



Physicochemical and biological attributes of functional probiotic beverage for pomegranate enriched with Aloe vera gel

Nikta Tavagho Hamedani ¹ and Marjan Nouri^{2✉}

¹MSc Student, Department of Food Science and Technology, Ro.C., Islamic Azad University, Roudehen, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Ro.C., Islamic Azad University, Roudehen, Iran

✉ Corresponding author: Marjan.nouri@iau.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Article history:

Received: 2025-04-02

Accepted: 2025-07-30

Published: 2025-08-05

Keywords:

Pomegranate, Aloe Vera, Antioxidant, Sensory Evaluation, Functional, *Lactobacillus plantarum*

ABSTRACT

Background: Pomegranate juice, as a source of polyphenols and high antioxidant activity and also Aloe vera gel due to carbohydrate abundance, can be an option for enriching and manufacturing probiotic and functional products.

Aims: In the present study, a probiotic and functional product enriched with Aloe vera gel was produced in the form of pomegranate juice with the aim for improving physicochemical, biological, and sensory attributes.

Methods: In the present study, a probiotic pomegranate juice containing *Lactobacillus plantarum* (*L. plantarum*, 1 %) and Aloe vera gel (0, 10, 30, and 50 %) were produced and also physicochemical properties (pH, acidity, ash, and Brix), biological characteristics (ascorbic acid, total phenols, anthocyanins, and free radical scavenging capacity), probiotic viability, sensory, and functional groups were investigated.

Results: The findings indicated that higher Aloe vera gel in treatments improved pH, ash, Brix and ascorbic acid and also significantly reduced acidity, polyphenols and anthocyanins without affecting the antioxidant features. The results of *L. plantarum* survival illustrated that more time and Aloe vera had a significant impact on reduction and evaluators gave the highest average score to treatment containing 30 % gel. The presence of functional groups in pomegranate juice and Aloe vera gel was confirmed through the Fourier transform infrared spectroscopy.

Conclusion: The obtained results demonstrated that a probiotic drink containing 30 % Aloe vera gel can be recommended as an optimal treatment for industrial applications.



a growing demand for functional foods and beverages. Herbal and fruit-based drinks play a significant role in meeting nutritional needs and promoting health due to their bioactive compounds and antioxidant properties (Rajendran et al., 2025). Pomegranate juice (*Punica granatum* L.) rich in polyphenols, flavonoids, and anthocyanins has strong antioxidant properties and reported to be effective in reducing cardiovascular diseases, diabetes, and certain cancers (Keshvarzad et al., 2023). Additionally, Aloe vera gel has extensive applications in the food and pharmaceutical industries due to bioactive carbohydrates, vitamins, minerals, antioxidants, and amino acids. Aloe vera gel used as a natural preservative and an alternative to sulfur oxide to increase the shelf life of food products (Chelu et al., 2023). Moreover, adding probiotic bacteria such as *Lactobacillus plantarum* (*L. plantarum*) to herbal beverages enhances digestive health and strengthens the immune system. Studies have shown that compounds present in beverages influence the viability of these bacteria under different storage conditions (Nouri & Amin Moghaddasi, 2019). The previous researches have been conducted on adding Aloe vera gel to anola and ginger (Sasi Kumar et al., 2013), orange-carrot nectars (Hamid et al., 2014), and papaya (Ramachandran & Nagarajan, 2014) to enrich the beverages. In the past studies, health-promoting behaviors, chemical compositions, and antioxidant activity (Esposito et al., 2021), anti-inflammatory and anticancer capabilities (Habib et al., 2023), and probiotic viability of lactic acid bacteria (Rajendran et al., 2025) have been studied in pomegranate beverages. However, studies depicted that no research has been performed so far on the production of probiotic pomegranate beverage enriched with Aloe vera gel, thus highlighting the necessity and importance of conducting the present investigation.

Materials and Methods: Fresh pomegranates (Saveh variety) purchased from a local market in Tehran, Iran. Fresh Aloe vera leaves sourced from a local farm. *L. plantarum* pTCC1058 probiotic strain obtained from Tak Gene Zist Company. Other materials included sugar, pectin, microbiological culture media (De Man, Rogosa and Sharpe (MRS) agar), and standard laboratory reagents. Aloe vera gel extraction followed the method described (Graiely et al., 2021). After washing the leaves, the epidermal layer removed, and the inner gel extracted. The gel was soaked in distilled water for 5 minutes to reduce bitterness, then dried and cut into 4×4 mm pieces. Fresh

pomegranate juice extracted and adjusted to 13° Brix. The 5.8 % sugar and 0.3 % pectin added to juice and homogenized (Bakhshizadeh et al., 2023). *L. plantarum* cultured in MRS agar and, after 48 h of incubation, added to the juice at a 1% concentration. The juice was prepared with four different Aloe vera gel concentrations (0, 10, 30, and 50 %). Pasteurization performed at 85 °C for 30 seconds, and samples were stored at 4 °C. pH and acidity measured using a pH meter and titration method (Iranian National Standard, 2008), respectively. The potentiometric method was used to measure acidity (Graiely et al., 2021) and soluble solids were determined with a refractometer (Atago, Co., Tokyo, Japan) at ambient temperature (Iranian National Standard No. 2685). The ash of samples were calculated using the Iranian National Standard No. 2685 and a furnace (Fan Azma Gostar, Iran) at a temperature of 500 °C. Ascorbic acid (Vitamin C) quantified using the 2, 6-Dichlorophenol Indophenol method (Mazumdar & Majumdar, 2003). Total phenols and anthocyanins were measured using spectrophotometry (Rababah et al., 2023). Antioxidant activity assessed by the DPPH radical scavenging method (Habib et al., 2023). MRS agar containing sorbitol was used for enumeration and *L. plantarum* was cultured using a double-layer method and then maintained at 37 °C under anaerobic conditions for 48 h (Nouri & Amin Moghaddasi, 2019). Overall acceptance, taste and mouthfeel were assessed using a hedonic method with a 1 to 5 rating scale and 15-trained panelists were asked to evaluate the beverage samples (Hekmat et al., 2015). Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) spectroscopy used to identify functional groups (Chelu et al., 2023). Statistical analysis for the data was performed using SPSS software and one-way variance analysis and the presence or absence of Duncan's significant difference was examined at the 95 % level.

Results and discussion: pH increased from 4.11 in the control sample to 5.03 in the 50 % Aloe vera gel sample. Acidity decreased from 0.40 to 0.30. Brix and ash increased from 11.25 to 18.01 % and 9.41 to 10.60 %. The ranges of pH and acidity for pomegranate beverage due to acidic nature detected between 2.87 to 4.14 and 0.35 to 3.36, which were consistent with previous results (Akbarpour et al., 2009; Rababah et al., 2023). The lowest and highest Brix levels observed 11.25 and 18.01 % in D₀ and also D₅₀ treatments, respectively. This factor improved by adding more Aloe vera gel in orange beverage (Graiely et al., 2021) and

orange-carrot nectars (Hamid et al., 2014), which were in line with present results. The minimum and maximum ash contents distinguished 9.41 and 10.60 % in D₀ and D₅₀ treatments, respectively. The results outlined that addition of more Aloe vera gel caused an enhancement in ash level. Aloe vera gel contains 18 % minerals such as calcium, magnesium, phosphorus and potassium (Mousavi et al., 2011). Vitamin C improved from 5.13 to 16.06 mg per 100 mL. Total phenols and anthocyanins decreased. Antioxidant activity showed no significant difference. The amount of vitamin C increased by enhancing Aloe vera gel in mango nectar (Elbandy et al., 2014) and orange beverage (Graiely et al., 2021). The highest and lowest levels of total phenol contents found 2.32 in D₀ and 1.25 for D₅₀ and also, a significant difference was observed among all samples ($p < 0.05$). In a study, 243.89 and 72.41 mg of gallic acid per 100 mL were observed in 100 % pomegranate and lemon juice, respectively (González-Molina et al., 2009). In accordance with present results, a decrease in total phenol content was observed by adding Aloe vera gel to quinoa beverage (Bhargawa et al., 2014). The most and least anthocyanin compounds were detected 12.40 for D₀ and 6.07 mg/L in D₅₀ and also a significant difference was observed among all samples ($p < 0.05$). The amount of anthocyanin decreased with increasing milk in pomegranate beverage (Ghasemtabar et al., 2014). According to present results, the anthocyanin range was 11.02 to 3.66 mg/g for pomegranate juice (Rababah et al., 2023). The maximum and minimum antioxidant contents were observed in D₀ (50.13 %) and D₅₀ (45.27 %). The anthocyanins, polyphenols, and vitamin C and their possible synergism indicated high antioxidant levels in pomegranate juice (Anahita et al., 2015; Chelu et al., 2023). Stable for the first 7 days, then gradually decreased. The 30 % Aloe vera gel sample showed the best bacterial viability. There was a positive and direct correlation between the

more bacterial population and extract concentration, which was attributed to the polyphenol compounds and their radical scavenging role (Rababah et al., 2023). In the present study, reducing pomegranate juice led to a decrease in phenolic compounds and the survival of probiotic bacteria. On the other hand, the extensive of shelf life had an effect on decreasing survival, which was in line with previous researches (Mousavi et al., 2011; Hekmat et al., 2015; Nouri & Amin Moghaddasi, 2019). The 30 % Aloe vera gel sample received the highest scores for taste, texture, and overall acceptance. The 50 % Aloe vera gel sample received the lowest scores due to increased bitterness. The results indicated that excessive increase in Aloe vera gel (more than 30 %) caused higher bitterness and beverage concentration and led to a reduction in desirability from the consumers point of view, which was in accordance with previous researches (Sasi Kumar et al., 2013; Graiely et al., 2021). The presence of antioxidant and polyphenol functional groups confirmed. Peaks around 3200 to 3600 (cm⁻¹) indicated the presence of hydroxyl groups, polyphenols in pomegranate juice (De Souza et al., 2020) and hydroxyl stretching groups in carbohydrate monomers of Aloe vera (such as uronic acid, mannose or galacturonic acid or phenolic compounds in anthraquinones (Chelu et al., 2023), which were more intense in the D₅₀ sample.

Conclusion: This study demonstrated that adding Aloe vera gel enhanced pH, Brix, and vitamin C levels while reducing probiotic viability and phenolic compounds at higher concentrations. Based on physicochemical, biological, and sensory evaluations, 30 % Aloe vera gel sample was the best formulation for producing industrial functional probiotic beverages

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی نوشیدنی انار پروبیوتیک فراسودمند غنی شده با ژل آلوه ورا

نیکتا توقع همدانی^۱ و مرجان نوری^۲ ✉

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران

✉ مسؤل مکاتبه: Marjan.nouri@iau.ac.ir 

چکیده

مشخصات مقاله

زمینه مطالعاتی: آب انار به عنوان منبع پلی فنول‌ها و فعالیت آنتی اکسیدانی بالا و ژل آلوه ورا نیز به دلیل داشتن کربوهیدرات‌های فراوان می‌تواند گزینه ای در جهت غنی سازی و تولید محصولات پروبیوتیک و عملگرا باشند.

هدف: در پژوهش حاضر فرآورده‌ای پروبیوتیک و فراسودمند غنی شده با ژل آلوه ورا در قالب نوشیدنی آب انار با هدف بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، خصوصیات بیولوژیک و ویژگی‌های حسی تولید شد.

روش کار: در پژوهش حاضر نوشیدنی آب انار پروبیوتیک دارای سویه باکتریایی لاکتوباسیلوس پلانتراروم (۱ درصد) و ژل آلوه ورا (۰، ۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) تولید شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی (pH، اسیدیته، خاکستر و بریکس)، خصوصیات بیولوژیک (اسید آسکوربیک، فنول کل، آنتوسیانین و مهار رادیکال آزاد)، زنده مانگی پروبیوتیک، ویژگی‌های حسی و گروه‌های عاملی آن بررسی شد. **نتایج:** ارزیابی‌ها نشان داد که افزایش ژل آلوه ورا در تیمارها موجب افزایش pH، خاکستر و بریکس و کاهش معنی دار اسیدیته شده است، همچنین موجب افزایش میزان اسید آسکوربیک و کاهش میزان پلی فنول‌ها و آنتوسیانین‌ها و بدون تاثیر بر ویژگی‌های آنتی اکسیدانی نمونه‌ها بوده است. نتایج زنده مانگی لاکتوباسیلوس پلانتراروم نشان داد که افزایش زمان و میزان آلوه ورا بر کاهش آن تاثیر معنی داری داشته است و ارزیابان بالاترین میانگین امتیاز را به تیمار دارای ۳۰ درصد ژل آلوه ورا دادند. همچنین حضور گروه‌های عاملی آب انار و ژل آلوه ورا از طریق طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوری تایید شد..

نتیجه‌گیری کلی: نتایج نشان داد که نوشیدنی پروبیوتیک دارای ۳۰ درصد ژل آلوه ورا می‌تواند به عنوان تیمار بهینه برای کاربردهای صنعتی پیشنهاد داد.

نوع مقاله:

علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۴/۱/۱۳

پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۸

انتشار: ۱۴۰۴/۵/۱۵

کلید واژه:

انار، آلوه ورا، آنتی اکسیدانی، ارزیابی حسی، فراسودمند، لاکتوباسیلوس پلانتراروم

مقدمه

افزایش روزافزون آگاهی و توجه مصرف کنندگان به کیفیت و سلامتی مواد غذایی منجر به افزایش توجه و تولید مواد غذایی فراسودمند از جمله نوشیدنی‌های گیاهی در سراسر دنیا شده است. آب میوه‌جات از بهترین نوشیدنی‌ها به شمار می‌آیند، زیرا با در اختیار داشتن املاح و ویتامین‌ها، ضمن رفع عطش، بخش قابل توجهی از نیاز بدن به ویتامین‌ها را تامین می‌کنند (Rajendran et al., 2025). با افزایش مصرف محصولات پروبیوتیک، بستر میوه‌های مختلف به دلیل سازگاری موفق با میکروارگانیسم‌های مفید پرکاربرد هستند (Nouri & Amin Moghaddasi, 2019).

انار با نام علمی *Punica granatum L.* از اعضای تیره انار Punicaceae است و منبع بسیار غنی از آنتوسیانین‌ها (سیانیدین ۳،۵-دی و ۳-او-گلوکوزید، دلفینیدین ۳،۵-دی و ۳-او-گالایسید، پلارگونیدین، ۳،۵-دی و ۳-او-گالایسید، اسید الاژیک، ایزومرهای پونیکالاژین)، فلاوانول‌های مختلف (کاتچین‌ها از جمله کاتچین و اپی‌کاتچین و گالوکاتچین به عنوان گالوکاتچین و اپی‌گالوکاتچین) است (Habib et al., 2023). بخش خوراکی میوه انار حاوی ۸۰ درصد آب میوه و ۲۰ درصد دانه است، از این رو کاربرد اصلی از فرآوری میوه انار تولید آب میوه و نکتار است (Anahita et al., 2015).

آلوه‌ورا گیاهی است نیمه گرمسیری که در ظاهر شبیه کاکتوس بوده اما به خانواده Liliaceac تعلق دارد. ژل آن مهمترین قسمت گیاه می‌باشد و دارای مواد موثره مختلفی مانند عناصر معدنی ضروری، ویتامین‌ها، ترکیبات زیست فعال، آنتی‌اکسیدان‌ها و آمینواسیدها می‌باشد. ژل آلوه‌ورا پتانسیل استفاده در محصولات غذایی به عنوان نگهدارنده و جایگزین اکسید سولفور در افزایش ماندگاری میوه‌جات و سبزیجات را دارا می‌باشد (Chelu et al., 2023).

تولید نوشیدنی انار غنی شده با ژل آلوه‌ورا به علت مغذی بودن آن می‌تواند جایگزین مناسبی برای محصولات آنتی‌اکسیدانی خوراکی شود همچنین به بهبود برخی بیماری‌های گوارشی و اعصاب کمک کند، که کارخانه‌های تولید نوشیدنی می‌توانند از مزایای آن بهره‌مند گردند. در گذشته تحقیقاتی مبنی

بر افزودن ژل آلوه‌ورا به نوشیدنی‌های حاصل از انگور- زنجبیل (Sasi Kumar et al., 2013)، نکتار نارنگی (Hamid et al., 2014) و پاپایا (Ramachandran & Nagarajan, 2014) جهت غنی سازی نوشیدنی‌ها انجام شده است. همچنین در گذشته ویژگی‌های سلامتی بخش، ترکیبات شیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (Esposito et al., 2021) و ویژگی‌های ضدالتهابی و ضدسرطانی (Habib et al., 2023) و زنده مانی پروبیوتیک باکتری‌های اسید لاکتیک (Rajendran et al., 2025) آب انار بررسی شده است. اما بررسی‌ها نشان داد تاکنون در زمینه تولید نوشیدنی انار پروبیوتیک غنی شده با ژل آلوه‌ورا مطالعه‌ای صورت نگرفته است در نتیجه ضرورت و اهمیت انجام این تحقیق نمایان کرده است.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه برگ آلوه‌ورا و میوه انار ساوه از بازار محلی در تهریز، تهران خریداری شد. بسته لیوفیلیزه محتوی باکتری *Lactobacillus plantarum* (pTcc1058) از شرکت تک ژن زیست تهیه گردید.

تهیه ژل آلوه‌ورا

پس از شستشوی سطحی برگ‌ها، ابتدا اپیدرم ضخیم (پوسته) توسط چاقو برش و ژل جدا گردید. پارانیشم در ظرف حاوی آب مقطر به منظور تلخی‌زدایی غوطه‌ور، سپس محتویات بعد از مدت ۵ دقیقه آبکشی و پارانیشم از آب خارج شد و ژل‌ها به ابعاد ۴×۴ میلی‌متر برش داده شد (Graiely et al., 2021).

تولید آبمیوه انار غنی شده پروبیوتیک با ژل آلوه‌ورا

پس از شستشوی انارها و آب‌گیری، آب انار با بریکس حدود ۱۳ با شکر (۸/۵ درصد) و پکتین (۰/۳ درصد) به خوبی مخلوط و هموژنیزه شد (Ghasemtabar et al., 2014). از سوی دیگر باکتری گونه *Lactobacillus plantarum* پلاتاروم در محیط کشت ام آر اس آگار حاوی گلیسرول کشت داده شد سپس ۴۸ ساعت در دمای ۳۷ درجه سلسیوس گرمخانه گذاری شد و در مرحله بعد به نسبت ۱ درصد به آبمیوه انار اضافه شد. سپس نمونه‌ها براساس

و شرایط بی‌هوازی به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شد (Nouri & Amin Moghaddasi, 2019).

آزمون ارزیابی حسی

پذیرش کلی نمونه‌ها از طریق روش هدونیک یعنی امتیاز دهی ۱ تا ۵ انجام شد و از ۱۵ نفر ارزیاب آموزش دیده خواسته شد که نمونه‌های نوشیدنی را از نظر طعم، احساس دهانی و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار دهند (Hekmat et al., 2015).

طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR)

بررسی گروه‌های عاملی در آب‌میوه‌ها از طریق FTIR انجام شد (Chelu et al., 2023).

ارزیابی آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های با نرم افزار SPSS انجام پذیرفت. روش تجزیه واریانس یکطرفه و بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار دانکن در سطح ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

آنالیز تقریبی

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نوشیدنی‌های آب انارغنی‌شده

طبق نتایج به‌دست آمده (جدول ۱)، کمترین میزان pH در تیمار D₀ و به میزان ۴/۱۱ و بالاترین میزان pH هم در تیمار D₅₀ به میزان ۵/۰۳ مشاهده شد، طبق نتایج به‌دست آمده، بیشترین میزان از اسیدیته در تیمار D₀ و به میزان ۰/۴۰ و کمترین میزان از اسیدیته در تیمار D₅₀ و به میزان ۰/۳۰ مشاهده شد، میان نمونه‌های D₀ و D₁₀ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان pH و اسیدیته با یکدیگر رابطه عکس دارند. محدوده میزان pH و اسیدیته آب انار به دلیل ماهیت اسیدی بین ۲/۸۷-۴/۱۴ و ۰/۳-۳۵/۳۶ درصد می‌باشد که مطابق با نتایج مطالعات پیشین می‌باشد (Akbarpour et al., 2009; Rababah et al., 2023). مقادیر pH مخلوط نوشیدنی‌های انار با درصد آب لیمو اضافه شده از ۲/۴۵ برای آب لیمو ۱۰۰ درصد تا ۳/۶۰ برای آب انار ۱۰۰ درصد افزایش یافته است (González-Molina

فرمولاسیون با میزان ۰، ۱۰، ۳۰، و ۵۰ درصد ژل آلوتی ورا به ترتیب D₀، D₁₀، D₃₀ و D₅₀ تهیه شد و در مرحله بعد پاستوریزاسیون نمونه‌ها انجام شد.

آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره‌ی ۶۶۲۹ با استفاده از pH متر (متروم ساخت کشور سوئیس) انجام شد (ISIRI, 2015). از روش پتانسیومتری برای اندازه‌گیری اسیدیته استفاده شد (Graiely et al., 2021). مواد جامد محلول با دستگاه رفاکتومتر (آتاگو ساخت کشور ژاپن) در دمای محیط انجام شد (استاندارد ملی ایران به شماره ۶۶۲۹). خاکستر نمونه‌ها با روش استاندارد ملی ایران به شماره ۶۶۲۹ با دستگاه کوره (فن آزما گستر ساخت کشور ایران) در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس انجام شد.

آزمون‌های بیولوژیکی

محاسبه اسید اسکوریک نمونه‌ها با بکارگیری محلول ۲ و ۶ دی کلروفل ایندوفنل انجام شد (Mazumdar & Majumdar, 2003). ارزیابی میزان فنل کل بدین ترتیب است که ۳۰۰ میکرو لیتر از نمونه‌ها را در لوله آزمایش ریخته به آن ۱/۵ میلی لیتر معرف فولین سیوکالته (از محلول ۱۰ برابر رقیق شده) اضافه شد. سپس ۲ میلی لیتر را محلول (وزنی- حجمی) ۷/۵ درصد سدیم کربنات به آن اضافه گردید. دقیقه ساکن گذاشته شده سپس میزان جذب نوری آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد (Rababah et al., 2023). میزان آنتوسیانین‌ها به روش تغییر pH انجام شد (Chelu et al., 2023). برای ارزیابی قدرت آنتی اکسیدانی نمونه‌ها از روش بازدارندگی رادیکال دی دی پی اچ^۱ استفاده شد (Habib et al., 2023).

آزمون زنده مانی باکتری پروبیوتیک

برای شمارش از محیط کشت ام آر اس آگار حاوی سوربیتول استفاده شد. کشت باکتری لاکتوباسیلوس پلاتاروم به روش عمقی و دو لایه انجام شد سپس در دمای ۳۷ درجه سلسیوس

¹ 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

ژل آلوئه ورا (Graiely et al., 2021) و در مخلوط نکتار هویج و پرتقال با ژل آلوئه ورا با افزایش میزان ژل افزایش یافت (Hamid et al., 2014) که در راستا با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد. ژل بی رنگ آلوئه ورا شامل آب (بیش از ۹۸ درصد) و پلی ساکاریدهایی مانند پکتین، سلولز و همی سلولز است، به دلیل حضور پلی‌ساکاریدهای مختلف جذب آب این ژل بالا است و هنگامی که با سایر محصولات غذایی ترکیب می‌شود منجر به افزایش قوام و گرانیروی محصولات خواهد شد (Chelu et al., 2023). حضور و فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک نیز بر افزایش بریکس آب میوه جات تاثیر گذار است (Pan et al., 2024).

et al., 2009). همچنین میزان pH در محدوده ۴/۷-۵/۱ (Chelu et al., 2023) و (Purnamasari & Rahmah, 2024) برای ژل آلوئه ورا گزارش شده‌است. در نتیجه حضور ژل آلوئه ورا سبب افزایش pH آب میوه انار شده‌است. کمترین و بیشترین میزان بریکس در تیمار D₀ به میزان ۱۱/۲۵ درصد و تیمار D₅₀ به میزان ۱۸/۰۱ درصد به ترتیب مشاهده شد (جدول ۱). نتایج نشان داد افزودن ژل آلوئه ورا منجر به افزایش بریکس شده‌است که علت این امر به افزایش املاح و مواد جامد موجود در نوشیدنی به دلیل افزایش ژل هدف است. میزان بریکس نمونه‌های نوشیدنی شیر- آب انار در محدوده ۱۰/۲۰ تا ۱۳/۷۰ درصد مشاهده شد (Ghasemtabar et al., 2014). میزان بریکس نمونه‌های نوشیدنی پرتقال غنی شده با

Table 1: Physicochemical properties of probiotic pomegranate fortified juice samples

Samples	pH	Acidity (%)	Brix (%)	Ash (%)
D ₀	4.11 ^a ±0.12	0.40 ^a ±0.02	11.25 ^c ±1.14	9.41 ^c ±0.12
D ₁₀	4.18 ^a ±0.10	0.37 ^a ±0.03	12.72 ^c ±1.05	9.63 ^b ±0.07
D ₃₀	4.58 ^b ±0.10	0.31 ^b ±0.02	15.09 ^b ±1.07	9.98 ^b ±0.09
D ₅₀	5.03 ^c ±0.14	0.30 ^c ±0.04	18.01 ^a ±1.22	10.60 ^a ±0.10

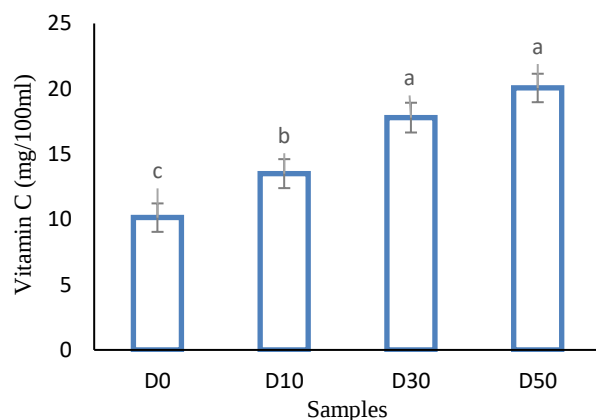
*Lowercase letters indicate significant differences in each column ($p \geq 0.05$).

میزان از اسید آسکوربیک در تیمار D₅₀ و به میزان ۱۶/۰۶ میلی گرم اسید دهیدروآسکوربیک در ۱۰۰ میلی لیتر مشاهده شد (جدول ۱). آب انار مطابق با یافته‌های قبلی حاوی ویتامین سی حدود ۱۰/۵-۱۲/۶ میلی گرم اسید دهیدروآسکوربیک در ۱۰۰ میلی لیتر (Mazumdar & Majumdar, 2003) و ۱۷/۴۵-۹/۶۸ میلی گرم اسید دهیدروآسکوربیک در ۱۰۰ میلی لیتر می‌باشد (Akbarpour et al., 2009). با افزایش ژل آلوئه ورا در نکتار انبه میزان ویتامین سی افزایش یافته است (Elbandy et al., 2014). همچنین با افزودن این ژل به آب پرتقال نیز نتایج مشابهی بدست آمد (Graiely et al., 2021). شکل ۱ بیانگر این است که بیشترین و کمترین میزان از میزان فنول کل در تیمار D₀ به میزان ۲/۳۲ و تیمار D₅₀ به میزان ۱/۲۵ ترتیب تعلق دارد. همچنین میان تمام نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p > 0.05$). مطالعات نشان داد میزان فنول کل ۲/۵

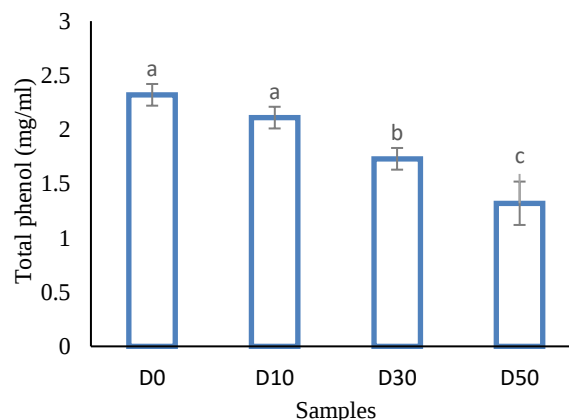
طبق نتایج به‌دست آمده (جدول ۱)، کمترین میزان از خاکستر در تیمار D₀ و به میزان ۹/۴۱ درصد و بالاترین میزان از خاکستر در تیمار D₅₀ به میزان ۱۰/۶۰ درصد مشاهده شد. نتایج نشان‌دهنده افزایش خاکستر با افزایش درصد ژل آلوئه ورا می‌باشد. به طور میانگین ژل آلوئه ورا دارای ۱۸ درصد مواد معدنی مانند کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم می‌باشد (Mousavi et al., 2011). در نتیجه افزایش این ژل به افزایش خاکستر نمونه‌های تولید شده کمک کرده است (Anahita et al., 2015; Hamid et al., 2014). البته تفاوت اندکی در میزان نتایج به دلیل حضور و فعالیت باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتاروم است.

بررسی ترکیبات بیولوژیک در نوشیدنی آب انار غنی شده کمترین میزان اسید آسکوربیک در تیمار D₀ و به میزان ۵/۱۳ میلی گرم اسید دهیدروآسکوربیک در ۱۰۰ میلی لیتر و بالاترین

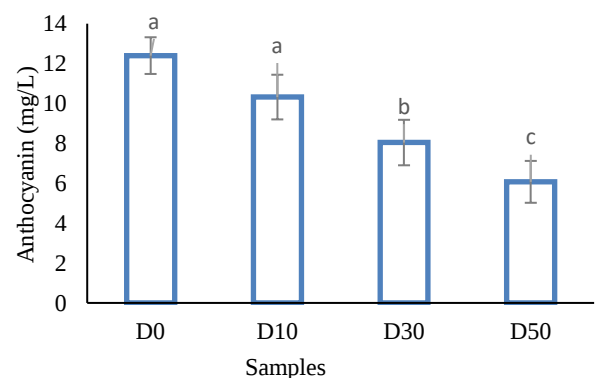
افزودن ژل آلوئه ورا به نوشیدنی کینوا کاهش میزان فنول کل مشاهده شده‌است (Bhargawa et al., 2014). بالاترین میزان از ترکیبات آنتوسیانین در تیمار D₀ و به میزان ۱۲/۴۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین میزان از ترکیبات آنتوسیانین در تیمار D₅₀ و به میزان ۶/۰۷ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد و میان تمام نمونه‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p > 0/05$). آنتوسیانین رنگدانه اصلی در میوه انار است که در تیمارها با افزایش میزان ژل آلوئه ورا و با کاهش میزان آب انار این عامل کاهش یافته‌است (شکل ۱). با افزایش میزان شیر در نوشیدنی آب انار میزان آنتوسیانین کاهش یافته‌است (Ghasemtabar et al., 2014). مطابق با نتایج این مطالعه، محدوده محتوای آنتوسیانین ۱۱/۰۲-۳/۶۶ میلی‌گرم در گرم برای آب انار بدست آمده‌است (Rababah et al., 2023).



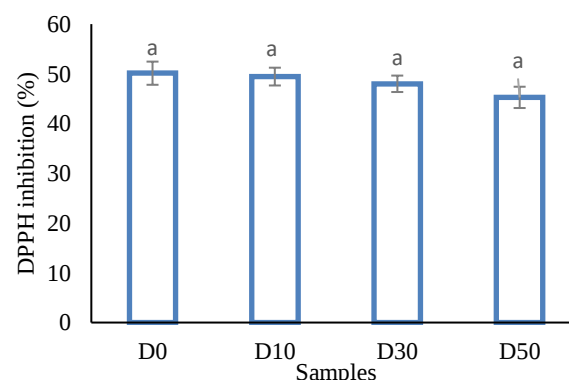
a



b



c



d

Fig 1. The graph related to vitamin C, total phenol, anthocyanin content and DPPH inhibition of juice samples

درصد مشاهده شد. میان نمونه‌های D₀ تا D₃₀ تفاوت معنی‌دار وجود نداشت ($p < 0/05$). در پژوهش حاضر در نمونه‌ها با

میلی‌گرم در میلی‌لیتر برای آب انار (Anahita et al., 2015) و برای ژل آلوئه ورا ۱/۳۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم (Laib et al., 2020) بدست آمده‌است. در مطالعه دیگری میزان ۱۰۵ تا ۲۳۸ میلی‌گرم در گرم میزان فنل کل در آب انار بدست آمده‌است (Rababah et al., 2023). آلوئه ورا حاوی ۱۲ نوع آنتراکینون متفاوت که اثرات ضد درد، ضد باکتریایی و ضد ویروسی آنها به اثبات رسیده‌است (Jithendra et al., 2013). برخی مطالعات نشان داده‌اند که غلظت پلی‌فنول‌ها در ژل آلوئه‌ورا می‌تواند در حدود ۱ تا ۲ درصد، بسته به روش استخراج و نوع آلوئه‌ورای مورد استفاده تغییر کند (Chelu et al., 2023). در آب انار ۱۰۰ درصد و آب لیمو ۱۰۰ درصد به ترتیب ۲۴۳/۸۹ و ۷۲/۴۱ میلی‌گرم اسید گالیک بر ۱۰۰ میلی‌لیتر مشاهده شده‌است (González-Molina et al., 2009). با

در شکل ۱ بیشترین میزان از آنتی‌اکسیدانی در تیمار D₀ ۵۰/۱۳ درصد و کمترین میزان از آنتی‌اکسیدانی در تیمار D₅₀ ۴۵/۲۷

باکتری‌های پروبیوتیک تاثیر گذار بوده است بدین صورت که هر چه میزان آلوه ورا بیشتر شده است کاهش زنده مانی با گذشت زمان با کاهش معنی داری مشاهده شده است ($p \leq 0/05$) (جدول ۲).

میزان و زنده مانی باکتری‌های پروبیوتیک جهت بروز اثرات سلامتی بخش بسیار تاثیرگذار است (Nouri & Amin Moghaddasi, 2019). به طور مشابه، در نمونه‌های شیر حاوی لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس با درصدهای بالاتر عصاره چای سبز و مارچوبه ($0/6$ و $0/9$ درصد) ارتباط مثبت و مستقیم بین افزایش جمعیت باکتریایی و افزایش غلظت عصاره وجود داشت که به ترکیبات پلی فنل موجود در عصاره و نقش رادیکال گیرندگی آن‌ها نسبت داده شد (Rababah et al., 2023). که در پژوهش حاضر نیز با کاهش میزان آب میوه انار منجر به کاهش ترکیبات فنولیک و زنده مانی باکتری‌های پروبیوتیک شد. از سوی دیگر افزایش مدت زمان هم بر کاهش زنده مانی تاثیر گذار بود که همراستا با تحقیقات پیشین بود (Hekmat et al., 2015; Mousavi et al., 2011; Nouri & Amin Moghaddasi, 2019).

ژل بیشتر میزان ترکیبات فنولیک کمتر بود در نتیجه میزان فعالیت آنتی اکسیدانی کاهش یافته است اما به دلیل میزان ویتامین سی بیشتر در ژل آلوه ورا تفاوت معناداری بین نمونه‌ها تا ۳۰ درصد ژل آلوه ورا مشاهده نشد. مطابق با نتایج این مطالعه، مهار رادیکال آزاد DPPH آب انار بین $20/66$ تا $50/63$ درصد بدست آمده است (Rababah et al., 2023). در مطالعه دیگری، درصد $15/59$ تا $40/72$ مهار رادیکال‌های آزاد برای اناز بدست آمده است (Habib et al., 2023). در مورد فعالیت آنتی اکسیدانی آب انار می‌توان به این موارد اشاره کرد که دارای آنتوسیانین‌ها، پلی فنل‌ها و ویتامین سی است که هم افزایی احتمالی بین آن‌ها مقادیر بالای آنتی اکسیدانی را در آب انار توضیح می‌دهد (Anahita et al., 2015; Chelu et al., 2023).

زنده مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانтарوم در مدت زمان ۲۱ روزه

در نمونه‌های نوشیدنی جمعیت باکتری‌ها تا روز هفتم ثابت و پس از آن به طور معنی داری کاهش یافت ($p \leq 0/05$). از سوی دیگر ترکیب مورد استفاده در نوشیدنی نیز بر میزان بقای

Table 2: the number of *L. plantarum* (log CFU/mL) in juice samples during storage (mean $\pm$ SD)

Samples	1 st day	7 th day	14 th day	21 th day
D ₀	8.91 ^{aA} $\pm$ 0.09	8.89 ^{aA} $\pm$ 0.11	8.40 ^{bA} $\pm$ 0.11	7.76 ^{cA} $\pm$ 0.15
D ₁₀	8.93 ^{aA} $\pm$ 0.07	8.88 ^{aA} $\pm$ 0.08	8.36 ^{bB} $\pm$ 0.10	7.41 ^{cB} $\pm$ 0.20
D ₃₀	8.91 ^{aA} $\pm$ 0.05	8.87 ^{aA} $\pm$ 0.06	8.35 ^{bB} $\pm$ 0.08	7.37 ^{cAB} $\pm$ 0.12
D ₅₀	8.90 ^{aA} $\pm$ 0.03	8.86 ^{aA} $\pm$ 0.04	8.20 ^{bC} $\pm$ 0.05	6.58 ^{cC} $\pm$ 0.10

Mean values with different lower case letters in each row and capital case letters in each column are significantly different ($p < 0.05$)

عدد $4/75$ بود. D₅₀ با داشتن ۵۰ درصد ژل میانگین $4/37$ کمترین امتیاز را دریافت کرد. نتایج بیانگر این بود که افزایش بیش از حد غلظت ژل آلوه ورا (بیش از ۳۰ درصد) سبب افزایش بیش از حد تلخی و غلظت نوشیدنی شد و منجر به کاهش مطلوبیت آن از نظر مصرف کنندگان گردید که مطابق با پژوهش‌های پیشین بود (Graiely et al., 2021; Sasi Kumar et al., 2013).

ارزیابی حسی

شکل ۲ بیانگر ارزیابی حسی طعم، رنگ، رایحه، قوام و پذیرش کلی در نوشیدنی‌های پروبیوتیک انار دارای ژل آلوه ورا پس از تولید است. با توجه به نتایج به دست آمده، با افزایش میزان ژل آلوه ورا در تیمارها، میزان امتیاز دریافت شده به شکل معنی داری کاهش پیدا کرد ($p \leq 0/05$). در میان تمام نمونه‌ها، نمونه D₃₀ با داشتن ۳۰ درصد ژل میانگین $4/77$ را دریافت کرد که دارای مناسبترین عدد شد و بعد از آن نمونه شاهد با

در آب انار و گروه‌های کربونیل در اسیدهای کربوکسیلیک یا استرها در ژل آلوه ورا مربوط می‌شوند. شدت این پیک‌ها با افزایش میزان ژل آلوه ورا افزایش یافته است زیرا این گروه‌های عملکردی به مواد پکتینی، پلی‌ساکاریدها و آب مرتبط هستند که ترکیبات اصلی در ژل آلوه ورا می‌باشند (Mousavi et al., 2011). ارتعاشات کششی حلقه‌های آروماتیک در پلی‌فنل‌ها به طور ویژه مربوط به آب انار در حدود ۱۶۰۰-۱۵۰۰ سانتیمتر معکوس ظاهر می‌شوند (De Souza et al., 2020). قله در حدود ۱۲۰۰-۱۳۰۰ سانتیمتر معکوس برای کشیدگی C-O در اسیدهای آب انار می‌باشد (Rababah et al., 2023).

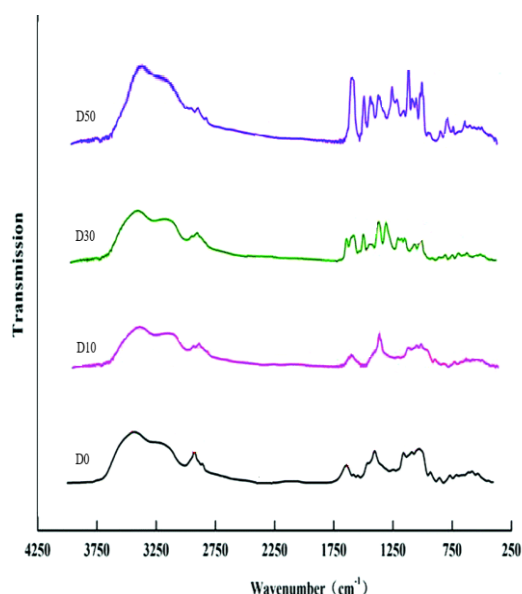


Fig 3. FTIR spectrum of pomegranate juice samples

همچنین قله‌هایی در حدود ۱۲۰۰-۱۰۰۰ سانتیمتر معکوس، که به گروه‌های اتر و الکل مربوط می‌شوند (Chelu et al., 2023). این قله‌ها ساختار پیچیده پلی‌ساکارید و سایر ترکیبات زیستی فعال موجود در ژل آلوه ورا را منعکس می‌کنند (Jithendra et al., 2013) که در نمونه‌ها با افزایش میزان ژله آلوه ورا افزایش یافته است. باندهای در حدود ۸۰۰ سانتیمتر معکوس به خم‌شدگی خارج از صفحه C-H (مانوز و یا حلقه پیرازن در آلوه) نسبت داده می‌شوند که در نمونه‌های حاوی ژل آلوه ورا بیشتر می‌باشد.

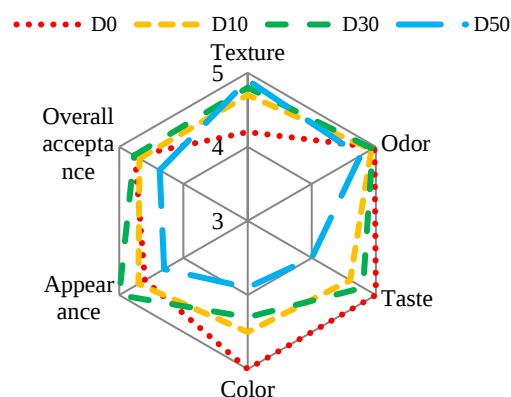


Fig 2. The obtained graph related to sensory evaluation (Texture, overall acceptance, odor, appearance, color and taste) of juice samples

همچنین نتایج نشان داد حضور باکتری های پروبیوتیک لاکتوباسیلوی پلانتراروم در نسبت های بالاتر آلوه ورا بر کاهش ارزیابی حسی تاثیر گذار بوده است که مشابه با نتایج محققان پیشین به ترتیب با بکارگیری باکترهای پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتراروم، لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و لاکتیک اسید باکتریا بود (Mousavi et al., 2011; Nouri & Amin Moghaddasi, 2019; Rababah et al., 2023).

تفسیر طیف FTIR نمونه‌ها

در شکل ۳ طیف‌های نمونه های موجود ویژگی های مشابهی را نشان داد، با این تفاوت که باندهای ارتعاشی در ترکیب‌هایی که مقدار متفاوتی از آلوه ورا دارا می‌باشند، شدت متفاوتی دارند. قله‌هایی در حدود ۳۶۰۰-۳۲۰۰ سانتیمتر معکوس (cm^{-1}) نشان‌دهنده حضور گروه‌های هیدروکسیل هستند که ویژگی پلی‌فنول‌ها در آب انار (De Souza et al., 2020) و همچنین گروه‌های کششی هیدروکسیل در مونومرهای کربوهیدراتی آلوه ورا (مانند اسید اورونیک، منوز یا اسید گالاتورونیک، یا ترکیبات فنولی در آنتراکینون‌ها نیز است (Chelu et al., 2023) که در نمونه D50 از شدت بیشتری برخوردار است. باندهای با شدت پایین در ناحیه ۲۸۰۰-۳۰۰۰ سانتیمتر معکوس به ارتعاشات کششی گروه‌های C-H نامتقارن و متقارن که در تمامی نمونه‌ها دیده می‌شوند، مربوط می‌شوند (Purnamasari & Rahmah, 2024). قله‌های در حدود ۱۷۰۰ سانتیمتر معکوس به گروه‌های کربونیل در آنتوسیانین‌ها

نتیجه‌گیری

این مطالعه به بررسی تأثیر افزودن ژل آلوئه ورا به نوشیدنی آب انار پرداخته و نتایج قابل توجهی را ارائه داده است. با افزایش درصد ژل آلوئه ورا، pH نوشیدنی افزایش و اسیدیته آن کاهش یافت. نمونه‌ای با ۵۰ درصد ژل آلوئه ورا دارای بالاترین میزان ویتامین سی و پایین‌ترین میزان پلی‌فنل‌ها و آنتوسیانین‌ها بود.

این تغییرات می‌توانند به بهبود خواص تغذیه‌ای و آنتی‌اکسیدانی نوشیدنی کمک کنند. افزایش مدت زمان ماندگاری و میزان آلوئه ورا بر کاهش باکتری *لاکتوباسیلوس پلانتاروم* دارای تأثیر معنی داری بود. در نهایت، نتایج این تحقیق و ارزیابان حسی نشان داد که ترکیب ۳۰ درصد ژل آلوئه ورا با آب انار می‌تواند به عنوان گزینه‌ای بهینه برای تولید صنعتی نوشیدنی‌های غنی‌شده و سالم پیشنهاد شود.

References

- Akbarpour V, Hemmati K and Sharifani M (2009). Physical and chemical properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit in maturation stage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 6(4), 411-416.
- Anahita A, Asmah R and Fauziah O (2015). Evaluation of total phenolic content, total antioxidant activity, and antioxidant vitamin composition of pomegranate seed and juice. *International Food Research Journal*, 22(3).
- Bakhshizadeh M, Niknazar Mogadam T, Amjadi S and Ayaseh A (2023). Production of active food packaging film based on gelatin/aloe vera gel containing rosemary essential oil. *Food Research Journal*, 33(2), 109-123.
- Bhargawa S, Kapoor S, Ranote PS and Sharma S (2014). Studies on aloe juice supplemented kinnow nectar. *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, 2(8), 14-20.
- Chelu M, Popa M, Ozon EA, Pandele Cusu J, Anastasescu M, Surdu VA ... and Musuc AM (2023). High-content aloe vera based hydrogels: physicochemical and pharmaceutical properties. *Polymers*, 15(5), 1312.
- De Souza JF, Amaral VAA, Alves TFR, Batain F, de Moura Crescencio KM, de Barros CT ... and Chaud MV (2020). Polyphenols isolated from pomegranate juice (*Punica granatum* L.): Evaluation of physicochemical properties by FTIR and quantification of total polyphenols and anthocyanins content. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 45355-45372.
- Elbandy MA, Abed SM, Gad SSA and Abdel-Fadeel MG (2014). Aloe vera gel as a functional ingredient and natural preservative in mango nectar. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 9(2), 191-203.
- Esposto S, Veneziani G, Taticchi A, Urbani S, Selvaggini R, Sordini B ... and Servili M (2021). Chemical composition, antioxidant activity, and sensory characterization of commercial pomegranate juices. *Antioxidants*, 10(9), 1381.
- Ghasemtabar E, Goli SAH and Nasirpour A (2014). Evaluation of physicochemical and sensory properties of pomegranate juice-milk drink during storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 9(4), 1-17.
- González-Molina E, Moreno DA and García-Viguera C (2009). A new drink rich in healthy bioactives combining lemon and pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115(4), 1364-1372.
- Graiely Z, Mahoonak AS and Kaveh S (2021). Evaluation of Physico-Chemical and Antioxidant Properties of Orange Beverage Enriched with Aloe Vera Gel. *Journal of Innovation in Food Science & Technology*, 13(1), 1-20.
- Habib HM, El-Gendi H, El-Fakharany EM, El-Ziney MG, El-Yazbi AF, Al Meqbaali FT and Ibrahim WH (2023). Antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, and anticancer activities of pomegranate juice concentrate. *Nutrients*, 15(12), 2709.
- Hamid GH, El-Kholany EA and Nahla EA (2014). Evaluation of Aloe vera gel as antioxidant and antimicrobial ingredients in orange-carrot blend nectars. *Middle East Journal*, 3(4), 1122-1134.
- Hekmat S, Morgan K, Soltani M and Gough R (2015). Sensory evaluation of locally grown fruit purees and inulin fibre on probiotic yogurt in Mwanza, Tanzania and the microbial analysis of probiotic yogurt fortified with *Moringa oleifera*. *Journal of Health, Population, and Nutrition*, 33(1), 60-75.

- ISIRI (2015). Milk and Milk Products Fresh Cheese: Specifications and Test Methods. National Standard 6629.
- Jithendra P, Rajam AM, Kalaivani T, Mandal AB and Rose C (2013). Preparation and characterization of aloe vera blended collagen-chitosan composite scaffold for tissue engineering applications. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 5(15), 7291-7298.
- Keshvarzad M, Mojani Qomi MS and Soltani M (2023). The effect of using pomegranate juice (*Punica granatum* L.) on physicochemical, textural and sensory properties of low-fat yoghurt manufactured with inulin. *Food Research Journal*, 33(2), 1-13.
- Laib I, Kehal F, Haddad NE, Boudjemia T and Barkat M (2020). Effect of gastrointestinal digestion on phenolic compounds and the antioxidant activity of. *Acta Scientifica Naturalis*, 7(3), 11-25.
- Mazumdar BC and Majumder K (2003). Methods on physico-chemical analysis of fruits (Vol. 2003, pp. 137-138). Delhi: Daya publishing house.
- Mousavi ZE, Mousavi SM, Razavi SH, Emam-Djomeh Z and Kiani H (2011). Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27, 123-128.
- Nouri M and Amin Moghadasi A (2019). Investigating the possibility of probiotic production base on Celery and Blackberry beverages by using *Lactobacillus plantarum*. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 16(91), 157-167.
- Pan X, Deng TF, Li LQ, Yang LS, Gao M, Yan YF ... and Yang XS (2024). The effects of different inoculation amount of *Lactobacillus Plantarum* on antioxidant capacity, chemical composition and sensory quality of *Rosa Roxburghii* Tratt fruit pomace ensiled. *Waste and Biomass Valorization*, 15(12), 7009-7015.
- Purnamasari YW and Rahmah NA (2024). The formulation, evaluation and physical stability test of aloe vera (*aloe vera* l.) extract gel preparations with the addition of sodium metabisulfite. *Medicra. Journal of Medical Laboratory Science/Technology*, 7(1), 43-48.
- Rababah T, Al-U'datt M, Gammoh S, Khatatbeh TA, Magableh G, Almajwal A ... and Al-Rayyan N (2023). Study of the physiochemical and nutraceutical properties of sour and sweet pomegranate juice in northern Jordan. *Journal of Food Quality*, 2023(1), 5426321.
- Rajendran S, Khan F and Mani AK (2025). Antiproliferative and antibacterial activities of lactic acid bacteria-fermented pomegranate juice: implications for colon cancer therapy. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-15.
- Ramachandran P and Nagarajan S (2014). Quality characteristics, nutraceutical profile, and storage stability of aloe gel-papaya functional beverage blend. *International Journal of Food Science*, 2014(1), 847013.
- Sasi Kumar R, Ray RC, Paul PK and Suresh CP (2013). Development and storage studies of therapeutic ready to serve (RTS) made from blend of Aloe vera, aonla and ginger juice. *Food Processing & Technology*, 4(232), 1-5.