

تأثیر غلظت‌های مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست اسفناج پروبیوتیک

فریبا محمدی السستی^۱، وجیهه فدائی نوغانی^{۲*} و کیانوش خسروی دارانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۶

^۱ کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۳ دانشیار گروه تحقیقات صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی دانشگاه علوم

پزشکی شهید بهشتی

*مسئول مکاتبه: Email: vn.fadaei@gmail.com

چکیده

غذاهای فراسودمند از موضوع‌های روز در حوزه‌های تغذیه، مواد غذایی، پزشکی و سلامتی هستند. جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با توجه به دارا بودن خواص منحصربه‌فرد می‌تواند در غنی‌سازی ماست مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش، اثر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس با غلظت‌های ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ درصد بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی انتخابی نظیر pH، اسیدیته قابل تیتراژ، ماده خشک، پروتئین، میزان آب‌اندازی، آهن، رنگ و ویسکوزیته (در روزهای صفر، هفت، چهارده و بیست و یک) و خواص حسی (در روزهای اول و آخر نگهداری) ماست پروبیوتیک حاوی ۱۰ و ۱۳ درصد اسفناج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که غلظت‌های مختلف جلبک ضمن جلوگیری از تغییرات مشخص در pH، اسیدیته را افزایش دادند و باعث کاهش آب‌اندازی محصول شدند. اسپیرولینا پلاتنسیس بر پارامترهای a ، b و L رنگ نمونه‌های ماست مؤثر بود، در ضمن ویسکوزیته نمونه‌ها را کاهش داد. پروتئین و آهن نمونه‌های ماست غنی شده با ریز جلبک افزایش یافتند. در ارزیابی پذیرش کلی، ماست پروبیوتیک حاوی ۰/۵ درصد جلبک و ۱۰ درصد اسفناج، بالاترین امتیاز را دارا بود. تیمار مذکور از لحاظ خواص فیزیکی شیمیایی بررسی شده نیز در سطح مطلوبی قرار داشت؛ لذا، این تیمار به عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

واژگان کلیدی: خواص فیزیکی شیمیایی، خواص حسی، ماست اسفناجی، اسپیرولینا پلاتنسیس

مقدمه

به سیانوباکتری‌ها می‌باشند. توده زیستی خشک شده آن دارای حدود ۲۰-۱۲٪ کربوهیدرات، ۷-۳٪ رطوبت، ۶۰-۵۵٪ پروتئین، ۱۰-۷٪ خاکستر، ۸-۶٪ لیپید، ۱۰-۸٪ فیبر و ۱/۵-۱٪ کلروفیل a است. اسپیرولینا

اخیراً، استفاده از ترکیبات فراسودمند در صنعت غذا بسیار مورد توجه قرار گرفته است. اسپیرولینا یکی از انواع جلبک‌های میکروسکوپی سبز-آبی است که متعلق

پلاتنسیس حاوی ۱۸ نوع اسید آمینه است و پروتئین‌های آن کیفیت بالایی دارند. مهم‌ترین پروتئین‌های آن، بیلی پروتئین‌ها (مانند C-فیکوسیائین و آلفو فیکوسیائین) هستند که محلول در آب بوده و رنگدانه‌های آبی دارند (نوعی کروموپروتئین). این رنگدانه‌ها که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشند، در غذاها و نوشیدنی‌ها به عنوان رنگ طبیعی استفاده می‌شوند (کایر و همکاران ۲۰۰۰). جلبک *اسپیروولینا* با توجه به دارا بودن خواص منحصر به فرد (منبع 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 سبز-آبی می‌تواند در غنی‌سازی مواد غذایی نظیر فراورده‌های لبنی از جمله ماست مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر ماست مقبول‌ترین و پرمصرف‌ترین فراورده پروبیوتیک در جهان است. علت آن، خواص حسی منحصر به فرد این فراورده از یک سو و ارزش سلامت بخش آن از سوی دیگر است؛ به طوریکه با افزودن همزمان جلبک و باکتری‌های پروبیوتیک به ماست می‌توان ارزش تغذیه‌ای آن را دوچندان کرد.

اسفناج از مهم‌ترین سبزی‌های برگی، با ارزش تغذیه‌ای بالاست (به طوریکه از نظر مقدار نسبی ۱۰ نوع ویتامین و مواد معدنی، در بین ۴۲ نوع میوه و سبزی رایج، رتبه دوم را به خود اختصاص داده است) و یک منبع عالی از مواد معدنی و ویتامین‌ها به ویژه ویتامین ث به شمار می‌رود (کوازو اوکی مورا و همکاران ۲۰۰۳).

تاکنون، پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با اثر ریزجلبک بر فراورده‌های تخمیری انجام پذیرفته است. وارگا و همکاران (۲۰۰۲)، در مطالعه‌ای تأثیر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* را بر فلور میکروبی طبیعی شیر تخمیری (لاکتوباسیلوس *اسیدوفیلوس*، بیفیدوباکتیریا و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*) طی نگهداری در دو دمای 15°C به مدت ۱۸ روز و 4°C به مدت ۴۲ روز بررسی کردند. نتایج نشان داد که شمارش استارترها در تمامی دوره‌ها رضایت‌بخش بود. بدون در نظر گرفتن دمای

نگهداری، *اسپیروولینا* اثرات مفیدی بر باکتری‌های آغازگر داشت؛ ضمناً اضافه کردن توده سیانوباکتری، محتوای اسیدهای آمینه، ویتامین و اسیدهای چرب را بهبود بخشید. گینس و همکاران (۲۰۰۵)، در مطالعه‌ای کاربرد توده‌ی زیستی جلبک‌های میکروسکوپی را در تحریک تولید اسید و رشد لاکتوباسیلوس پلانتاروم و *آنتروکوکوس فیسیوم* در شیر بررسی کردند. نتایج نشان داد که توده‌ی زیستی جلبک بر تولید اسید و رشد باکتریایی، اثر تحریک‌کنندگی دارد؛ با افزایش سرعت تولید اسید برای تولید مقادیر مساوی از غذاهای تخمیری، به زمان کمتری نیاز است؛ بنابراین، بهره‌وری تولید افزایش خواهد یافت. ضمناً، سرعت بالای تولید اسید از رشد میکروارگانیسم‌های ناخواسته جلوگیری می‌نماید. مهجوری (۱۳۹۰)، در مطالعه‌ای اثر پودر *اسپیروولینا* در سطوح ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵٪ را بر خواص رئولوژیکی، فیزیکی و حسی بستنی سنتی مورد بررسی قرار داد و اعلام نمود که کاربرد جلبک *اسپیروولینا* در سطوح بالا (۱/۵ و ۲/۵٪) بر خواص فیزیکی و رئولوژیکی محصول اثر منفی دارد؛ اما از نظر حسی، سطح ۱/۵٪ قابل پذیرش است.

از آنجا که تغییر رنگ ماست در اثر افزودن جلبک می‌تواند اثر منفی بر خواص حسی آن داشته باشد؛ و از طرفی، تاکنون پژوهشی در رابطه با رفع این نقیصه انجام پذیرفته است؛ در این پژوهش، اثر افزودن همزمان اسفناج و ریزجلبک بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی محصول مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه: شیر گاو از شرکت برگزیده بناب، ریزجلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* از شرکت سینا ریز جلبک قشم، پودر آب پنیر و شیر خشک بدون چربی از کارخانه شیر پگاه تبریز، پایدارکننده (ترکیبی از پکتین، ژلاتین و آگار - آگار با کد تجاری Sp - 20) از شرکت لاکتوپروت، کشور آلمان، باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیترا طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ با سود ۰/۱ نرمال و در حضور معرف فنل فتالین انجام پذیرفت. ماده خشک با استفاده از دستگاه رطوبت سنج دیجیتالی Kern (کشور سازنده آلمان) طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۹۸۷۴ و پروتئین نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کلدال طبق روش سین باس و یازرسی (۲۰۰۷) اندازه‌گیری شد. میزان آب اندازی نمونه‌های ماست طبق روش پیشنهادی توسط آکادمن و همکاران (۲۰۰۳) تعیین گردید. مقدار آهن نمونه‌ها به وسیله طیف سنج جذب اتمی Varian (مدل AA 240 FF، ساخت کشور استرالیا) و با استفاده از خاکستر اندازه‌گیری شد؛ که شدت جریان مورد استفاده ۷ mA، نوع شعله استیلن - هوا، طول موج ۲۴۸/۳ nm، پهنای شکاف ۰/۲ nm و حساسیت ۰/۰۵ ppm بود (امرابی و عزیز ۱۳۸۶). رنگ نمونه‌ها طبق روش صباغ و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از دستگاه رنگ سنج هانتربل (مدل Colur flex EZ، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد و با اعداد L ، a ، b بیان گردید. پارامتر L ، تغییرات روشنایی یا شفافیت رنگ را نشان می‌دهد، که روشنی را (از ۰ برای سیاه و ۱۰۰ برای سفید) محاسبه می‌کند. پارامتر b ، تغییرات از آبی تا زردی را نشان می‌دهد. پارامتر a ، تغییرات از سبزی تا قرمزی را نشان می‌دهد، $-a$ میزان رنگ سبز و $+a$ مقدار رنگ قرمز را نشان می‌دهد. ویسکوزیته نمونه‌های تولیدی با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (مدل RV-DVII، ساخت کشور آمریکا) اندازه‌گیری شد (آکین و همکاران ۲۰۰۷). ارزیابی حسی (رنگ، بافت، طعم، بو و پذیرش کلی) طبق جدول استاندارد ملی ایران به شماره ۶۹۵ و با روش مظاهری و رضوی (۱۳۸۷) توسط ۵ نفر ارزیاب آموزش‌دیده و بر اساس روش هدونیک پنج نقطه‌ای در روزهای اول و آخر نگهداری انجام پذیرفت. در سطوح ارزیابی یک تا پنج؛ ۱ = غیرقابل مصرف یا خیلی ضعیف، ۲ = غیرقابل قبول یا ضعیف، ۳ = قابل قبول یا متوسط ۴

اسیدوفیلوس با کد تجاری $La-5$ و باکتری‌های آغازگر ماست شامل استریپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس با کد تجاری $Yc-380$ از شرکت کریستین هسن، کشور دانمارک، تهیه شدند. مواد آزمایشگاهی مورد نیاز جهت انجام آزمون‌های فیزیکی شیمیایی از شرکت مرک آلمان خریداری گردید. روش تولید: شیر با چربی ۳٪ و ماده خشک بدون چربی ۸٪ دریافت، و پس از عملیات پاستوریزاسیون و هموژنیزاسیون تا دمای $10^{\circ}C$ سرد شده و وارد تانک آماده سازی شد. پودر آب پنیر به میزان ۱٪ (وزنی/وزنی) به شیر اضافه گردید؛ سپس در دمای $35^{\circ}C$ ، شیر خشک بدون چربی به میزان ۲٪ (وزنی/وزنی) و پایدارکننده به میزان ۳/۰٪ (وزنی/وزنی) اضافه شد. در ادامه، دمای شیر تا $45^{\circ}C$ افزایش یافت و در این دما، به میزان ۳٪ (وزنی/وزنی) خامه دارای ۵۰ درصد چربی اضافه شد. با انتقال به تانک فرایند بعدی، ادامه فرایند حرارتی تا دمای $90-95^{\circ}C$ به مدت ۱۰ - ۵ دقیقه انجام پذیرفت؛ پس از سردکردن شیر تا دمای $42^{\circ}C$ - ۴۰ (دمای تخمیر)، پودر جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* با مقادیر ۰، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۸ و ۱٪ به آن اضافه گردید و همزمان باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس (مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده) و ۲/۵٪ (وزنی/وزنی) مایه کشت ماست بطور مستقیم تلقیح گردید. گرمخانه گذاری در دمای $40^{\circ}C$ تا رسیدن به $pH 4.5 \pm 0.2$ انجام پذیرفت؛ پس از خنک شدن نمونه‌های ماست تا دمای $15-22^{\circ}C$ ، اسفناج آنزیم بری شده و خرد شده به میزان ۱۰٪ و ۱۳٪ (وزنی/وزنی) اضافه شد (آنزیم بری اسفناج در آب داغ $77^{\circ}C$ به مدت ۱ دقیقه صورت گرفت). نمونه‌ها پس از بسته بندی، به مدت ۲۱ روز در سردخانه با دمای $4^{\circ}C$ نگهداری گردیدند.

آزمون‌ها: pH نمونه‌های ماست طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ و با استفاده از pH متر (مدل WTW، کشور سازنده آلمان) اندازه‌گیری شد.

های ۱، ۲، ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، افت pH در نمونه‌های حاوی *اسپیروولینا پلاتنسیس* کمتر از نمونه‌های فاقد جلبک است. با افزایش میزان جلبک در نمونه‌های ماست، میزان اسیدیته آن‌ها نیز افزایش می‌یابد، کنار هم قرار دادن این دو مطلب یعنی بیشتر بودن روند افزایش اسیدیته و کمتر بودن روند افت pH، بافری بودن *اسپیروولینا پلاتنسیس* را تأیید می‌نماید. این یافته‌ها با یافته‌های وارگا و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت دارد؛ آنان نیز به نقش بافری *اسپیروولینا پلاتنسیس* (که به دلیل حضور پروتئین، پپتیدها و اسید آمینه‌های موجود در ترکیب آن می‌باشد) اشاره کرده‌اند. در مطالعه‌ای که توسط کایر و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد، نتایج مشابه با مطالعه حاضر به دست آمد؛ آنان گزارش کردند که با افزایش زمان، میزان افزایش اسیدیته در نمونه‌های ماست حاوی جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* بیشتر بوده است. اگرچه توده زیستی *اسپیروولینا پلاتنسیس* قادر است تولید اسید و رشد باکتری‌های اسید لاکتیک را افزایش دهد (که به دلیل حضور اسیدهای آمینه، پپتون، آدنین و هیپوگزانتین در جلبک می‌باشد) اما به لحاظ نقش بافری که می‌تواند در محیط بازی کند، pH محیط را بدون تغییر حفظ می‌کند. همچنین، درصدی متفاوت اسفناج تأثیری بر میزان pH و اسیدیته نداشت.

= رضایت‌بخش یا خوب، = بسیار رضایت‌بخش یا خیلی خوب بود.

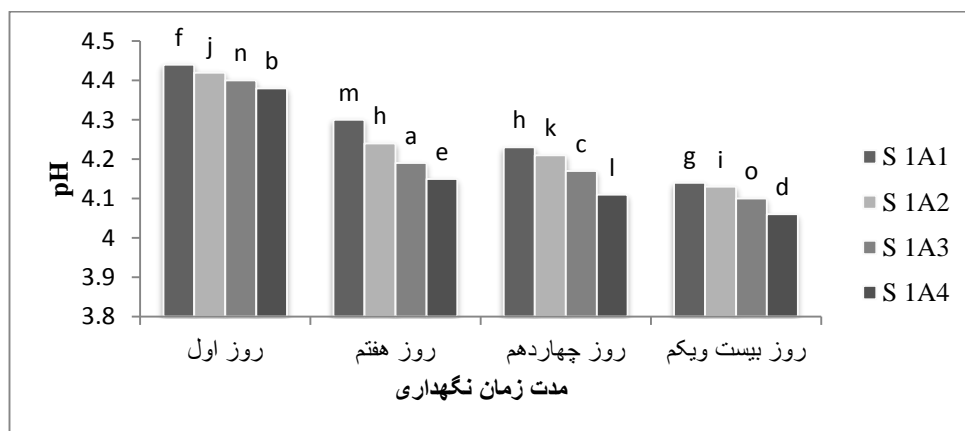
تجزیه و تحلیل آماری

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با آزمایشات فاکتوریل و با سه تکرار اجرا گردید که اثر زمان به عنوان بلوک در نظر گرفته شد. این پژوهش دارای دو فاکتور مستقل جلبک و اسفناج بود که جلبک دارای سطوح ۰، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸٪ و اسفناج با دو سطح ۱۰ و ۱۳٪ بوده است. معنی‌دار بودن تفاوت میانگین بین تیمارها، به کمک آزمون کای دو (با استفاده از Lsmean) مقایسه شد و p-value کمتر از ۰/۰۵ معنی‌دار تفسیر گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 با سطح اطمینان ۹۵٪ انجام گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

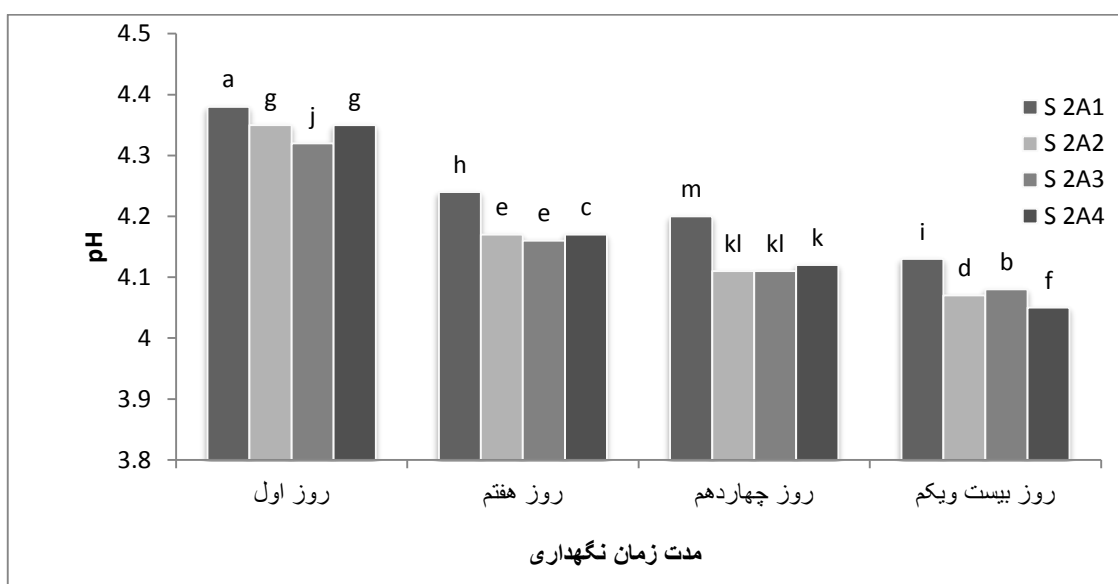
بررسی اثر غلظت‌های مختلف جلبک و اسفناج بر خواص فیزیکوشیمیایی نمونه‌های ماست پروبیوتیک طی نگهداری در سرما، اثر اسفناج/ اثر زمان نگهداری بر اساس نتایج آماری، میان pH نمونه‌ها و اسیدیته آن‌ها در طی ۲۱ روز نگهداری، اختلاف آماری بسیار معنی‌دار وجود دارد ($p < 0/01$). همان‌طور که در شکل



شکل ۱- تغییرات pH در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S1A1 : 0٪، S1A2 : 0.3٪، S1A3 : 0.5٪،

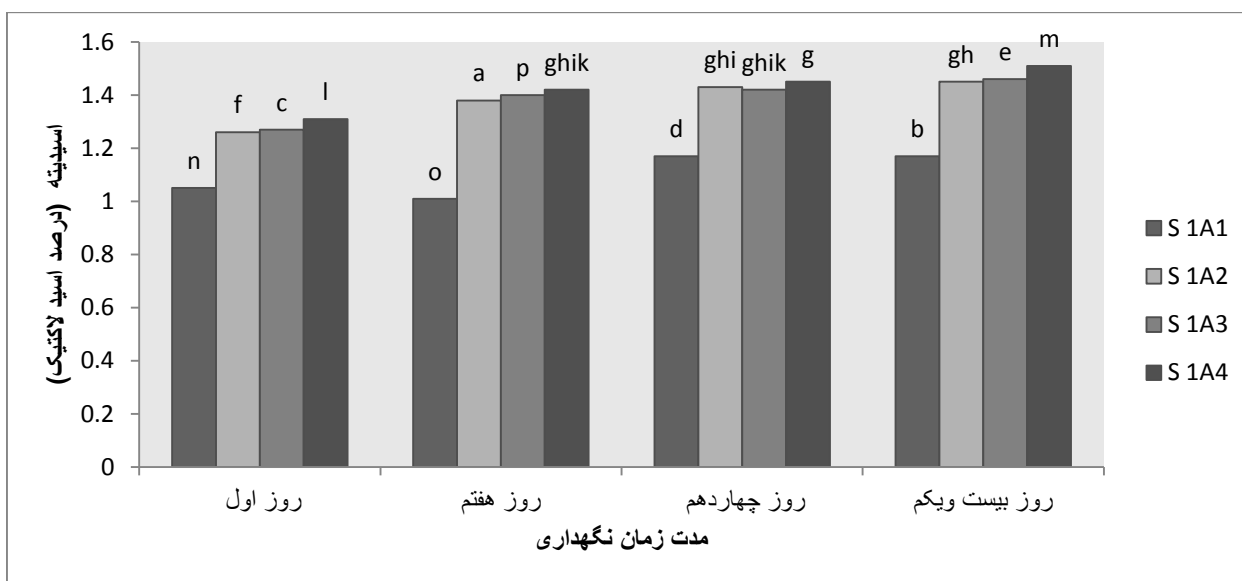
S1A4 : 0.8٪) و 10٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه

* حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



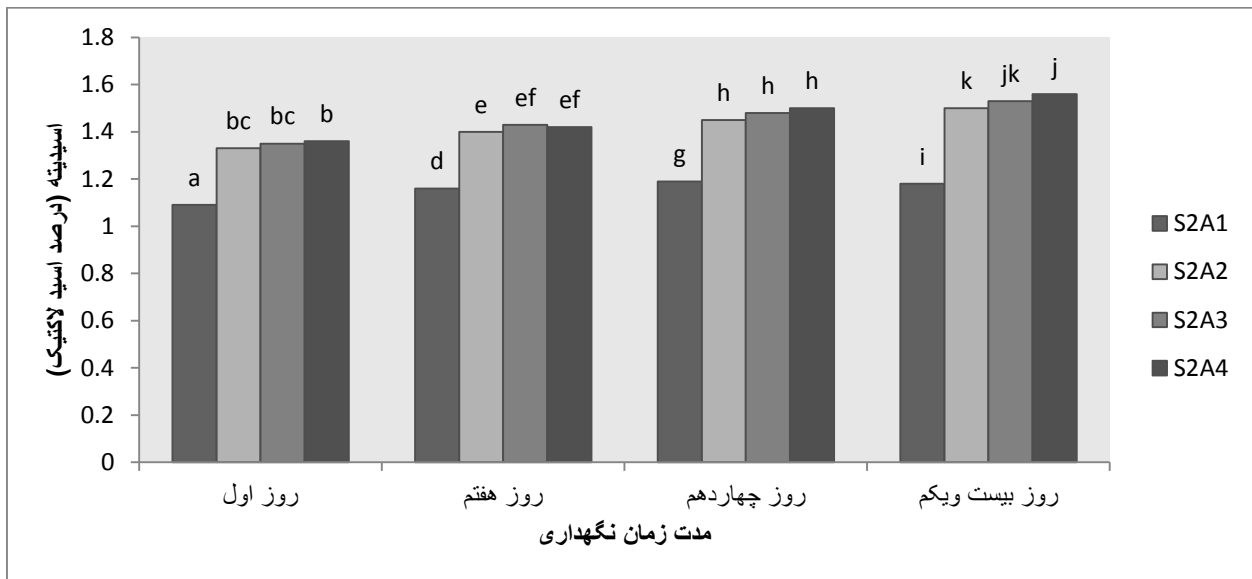
شکل ۲- تغییرات pH در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S_{2A1} : ۰٪/۳، S_{2A2} : ۰٪/۳، S_{2A3} : ۰٪/۵، S_{2A4} : ۰٪/۸) و ۱۳٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه

* حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



شکل ۳- تغییرات اسیدیته (درصد اسید لاکتیک) در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S_{1A1} : ۰٪/۰، S_{1A2} : ۰٪/۳، S_{1A3} : ۰٪/۵، S_{1A4} : ۰٪/۸) و ۱۰٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه

* حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



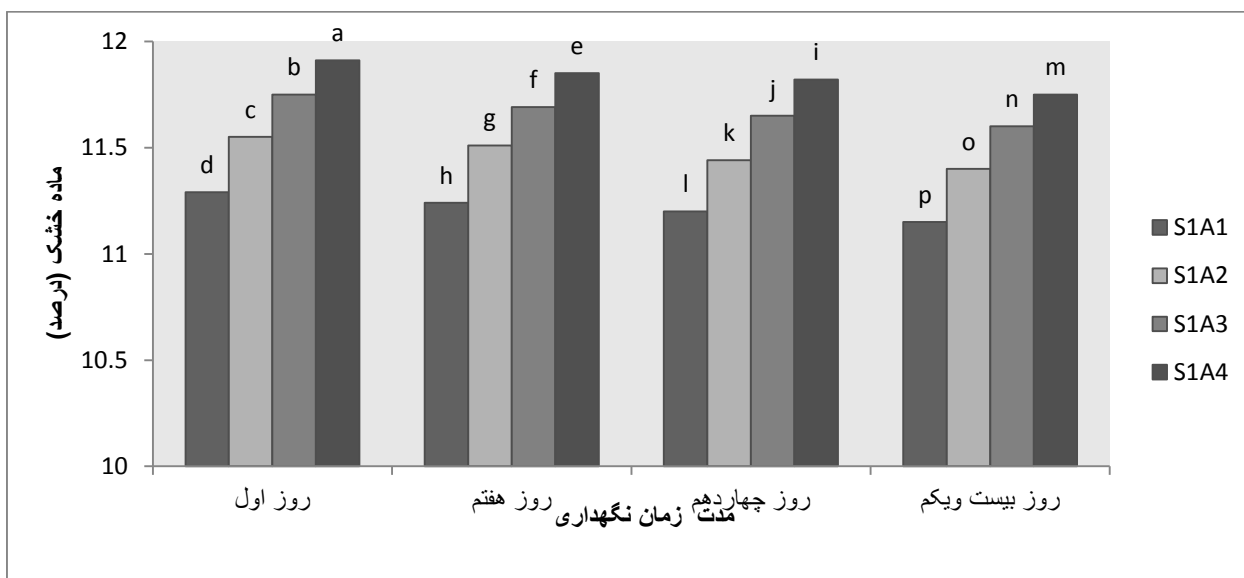
شکل ۴- تغییرات اسیدیته (درصد اسید لاکتیک) در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S_2A_1 : ۰٪، S_2A_2 : ۰٪/۳، S_2A_3 : ۰٪/۵، S_2A_4 : ۰٪/۸) و ۱۳٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه

* حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.

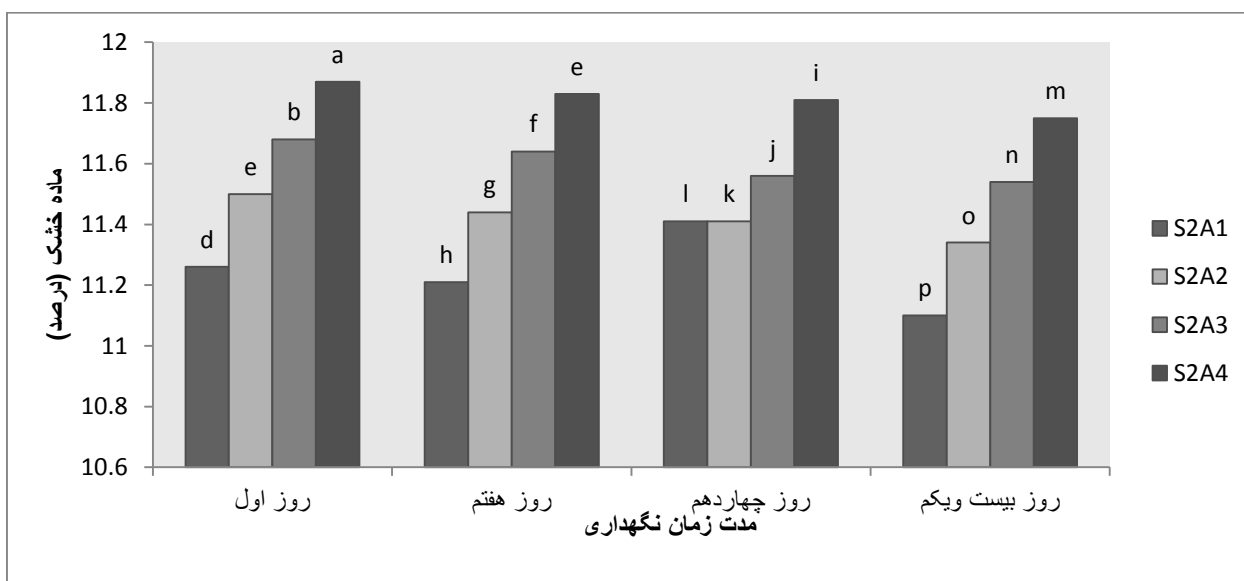
یافته‌های مظاهری و رضوی (۱۳۸۷) در مورد اثر ماده جامد بدون چربی شیر بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی ماست مطابقت دارد. با افزایش غلظت اسفناج، میزان آب‌اندازی تیمارها کاهش یافت. حضور فیبر در اسفناج باعث افزایش جذب آب و کاهش آب‌اندازی می‌شود. در این پژوهش، افزایش زمان نگهداری باعث افزایش آب‌اندازی در نمونه‌های ماست شد. با توجه به هیدرولیز و هضم پروتئین‌های محصول توسط میکروارگانیسم‌ها، با افزایش زمان نگهداری، میزان آب‌اندازی نمونه‌ها، افزایش می‌یابد چرا که پروتئین‌های عامل بافت مطلوب خاصیت خود را از دست داده و پیوند با آن‌ها گسسته می‌شود (زکای و اردوغان ۲۰۰۳). از طرفی، مظاهری و واحدی (۱۳۸۸) در بررسی فرمولاسیون ماست میوه‌ای عنوان کردند که با افزایش زمان نگهداری، اسیدیته ماست افزایش می‌یابد؛ و افزایش اسیدیته در ماست باعث افزایش آب‌اندازی می‌شود.

بر اساس نتایج آماری، میان ماده خشک، پروتئین و آب‌اندازی نمونه‌های ماست، اختلاف آماری معنی‌دار وجود دارد ($p < 0/01$). با افزایش غلظت جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس*، افزایش مقدار ماده خشک و پروتئین در تیمارها مشاهده شد (شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸). *اسپیروولینا پلاتنسیس* حاوی ۶۰ - ۵۵٪ پروتئین و ۱۸ نوع اسیدآمین است و پروتئین‌های آن کیفیت بالایی دارند (کایر و همکاران ۲۰۰۰)؛ در نتیجه، با افزایش غلظت جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس*، مقدار ماده خشک و پروتئین در نمونه‌های ماست بیشتر شده است. مهجوری (۱۳۹۰) نیز افزایش مقدار پروتئین بستنی در اثر افزودن جلبک را تأیید نمود.

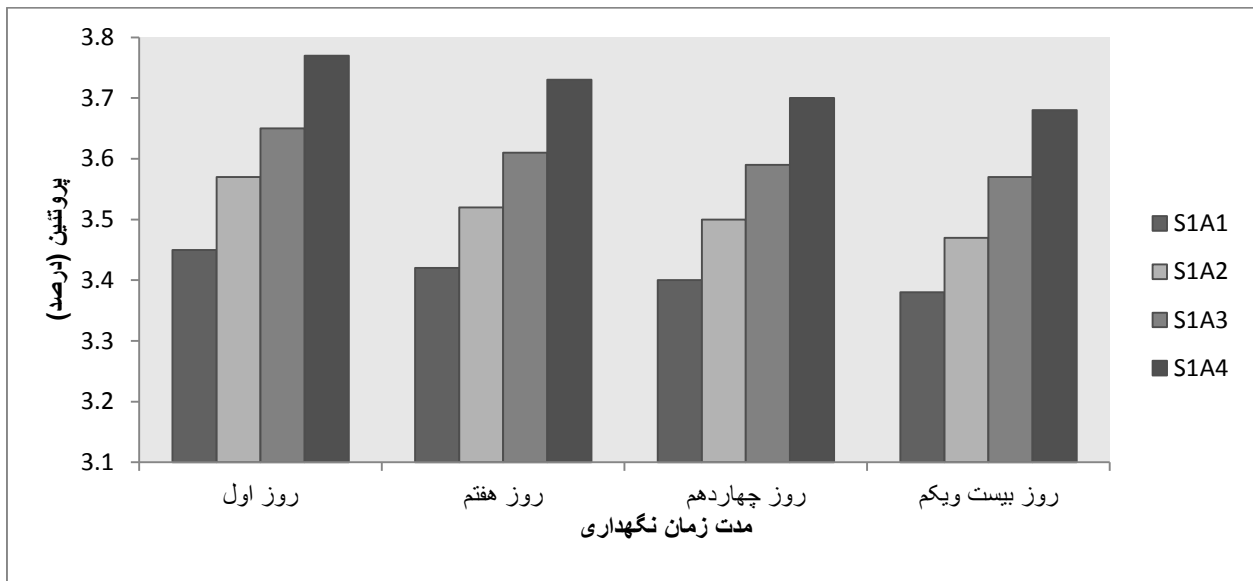
با افزایش غلظت جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس*، میزان آب‌اندازی در نمونه‌های حاوی جلبک کاهش پیدا کرد (شکل‌های ۹ و ۱۰). افزایش غلظت جلبک باعث افزایش ماده خشک نمونه‌ها می‌شود، و افزایش ماده خشک در کاهش آب‌اندازی ماست مؤثر است. این نتیجه با



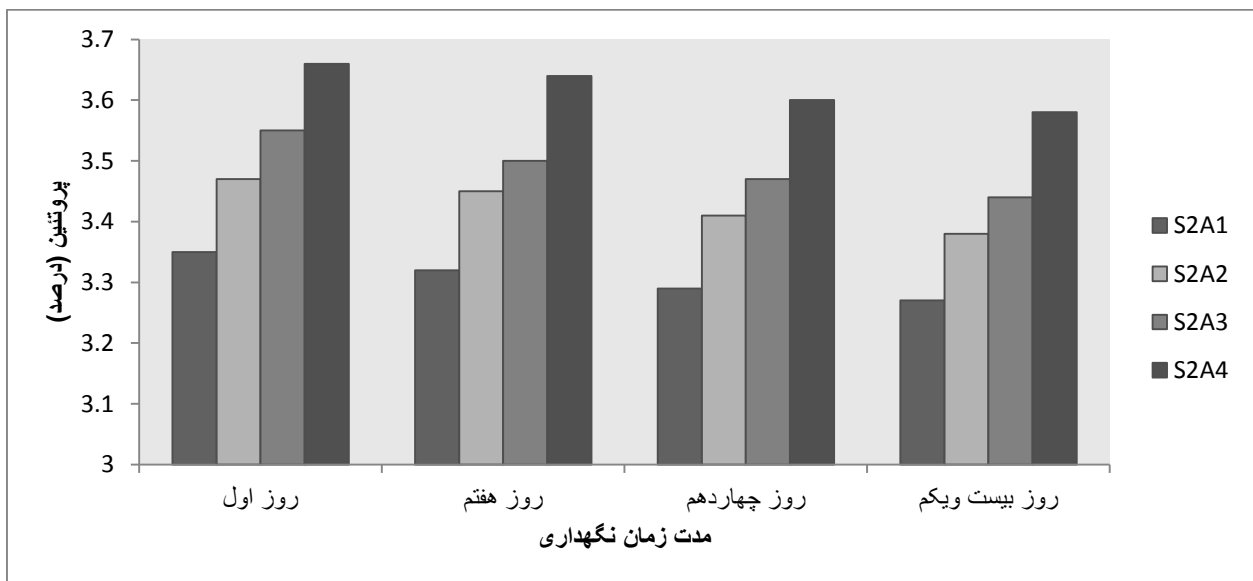
شکل ۵- تغییرات ماده خشک در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S_1A_1 : ۰٪، S_1A_2 : ۰٪/۳، S_1A_3 : ۰٪/۵، S_1A_4 : ۰٪/۸) و ۱۰٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه * حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



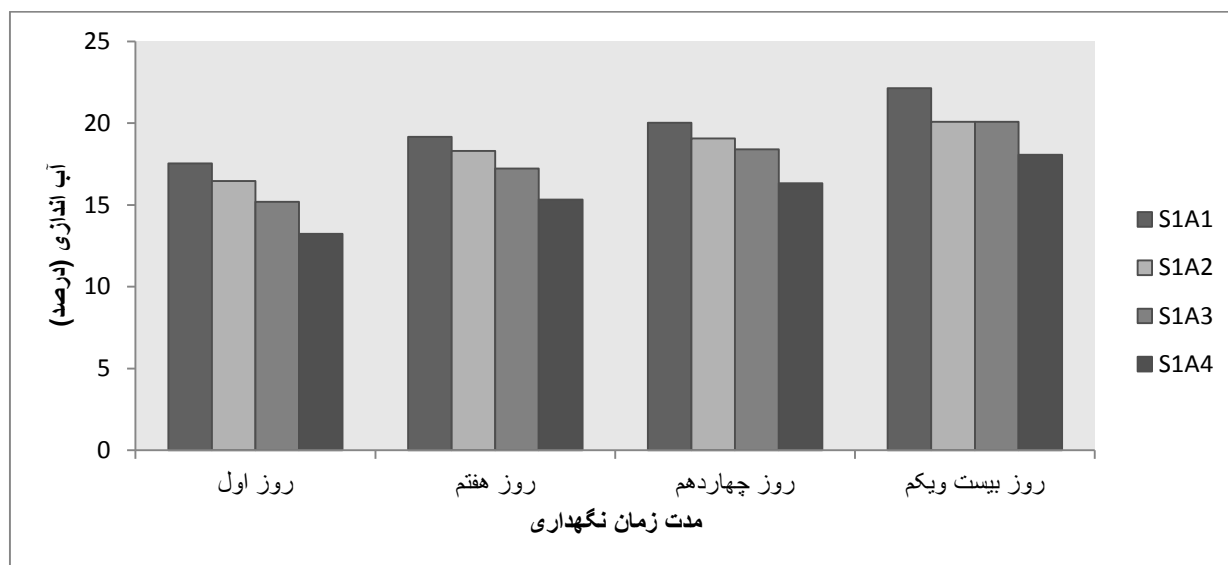
شکل ۶- تغییرات ماده خشک در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S_2A_1 : ۰٪، S_2A_2 : ۰٪/۳، S_2A_3 : ۰٪/۵، S_2A_4 : ۰٪/۸) و ۱۳٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه * حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



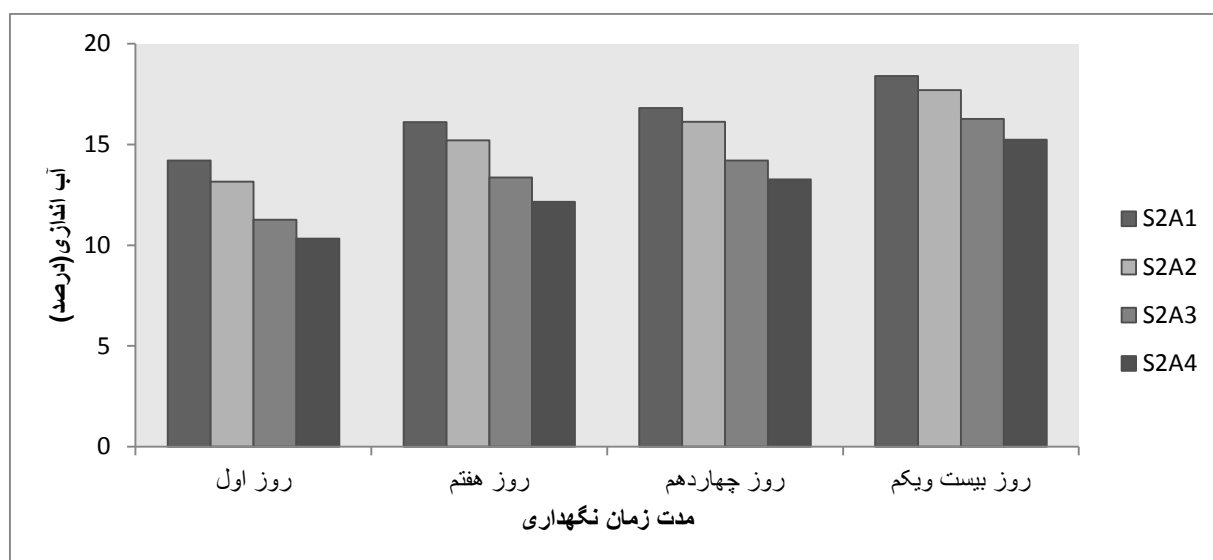
شکل ۷- تغییرات پروتئین در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S_{1A1} : ۰٪/۳، S_{1A2} : ۰٪/۵، S_{1A3} : ۰٪/۸ و S_{1A4} : ۰٪/۱۰) اسفناج طی نگهداری در سردخانه



شکل ۸- تغییرات پروتئین در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S_{2A1} : ۰٪/۳، S_{2A2} : ۰٪/۵، S_{2A3} : ۰٪/۸ و S_{2A4} : ۰٪/۱۳) اسفناج طی نگهداری در سردخانه



شکل ۹- تغییرات آب‌اندازی در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S₁A₁: ۰٪/۳، S₁A₂: ۰٪/۵، S₁A₃: ۰٪/۸، S₁A₄: ۰٪/۱۰) اسفناج طی نگهداری در سردخانه



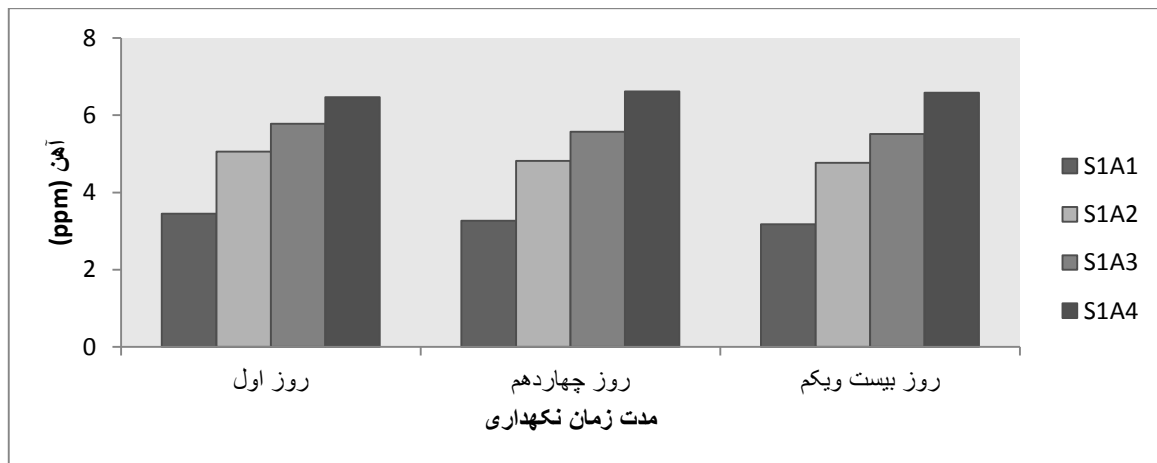
شکل ۱۰- تغییرات آب‌اندازی در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S₂A₁: ۰٪/۳، S₂A₂: ۰٪/۵، S₂A₃: ۰٪/۸، S₂A₄: ۰٪/۱۳) اسفناج طی نگهداری در سردخانه

منابع آهن است؛ آهن آن دو برابر آهن گیاهان و اغلب گوشت‌ها جذب می‌شود؛ و ۲۳ برابر، آهن بیشتری نسبت به اسفناج دارد که از کم‌خونی پیشگیری می‌نماید (ناکانو ۲۰۰۵، لایام و ردی، ۲۰۰، لی و همکاران ۲۰۰۹ و مولنار ۲۰۰۹). اسفناج از مهم‌ترین سبزی‌های برگی

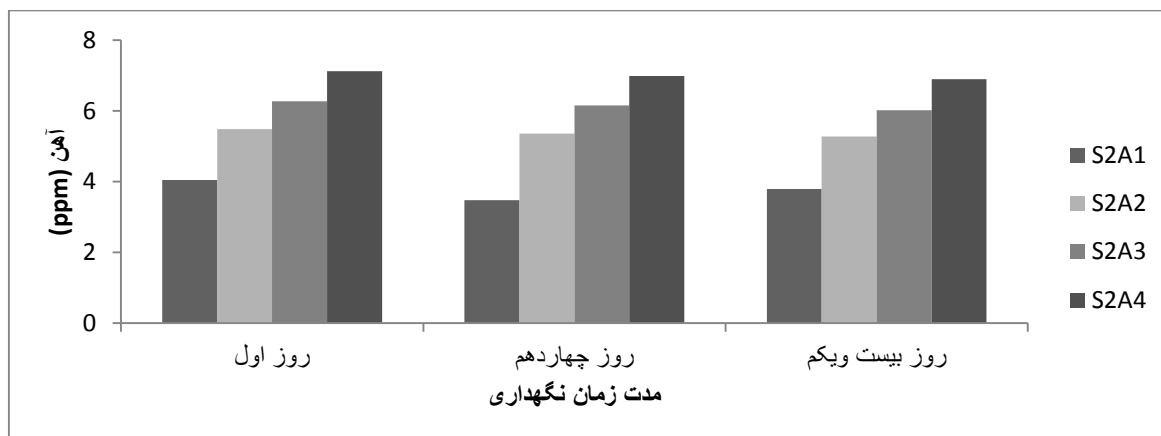
بر اساس نتایج آماری، میان آهن و ویسکوزیته‌ی نمونه‌های ماست طی ۲۱ روز نگهداری، اختلاف آماری بسیار معنی‌دار وجود دارد ($p < 0.01$). با افزایش غلظت جلبک، میزان آهن در نمونه‌ها افزایش یافت (شکل‌های ۱۱ و ۱۲). جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس یکی از غنی‌ترین

پروتئینی تضعیف می‌شود و در نتیجه، ویسکوزیته کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت اسفناج، افزایش ویسکوزیته در نمونه‌های ماست مشاهده شد. افزایش ویسکوزیته در نتیجه‌ی نگهداری آب توسط فیبرهای اسفناج می‌باشد (بهرام پرور و همکاران ۱۳۸۷). با افزایش زمان نگهداری، کاهش ویسکوزیته در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک و اسفناج مشاهده شد؛ این کاهش ممکن است به دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در مایه‌کشت و تأثیر بر زنجیره‌های بلند پلیمرهای زیستی باشد (آکادامانی و همکاران ۲۰۰۳).

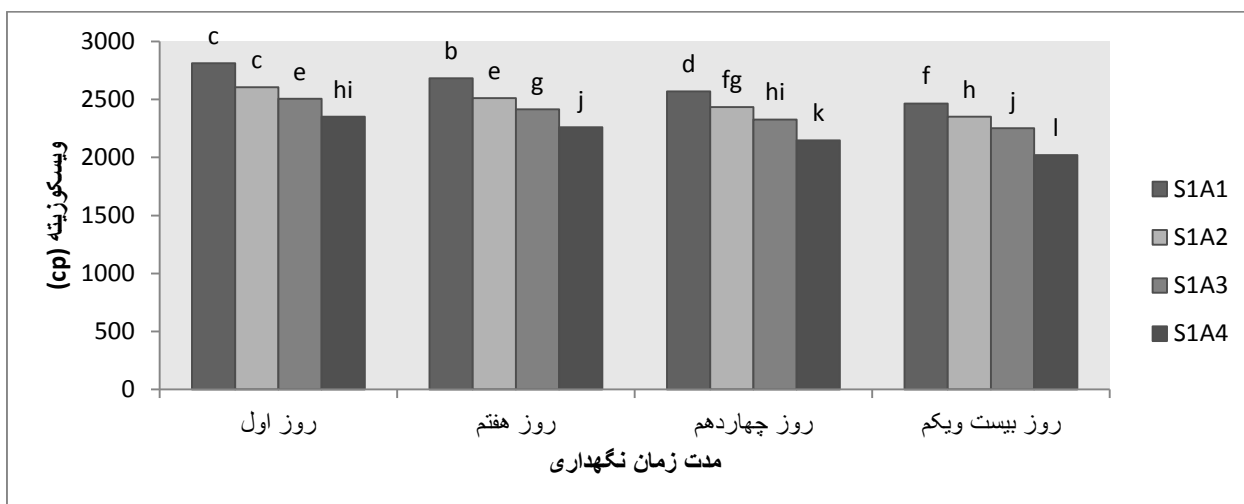
است که غنی از کلسیم و آهن است (سالنخ و کادم ۱۹۹۸). در واقع، بدین ترتیب می‌توان با استفاده از جلبک *اسپیروولینا پلاتنسیس* و اسفناج عمل غنی‌سازی ماست با آهن را انجام داد. با افزایش غلظت جلبک، کاهش ویسکوزیته در نمونه‌های ماست مشاهده شد (شکل‌های ۱۳ و ۱۴). سونگ و همکاران (۲۰۰۵)، اثر افزودن پودر کلرلا و لگاریس را بر ویژگی‌های کیفی ماست بررسی کردند و نتیجه‌گیری کردند که ویسکوزیته ماست با افزودن پودر کلرلا کاهش می‌یابد. طی فعالیت پروبیوتیک‌ها و باکتری‌های آغازگر (به‌علت غنی‌بودن نمونه‌های جلبک دار)، اسیدیته افزایش یافته و ساختار



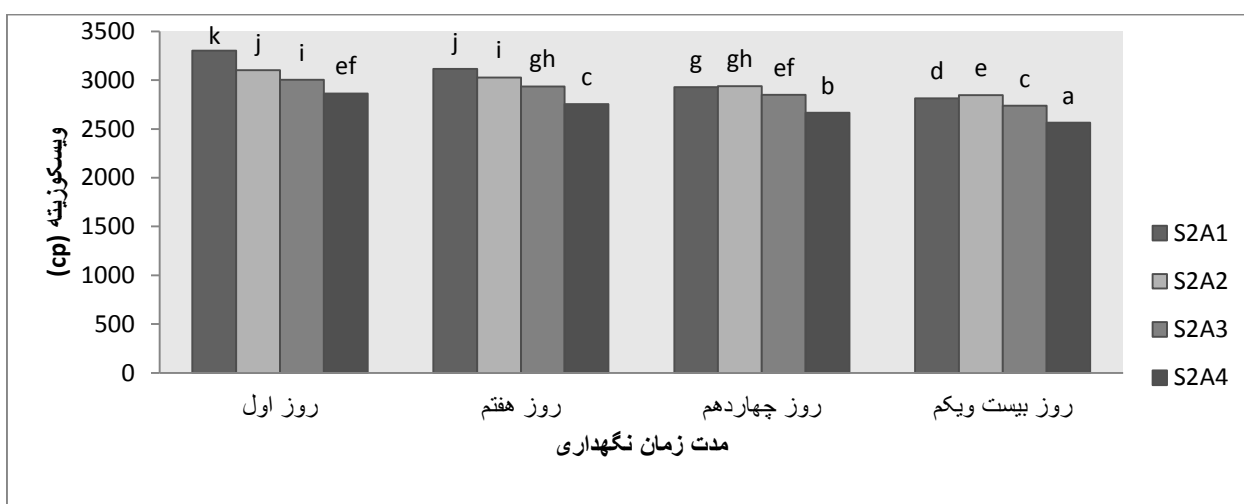
شکل ۱۱- تغییرات آهن در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S1A1 : ۰٪، S1A2 : ۰٪/۳، S1A3 : ۰٪/۵، S1A4 : ۰٪/۸) و ۱۰٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه



شکل ۱۲- تغییرات آهن در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S2A1 : ۰٪، S2A2 : ۰٪/۳، S2A3 : ۰٪/۵، S2A4 : ۰٪/۸) و ۱۳٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه



شکل ۱۳- تغییرات ویسکوزیته در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S1A1: ۰٪، S1A2: ۰٪/۳، S1A3: ۰٪/۸، S1A4: ۰٪/۱۰ و اسفناج طی نگهداری در سردخانه * حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



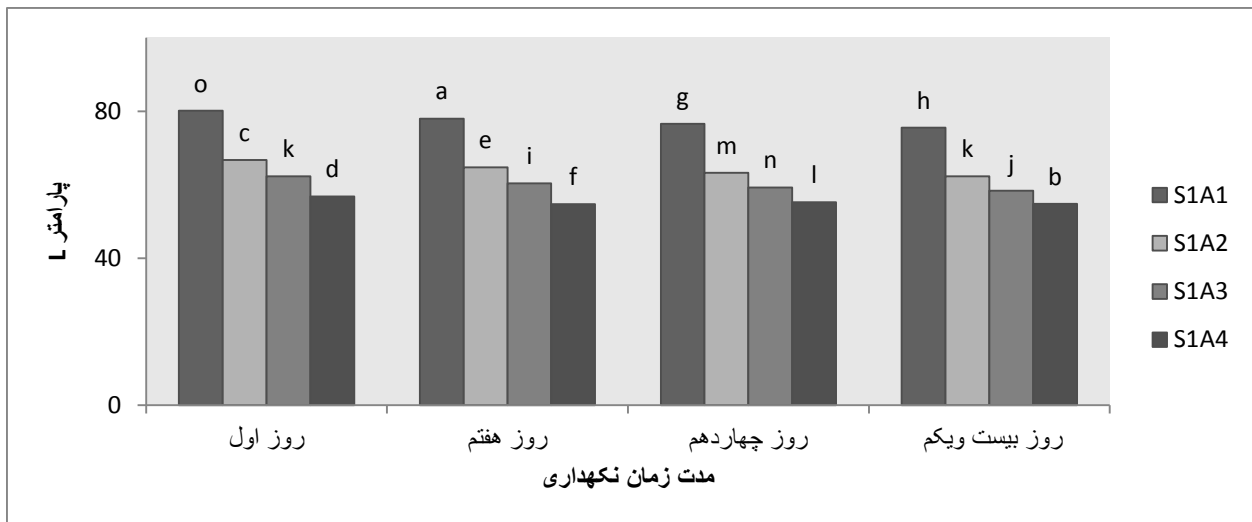
شکل ۱۴- تغییرات ویسکوزیته در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S2A1: ۰٪، S2A2: ۰٪/۳، S2A3: ۰٪/۸، S2A4: ۰٪/۱۳ و اسفناج طی نگهداری در سردخانه * حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.

افزایش غلظت جلبک و اسفناج، افزایش میزان پارامتر b رنگ در تیمارها مشاهده شد. افزایش زمان نگهداری باعث افزایش میزان پارامتر b رنگ تیمارها شد (شکل‌های ۱۷ و ۱۸). میزان پارامتر b با حضور و انحلال فیکوسیانیین افزایش می‌یابد. مهم‌ترین پروتئین در جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، بیلی‌پروتئین‌ها مانند C- فیکوسیانیین و آلفیکوسیانیین هستند که محلول در

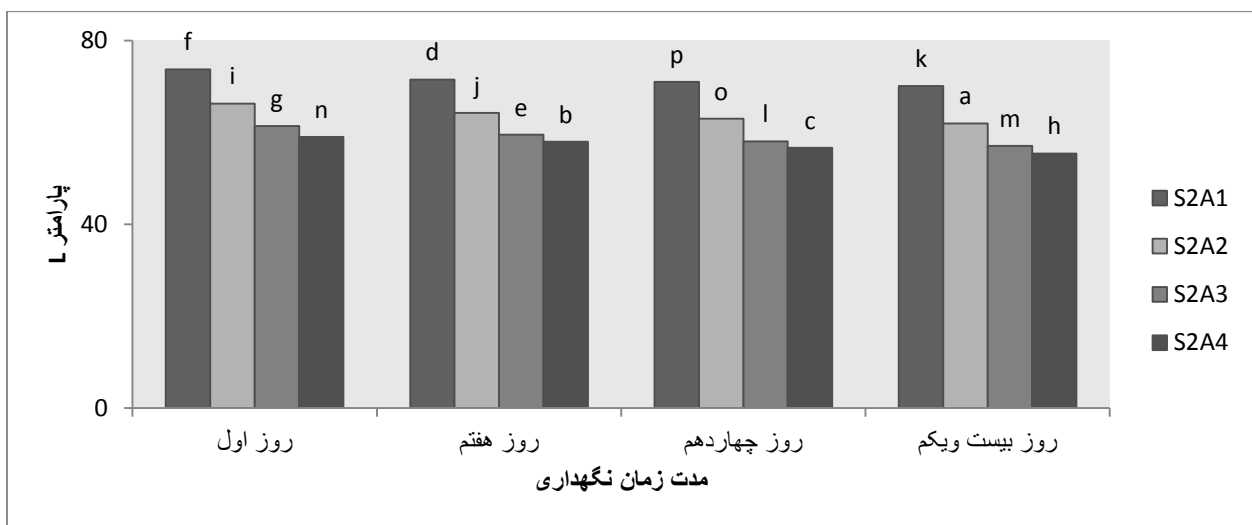
بر اساس نتایج آماری حاصل از ارزیابی حسی، میان رنگ نمونه‌ها طی ۲۱ روز نگهداری، اختلاف آماری بسیار معنی‌دار وجود دارد ($p < 0/01$). با افزایش غلظت جلبک و اسفناج، کاهش میزان پارامتر L رنگ در تیمارها مشاهده شد، به عبارتی موجب تیره‌تر شدن نمونه‌ها گردید. افزایش زمان نگهداری نیز باعث کاهش میزان پارامتر L رنگ در تیمارها شد (شکل‌های ۱۵ و ۱۶). با

بتاکاروتن در شیر ماست‌سازی عامل کم بودن a - در نمونه‌های ماست بدون جلبک است. درنمونه‌های جلبک‌دار با افزایش جلبک از میزان رنگ قرمز کم، و رنگ سبز بیشتر می‌شود. این تغییرات در پارامترهای رنگی با نتایج تغییرات رنگ بستنی جلبک‌دار به دست آمده توسط مهجوری (۱۳۹۰) مطابقت دارد.

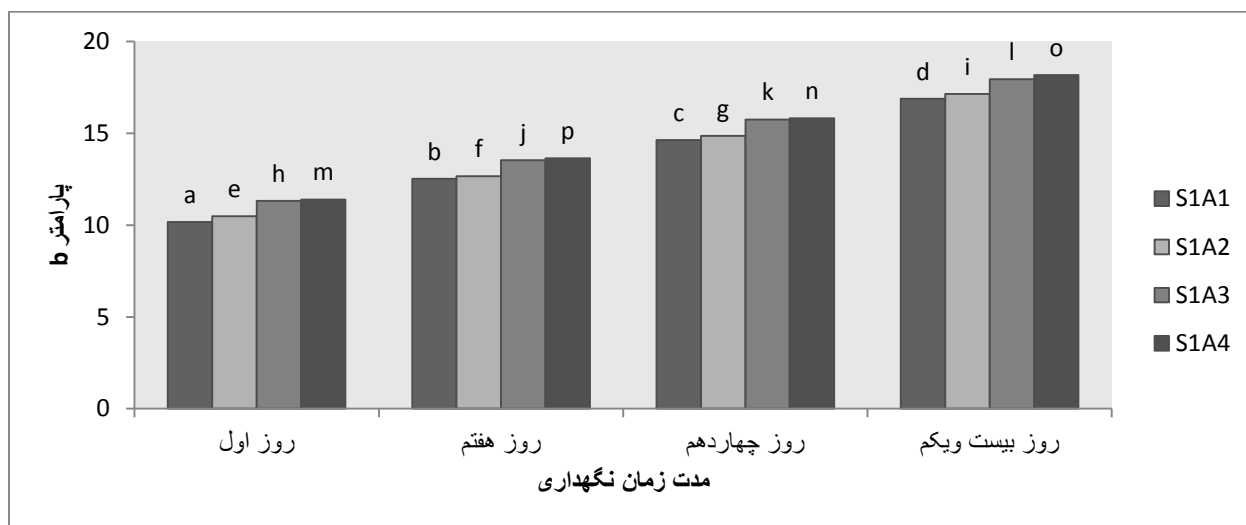
آب بوده و رنگدانه‌های آبی دارند (کایر و همکاران ۲۰۰۰). a -، میزان رنگ سبز و a + مقدار رنگ قرمز را نشان می‌دهد. با افزایش غلظت جلبک و اسفنناج، افزایش میزان پارامتر a - رنگ در تیمارها مشاهده شد. با افزایش زمان نگهداری، میزان پارامتر a - رنگ در نمونه‌های ماست کاهش یافت (شکل‌های ۱۹ و ۲۰). وجود رنگدانه



شکل ۱۵- تغییرات پارامتر L رنگ در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S1A1: ۰٪، S1A2: ۳٪، S1A3: ۵٪، S1A4: ۸٪) اسفنناج طی نگهداری در سردخانه * حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



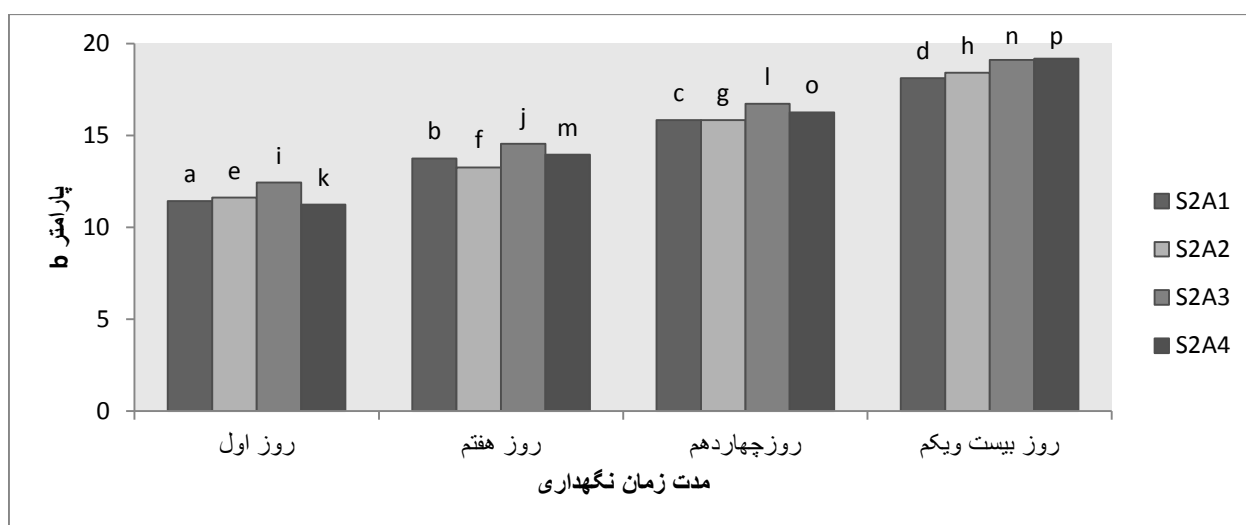
شکل ۱۶- تغییرات پارامتر L رنگ در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S2A1: ۰٪، S2A2: ۳٪، S2A3: ۵٪، S2A4: ۸٪) اسفنناج طی نگهداری در سردخانه * حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0/01$) تیمارها می‌باشد.



شکل ۱۷- تغییرات پارامتر b رنگ در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S1A1: ۰٪/۰، S1A2: ۰٪/۳،

S1A3: ۰٪/۵، S1A4: ۰٪/۸) و ۱۰٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه

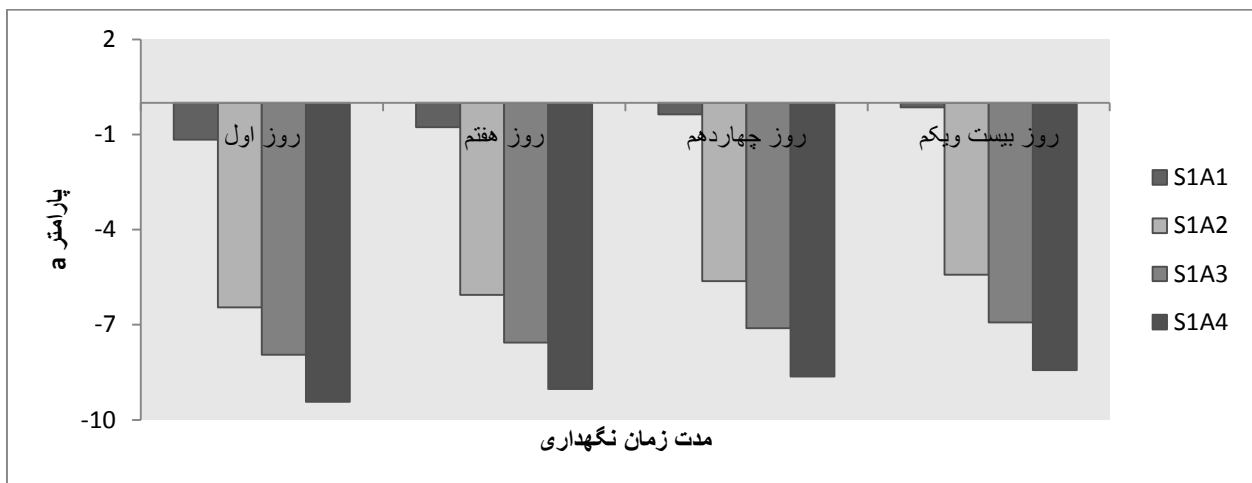
* حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0.01$) تیمارها می‌باشد.



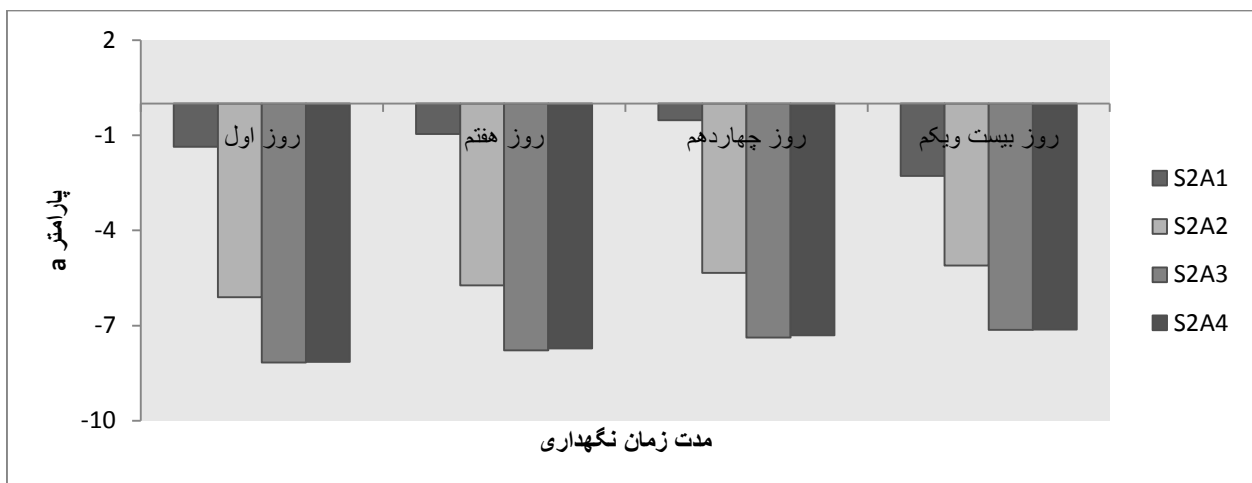
شکل ۱۸- تغییرات پارامتر b رنگ در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S2A1: ۰٪/۰، S2A2: ۰٪/۳،

S2A3: ۰٪/۵، S2A4: ۰٪/۸) و ۱۳٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه

* حروف لاتین متفاوت نشان‌دهنده معنی‌دار بودن میانگین ($p < 0.01$) تیمارها می‌باشد.



شکل ۱۹- تغییرات پارامتر a رنگ در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S1A1 : ۰٪/۰، S1A2 : ۰٪/۳، S1A3 : ۰٪/۵، S1A4 : ۰٪/۸) و ۱۰٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه



شکل ۲۰- تغییرات پارامتر a رنگ در نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی جلبک (S2A1 : ۰٪/۰، S2A2 : ۰٪/۳، S2A3 : ۰٪/۵، S2A4 : ۰٪/۸) و ۱۳٪ اسفناج طی نگهداری در سردخانه

ماست پروبیوتیک حاوی ۱۰ درصد اسفناج و ۰/۳ درصد جلبک بود. بالاترین امتیاز از نظر بافت غیر دهانی، مربوط به ماست پروبیوتیک حاوی ۱۳ درصد اسفناج بدون جلبک و ماست پروبیوتیک حاوی ۱۳ درصد اسفناج با ۰/۸ درصد جلبک می‌باشد. در نهایت، بالاترین امتیاز از نظر پذیرش کلی به نمونه‌ی ماست پروبیوتیک حاوی ۱۰ درصد اسفناج و ۰/۵ درصد جلبک اختصاص یافت.

بر اساس نتایج آماری حاصل از ارزیابی حسی، میان رنگ، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی نمونه‌های ماست، اختلاف آماری معنی داری وجود ندارد ($p > 0/05$). در ارزیابی حسی نمونه‌ها، مطلوب‌ترین نمونه از نظر رنگ، بو و طعم، ماست پروبیوتیک حاوی ۱۰ درصد اسفناج و ۰/۵ درصد جلبک انتخاب شد که رنگ آن سبز نسبتاً روشن است. مطلوب‌ترین نمونه از نظر بافت دهانی،

جدول ۱- مقادیر متغیرهای حسی نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی ۰،۳، ۰،۵ و ۰،۸٪ جلبک و ۱۰٪ اسفناج در روزهای اول و آخر نگهداری در سردخانه (میانگین ± انحراف معیار)

تیمار	رنگ	بو		طعم		بافت دهانی		بافت غیردهانی		پذیرش کلی	
		روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱
S ₁ A ₁	۳/۸ ± ۰/۸۳	۳/۸ ± ۰/۸۳	۴/۲ ± ۰/۴۴	۳/۶ ± ۰/۵۴	۴ ± ۰/۷۰	۴/۲ ± ۰/۴۴	۳/۸ ± ۰/۴۴	۳/۴ ± ۰/۵۴	۳/۸ ± ۰/۴۴	۴ ± ۰/۷۰	۴/۲ ± ۰/۴۴
S ₁ A ₂	۳/۴ ± ۰/۵۴	۲/۸ ± ۰/۸۳	۴ ± ۰/۷۰	۳/۴ ± ۰/۱۶	۴ ± ۰/۷۰	۴/۲ ± ۰/۵۴	۳/۸ ± ۰/۸۳	۳/۸ ± ۰/۸۳	۳/۸ ± ۰/۸۳	۴ ± ۰/۷۰	۳/۶ ± ۰/۸۹
S ₁ A ₃	۴/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۵۴	۴/۶ ± ۰/۸۹	۴/۶ ± ۰/۵۴	۴/۲ ± ۰/۸۳	۴/۲ ± ۰/۸۳	۴/۲ ± ۰/۸۳	۴ ± ۰/۷۰	۴ ± ۰/۷۰	۴/۶ ± ۰/۵۴	۳/۸ ± ۰/۸۳
S ₁ A ₄	۳ ± ۰/۷۰	۳/۶ ± ۰/۳۴	۴ ± ۱/۰۰	۳/۸ ± ۰/۴۴	۴ ± ۰/۷۰	۳/۴ ± ۰/۸۹	۳/۸ ± ۰/۴۴	۳/۶ ± ۰/۱۶	۳/۸ ± ۰/۸۳	۴ ± ۰/۷۰	۳/۶ ± ۰/۸۹

(بین میانگین متغیرهای حسی نمونه‌ها، اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد (P > ۰/۰۵))

جدول ۲- مقادیر متغیرهای حسی نمونه‌های ماست پروبیوتیک حاوی ۰،۳، ۰،۵ و ۰،۸٪ جلبک و ۱۳٪ اسفناج در روزهای اول و آخر نگهداری در سردخانه (میانگین ± انحراف معیار)

تیمار	رنگ	بو		طعم		بافت دهانی		بافت غیر دهانی		پذیرش کلی	
		روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱	روز ۱	روز ۲۱
S ₂ A ₁	۴/۴ ± ۰/۵۴	۴ ± ۱/۰۰	۳/۶ ± ۰/۵۴	۴ ± ۰/۷۰	۳/۸ ± ۰/۸۳	۴ ± ۰/۷۰	۴ ± ۰/۷۰	۴ ± ۰/۷۰	۴/۲ ± ۰/۸۳	۴ ± ۰/۷۰	۴/۴ ± ۰/۵۴
S ₂ A ₂	۳/۸ ± ۰/۹	۳/۸ ± ۰/۴۴	۴ ± ۰/۷۰	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۸ ± ۰/۸۳	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۵۴
S ₂ A ₃	۳/۸ ± ۰/۸۳	۳/۴ ± ۰/۵۴	۴ ± ۰/۷۰	۳/۴ ± ۰/۸۹	۳/۴ ± ۰/۸۹	۳/۴ ± ۰/۸۹	۳/۴ ± ۰/۸۹	۳/۴ ± ۰/۸۹	۳/۶ ± ۰/۸۹	۳/۶ ± ۰/۸۹	۳/۶ ± ۰/۸۹
S ₂ A ₄	۴ ± ۰/۷۰	۳/۴ ± ۰/۸۳	۳/۸ ± ۰/۸۳	۳/۸ ± ۰/۸۳	۳/۴ ± ۰/۸۳	۳/۴ ± ۰/۸۳	۳/۴ ± ۰/۸۳	۳/۴ ± ۰/۸۳	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۵۴	۳/۶ ± ۰/۸۹

(بین میانگین متغیرهای حسی نمونه‌ها، اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد (P > ۰/۰۵))

نتیجه‌گیری

اسپیرولینا پلاتنسیس که غنی از ترکیبات زیستی مهم است، برای تولید به صرفه و بهینه محصولات جدید بسیار کاراست. این ریزجلبک فرصت‌های جدیدی را برای تولید محصولات غذایی فراسودمند فراهم می‌نماید.

سیاسگزاری

نگارندگان مقاله مراتب تشکر و سپاس خود را از شرکت لبنیات برگزیده‌ی بناب به دلیل در اختیار قرار دادن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش اعلام می‌دارند.

در مجموع، نمونه‌ی حاوی ۰/۵ درصد جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ۱۰ درصد اسفناج طی بیست‌ویک روز نگهداری در سرما، با بیشترین میزان اسیدیته، کمترین تغییرات pH را داشت؛ محتوای پروتئین و آهن در مقایسه با نمونه شاهد بالا بود؛ در ضمن، بالاترین امتیاز را در پذیرش کلی به خود اختصاص داد. بنابراین، این نمونه به عنوان تیمار برتر پیشنهاد می‌شود. لازم به ذکر است اضافه کردن جلبک باعث کاهش آب‌اندازی شد ولی ویسکوزیته محصول را نیز کاهش داد. پودر جلبک

منابع مورد استفاده

- امرای ح. عزیزی م، ۱۳۸۶، بررسی خواص شیمیایی و حسی پنیر سفید UF غنی شده با آهن، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۴)، ۲۶-۱۷.
- بهرام پرور م، حداد خداپرست م ح و امینی ا م، ۱۳۸۷، بررسی تاثیر جایگزینی مقادیر مختلف صمغهای کربوکسی متیل سلولز و ثعلب با صمغ، مجله پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۲۱(۱)، ۳۴-۲۲.
- مظاهری م و رضوی م، ۱۳۸۷، اثر افزایش ماده جامد بدون چربی شیر و کلرید کلسیم بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست غلیظ شده، مجله پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، ۲۱(۱)، ۷۷-۶۹.
- مظاهری م و واحدی ن، ۱۳۸۸، فرمولاسیون ماست میوه‌های تهیه شده از شیر تغلیظ شده و بررسی کیفیت آن در طی زمان نگهداری، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۳(۴۸)، ۲۶۰-۲۵۱.

- مهجوری ن.، ۱۳۹۰، بررسی خواص فیزیکی و حسی بستنی غنی شده با جلبک *اسپیروولینا*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تهران.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۵، شیر و فرآورده‌های آن - تعیین اسیدیته و pH و روش آزمون (تجدید نظر اول)، استاندارد شماره ۲۸۵۲.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶، ماست - اندازه‌گیری مقدار کل ماده جامد - روش آزمون جامع، استاندارد شماره ۹۸۷۴.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۷، شیر و فرآورده‌های آن - ماست - ویژگی و روش آزمون (تجدید نظر چهارم)، استاندارد شماره ۶۹۵.
- Akin MB, AkIn MS and Kirmaci Z, 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. Food Chemistry 104: 93-99.
- Al-Kadamany E, Khattar M, Haddad T and Toufeili I, 2003. Estimation of shelf life of concentrated yoghurt by monitoring selected microbiological and physiological changes during storage. Lebensmittel-Technologie 36: 407-414.
- Caire GZ, Parada JL, Zaccaro MC and Cano MMS, 2000. World Journal of Microbiology and Biotechnology 16: 563-565.
- Cinbas A and Yazici F, 2007. Effect of the addition of blueberries on selected physicochemical and sensory properties of yoghurts. Food Technology and Biotechnology 46(4): 434-441.
- Gyenis B, Szigeti J, Molnar N and Varga L, 2005. Use of dried microalgal biomasses to stimulate acid production and growth of *Lactobacillus plantarum* and *Enterococcus faecium* in milk. Acta Agraria Kaposváriensis 9: 53-59.
- Kawazu Okimura YM, Ishii T and Yui S, 2003. Varietals and seasonal difference in oxalate content of spinach. Scientia Horticulturae 97: 203-210.
- Layam A and Reddy C L, 2006. Antidiabetic property of spirulina. Diabetologia Croatica 35:29- 33.
- Lee SH, Kang H J, Lee H J, Kang M H and Park Y K, 2009. Six-week supplementation with chlorella has favorable impact on antioxidant status in Korean male smokers. Nutrition. Article in press 26(2): 175-183.
- Molnar N, 2009. Development of a functional dairy food enriched by *spirulina (arthrospira platensis)*. theses of doctoral dissertation.
- Nakano S, 2005. Maternal-fetal distribution and transfer of dioxins in pregnant women in Japan, and attempts to reduce maternal transfer with *Chlorella (Chlorella pyrenoidosa)* supplements. Chemosphere 61: 1244-55.
- Sabbagh N, Gheisari HR and Aminlari M, 2010. Monitoring the Chemical and Microbiological Changes during Ripening of Iranian Probiotic Low-Fat White Cheese. American Journal of Animal and Veterinary Sciences 5 (4): 249-257.
- Salunkhe DK and Kadam SS, 1998. Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing. Marcel Dekker, INC 721 pp.
- Sung YM, Cho JR, Oh NM, Kim DC and In MJ, 2005. Reparation and Quality Characteristics of Curd Yogurt Added with Chlorella. Journal of Korean Society Applied Biology Chemistry 48(1): 60-64.
- Varga L, Szigeti J, Kovacs R, Földes T and Buti S, 2002. Influence of a *spirulina platensis* biomass on the microflora of fermented ABT milks during storage (R1). Journal of Dairy Science 85:1031-1038.
- Varga L, Molnar-Ásvanyi N and Szigeti J, 2012. Manufacturing technology for a *Spirulina*-enriched mesophilic fermented milk. International Scientific Conference March 26-27. On Sustainable Development & Ecological Footprint Sopron, Hungary.
- Zekai T and Erdoğan K, 2003. Physical, Chemical, Microbiological and Sensory Characteristics of Some Fruit-Flavored Yoghurt. YYÜ Vet Fak Derg 14(2): 10-14.

Influence of different concentrations of *Spirulina platensis* on some physicochemical and sensory properties of probiotic spinach yoghurt

F Mohamadi Alasti¹, V Fadaei Noghani^{۲*} and K Khosravi Darani³

Received: July 19, 2014 Accepted: July 28, 2015

¹Graduated MSc, Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

²Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

³Associate Professor, Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*Corresponding author: Email: vn.fadaei@gmail.com

Abstract

Functional foods are among the topical issues in nutrition, nutritional foods, medicine and health fields. Considering the unique properties of *Spirulina platensis*, it can be used to enrich yogurt. In this research, the effect of micro algae; *Spirulina platensis* in the concentrations of 0.3, 0.5 and 0.8 percent was examined on selected physicochemical properties such as pH, titratable acidity, dry matter, protein, syneresis, iron, color and viscosity (on the 0, 7th, 14th, 21st days) and sensory properties (on the first and last days of storage time) of probiotic yogurt containing 10 and 13 % spinach. The results showed that various concentration of micro algae increased titratable acidity, without any visible changes in pH and reduced syneresis. *Spirulina platensis* was effective on the values L, a and b color of yoghurts, also reduced viscosity of samples. Protein and iron of the yoghurts that enriched with micro algae increased. In overall acceptability evaluation, probiotic yogurt with 0.5 % algae and 10 % spinach had the highest score. The mentioned treatment was described at a desirable level in related to physicochemical properties examined; so, this treatment was selected as the best treatment.

Keywords: Physicochemical properties, Sensory properties, Spinach yogurt, *Spirulina platensis*