.00 Ba	3.00 ± 0.00 Cab	2.00 ±0.00 CDbc	1.00 ± 0.00 Da
T6	4.66 ± 0.57 Aab	3.66 ± 0.57 Bab	3.00 ± 0.00 Bab	2.00 ± 0.00 Cbc	1.33 ± 0.57 Ca
T7	4.33 ± 0.57 Aabc	3.33 ± 0.57 ABabc	2.66 ± 0.57 BCbc	2.33 ±0.57 BCab	1.33 ± 0.57 Ca
T8	3.66 ± 1.15 Acd	3.33 ± 0.57 ABabc	3.00 ± 0.00 ABab	2.00 ± 0.00 Bbc	1.00 ± 0.00 Ca
T9	5.00 ± 0.00 Aa	3.66 ± 0.57 Bab	2.66 ± 0.57 Cbc	2.00 ± 0.00 Dbc	1.33 ± 0.57 Ea
T10	4.66 ± 0.57 Aab	3.66 ± 0.57 Bab	3.00 ± 0.00 Cab	2.00 ± 0.00 Dbc	1.33 ± 0.57 Ea
T11	4.66 ± 0.57 Aab	4.00 ± 0.00 Aba	3.00 ± 0.00 Bab	2.66 ±0.57 BCab	1.66 ± 0.57 Ca
T12	4.00 ± 0.00 Aabc	3.33 ± 0.57 Aabc	3.66 ± 0.57 Aba	3.00 ± 0.00 BCa	2.00 ± 0.00 Ca

مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر ارزیابی حسی بو نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). درحالیکه تیمارهای مختلف تأثیر معناداری بر میزان ارزیابی حسی بو نمونه‌ها نداشتند و طی ۳۰ روز اختلاف آماری معنادار بین تیمارها مشاهده نشد ($p>0.05$). با این حال کاهش معنادار ارزیابی حسی بو در تمام گروه‌های مورد بررسی طی ۳۰ روز نگهداری مشاهده شد ($p<0.05$)(جدول۳-۲).

Table 3-2- Average results of sensory evaluation of odor of different functional juice samples during 30 days of storage

Day / Treatment	Day1	Day7	Day15	Day21	Day30
T1	4.33 ± 0.57 Aabc	2.66 ± 0.57 Bbc	3.00 ± 0.00 Cc	1.33 ± 0.57 Da	1.00 ± 0.57 Da
T2	4.33 ± 0.57 Aabc	3.23 ± 0.57 Aabc	3.66 ± 0.57 Bbc	2.00 ± 0.00 Ba	1.33 ± 0.00 Ca
T3	3.66 ± 0.57 Ad	2.66 ± 0.57 ABbc	3.00 ± 0.00 BCc	1.66 ± 0.57 Ca	1.66 ± 0.57 Ca
T4	3.66 ± 0.57 Ad	2.33 ± 0.57 Bc	2.33 ± 0.57 Bbc	2.00 ± 0.00 Ba	1.66 ± 0.00 Ba
T5	5.00 ± 0.00 Aa	4.00 ± 0.00 Ba	3.66 ± 0.57 Cab	2.00 ± 0.00 Da	1.00 ± 0.00 Da
T6	4.66 ± 0.57 Aab	3.66 ± 0.57 ABab	3.66 ± 0.57 BCab	2.33 ± 0.57 CDa	1.66 ± 0.57 Da
T7	4.33 ± 0.57 Aabc	3.33 ± 0.57 ABabc	3.66 ± 0.57 BCbc	2.00 ± 0.57 Ca	1.33 ± 0.57 Ca
T8	4.00 ± 1.15 Acd	3.33 ± 0.57 ABabc	3.00 ± 0.00 BCab	2.00 ± 0.00 Ca	1.66 ± 0.57 Da
T9	5.00 ± 0.00 Aa	3.66 ± 0.57 Bab	2.66 ± 0.57 BCbc	± 0.57 CDbc 1.66	1.33 ± 0.57 Ea
T10	4.33 ± 0.57 Aab	3.66 ± 0.57 Bab	3.00 ± 0.57 BCab	2.33 ± 0.57 CDbc	1.66 ± 0.57 Da
T11	4.33 ± 0.57 Aab	4.00 ± 0.00 Aba	3.33 ± 0.57 Bab	2.66 ± 0.57 Cab	1.66 ± 0.57 Ca
T12	4.33 ± 0.57 Aabc	3.33 ± 0.57 ABabc	3.00 ± 0.00 Abba	2.00 ± 0.00 BCa	2.00 ± 0.00 Ca

مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر ارزیابی حسی رنگ نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). درحالیکه تیمارهای مختلف تأثیر معناداری بر میزان ارزیابی حسی بو نمونه‌ها نداشتند و طی ۳۰ روز اختلاف آماری معنادار بین تیمارها مشاهده نشد ($p>0.05$). با این حال کاهش معنادار ارزیابی حسی رنگ در تمام گروه‌های مورد بررسی طی ۳۰ روز نگهداری مشاهده شد ($p<0.05$)(جدول ۳-۳).

Table 3-3- Results of the average sensory evaluation of the color of different functional juice samples during 30 days of storage

Day / Treatment	Day1	Day7	Day15	Day21	Day30
T1	4.33 ± 0.57 Aa	3.33 ± 0.57 Bbc	2.33 ± 0.57 Cc	1.33 ± 0.57 Dc	1.00 ± 0.00 Dd
T2	4.33 ± 0.57 Aa	3.33 ± 0.57 Bbc	2.33 ± 0.57 Cc	1.33 ± 0.00 Dc	1.00 ± 0.00 Dd
T3	4.66 ± 0.57 Aa	3.66 ± 0.57 Bbc	2.66 ± 0.57 Cbc	2.00 ± 0.57 Cc	1.00 ± 0.00 Dd
T4	5.00 ± 0.00 Aa	4.00 ± 0.00 Babc	3.00 ± 0.00 Cbc	2.33 ± 0.57 Dbc	1.33 ± 0.57 Ecd
T5	4.00 ± 0.57 Aa	3.00 ± 0.00 ABc	2.33 ± 0.57 BCc	2.66± 0.57 BCabc	1.66 ± 0.57 Cbcd
T6	4.66 ± 0.57 Aa	3.66 ± 0.57 ABbc	3.33 ± 0.57 Babc	2.66± 0.57 BCabc	1.66 ± 0.57 Cbcd

T7	4.66 ± 0.57 Aa	3.66 ± 0.57 ABbc	2.66 ± 0.57 ABbc	2.66±0.57 BCabc	2.00 ± 0.57 Cbc
T8	5.00 ± 0.00 Aa	2.00 ± 0.00 Dbc	3.66 ± 0.57 Cab	4.00± 0.00 Babc	5.00 ± 0.00 Aa
T9	4.33 ± 0.57 Aa	1.33 ± 0.57 Ccd	2.66 ± 0.57 ABc	3.33± 0.57 ABbc	4.33 ± 0.57 Aa
T10	4.33 ± 0.57 Aa	1.33 ± 0.57 Ccd	2.66 ± 0.57 Bbc	3.33± 0.57 ABbc	4.33 ± 0.57 Aa
T11	4.66 ± 0.57 Aa	2.33 ± 0.57 Bab	3.66 ± 0.57 Bab	4.33± 0.00 Bab	4.66 ± 0.57 Aa
T12	5.00 ± 0.00 Aa	3.00 ± 0.00 Da	4.00 ± 0.00 Bba	5.00± 0.00 Ba	5.00 ± 0.00 Aa

مدت زمان نگهداری تأثیر معناداری بر ارزیابی حسی پذیرش کلی نمونه‌های مختلف آبمیوه پروبیوتیک داشت ($p<0.05$). درحالیکه تیمارهای مختلف تأثیر معناداری بر میزان ارزیابی حسی پذیرش کلی نمونه‌ها نداشتند و طی ۳۰ روز اختلاف آماری معنادار بین تیمارها مشاهده نشد ($p>0.05$). با این حال کاهش معنادار ارزیابی حسی پذیرش کلی در تمام گروه‌های مورد بررسی طی ۳۰ روز نگهداری مشاهده شد ($p<0.05$).

Table 4-17- Results of the average sensory evaluation of overall acceptance of different functional juice samples during 30 days of storage

Day Treatment	Day1	Day7	Day15	Day21	Day30
T1	± 0.57 Aab 4.33	3.00 ± 0.00 Bbc	2.00 ± 0.00 Cc	1.00 ± 0.57 Dd	1.00 ± 0.00 Db
T2	4.33 ± 0.57 Aab	3.33 ± 0.57 ABbc	2.33 ± 0.57 BCbc	1.66 ± 0.00 Ccd	1.33 ± 0.00 Cab
T3	4.00 ± 0.00 Ab	3.00 ± 0.00 Bbc	2.33 ± 0.57 Cbc	1.66 ± 0.57 Ccd	1.66 ± 0.00 Dab
T4	4.00 ± 0.00 Ab	2.66 ± 0.57 Bc	2.33 ± 0.57 Bbc	2.66 ± 0.57 Bab	1.66 ± 0.57 Bab
T5	5.00 ± 0.00 Aa	3.33 ± 0.57 Bbc	2.33 ± 0.57 Cbc	2.33 ± 0.57 CDbc	1.33 ± 0.57 Dab
T6	4.66 ± 0.57 Aab	3.66 ± 0.57 ABab	3.00 ± 0.00 BCabc	2.33 ± 0.57 CDbc	1.66 ± 0.57 Dab
T7	4.66 ± 0.57 Aab	3.66 ± 0.57 ABab	3.00 ± 0.00 Babc	2.66 ± 0.57 Bab	1.66 ± 0.57 Cab
T8	4.00 ± 0.00 Ab	4.00 ±0.00 ABabc	3.66 ± 0.57 BCa	3.00 ± 0.00 CDab	2.00 ± 0.00 Db
T9	5.00 ± 0.00 Aa	3.66 ± 0.57 Bab	2.66 ± 0.57 Cabc	2.33 ± 0.57 Cbc	1.66 ± 0.57 Dab
T10	4.33 ± 0.57 Aab	3.66 ± 0.57 ABab	3.00 ± 0.00 Cabc	2.33 ± 0.57 BCbc	1.66 ± 0.57 Cab
T11	4.66 ± 0.57 Aab	4.00 ± 0.00 ABab	3.66 ± 0.57 BCa	3.33 ± 0.57 Ca	2.33 ± 0.57 Da
T12	5.00 ± 0.00 Aa	4.00 ± 0.00 Aa	3.33 ± 0.57 Aab	3.00 ± 0.00 Bab	2.33 ± 0.00 Ca

تیمارهای مختلف تأثیری معناداری بر ارزیابی حسی نمونه‌های آبیموه‌های پروبیوتیک نداشتند. تمام نمونه‌های آبمیوه قبل از دوره ذخیره‌سازی بالاترین میزان مقبولیت و پذیرش را داشتندو درحالیکه طی ۳۰ روز نگهداری کاهش ارزیابی حسی در تمام گروه‌های مورد بررسی گزارش شد. Saleem و همکاران (۲۰۲۵) با بررسی خواص حسی کنسانتره انار و کنسانتره چغندر و کنسانتره هویج و نوشیدنی‌های آب پنیر مکمل آنها نشان دادند که نتایج ارزیابی حسی کنسانتره انار –آب پنیر را برای طعم، رنگ و پذیرش کلی بهتر گزارش کردند و کنسانتره انار بهترین انتخاب برای افزودن ارزش در نوشیدنی‌های فراسودمند آماده است[38]. Mokhtar و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر افزودن عصاره پوست انار و عصاره برگ گواوا در غلظت‌های ۰، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد بر خواص فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی، میکروبیولوژیکی و حسی شهد گواوا پاستوریزه طی نگهداری در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد) نشان دادند افزودن عصاره پوست انار و عصاره برگ گواوا تأثیر معنی‌داری بر تمام ویژگی‌های حسی نداشت. از نتایج به‌دست‌آمده، نتیجه‌گیری می‌شود که ترکیب شهد گواوا با عصاره پوست انار و عصاره برگ گواوا در تولید شهد ایمن با کیفیت‌های تغذیه‌ای و حسی بهتر مؤثر است[33]. مجذوبی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش دادند که غلظت بالای فیبر چغندرقند در نان بربری بر طعم و همچنین فعالیت مخمر آغازگر اثر نامطلوبی دارد[34]. حشمتی و همکاران (۱۳۹۶) به دلیل خواص تغذیه ای

مطلوب و نیز ذائقه پسندی آبمیوه‌های انگور قرمز و آلبالو، همچنین جهت رسیدن به فرمولاسیونی بهینه در راستای تولید آبمیوه‌های جدید غنی شده با فیبر رژیمی اینولین، در مطالعه‌ای به بررسی ترکیب این دو آبمیوه و اینولین استفاده نمودند و نشان دادند که فرمولاسیون جدید از مقبولیت و پذیرش کلی بالاتری بر خوردار بوده و همچنین ارزش تغذیه‌ای آب‌میوه‌ی ترکیبی حاصل نیز افزوده می‌شود که این نشان دهنده‌ی رسیدن به هدف مورد نظر از تولید این آب‌میوه‌ی ترکیبی است[35].

٤-نتیجه‌گیری کلی

با گذشت زمان و رشد باکتری هدف در نوشیدنی ۱۰۰ درصد آبمیوه انار، ۵۰:۵۰ انار وتوت فرنگی و ۱۰۰ درصد توت فرنگی، pH به صورت معنی‌داری کاهش و همچنین اسیدیته برخلاف pH افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد افزودن پوره چغندر بطور غیروابسته به غلظت سبب افزایش معنادار میزان شد. با این حال افزایش معنادار کدورت و بریکس آبمیوه‌ها بطور وابسته به غلظت پوره چغندر قند مشاهده شد. همچنین کاهش معنادار شاخص روشنایی، افزایش معنادار شاخص قرمزی و زردی نمونه‌های آبمیوه با افزودن چغندر قند گزارش شد. افزایش محتوی فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های آبمیوه طی افزودن پوره چغندر قند نیز مشاهده شد. مهار رشد کپک و مخمر و افزایش زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتک طی ۲۱ روز نگهداری در نمونه‌ها حاوی پوره چغندر قند نیز مشاهده شد. عدم تأثیر معنادار افزودن پوره چغندر قند بر پارامتراهای حسی (طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی) نمونه‌های آبمیوه نیز مشاهده شد. از یافته‌های حاصل می‌توان نتیجه گرفت که آب میوه ۱۰۰ درصد انار، ۱۰۰ درصد توت فرنگی و ۵۰:۵۰ آب انار: توت فرنگی حاوی پوره چغندر قند بستر خام مناسبی جهت رشد باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* می‌باشند.

تأمین مالی

نویسنده اعلام می‌کند که هیچ بودجه‌ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت‌ها توسط نویسنده انجام شده است.

منافع رقابتی

نویسنده تأیید می‌کند که هیچ گونه تضاد منافع مالی یا منافع رقابتی در این مطالعه ندارد.

٥- منابع

[1] Patel, P., Jethani, H., Radha, C., Vijayendra, S. V. N., Mudliar, S. N., Sarada, R., and Chauhan, V. S. 2019. Development of a carotenoid enriched probiotic yogurt from fresh biomass of Spirulina and its characterization. *Journal of Food Science & Technology*, 56: 3721-3731.

[2] Pimentel, T. C., Da Costa, W. K. A., Barão, C. E., Rosset, M., and Magnani, M. 2021. Vegan probiotic products: A modern tendency or the newest challenge in functional foods. *Food Research International*, 140: 110033.

[3] de Oliveira, S.P.A., de Albuquerque,T.M.R.,Massa, N.M.L., Rodrigues, N.P.A., Sampaio, K.B., do Nascimento,H.M.A., Lima,M.S., da Conceiç˜ao, M.L., de Souza, E.L. .2023. Investigating the effects of conventional and unconventional edible parts of red beet (Beta vulgaris L.) on target bacterial groups and metabolic activityof human colonic microbiota to produce novel and sustainable. *Food Research International,* 17: 112998.

[4] Cruz, A. G., Antunes, A. E., Sousa, A. L. O., Faria, J. A., and Saad, S. M. 2009. Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Research International*, 42(9): 1233-1239.

[5] Rosemont, I.L. 1990, Yoghurt; its nutritional and health benefits. *National Dairy Council*, 61(2), 7-12.

[6] Mortazavi, S.A. and Ghaleh-e-Mosiani, Z. 2018. Investigation of the antioxidant activity of oregano aqueous extract and its effect on the viability of Lactobacillus plantarum subspecies plantarum in low-fat probiotic yogurt. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 1(10): 97-107.

[7] Seyed Ahmadi Mamaghani, M., Alizadeh, A. and Fasihnia, S.H. 2011. Production and investigation of some physical, chemical and sensory properties

of synbiotic carrot juice fermented with Lactobacillus casei and Lactobacillus plantarum and investigation of their shelf life. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 13 (2): 27-39.

[8] Farnworth, E.R., Mainville, I., Desjardins, M.P., Gardner, N., Fliss, I., and Champagne, C. 2007. Growth of probiotic bacteria and bifidobacteria in a soy yogurt formulation. *International Journal of Food Microbiology,* 116: 174–181.

[9] Rodgers, S. 2008. Novel applications of live bacteria in food services: probiotics and protective cultures. *Trends in Food Science & Technology*, *19*(4): 188-197.

[10] Šoronja-Simović, D., Šereš, Z., Maravić, N., Djordjević, M., Djordjević, M., Luković, J., and Tepić, A. 2016. Enhancement of physicochemical properties of sugar beet fibres affected by chemical modification and vacuum drying. *Food and Bioproducts Processing*, 100: 432-439.

[11] Basiony, M., Saleh, A., Hassabo, R., and Al-Fargah, A. 2023. The effect of using pomegranate and strawberry juices with red beet puree on the physicochemical, microbial and sensory properties of yoghurt. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(5): 5024-5033.

[12] Li, B., Li, H., Song, B., Tian, J., Gao, N., Zhang, Y., and Shu, C. 2023. Protective effects of fermented blueberry juice with probiotics on alcohol-induced stomach mucosa injury in rats. *Food Bioscience*, 55: 102974.

[13] Tajabadi, N., Mardan, M., Saari, N., Mustafa, S., Bahreini, R., & Manap, M. Y. A. 2013. Identification of Lactobacillus plantarum, Lactobacillus pentosus and Lactobacillus fermentum from honey stomach of honeybee. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44: 717-722.

[14] National Organization for Standardization. 2007. Fruit juices - Test methods. National Standard of Iran No. 2685. First edition.

[15] Talebzadeh, S., and Sharifan, A. 2017. Developing probiotic jelly desserts with Lactobacillus acidophilus. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(1): e13026.

[16] Wang, H., Yuan, J., Chen, L., Ban, Z., Zheng, Y., Jiang, Y., and Li, X. 2022. Effects of fruit storage temperature and time on cloud stability of not from concentrated apple juice. *Foods*, 11(17): 2568.

[17] Aggarwal, P., Kumar, V., Yaqoob, M., Kaur, S., and Babbar, N. 2020. Effect of different levels of hydrocolloids on viscosity and cloud stability of kinnow juice and beverages. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10): e14802.

[18] Mohammadi, M., Ghorbani, M., Beigbabaei, A., Yeganehzad, S., and Sadeghi-Mahoonak, A. 2019. Investigation effects of extracted compounds from shell and cluster of pistachio nut on the inactivation of free radicals. *Heliyon*, 5: e02438

[19] Ghazanfari, N., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., and Mohammadi, M. 2023. Using pulsed electric field pre-treatment to optimize coriander seeds essential oil extraction and evaluate antimicrobial properties, antioxidant activity, and essential oil compositions. *LWT*, 182:114852.

[20] Institute of Standards and Industrial Research of Iran ISIRI. Milk and milk products – Enumeration of colony-forming units of yeasts and/or moulds-colony –Count Technique at 25°C 1st. ed., Standard No. 10154. Tehran: ISIRI Publisher; 2007.Available from: http://www. isiri. org.

[21] Varela-Pérez, A., Romero-Chapol, O. O., Castillo-Olmos, A. G., García, H. S., Suárez-Quiroz, M. L., Singh, J., and Cano-Sarmiento, C. 2022. Encapsulation of Lactobacillus gasseri: Characterization, probiotic survival, in vitro evaluation and viability in apple juice. *Foods*, 11(5): 740.

[22] Matabura, V., and Kibazohi, O. 2021. Physicochemical and sensory evaluation of mixed juices from banana, pineapple and passion fruits during storage. *Tanzania Journal of Science*, 47(1):332-343.

[23] El-Nemr, S. E., Ismail, I. A., and Ragab, M. 1990. Chemical composition of juice and seeds of pomegranate fruit. *Food/Nahrung,* 34(7): 601-606.

[24] Young, Y. K., and Woodams Edward, E. 2004. Probiotication of tomato juice by lactic acid bacteria. *Journal of microbiology*, 42(4): 315-318.

[25] National Organization for Standardization. 2023. Pomegranate juice – characteristics. National Standard of Iran No. 2616. First revision.

[26] Brimvandi, T. and Fadaei Noghani, V. 2018. Studying the effect of pH and different concentrations of strawberry juice on the viability of Lactobacillus casei and Lactobacillus plantarum. *Journal of Food Microbiology,* 5 (2): 34-19.

[27] Babaei, M., Hashemiravan, M. and Pourahmad, R. 2018. Production of probiotic beverage based on Tomato juice and mixture of Sweet pepper, Celery and Coriander juices. *Journal of Food Science and Technology*, 15(74):331-341.

[28] Pir Mohammadi, R., Ashrafi Yurqanlu, R., Yar Hosseini, M., Kakeh Mohammadi, M. and Kaki, S. 2016. Investigating the possibility of producing apple banana syrup juice. 3rd International Conference on Science and Engineering [In Persian]

[29] Daliri, Sh., Khorshidpour, B. and Pourahmad, R. 2019. Investigating the possibility of producing probiotic juice based on a mixture of sour cherry, cranberry and apple using Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus casei. *Journal of Food Sciences and Nutrition*, 17(3): 53-66.

[30] Filotheou, A., Nanou, K., Papaioannou, E., Roukas, T., Kotzekidou, P., and Liakopoulou-Kyriakides, M. 2012. Application of response surface methodology to improve carotene production from synthetic medium by Blakeslea trispora in submerged fermentation. *Food and Bioprocess Technology,* 5:1189-1196

[31] Kavalcová, P., Bystrická, J., Tomáš, J., Karovičová, J., Kovarovič, J., and Lenková, M. 2015. The content of total polyphenols and antioxidant activity in red beetroot. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo,* 9(1):77-83.

[32] Pereira, A. L. F., Maciel, T. C. and Rodrigues, S. 2011. Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with lactobacillus casei. *Food Research International*, 44:1276-1283

[33] Mokhtar, S. M., and Ibrahim, I. M. A. 2020. Physicochemical, antioxidant and sensorial properties of pasteurized guava nectar incorporated with pomegranate peel and guava leaf extracts. World Journal of Food Science and Technology, 4(1): 8-16.

[34] Majzoubi, M., Mesbahi, G.R., Sariri, F., Farahnaki, A. and Jamalian, J. 2010. The effect of sugar beet pulp on the quality of Berberi bread. Journal of Food Science and Technology Research. 6 (1): 17-26.

[35] Khakbaz Heshmati, M. and Khoshqadam, H. 2017. Investigation of rheological and physicochemical properties of a new fruit juice formulation obtained from a combination of sour cherry and red grape enriched with dietary fiber inulin as a prebiotic product. Food Research Journal. 27(4): 121-134.

[۳۶] Jideani, A. I., Silungwe, H., Takalani, T., Omolola, A. O., Udeh, H. O., and Anyasi, T. A. 2021. Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health. *International Journal of Food Properties,* 24(1): 41-67.

[37] Habib, H. M., El-Gendi, H., El-Fakharany, E. M., El-Ziney, M. G., El-Yazbi, A. F., Al Meqbaali, F. T., and Ibrahim, W. H. 2023. Antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and anticancer activities of pomegranate juice concentrate. *Nutrients*, 15(12): 2709.

[38] Saleem, M., Ahmad, Z., Waseem, M., Alsulami, T., Javed, M. R., Farhan, M., Nayik, G.A., Manzoor, M.F., and Abdi, G. 2025. Nutritional, physicochemical, and antioxidant characterization of pomegranate, beetroot, and carrot concentrates supplemented functional whey beverages. *Food Chemistry*, X, 25: 102206.

[39] Miguel, G., Dandlen, S., Antunes, D., Neves, A., and Martins, D. 2004. The Effect of Two Methods of Pomegranate (Punica granatum L) Juice Extraction on Quality during Storage at 4◦ C. *BioMed Research International*, 2004(5): 332-337

[40] Kaur, C., and Kapoor, H. C. 2002. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2): 153-161.

[41] Prado, F. C., Parada, J. L., Pandey, A., and Soccol, C. R. 2008. Trends in non-dairy probiotic beverages. *Food Research International*, 41(2): 111-123.

[42] Khezri, S., Mahmoudi, R., and Dehghan, P. 2018. Fig juice fortified with inulin and Lactobacillus Delbrueckii: A promising functional food. *Applied Food Biotechnology*, 5(2): 97-106.

[43] Tripathi, M. K., and Giri, S. K. 2014. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. *Journal of functional foods*, 9:225-241.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The effect of beetroot fiber on the physicochemical, microbial and sensory properties of mixed probiotic fruit juice based on pomegranate and strawberry juice

Marzieh Ebrahimkhani[1], Alireza Shahab Lavasani[1*], Nazanin Zand[1]

1- Department of Food Science and Technology, VaP.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/11/01

Review: 2026/01/20

Accepted: 2026/01/24

Keywords:

Red beetroot,
Fruit juice,
Probiotics,
Pomegranate juice,
Lactobacillus plantarum

DOI: **10.48311/fsct.2026.117389.82913**

*Corresponding Author E-

alireza_shahablavasani@iau.ac

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of beetroot fiber on the physicochemical, microbial and sensory properties of a mixed probiotic juice based on pomegranate and strawberry juice. For this purpose, samples of 100% (Control sample) pomegranate juice, 100 %(Control sample) strawberry juice and 50:50 pomegranate: strawberry juice containing probiotic bacteria *Lactobacillus plantarum* (10^8 cfu/mL) and different levels of sugar beet powder (0, 0.5, 1 and 1.5%) were prepared. The results showed that the use of sugar beet puree had a significant effect on the parameters of the juice samples. A decrease in pH, an increase in acidity%, turbidity (NTU), Brix degree, viscosity (CP), total phenol content (ppm), and antioxidant activity (IC50 mg/mL) of different juice samples were observed upon addition of sugar beet puree and an improvement in the activity of probiotic bacteria up to about 2% increase in viability ($p<0.05$).A significant decrease in brightness index and also a significant increase in redness and yellowness indices were observed in Synbiotic juice samples ($p<0.05$). An increase in probiotic bacteria survival was observed depending on the percentage of sugar beet concentration as a prebiotic during the storage time of the samples. No significant effect of sugar beet puree on sensory characteristics (taste, aroma, color and overall acceptance) was also observed ($p>0.05$). The closest treatment to the control treatment is T2 treatment containing 100% pomegranate juice + 10^8 cfu/mL probiotic bacteria + 0.5% beet puree.