

Research Paper

Evaluation of the Prebiotic Effect of *Spirulina platensis* Algal Extract on *Lactobacillus acidophilus* Survival and Physicochemical Properties of Feta Cheese

Ahmad Yazdani¹, Hamidreza Kazemeini²  and Ahmad Nazaktabar³

1- M. Sc., Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

2- Assistant Professor, Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran, (Corresponding author: h.kazemeini@ausmt.ac.ir)

3- Assistant Professor, Department of Pathobiology, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

Received: 4 December, 2023

Accepted: 3 March, 2024

Extended Abstract

Background: The health benefits of consuming milk and its products, as well as the presence of intestinal microorganisms, have been well known in recent years. It is also known that the optimal balance in the number of microbes in the digestive system depends on nutrition and health. Cheese is one of the dairy products that have played an important role in human nutrition for centuries. Due to its dry matter, fat, and pH higher than other milk products, it can play a more effective role in transferring probiotics. *Spirulina* algae has a positive effect on increasing the bioavailability of probiotics due to its unique properties (rich in nutrients such as vitamins, minerals such as iron, and digestible and absorbable protein), and it can be used to enrich foods such as dairy products by creating a favorable color. Therefore, this study aimed to investigate the prebiotic effect of *Spirulina platensis* algal extract on *Lactobacillus acidophilus* bacteria survival and the physical, chemical, and sensory properties of feta cheese during storage at 4 °C for 49 days.

Methods: *S. platensis* extract was purchased, ground, and shaken for 48 h. Afterward, the mixture was strained and the extract was concentrated and dried in a Fore machine. Fresh and whole cow's milk pasteurized at 72 °C for 15 sec was used to produce feta cheese. The milk temperature was raised to 35 °C, and 5 l of milk was poured into sterile containers for cheese preparation. After that, the starter and then calcium chloride were added to the milk samples after 1.5 h. Finally, rennet was added to the milk and stirred slowly for 3-5 min. For better rennet efficiency, 1 m³ was cut and the temperature of the milk was kept at around 35 °C during the clot formation period. The clot was formed after 1 h.

The treatments were control, probiotic treatment, probiotic treatment + 0.5% extract, and probiotic treatment + 1% extract. All experiments were repeated three times. The viability of *L. acidophilus* probiotic, acidity, pH, and percentages of moisture and dry matter, as well as organoleptic properties, including aroma, taste, texture, appearance, and general acceptability, were investigated during cheese storage (49 days). Finally, the mean, standard deviation, and minimum and maximum number of bacterial counts were reported and the trend of changes in the logarithm of the number of bacteria in the 49-day period was analyzed in each group and in each of the study days. All statistical analyses were performed by SPSS20 software at a significance level of $p < 0.05$.

Results: The highest growth of *L. acidophilus* in the treatments belonged to the probiotic treatment along with 1.5% *S. platensis* extract, which reached from 8.02 log CFU/g to 10.32 log CFU/g on the 49th (final) day, with an increase of 2 log CFU/g. After that, probiotic treatment with 1% *S. platensis* extract and probiotic treatment + 0.5% *S. platensis* extract reached from 7.99 log CFU/g to 9.52 log CFU/g and from 8.01 log CFU/g to 9.22 log CFU/g, respectively. During cheese storage, an increase in acidity and moisture and a decrease in pH were observed due to lactic acid production resulting from lactose sugar fermentation by probiotics. Regarding pH, probiotic treatment + 1.5% of *S. platensis* extract showed the greatest decrease in cheese ($p < 0.05$). Regarding the acidity, adding 0.5, 1, and 1.5% of *S. platensis* extract increased the acidity compared to the probiotic treatment, which can be effective in microbial quality and increasing the shelf life of cheese. In the control treatment, there was no significant difference during the storage period ($p < 0.05$). In the control treatment, acidity was 0.71 on day zero, which increased

during storage and reached 1.11 by day 49. The addition of 0.5, 1, and 1.55 of the extract increased the acidity compared to the probiotic treatment. The analysis of moisture and dry matter revealed that probiotic treatment + 1.5% *S. platensis* extract showed the best performance ($p<0.05$). The examination of organoleptic properties showed no statistically significant differences between the sensory properties studied in the cheese samples ($p<0.05$), and the sensory scores decreased with an increase in the algal extract concentration.

Conclusion: In general, the present study shows that the addition of *S. platensis* extract improves the viability of *L. acidophilus*, increases acidity and moisture, and, accordingly, decreases pH and brix in feta cheese. Therefore, the use of this extract or its additive compounds can be an effective step toward improving food products and consumer health.

Keywords: Extract, Feta cheese, *Lactobacillus acidophilus*, Probiotic, *Spirulina platensis*, Survival

How to Cite This Article: Yazdani, A., Kazemeini, H., & Nazaktabar, A. (2024). Evaluation of the Prebiotic Effect of *Spirulina platensis* Algal Extract on *Lactobacillus acidophilus* Survival and Physicochemical Properties of Feta Cheese. *Res Anim Prod*, 15(3), 64-72. DOI: [10.61186/rap.15.3.64](https://doi.org/10.61186/rap.15.3.64)



مقاله پژوهشی

ارزیابی اثر پری‌بیوتیکی عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر زنده‌مانی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و خواص فیزیکی‌شیمیایی پنیر فتااحمد یزدانی^۱، حمیدرضا کاظمینی^۲ و احمد نازک تبار^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، آمل، ایران
 ۲- استادیار، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، آمل، ایران، (نویسنده مسوول: h.kazemeini@ausmt.ac.ir)
 ۳- استادیار، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، گروه پاتوبیولوژی، دانشکده دامپزشکی، آمل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳

صفحه ۶۴ تا ۷۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: در سال‌های اخیر اثرات سلامت‌بخش مصرف شیر و فرآورده‌های آن و همچنین حضور میکروارگانیسم‌های روده‌ای به‌خوبی شناخته شده است. همچنین مشخص شده که توازن بهینه در تعداد میکروب‌های دستگاه گوارش بستگی به تغذیه و سلامتی دارد. پنیر یکی از محصولات لبنی است که قرن‌ها نقش مهمی در تغذیه انسان داشته است و به‌واسطه داشتن ماده خشک، چربی و pH بالاتر نسبت به سایر فرآورده‌های شیر قادر است در انتقال پروبیوتیک‌ها نقش مؤثرتری ایفا کند. از طرفی جلبک *اسپیروولینا* با توجه به دارا بودن خواص منحصر به فرد (غنی از مواد مغذی همچون ویتامین‌ها، مواد معدنی مانند آهن و پروتئین قابل هضم و جذب)، تأثیر مثبت بر افزایش قابلیت زیستی پروبیوتیک‌ها دارد و با ایجاد رنگ مطلوب می‌تواند در غنی‌سازی مواد غذایی نظیر فرآورده‌های لبنی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی اثر پری‌بیوتیکی عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر زنده‌مانی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* و خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی پنیر فتا طی ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بوده است.

مواد و روش‌ها: عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* خریداری و آسیاب گردید و به مدت ۴۸ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت. بعد از ۴۸ ساعت مخلوط صاف گردید و عصاره به‌منظور تغلیظ و خشک شدن در دستگاه فور قرار گرفت. در این مطالعه برای تولید پنیر فتا، از شیر تازه و کامل گاو که در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه شده بود، استفاده گردید. دمای شیر را به ۳۵ درجه سانتی‌گراد رسانده و در ظروف استریل مخصوص تهیه پنیر مقدار ۵ لیتر شیر ریخته شد. پس از آن، استارتر و پس از نیم ساعت کلرید کلسیم به نمونه‌های شیر اضافه و نهایتاً رنت به شیر افزوده شد و ۳ تا ۵ دقیقه به آرامی هم زده شد. به‌منظور کارایی بهتر رنت، ۱ سانتی‌متر مکعبی برش داده شد و دمای شیر در مدت زمان تشکیل لخته در حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و پس از گذشت یک ساعت، لخته تشکیل گردید.

تیمارها شامل: کنترل، تیمار پروبیوتیک، تیمار پروبیوتیک+۵/۰ درصد عصاره، تیمار پروبیوتیک+۱ درصد عصاره در نظر گرفته شد و کلیه آزمایشات در سه بار تکرار گردید. زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، میزان اسیدیته و pH، درصد رطوبت و ماده خشک و همچنین خواص ارگانولپتیک شامل عطر، طعم، یافت، ظاهر و پذیرش کلی در طول مدت نگهداری پنیر (۴۹ روز) مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین تعداد شمارش باکتری در هر گروه و در هریک از روزهای مطالعه گزارش شد و روند تغییرات لگاریتم تعداد باکتری در دوره ۴۹ روزه تجزیه و تحلیل شد. کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزار SPSS20 انجام شد و سطح معنی‌داری با $p < 0.05$ تلقی گردید.

یافته‌ها: مطابق نتایج، بیشترین رشد باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در تیمارها مربوط به تیمار باکتری پروبیوتیک به همراه ۱/۵ درصد عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بود که در روز صفر از $8.02 \log \text{CFU/g}$ به $10.32 \log \text{CFU/g}$ (پایانی) رسید و به میزان $2 \log \text{CFU/g}$ افزایش را نشان داد. پس از آن تیمار باکتری پروبیوتیک به همراه ۱ درصد عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* و تیمار باکتری پروبیوتیک + ۵/۰ درصد عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* به ترتیب از $7.99 \log \text{CFU/g}$ به $9.52 \log \text{CFU/g}$ و از $8.01 \log \text{CFU/g}$ به $9.22 \log \text{CFU/g}$ رسیدند. همچنین در طول مدت نگهداری پنیر به دلیل تولید اسید لاکتیک حاصل از تخمیر قند لاکتوز توسط پروبیوتیک‌ها، شاهد افزایش اسیدیته و رطوبت و کاهش pH بودیم. در ارتباط با pH، تیمار باکتری پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس*، بیشترین کاهش را بر روی پنیر داشته است ($p < 0.05$). در خصوص اسیدیته نیز مشخص شد افزودن ۵/۰ و ۱/۵ درصد عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* باعث افزایش اسیدیته نسبت به تیمار پروبیوتیک گردید. که این امر می‌تواند در کیفیت میکروبی و افزایش مدت زمان نگهداری پنیر مؤثر باشد. در تیمار کنترل در طول مدت نگهداری هیچ‌گونه اختلاف معناداری وجود نداشت ($p > 0.05$). در تیمار کنترل در روز صفر ۰/۷۱ محاسبه گردید که در طول نگهداری افزایش یافت و تا روز ۴۹ به ۱/۱۱ رسید. افزودن ۵/۰ و ۱/۵ درصد عصاره باعث افزایش اسیدیته نسبت به تیمار پروبیوتیک گردید. در بررسی رطوبت و ماده خشک نیز مشخص شد تیمار باکتری پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بهترین عملکرد را به خود اختصاص داده است ($p > 0.05$). همچنین بررسی خواص ارگانولپتیک نشان داد که میان خواص حسی مورد مطالعه در نمونه‌های پنیر، اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$) و با افزایش غلظت عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* امتیازات حسی کاهش پیدا کرد.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، مطالعه حاضر نشان داد که افزودن عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* باعث بهبود زنده‌مانی باکتری *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*، افزایش اسیدیته، افزایش رطوبت و مطابق آن، کاهش pH و کاهش ماده خشک در پنیر فتا می‌شود. بنابراین استفاده از این عصاره یا ترکیبات افزودنی حاصل از آن می‌تواند قدمی مؤثر در جهت بهبود محصولات غذایی و سلامت مصرف کننده باشد.

واژه‌های کلیدی: *اسپیروولینا پلاتنسیس*، پری‌بیوتیک، پنیر فتا، زنده‌مانی، عصاره، *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس*

مقدمه

سلامتی بخش خود را با ایجاد تعادل در فلور میکروبی روده به‌جای می‌گذارند (Nazari, 2016). محصولات لبنی پروبیوتیک با ویژگی‌های ارزشمند تغذیه‌ای و درمانی از بحث برانگیزترین موضوعات حال حاضر در عرصه صنعت تغذیه و پزشکی هستند و تاکنون اثرات مثبت مصرف آن‌ها بر سلامت انسان به تأیید رسیده است. برای آن که روند رو به رشد تولید

مواد غذایی حاوی باکتری‌های پروبیوتیکی با توجه به توان افزایش سطح سلامت انسان در گروه مواد غذایی فراسودمند قرار می‌گیرند (Nazari, 2016). پروبیوتیک‌ها مکمل‌های غذایی و میکروب‌های زنده‌ای هستند که اثرات

Gouveia et al., 2006). مطابق آنچه گفته شد، هدف از این مطالعه بررسی اثر پری‌بیوتیکی عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بر زنده‌مانی باکتری *لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس* و خواص فیزیوشیمیایی پنیر فتا بوده است.

مواد و روش‌ها

عصاره جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* از شرکت زیتون لیان استان بوشهر با برند گرین سی^۲ از عطاری خریداری شد. کلیه محیط کشت‌ها با برند شرکت مرک و سیگما خریداری شدند و باکتری پروبیوتیک لیوفلیزه *لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس* تهیه شده از شرکت کریستین هانسن (هورشون دانمارک) استفاده شد.

تهیه و آماده‌سازی عصاره جلبک: در ابتدا ۱۵۰ گرم جلبک خشک شده را از شرکت زیتون لیان استان بوشهر با برند Green sea از عطاری خریداری شد. سپس جلبک خشک شده را آسیاب کرده و سپس ۲ لیتر آب به جلبک آسیاب شده افزوده شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت بر روی شیکر قرار گرفت. بعد از ۴۸ ساعت مخلوط را صاف کرده و سپس ۱ لیتر آب به باقی‌مانده محتویات صاف نشده اضافه گردید. سپس به مدت ۴۸ ساعت بر روی شیکر قرار گرفته و محتویات صاف گردید. عصاره به‌منظور تغلیظ و خشک شدن در دستگاه فور با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. عصاره خشک شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شیشه‌های رنگی قرار گرفت.

آماده‌سازی استارتر جهت تلقیح در شیر پنیر: با استفاده از شیر خشک بدون چربی و آب مقطر استریل به نسبت ۱۱ درصد (w/v) شیر پس چرخ در شرایط استریل تهیه شد. سپس با رساندن شیر بازساخته به دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد از باکتری‌های لیوفلیزه *لاکتوکوکوس لاکتیس* تحت گونه‌های *لاکتیس* و *کروموریس*، *استریتوکوکوس سالیاریوس* تحت گونه *ترموفیلوس*، *لاکتوباسیلوس دلبروکی* تحت گونه *بولگاریس* تهیه شده از شرکت DALTON-TECHLOGIE BIO ساخت کشور ایتالیا، به نسبت برابر و ۰/۵ درصد (w/v) تحت شرایط استریل به آن افزوده شد. سپس در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه گذاری شد. به‌طور متوالی اسیدیته شیر با استفاده از محلول سود ۰/۱ نرمال مورد آزمایش تیتراسیون قرار گرفت. پس از رسیدن اسیدیته به ۸۰ درجه درنیک، عمل گرمخانه گذاری متوقف شده و سوسپانسیون استارتر تا زمان تلقیح به شیر پنیر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Kazemeini et al., 2023).

تولید پنیر فتا و تهیه تیمارها: برای تولید پنیر فتا، از شیر تازه و کامل گاو که در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه می‌شود، استفاده شد. قبل از شروع به انجام مراحل مختلف پنی‌سازی دمای شیر را به ۳۵ درجه سانتی‌گراد رسانده و به ظروف استریل مخصوص تهیه پنیر مقدار ۵ لیتر شیر ریخته شد. پس از آن، استارتر به مقدار ۲ درصد (حجمی/حجمی) و پس از نیم ساعت ۰/۰۲ درصد (وزن به حجم) کلرید کلسیم به نمونه‌های شیر اضافه و نهایتاً رنت به مقدار ۰/۰۱ گرم (وزن به حجم) به شیر افزوده شد و ۳ تا ۵ دقیقه به آرامی هم زده شد. به‌منظور کارایی بهتر رنت، ۱ سانتی‌متر مکعبی برش داده شد و - دمای شیر در مدت زمان

و مصرف چنین محصولاتی موفقیت‌آمیز باشد لازم است فرآورده پروبیوتیک، گونه پروبیوتیک موجود را در طی زمان نگهداری در سطح تعریف شده حفظ کند و خصوصیات حسی و بافتی مطلوبی داشته باشد (Nazari, 2016) از این رو حفظ قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در محصولات لبنی به دلیل عدم طولانی بسیاری از تولیدکنندگان لبنیات تخمیر شده، و عدم اطمینان از زنده‌ماندن باکتری‌های پروبیوتیک تا زمان مصرف محصولات هم‌چنان یک چالش بزرگ است و مورد توجه محققین قرار گرفته است (Banuree et al., 2022).

پنیر یک محصول لبنی است که قرن‌ها نقش مهمی در تغذیه انسان داشته است. تنوع و گوناگونی پنیرهای تولیدی و ارزش بالای غذایی آن‌ها موجب شده است که پنیر در برنامه غذایی بسیاری از ملت‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد و حتی کسانی که از بیماری عدم تحمل لاکتوز رنج می‌برند، می‌توانند از فرآورده‌های تخمیری شیر مثل پنیر استفاده کنند (Mohammadi Alasti et al., 2016; Stanton et al., 1998).

پنیر فتا جزء پنیرهای آب نمکی است که به دو روش سنتی و صنعتی تولید می‌شود و یک فرآورده لبنی تخمیری است که بیشتر اقشار و سنین جامعه از آن استفاده می‌کنند. پنیر فرایالایش از پنیر فتا از جمله پنیرهای مشهور در ناحیه مدیترانه‌ای است که به‌طور معمول به‌صورت پنیر با چربی کامل تولید می‌شود (Hamad, 2015). به‌طور کلی پنیر به علت خواص بالقوه‌ای که دارد، حامل مناسبی برای پروبیوتیک‌هایی مانند *لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس*^۱ و گونه‌های بیفیدوم می‌باشد. در حال حاضر پنیر یکی از فرآورده‌های پرتنوع، در دسترس و مناسب برای همه‌ی گروه‌های سنی است (Gouveia et al., 2006). جهت افزایش بقای پروبیوتیک‌ها روش‌های مختلفی به کار رفته است که یکی از این روش‌ها شامل افزودن پری‌بیوتیک‌ها همراه با پروبیوتیک به غذا می‌باشد. الیگوساکاریدها یا کربوهیدرات‌های زنجیر کوتاه مهم‌ترین و مؤثرترین پری‌بیوتیک‌ها هستند. پری‌بیوتیک‌ها ممکن است شامل مواد مختلف مانند کربوهیدرات‌های غیر قابل هضم، انواع خاصی از پلیتیدها و پروتئین‌ها، انواع خاصی از لیپیدها و حتی برخی املاح و یون‌ها باشند (Mohammadi Alasti et al., 2016). *اسپیروولینا پلاتنسیس*^۲ نوعی جلبک سبز آبی از شاخه سیانوباکترها است که به دو گونه *آرتروسپیرو پلاتنسیس* و *آرتروسپیرو ماگزیمیا* اطلاق می‌شود. این جلبک که به‌واسطه دارا بودن ترکیبات ذکر شده دارای خاصیت پری‌بیوتیکی است در دریاچه‌های منطقه گرمسیری و مناطق نیمه‌گرمسیری رشد می‌کند که آب‌های آن قلیایی بوده و سرشار از کربنات و بی‌کربنات است. *اسپیروولینا* بیشتر در آفریقا، آسیا، آمریکای جنوبی و مرکزی یافت شده و می‌تواند غذای جانوران یا انسان‌ها باشد (Louis-Jeune et al., 2012). امروزه *اسپیروولینا پلاتنسیس* بیشتر به‌عنوان مکمل غذایی در صنعت داروسازی (به‌شکل قرص یا پودر) به کار می‌رود. همچنین در صنایع آبزی‌پروری آکواریوم و ماکیان نیز از آن استفاده می‌شود (Mohammadi Alasti, et al., 2016;).

مخلوط را با افزودن آب مقطر به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. محلول را صاف کرده و ۲۵ میلی لیتر از آن را در حضور معرف فنل فتالین با سود نرمال تیترو گردید. درصد اسیدیته بر حسب اسید لاکتیک محاسبه شد (Nazari, 2016).

ارزیابی حسی: اثرات حسی ناشی از افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در روند تولید پنیر پروبیوتیک فتا با استفاده از آزمایش قابلیت پذیرش حسی مورد ارزیابی قرار گرفت. نمونه‌های پنیر فتا که قبلاً توضیح داده شد به‌طور مساوی به هفت قسمت مساوی با وزن ۴۰۰ گرم در ظروف شیشه‌ای که جهت جلوگیری از مخلدوش شدن نتایج، به‌طور تصادفی کدگذاری شدند، تقسیم شد. ارزیابی حسی توسط یک گروه هفت نفری متشکل از اعضای گروه بهداشت و کنترل مواد غذایی به‌دلیل تجربیات آنان در این زمینه انتخاب شده بودند، صورت پذیرفت (Kasimoğlu et al., 2004).

آنالیز آماری: میانگین، انحراف معیار، کمترین و بیشترین تعداد شمارش باکتری در هر گروه و در هریک از روزهای مطالعه گزارش شد. روند تغییرات لگاریتم تعداد باکتری در دوره ۴۹ روزه توسط آزمون آماری ONE WAY ANOVA تجزیه و تحلیل شد. کلیه آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزار SPSS20 انجام شد و سطح معنی‌داری با $p < 0.05$ تلقی گردید.

نتایج و بحث

مواد غذایی حاوی باکتری‌های پروبیوتیکی با توجه به توان افزایش سطح سلامت انسان در گروه مواد غذایی فراسودمند قرار می‌گیرند. حفظ قابلیت زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک در محصولات لبنی به‌دلیل عدم توانایی بسیاری از تولیدکنندگان لبنیات تخمیر شده، همچنان یک چالش بزرگ است و باید از آن اطمینان حاصل کرد. بر همین اساس مطالعه حاضر با هدف ارزیابی اثر پری بیوتیکی عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و خواص فیزیکی‌شیمیایی پنیر فتا انجام شد.

اثر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس در پنیر پروبیوتیکی در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد:

نتایج نشان داد که (شکل ۱)، در روز صفر در طول مدت نگهداری هیچ گونه اختلاف معناداری بین تیمارها وجود ندارد ($p < 0.05$). با گذشت زمان زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس در پنیر به این صورت افزایش پیدا کرده است که تیمار کنترل (پروبیوتیک) از $7.98 \log \text{CFU/g}$ در روز صفر به $8.08 \log \text{CFU/g}$ در روز ۴۹ رسید همچنین در تیمار پروبیوتیک +۰/۵ درصد عصاره، تیمار پروبیوتیک +۱ درصد عصاره به ترتیب از $8.01 \log \text{CFU/g}$ و $7.99 \log \text{CFU/g}$ در روز صفر به $9.22 \log \text{CFU/g}$ و $9.52 \log \text{CFU/g}$ در روز ۴۹ افزایش یافت ($p < 0.05$). مؤثرترین تیمار در افزایش زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس، تیمار پروبیوتیک +۱/۵ درصد عصاره بود که از $8.02 \log \text{CFU/g}$ در روز صفر به $10.32 \log \text{CFU/g}$ در روز پایانی رسید.

بنابر نتایج ذکر شده، عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس موجب افزایش زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس

تشکیل لخته در حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و پس از گذشت یک ساعت، لخته تشکیل گردید. سپس طبق دستورالعمل جهت آگیری به مدت شش ساعت تحت فشار ۱۰ کیلوگرمی قرار گرفت (Kazemeini et al., 2023).

تیمارها شامل کنترل، تیمار پروبیوتیک، تیمار پروبیوتیک +۰/۵ درصد عصاره، تیمار پروبیوتیک +۱ درصد عصاره در نظر گرفته شد و کلیه آزمایشات در سه بار تکرار گردید.

آماده سازی پروبیوتیک: کشت از باکتری پروبیوتیک لیوفلیزه لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس تهیه شده از شرکت CHR هانسن (هورشون دانمارک) در محیط MRS broth استریل در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت صورت گرفت. سپس کشت مجدد به مدت ۴۸ ساعت به‌منظور دستیابی به حداکثر تعداد پروبیوتیک‌های فعال انجام شد. سپس با استفاده از سانتریفوژ یخچال‌دار و از طریق شستشو با سرم فیزیولوژی استریل، محیط کشت جدا شد. در پایان با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با جذب نوری ۱ در طول موج ۶۰۰ نانومتر سوسپانسیون باکتریایی تهیه شد. همچنین جهت اطمینان از صحت کار، شمارش به‌روش کشت سطحی انجام شد.

بررسی زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها: برای تهیه رقت در هریک از روزهای مطالعه، مقدار ۱۰ گرم پنیر تولیدی در کیسه‌های زیپ‌دار استریل حاوی ۹۰ میلی لیتر تری سدیم سیترات (۲ گرم در ۱۰۰ گرم استریل) استریل توزین شد و مدت ۲ دقیقه توسط استومیکر (France-(Window door/portefenetre) Model: WInterscience همگن گردید. سپس سری رقت‌ها با افزایش یک میلی لیتر از هر رقت به ۹ میلی لیتر آب پیتون استریل تهیه شد. در نهایت از رقت‌های تهیه شده در محیط MRS آگار حاوی بایل کشت سطحی انجام و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرم‌خانه گذاری شد. سپس تعداد کلنی‌ها از روز صفر به‌صورت هفتگی به مدت ۴۲ روز شمارش گردید (Kasimoğlu et al., 2004).

اندازه گیری pH: pH نمونه‌ها با استفاده از روش استاندارد ایران به‌شماره ۲۸۵۲ اندازه گیری شد. به این صورت که بعد از جدا کردن نمونه‌های پنیر، مقدار ۱۰ گرم از نمونه‌ها را در داخل بشر ریخته و توسط pH متر که قبلاً با بافر ۴ و ۷ کالیبره شده، PH نمونه‌ها اندازه گیری شد (Ojagh et al., 2010).

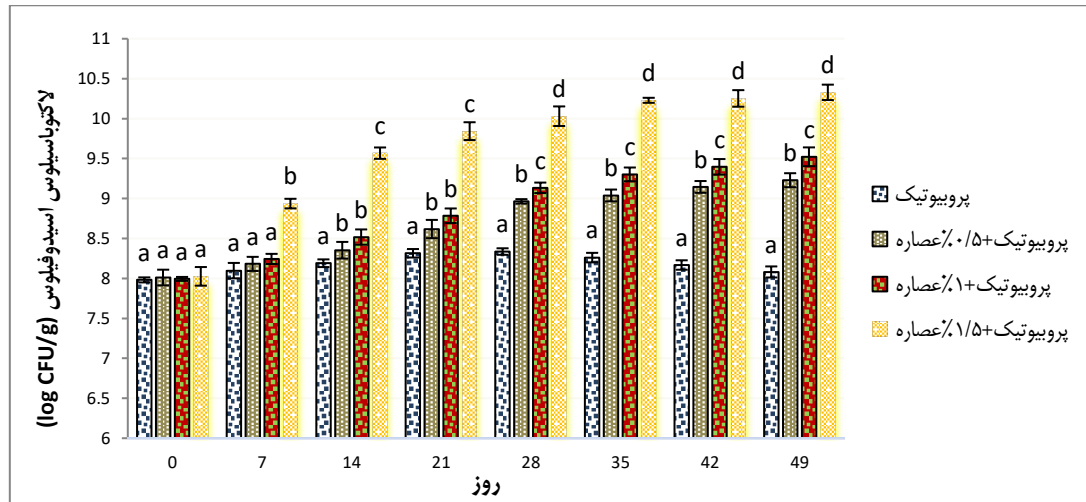
اندازه‌گیری رطوبت و ماده خشک: در یک ظرف آلومینیومی با دهانه‌ای به قطر ۸ سانتی‌متر مقدار ۵ گرم از نمونه یکنواخت شده پنیر را دقیقاً وزن نموده و با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط گردید. سپس ظرف حاوی نمونه را بر روی حمام آب گرم گذاشته تا از رطوبت آن کاسته شد. با گذاشتن درپوش ظرف آن را به آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گرادی منتقل نمود و به مدت ۴ ساعت در دمای مزبور نگهداری گردید. سپس ظرف محتوی نمونه را با پنس به دسیکاتور حاوی ماده جاذب الرطوبه منتقل نمود و پس از خنک شدن توزین گردید (Kazemeini et al., 2023).

اندازه‌گیری اسیدیته: مقدار ۱۰ گرم نمونه را در یک هاون آزمایشگاهی با آب مقطر با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل مخلوط و به‌هم‌زده شد و در یک بالن ژوژه، حجم

محیط‌های کشت MRS و RM به‌طور چشمگیری رشد کردند (Parada et al., 1998).

ونکی و همکاران (Vanaki et al., 2024) مطالعه خود را بر روی خواص پری بیوتیکی عصاره قارچ‌های خوراکی در محیط کشت انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که قارچ‌ها به دلیل داشتن گالاکتوز و مالتوتریوز بالا که در زمره کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم می‌باشند، می‌توانند سبب بهبود رشد پروبیوتیک‌ها شوند.

اسیدوفیلوس گردید که با نتایج حاصل از مطالعه پارادا و همکاران (Parada et al., 1998) که در رابطه با ویژگی افزایش‌دهندگی رشد باکتری‌های پروبیوتیک توسط اسپیرولینا پلاتنسیس فعالیت داشتند، مطابقت دارد. آنها مشاهده کردند که باکتری‌های مورد مطالعه (لاکتوکوکوس لاکتیس، استرپتوکوکوس ترموفیلوس، لاکتوباسیلوس کازئی، لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس بولگاریکوس) در



شکل ۱- تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در پنیر پروبیوتیکی در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (میانگین شمارش سلول‌های زنده + انحراف معیار). حروف انگلیسی کوچک و غیرمشابه در نمودار نشان دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد. حروف انگلیسی کوچک و غیرمشابه در نمودار نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p < 0.05$).

Figure 1. The effect of *Spirulina platensis* algae extract on the survival of *Lactobacillus acidophilus* bacteria in probiotic cheese during 49 days of storage at 4 °C (mean + SD). Small and non-similar English letters in the diagram indicate a significant difference between the groups ($p < 0.05$).

تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان اسیدیته در پنیر در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در تمام تیمارها در طول مدت نگهداری اسیدیته افزایش پیدا کرده است که این امر می‌تواند در کیفیت میکروبی و افزایش مدت زمان نگهداری پنیر موثر باشد. در تیمار کنترل در طول مدت نگهداری هیچ‌گونه اختلاف معناداری وجود نداشت ($p > 0.05$). در تیمار کنترل در روز صفر ۰/۷۱ محاسبه گردید که در طول نگهداری افزایش یافت و تا روز ۴۹ به ۱/۱۱ رسید. افزودن ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد عصاره باعث افزایش اسیدیته نسبت به تیمار پروبیوتیک گردید.

فدائی نوغانی و همکاران (Fadaei Noghani et al., 2015)، اثر پودر زیستی اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی پنیر سفید ایرانی پروبیوتیک حاوی پودر پونه‌کوهی تهیه شده به‌روش فراپالایش کار کردند به این نتیجه رسیدند که علاوه بر بهبود رشد پروبیوتیک‌ها، بیشترین افزایش میزان اسیدیته مربوط به نمونه‌های غنی شده با جلبک می‌باشد. این بدان معنا است که تیمارهای حاوی این ریز جلبک در تولید اسید تحریک شده‌اند.

میزان pH و اسیدیته: نتایج حاصل از بررسی تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان pH در پنیر در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در روز صفر بین تیمارها اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود ($p > 0.05$). در گروه کنترل در روز صفر ۴/۶۰ محاسبه گردید که در طول مدت نگهداری کاهش یافته و به ۴/۱۷ در روز ۴۹ رسید. در طول مدت نگهداری در بین تیمارها با افزایش میزان عصاره مقدار pH کاهش پیدا کرده است. تیمار پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره، بیشترین کاهش را بر روی پنیر داشته است ($p < 0.05$).

بر اساس نتایج آماری، در تیمار کنترل افت pH را نشان می‌دهد. پروبیوتیک‌ها لاکتوز را تخمیر کرده و تولید اسید لاکتیک نمودند و در نتیجه بیشترین حالت اسیدی در این روز مشاهده گردید. تالوالکر و همکاران (Talwarkar et al., 2004) اظهار کردند که بیفیدوباکتر قادر است لاکتوز را تخمیر و اسید استیک تولید نماید که خود به افت pH کمک می‌کند.

ترکیبات پری بیوتیکی میزان تولید اسیدهای آلی افزایش یافته و اسیدیته در طول فرآیند نگهداری تغییر می‌کنند (Varga et al., 2019).

در مطالعه حاضر نیز تیمار پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره در طول مدت نگهداری اختلاف معناداری را نشان می‌دهد و باعث افزایش اسیدیته شده است این یافته‌ها بافری بودن اسپیرولینا پلاتنسیس را تأیید می‌کند.

جدول ۱- تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان pH در پنیر طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (میانگین میزان pH + انحراف معیار)

Table 1. The effect of *Spirulina platensis* algae extract on the pH of cheese during storage at 4 °C (mean + SD)

روز day	0	7	14	21	28	35	42	49
تیمار treatment								
کنترل Control	4.60 ± 0.04 ^a	4.49 ± 0.05 ^a	4.47 ± 0.04 ^a	4.31 ± 0.01 ^a	4.26 ± 0.04 ^a	4.22 ± 0.02 ^a	4.20 ± 0.03 ^a	4.17 ± 0.02 ^a
پروبیوتیک probiotic	4.56 ± 0.02 ^a	4.48 ± 0.02 ^a	4.43 ± 0.01 ^b	4.36 ± 0.02 ^a	4.30 ± 0.02 ^a	4.26 ± 0.03 ^a	4.14 ± 0.01 ^b	4.01 ± 0.01 ^b
پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره Probiotic+ 0.5%Ext	4.55 ± 0.01 ^a	4.43 ± 0.04 ^b	4.32 ± 0.07 ^c	4.25 ± 0.03 ^b	4.19 ± 0.05 ^b	4.05 ± 0.02 ^b	4.01 ± 0.02 ^c	3.96 ± 0.02 ^b
پروبیوتیک + ۱ درصد عصاره Probiotic+1%Ext	4.60 ± 0.05 ^a	4.35 ± 0.02 ^c	4.26 ± 0.01 ^d	4.21 ± 0.01 ^b	4.16 ± 0.01 ^b	4.02 ± 0.04 ^b	3.91 ± 0.01 ^d	3.87 ± 0.04 ^c
پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره Probiotic+1.5%Ext	4.59 ± 0.01 ^a	4.23 ± 0.03 ^d	4.02 ± 0.05 ^e	3.91 ± 0.02 ^c	3.85 ± 0.01 ^c	3.74 ± 0.06 ^c	3.62 ± 0.01 ^e	3.51 ± 0.01 ^d

حروف انگلیسی کوچک و مشابه در نمودار نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p > 0.05$).

Small and similar English letters in the graph indicate no significant difference between groups ($P > 0.05$).

جدول ۲- تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان اسیدیته در پنیر طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (میانگین میزان اسیدیته بر حسب گرم بر لیتر + انحراف معیار).

Table 2. The effect of *Spirulina platensis* algae extract on the acidity of cheese during storage at 4 °C (mean (gr/L) + SD).

روز day	0	7	14	21	28	35	42	49
تیمار treatment								
کنترل Control	0.71 ± 0.05 ^a	0.77 ± 0.01 ^a	0.82 ± 0.01 ^a	0.90 ± 0.01 ^a	0.98 ± 0.04 ^a	1.02 ± 0.01 ^a	1.05 ± 0.02 ^a	1.11 ± 0.03 ^a
پروبیوتیک probiotic	0.73 ± 0.04 ^a	0.80 ± 0.04 ^a	0.89 ± 0.02 ^b	0.97 ± 0.02 ^b	1.09 ± 0.01 ^b	1.11 ± 0.02 ^b	1.14 ± 0.03 ^b	1.21 ± 0.01 ^b
پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره Probiotic+ 0.5%Ext	0.69 ± 0.05 ^a	0.83 ± 0.02 ^a	0.93 ± 0.01 ^b	1.01 ± 0.01 ^b	1.14 ± 0.01 ^b	1.19 ± 0.02 ^c	1.27 ± 0.01 ^c	1.33 ± 0.02 ^c
پروبیوتیک + ۱ درصد عصاره Probiotic+1%Ext	0.72 ± 0.04 ^a	0.82 ± 0.06 ^a	0.96 ± 0.03 ^b	1.06 ± 0.01 ^c	1.18 ± 0.03 ^b	1.27 ± 0.03 ^d	1.35 ± 0.04 ^d	1.36 ± 0.05 ^c
پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره Probiotic+1.5%Ext	0.70 ± 0.01 ^a	0.91 ± 0.01 ^b	0.99 ± 0.02 ^b	1.22 ± 0.05 ^d	1.45 ± 0.04 ^c	1.56 ± 0.02 ^e	1.61 ± 0.01 ^e	1.70 ± 0.02 ^d

حروف انگلیسی کوچک و مشابه در نمودار نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p > 0.05$).

Small and similar English letters in the graph indicate no significant difference between groups ($p > 0.05$).

نتایج حاصل از بررسی تأثیر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان ماده خشک در پنیر در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در جدول ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در تیمار کنترل در طول مدت نگهداری اختلاف معناداری مشاهده نشده است ($p > 0.05$). در گروه کنترل از روز صفر تا ۴۹ مقدار ماده خشک از ۴۸/۱۱ به ۴۵/۲۵ تیمار پروبیوتیک از ۴۷/۰۹ به ۴۵/۳۹، تیمار ۰/۵ درصد عصاره از ۴۷/۰۶ به ۴۵/۳۰ تیمار ۱ درصد از ۴۸/۱۳ به ۴۵/۱۷ و تیمار ۱/۵ درصد عصاره از ۴۷/۹۶ به ۴۵/۱۷ رسید ($p > 0.05$).

در مطالعه محمدی السی و همکاران (Mohammadi Alasti et al., 2016)، که بر روی تأثیر غلظت جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی حسی ماست اسفناج پروبیوتیک کار کردند نشان دادند که با افزایش غلظت جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، افزایش مقدار ماده خشک در تیمارها مشاهده شد.

میزان رطوبت و ماده خشک: جدول ۳ نتایج حاصل از

بررسی اثر عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان رطوبت در پنیر در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان رطوبت در بین تمام تیمارها با افزایش مدت نگهداری افزایش پیدا کرده است اما اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده نشد. تیمار پروبیوتیک + ۱/۵ درصد عصاره بهترین عملکرد را به‌خود اختصاص داده است ($p > 0.05$).

همان‌طور که مشاهده شد میزان رطوبت در بین تمام تیمارها اختلاف معناداری داشت و میزان رطوبت افزایش پیدا کرد. سوری و همکاران (Mosaddegh et al., 2019) در بررسی غنی‌سازی پاستا با سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، به‌طور موافق با نتایج پژوهش حاضر بیان کردند که با افزودن این جلبک، محتوای رطوبت نمونه‌های پاستا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

جدول ۳- تأثیر عصاره جلبک/اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان رطوبت بر حسب درصد در پنیر طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (میانگین میزان رطوبت + انحراف معیار).

Table 3. The effect of *Spirulina platensis* algae extract on the amount of moisture in percent in cheese during storage at 4 °C (mean + SD).

روز day	0	7	14	21	28	35	42	49
تیمار treatment								
کنترل Control	56.49± 0.03 ^a	56.52± 0.01 ^a	56.86± 0.05 ^a	57.42± 0.02 ^a	57.84± 0.01 ^a	58.01± 0.04 ^a	58.21± 0.04 ^a	58.56± 0.06 ^a
پروبیوتیک probiotic	56.58± 0.06 ^a	56.73± 0.03 ^b	57.01± 0.02 ^b	57.43± 0.01 ^a	57.56± 0.06 ^b	57.96± 0.09 ^a	58.19± 0.04 ^a	58.47± 0.03 ^b
پروبیوتیک+۰/۵٪ عصاره Probiotic+ 0.5%Ext	56.63± 0.05 ^a	56.70± 0.01 ^b	57.13± 0.05 ^c	57.36± 0.01 ^b	57.51± 0.01 ^b	57.94± 0.04 ^a	58.21± 0.05 ^a	58.52± 0.03 ^b
پروبیوتیک+۱٪ عصاره Probiotic+1%Ext	56.51± 0.02 ^a	56.68± 0.06 ^b	57.12± 0.02 ^c	57.11± 0.04 ^d	57.43± 0.07 ^c	57.85± 0.01 ^b	58.25± 0.03 ^a	58.57± 0.01 ^a
پروبیوتیک+۱/۵٪ عصاره Probiotic+1.5%Ext	56.53± 0.02 ^a	56.70± 0.02 ^b	57.08± 0.01 ^c	57.27± 0.05 ^c	57.38± 0.05 ^c	57.92± 0.02 ^a	58.18± 0.06 ^a	58.51± 0.04 ^b

حروف انگلیسی کوچک و مشابه در نمودار نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p>0.05$).

Small and similar English letters in the graph indicate no significant difference between groups ($p>0.05$).

جدول ۴- تأثیر عصاره جلبک/اسپیرولینا پلاتنسیس بر میزان ماده خشک در پنیر طی نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (میانگین میزان بر حسب درصد + انحراف معیار).

Table 4. The effect of *Spirulina platensis* algae extract on the amount of Brix in cheese during storage at 4 °C (mean (%) + SD).

روز day	0	7	14	21	28	35	42	49
تیمار treatment								
کنترل Control	48.11± 0.02 ^a	47.56± 0.02 ^a	46.86± 0.02 ^a	46.45± 0.04 ^a	46.11± 0.06 ^a	45.89± 0.02 ^a	45.58± 0.01 ^a	45.25± 0.01 ^a
پروبیوتیک probiotic	48.09± 0.02 ^a	47.65± 0.00 ^b	46.68± 0.00 ^b	46.39± 0.01 ^b	45.82± 0.02 ^b	45.47± 0.03 ^a	45.39± 0.01 ^c	45.31± 0.00 ^c
پروبیوتیک+۰/۵٪ عصاره Probiotic+ 0.5%Ext	48.06± 0.04 ^a	47.82± 0.02 ^c	46.81± 0.05 ^a	46.61± 0.00 ^d	46.08± 0.05 ^d	45.81± 0.05 ^b	45.42± 0.05 ^b	45.30± 0.03 ^c
پروبیوتیک+۱٪ عصاره Probiotic+1%Ext	48.13± 0.02 ^a	47.86± 0.00 ^c	46.92± 0.01 ^c	46.40± 0.02 ^a	45.85± 0.03 ^b	45.75± 0.02 ^c	45.35± 0.02 ^c	45.18± 0.04 ^b
پروبیوتیک+۱/۵٪ عصاره Probiotic+1.5%Ext	47.96± 0.03 ^a	47.64± 0.01 ^b	46.89± 0.02 ^a	46.54± 0.02 ^c	45.98± 0.03 ^c	45.66± 0.00 ^d	45.42± 0.01 ^b	45.17± 0.05 ^b

حروف انگلیسی کوچک و مشابه در نمودار نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p>0.05$).

Small and similar English letters in the graph indicate no significant difference between groups ($p>0.05$).

طبق نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی، مقبولیت نهایی توسط ارزیاب‌ها با افزایش عصاره کاهش یافت. همانطور که می‌دانیم در طول رسیدن پنیر، پروتئولیز مهمترین عامل در بهبود عطر و طعم می‌باشد. در مطالعه محمدی السّتی و همکاران (Mohammadi Alasti et al., 2016)، که بر روی تأثیر غلظت جلبک/اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی‌های حسی ماست اسفناج پروبیوتیک کار کردند نشان دادند در ارزیابی پذیرش کلی ماست حاوی ۰/۵ درصد جلبک/اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱ درصد اسفناج بالاترین امتیاز را دارا بود.

ارزیابی حسی: نتایج حاصل از بررسی تأثیر عصاره جلبک/اسپیرولینا پلاتنسیس بر خواص حسی در پنیر در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شکل ۲ نشان داده شده است براساس نتایج آماری حاصل از ارزیابی حسی، میان ظاهر، طعم، عطر، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های پنیر اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد ($p>0.05$) و با افزایش عصاره مقبولیت نهایی کاهش یافت.



شکل ۲- تأثیر عصاره جلبک/اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی‌های حسی پنیر در طول ۴۹ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد (میانگین رتبه دریافتی + انحراف معیار). حروف انگلیسی کوچک و مشابه در نمودار نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها می‌باشد ($p>0.05$).

Figure 2. The effect of *Spirulina platensis* algae extract on the sensory characteristics of cheese during 49 days of storage at 4 °C (mean + SD).

نتیجه گیری کلی

در این مطالعه به بررسی ارزیابی تأثیر پری بیوتیکی عصاره جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس روی رشد باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس/اسیدوفیلوس و خواص فیزیکی و شیمیایی در پنیر فتا پرداخته شد. به طور کلی نتایج مطالعه نشان داد که

افزودن ۱/۵ درصد عصاره جلبک به دلیل خاصیت پری بیوتیکی آن، علاوه بر بهبود کیفیت و مقبولیت پنیر، باعث بهبود زنده‌مانی باکتری پروبیوتیک و افزایش اسیدیته و رطوبت مطابق آن کاهش pH و ماده خشک در پنیر گردید.

References

- Banuree, S. A. H., Noori, N., Gandomi, H., Khanjari, A., Karabagias, I. K., Faraki, A., ... & Banuree, S. Z. (2022). Effect of Stevia rebaudiana aqueous extract and microencapsulation on the survivability of Bifidobacterium bifidum Bb-12 and Lactobacillus acidophilus La-5 in functional ice cream. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(12), 7615-7621.
- Fadaei Noghani, V., Mazinani, S., Khosravi-Darani, K., Eslami Moshkenani, A., & Mirzadeh, A. (2015). The effect of powdered Spirulina platensis biomass on some of physicochemical properties and sensory evaluation in probiotic Iranian white cheese containing powdered Mentha longifolia L. produced by ultrafiltration. *Innovative Food Technologies*, 2(3), 1-10. DOI: 10.22104/jift.2015.125 [In Persian]
- Gouveia, L., Raymundo, A., Batista, A. P., Sousa, I., & Empis, J. (2006). Chlorella vulgaris and Haematococcus pluvialis biomass as colouring and antioxidant in food emulsions. *European Food Research and Technology*, 222, 362-367.
- Hamad, M. N. F. (2015). Comparative study between traditional Domiati cheese and recombined Feta cheese. *Indian Journal of Dairy Science*, 68(5), 442-452.
- Kasımoğlu, A., Göncüoğlu, M. U. A. M. M. E. R., & Akgün, S. (2004). Probiotic white cheese with Lactobacillus acidophilus. *International Dairy Journal*, 14(12), 1067-1073.
- Kazemeini, H., Azizian, A., & Ahmadi, K. (2023). Preparation of Synbiotic Yogurt Sauce Containing Spirulina platensis Microalgae Extract and Its Effect on the Viability of Lactobacillus acidophilus. *BioMed Research International*, 2023(1), 8434865.
- Louis-Jeune, C., Andrade-Navarro, M. A., & Perez-Iratxeta, C. (2012). Prediction of protein secondary structure from circular dichroism using theoretically derived spectra. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 80(2), 374-381.
- Mohammadi Alasti, F., Fadaee, V., & Khosravi, K. (2016). Influence of different concentrations of Spirulina platensis on some physicochemical and sensory properties of probiotic spinach yoghurt. *Food Research Journal*, 26(2), 127-143.
- Nazari, S. M. (2016). Free amino acid profile and textural and sensory characteristics of whey less feta cheese. *Food Processing and Preservation Journal*, 8(1), 87-105. DOI: 10.22069/efjpp.2016.3137 [In Persian]
- Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120(1), 193-198.
- Parada, J. L., de Caire, G. Z., de Mulé, M. C. Z., & de Cano, M. M. S. (1998). Lactic acid bacteria growth promoters from Spirulina platensis. *International Journal of Food Microbiology*, 45(3), 225-228.
- Mosaddegh, Y., Tavakoli, M., Kamalirousta, L., Khoshkhu, J., Soltani, M. (2019). Macaroni Formulation Fortified with Potato Fiber and Dunaliella Salina Alga Powder and Determination of Physical, Chemical and Sensory Properties. *Journal of Food Science and Technology*, 16(90), 87-99. [In Persian]
- Stanton, C., Gardiner, G., Lynch, P. B., Collins, J. K., Fitzgerald, G., & Ross, R. P. (1998). Probiotic cheese. *International Dairy Journal*, 8(5-6), 491-496.
- Talwalkar, A., Miller, C. W., Kailasapathy, K., & Nguyen, M. H. (2004). Effect of packaging materials and dissolved oxygen on the survival of probiotic bacteria in yoghurt. *International Journal of Food Science & Technology*, 39(6), 605-611.
- Vanaki, E., Kamkar, A., Noori, N., Azizian, A., & Mohammadkhan, F. (2024). The effect of aqueous extract of Arctium lappa root on the survival of Lactobacillus acidophilus La-5 and Bifidobacterium bifidum Bb-12 and sensorial and physicochemical properties of synbiotic yogurt. *Food Science & Nutrition*, 12(3), 2182-2191.
- Varga, L., Szigeti, J., & Ördög, V. (1995). Effect of a Spirulina platensis biomass and that of its active components on single strains of dairy starter cultures. *Milchwissenschaft*. 54(4), 187-190.