

(مقاله پژوهشی)

## بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی دوغ پروبیوتیک حاوی جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا (*Grassillaria Salicornia*)

آبیتا نعیمی<sup>۱</sup>، مرجانه صداقتی<sup>۲\*</sup>، نرگس مورکی<sup>۳</sup>

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲-استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳-دانشیار، گروه شیلات، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۱۲

DOI: [10.30495/jfst.2022.1966938.1819](https://doi.org/10.30495/jfst.2022.1966938.1819)

### چکیده

با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به اثرات تغذیه‌ای جلبک‌ها غنی‌سازی فرآورده‌های شیری با انواع مختلف جلبک افزایش یافته است. در این تحقیق تاثیر افزودن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا (۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی دوغ پروبیوتیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل مشخص کرد افزودن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا سبب افزایش pH و کاهش اسیدیته نمونه‌های دوغ شد ( $p < 0/05$ ). حداکثر پایداری نمونه‌های دوغ در نمونه‌شاهد و تیمار اول که حاوی ۰/۲۵ درصد جلبک بود مشاهده شد، درحالی‌که با افزایش غلظت جلبک پایداری نمونه‌های دوغ کاهش یافت. نتایج حاصل مشخص کرد در کلیه نمونه‌ها ویسکوزیته با افزایش غلظت جلبک به طور معنی‌داری افزایش یافته است ( $p < 0/05$ ). اگرچه افزودن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا به دلیل حضور ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، میزان مهار رادیکال DPPH نمونه‌های تیمار را به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد افزایش داد، در طول زمان نگهداری خاصیت آنتی‌اکسیدانی به دلیل برهمکنش بین پروتئین‌های شیر و پلی‌فنول‌ها کاهش معنی‌داری داشت ( $p < 0/05$ ). همچنین حضور جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا با غلظت ۰/۲۵ درصد سبب افزایش بقا باکتری لاکتوباسیلوس کازئی گردید، اما غلظت‌های بالاتر تاثیر مثبتی بر رشد و بقا باکتری پروبیوتیک نداشتند. در ارزیابی حسی مشخص شد از نظر ارزیاب‌ها تیمار T<sub>1</sub> در بین تیمارهای مورد آزمون بیشترین مقبولیت را دارا بود. به نظر می‌رسد کاهش رسوب در تیمار اول و ویسکوزیته پایین‌تر آن در مقایسه با سایر تیمارها در افزایش مقبولیت آن تاثیرگذار بوده است. نتایج حاصل مشخص کرد با افزودن ۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا به دوغ پروبیوتیک می‌توان به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی مطلوب رسید.

واژه‌های کلیدی: پروبیوتیک، جلبک، دوغ، گراسیلاریا سالیکورنیا، لاکتوباسیلوس

## ۱- مقدمه

دوغ یک نوشیدنی تخمیری ایرانی بر پایه شیر است که به طور سنتی پس از افزودن آب به ماست و هم زدن آن در کیسه‌های سنتی به نام مشک و گرفتن چربی آن تهیه می‌شود. در ادامه نمک و گیاهان معطر به دوغ تولیدی اضافه شده و آماده مصرف می‌شود. در طی فرآیند تخمیر انواع مختلفی از ترکیبات مغذی مفید مانند اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای آلی، آنتی بیوتیک‌ها و باکتریوسین‌ها توسط باکتری‌های اسید لاکتیک در دوغ تولید می‌شود (۲، ۱۳). محصولات مشابه دوغ در کشورهای دیگر با نام‌های مختلفی مانند نوشیدنی ماست<sup>۱</sup> در اروپا، کفیر و کومیس<sup>۲</sup> در خاورمیانه، آیران<sup>۳</sup> در ترکیه، لاسی<sup>۴</sup> در هند تولید و مصرف می‌شود (۱۴). امروزه با افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان نسبت به مزایای سلامتی بخش دوغ‌های پروبیوتیک مصرف این محصولات افزایش یافته است. پروبیوتیک‌ها، میکروارگانیسم زنده‌ای هستند که وقتی به مقدار کافی ( $10^6$  CFU/g) مصرف شوند مزایای سلامتی بخش برای میزبان دارند (۳، ۲۲). یکی از راه‌های ممکن برای بهبود بقا و افزایش زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک، استفاده از پری بیوتیک‌ها می‌باشد. هنگامی که از پروبیوتیک‌ها و پری بیوتیک به صورت ترکیبی در تولید فرآورده‌های غذایی استفاده می‌کنیم، فرآورده سین بیوتیک خواهیم داشت (۹). برخی از محققان تاثیر جلبک‌ها را به عنوان ترکیبات پری بیوتیک بر رشد و فعالیت باکتری‌های پروبیوتیک مطالعه کردند (۱۸، ۱۹). یکی از مشکلات فیزیکی و مهم دوغ جدا شدن سرم و دو فاز شدن دوغ به دلیل pH پایین و وجود نمک در دوغ است که منجر به تجمع کازئین‌های می‌شود. ترکیباتی مانند صمغ‌ها که هیدروکلئید نامیده می‌شوند، افزودنی‌های رایجی هستند که برای جلوگیری از جدا شدن فازها در دوغ استفاده می‌شوند (۲۵). این ترکیبات به عنوان تغلیظ‌کننده، تثبیت‌کننده، ژل‌کننده، کاهنده سینرژیس، امولسیفایر و پری بیوتیک در انواع دوغ به کار گرفته می‌شوند

(۹). جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا<sup>۵</sup> از انواع جلبک‌های ماکروسکوپی قرمز، غنی از مواد مغذی و ترکیبات زیست فعال هستند. این نوع جلبک حاوی حدود ۹ درصد پروتئین و اسیدهای چرب ضروری  $W_3$  و  $W_6$  می‌باشد. جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا حاوی ویتامین‌های B و C و عناصری مانند کلسیم، پتاسیم، فسفر، منیزیم و آهن است. این ماکرو جلبک غنی از هیدروکلئید آگار است که شامل اتصالات  $\beta$ -D (۱→۳) گالاتو پیرانوزیل و اتصالات  $\alpha$ -L (۱→۴) گالاتو پیرانوزیل می‌باشد. آگار که شامل پلیمر گالاتان می‌باشد در صنعت غذا به عنوان عامل ژل‌کننده و تغلیظ‌کننده استفاده می‌شود که در صنعت غذا به عنوان عامل ژل‌کننده و تغلیظ‌کننده استفاده می‌شود (۱۷). تاکنون پژوهشگران مختلفی تاثیر جلبک اسپرو لینا پلاتنسیس را بر خواص دوغ پروبیوتیک، دوغ پروبیوتیک حاوی نعنای و قابلیت زیستی پروبیوتیک‌ها در پنیر سفید فرآیند بررسی نموده‌اند (۱۱)، اما تاکنون تحقیقی در زمینه تاثیر استفاده از جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بر خواص فیزیکی شیمیایی فرآورده‌های لبنی انجام نشده است. بنابراین هدف مطالعه اخیر، ارزیابی تاثیر جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی میکروبی و حسی دوغ می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد اولیه

به منظور انجام این پژوهش، جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا از شرکت توسعه ذخائر زیستی جلبک‌های فارس و شیر تازه (۲/۵ درصد چربی با pH برابر ۶/۸) از شرکت پگاه تهران تهیه شد. باکتری‌های استارتر (لاکتوباسیلوس بولگاریکوس<sup>۶</sup> و استرپتوکوکوس ترموفیلوس<sup>۷</sup>) و پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی<sup>۸</sup> از شرکت کریستین هانسن و متانول، سدیم هیدروکسید، DPPH، MRS Broth و MRS Agar از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

5-Grassillaria Salicornia  
6-Lactobacillus bulgaricus  
7-Streptococcus thermophilus  
8-Lactobacillus casei

1-Yogurt Drink  
2-Kefir and Kumis  
3-Ayran  
4-Lassi

## ۲-۲-۲- روش ها

## ۲-۲-۱- آماده سازی جلبک و باکتری لاکتوباسیلوس

## کازئی

جلبک خشک گراسیلا ریا سالیکورنیا پس از تهیه و تمیز کردن، به کمک آسیاب برقی (England, Hardstone, GCS2700W) پودر شده و در بسته بندی از جنس پلی پروپیلن دارای لایه آلومینیومی و در شرایط خشک، خنک و دور از نور خورشید به آزمایشگاه منتقل گردید. برای آماده سازی باکتری، محتویات آمپول لیوفیلیزه حاوی باکتری لاکتوباسیلوس کازئی (PTCC 1366) به لوله آزمایش حاوی محیط کشت مایع MRS منتقل گردید و در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در جار بی هوازی (به منظور فعال سازی باکتری پروبیوتیک) گرمخانه گذاری شد. سپس سلول های میکروبی توسط سانتریفوژ یخچال دار (Eppendorf Germany, AG 22331) به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۵۰۰ سانتریفوژ شده و پس از شستشو با آب پیتون ۰/۱ درصد، جهت تلقیح در دوغ مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین تعداد باکتری لاکتوباسیلوس کازئی (CFU/ml) پس از رقت سازی و کشت پور پلیت در محیط کشت MRS Agar شمارش کلنی ها انجام و CFU تعیین شد (۵، ۱۷).

## ۲-۲-۲- روش تهیه دوغ

برای تهیه دوغ شیر تازه (۲/۵ درصد چربی) در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ دقیقه پاستوریزه و تا دمای ۴۰ درجه سانتی گراد خنک شد. سپس کشت استارتر حاوی لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس و استریپتوکوکوس ترموفیلوس با غلظت (W/V) ۰/۰۲ درصد به شیر اضافه و در دمای ۴۳ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری شد. در ادامه ۰/۷ درصد نمک در آب دیونیزه حل شده و آب و ماست به نسبت ۶۰ به ۴۰ با هم مخلوط شده و پس از افزودن پودر جلبک گراسیلا ریا سالیکورنیا (۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد) با دستگاه هموژنایزر (Japan, IKA T18) در ۱۶۲۶۲g به مدت ۳۰ ثانیه یکنواخت شدند. نمونه ها در بطری های پلی اتیلن ترفتالات در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه شدند و پس از سرد شدن، باکتری لاکتوباسیلوس کازئی (۱۰<sup>۷</sup>

CFU/ml) به نمونه ها تلقیح و در دمای (۳۷±۱°C) به مدت ۸ ساعت گرمخانه گذاری شدند. نمونه های دوغ به مدت ۴۵ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند (۲۲).

## ۲-۲-۳- اندازه گیری pH و اسیدیته

pH نمونه شاهد و نمونه های تیمار با استفاده از pH متر دیجیتال (Switzerland, Mettler Toledo seveneasy) با دقت ± ۰.۰۱ و اندازه گیری اسیدیته با تیتراسیون نمونه ها با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ و فنل فتالین انجام شد (۸).

## ۲-۲-۴- آزمون میزان پایداری

برای تعیین میزان پایداری، مقدار ۵۰ میلی لیتر از نمونه های دوغ را درون فالکون مدرج استریل ریخته و پس از دربندی در یخچال به مدت ۳۰ روز نگهداری کردند. در ادامه میزان پایداری نمونه های دوغ بر حسب درصد با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (۹):

$$S (\%) = \frac{V_d - V_s}{V_d} \times 100$$

که در صد پایداری،  $V_d$  حجم اولیه دوغ،  $V_s$  حجم سرم

## ۲-۲-۵- اندازه گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه ها با استفاده از یک دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (USA, DVII) با دقت ± ۱۰ درصد، در روزهای آزمون تعیین شد. اندازه گیری ویسکوزیته نمونه های دوغ با استفاده از اسپیندل شماره ۶۰ در دمای ۲۲/۷ درجه سانتیگراد و با اعمال تنش برشی ((1/S) تا ۵۰۰) انجام شد (۱۱).

## ۲-۲-۶- اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی

برای اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی از روش الستی و همکاران در سال ۲۰۱۴ استفاده گردید. نمونه های دوغ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ rpm سانتریفوژ شدند. سپس ۲/۹ میلی لیتر محلول متانولی DPPH (محلول تازه تهیه شده با غلظت ۶۰ میکرومول بر میلی لیتر) به ۱۰۰ میکرو لیتر محلول رویی نمونه دوغ اضافه شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در مکان تاریک در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد نگهداری شد و سپس جذب نمونه ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر در

برابر متانول اندازه‌گیری شد. فعالیت مهار رادیکال های DPPH بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (۶):  

$$\text{Scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

### ۲-۲-۷-سنجش رنگ

رنگ نمونه های دوغ با دستگاه رنگ سنج ( Hunter Lab USA, color model L\* a\* b\* ) با  $\Delta E$  کمتر از ۰/۰۶ بررسی گردید. اساس رنگ‌سنجی در این سیستم CIELAB و سنجش شاخص‌های  $b^*$  (شاخص زردی-آبی)،  $a^*$  (شاخص قرمزی-سبزی) و  $L^*$  (شاخص روشنایی) بود (۲).

### ۲-۲-۸-شمارش باکتری‌های لاکتوباسیلوس کازئی

برای شمارش باکتری‌های لاکتوباسیلوس کازئی با استفاده از سرم فیزیولوژی از نمونه های دوغ سریال رقت تهیه شده و نمونه‌ها با استفاده از روش پورپلیت، در محیط کشت MRS آگار کشت داده شدند. پلیت‌ها به مدت ۷۲ ساعت در انکوباتور  $\text{CO}_2$  دار در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد گرمخانه گذاری و نتایج شمارش به صورت  $\text{Log CFU/ml}$  گزارش شدند (۳).

### ۲-۲-۹-ارزیابی حسی

ارزیابی حسی توسط ۹ نفر ارزیاب آموزش دیده (شامل ۵ زن و ۴ مرد، متخصص علوم غذایی، ۲۵ تا ۳۵ ساله) به روش هدونیک ۵ نقطه از لحاظ ویژگی‌های طعم، رنگ، بو، بافت و پذیرش کلی انجام شد. امتیازات شامل بیشترین نمره یعنی ۵ به منزله عالی بودن نمونه و ۱ کمترین نمره نشان دهنده ضعیف بودن نمونه بود. ارزیابی حسی نمونه های دوغ در طول دوره ۴۵ روزه نگهداری نمونه ها انجام شد (۲۱).

### ۲-۲-۱۰-تجزیه و تحلیل آماری

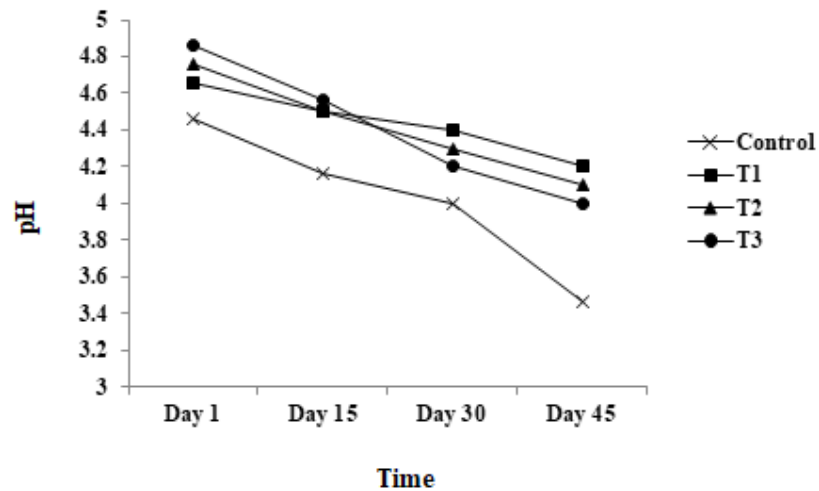
در این تحقیق تاثیر افزودن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بر اساس طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت. کلیه داده‌های این پژوهش، با استفاده از آزمون K-S از نظر توزیع نرمال مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها به ترتیب با روش ANOVA و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد

توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۶) انجام شد و رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ انجام پذیرفت.

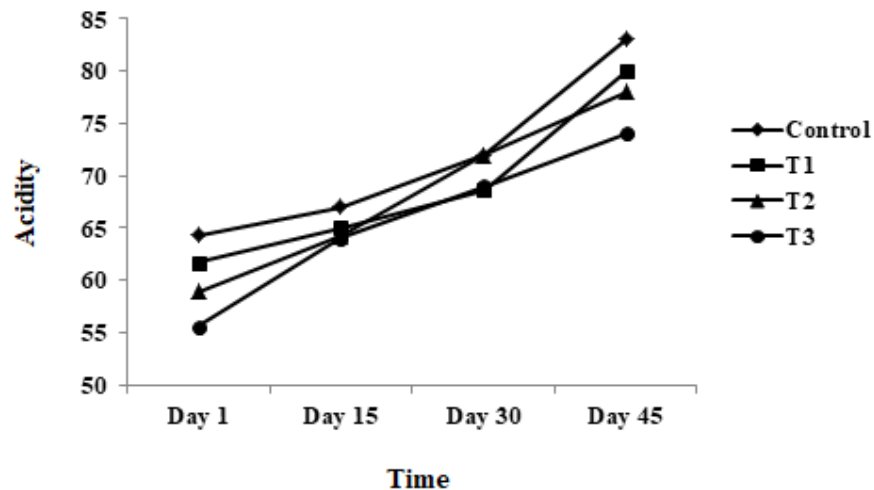
### ۳-نتایج و بحث

#### ۳-۱-pH و اسیدیته

شکل ۱ و ۲ مقدار pH و اسیدیته نمونه‌های مختلف دوغ را در طول دوره نگهداری نشان می‌دهد. کاهش pH با افزایش اسیدیته در طول دوره نگهداری همراه بود. کمترین pH در روز چهارم و پنجم و در نمونه شاهد و بیشترین pH در روز اول آزمون در تیمار سوم که حاوی ۰/۷۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بود، مشاهده گردید. pH و اسیدیته نمونه‌های دوغ به ترتیب در محدوده ۴/۴۶-۳/۸۶ و ۵۵/۶-۸۳ درجه دورنیک قرار داشتند. همچنین، حاجی غفارلو و همکاران (۲۰۱۹) محدوده pH برابر ۳/۷-۳/۸۵ و اسیدیته ۷۰-۸۱ درجه دورنیک را برای دوغ سین‌بیوتیک گزارش کردند (۹). نتایج حاصل مشخص کرد افزودن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا باعث افزایش معنی‌دار pH و کاهش معنی‌دار اسیدیته نمونه‌های دوغ تیمار شده گردید ( $p < 0/05$ ). این افزایش احتمالاً به دلیل حضور ترکیبات قلیایی نظیر پروتئین‌ها، pH پپتیدها و اسیدهای آمینه با pH قلیایی در جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بوده که با یافته‌های مشکنانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ در به کارگیری جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در تولید دوغ پروبیوتیک مطابقت داشت (۱۱). همچنین نتایج حاصل مشخص کرد pH نمونه های دوغ در طول زمان کاهش و اسیدیته افزایش معنی داری داشت ( $p < 0/05$ ). وجود پروتئین‌ها، پپتیدها، اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌ها در جلبک محرک رشد باکتری‌های پروبیوتیک در دوغ می‌باشد. این تغییرات در کاهش pH و افزایش اسیدیته در طول دوره نگهداری از تخریب لاکتوز به وسیله باکتری‌های لاکتیکی و تولید اسیدهای آلی ناشی می‌شود. در آغاز تخمیر باکتری‌های لاکتیکی با تجزیه لاکتوز و تولید اسید لاکتیکی باعث افزایش اسیدیته و کاهش تدریجی pH می‌گردند. اما به دلیل وجود ترکیبات با خاصیت بافری در جلبک نظیر پروتئین‌ها، پپتیدها و اسیدهای آمینه این کاهش pH در نمونه های تیمار شده با جلبک در مقایسه با شاهد کندتر است.



شکل ۱- میزان pH نمونه های دوغ ( شاهد (۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>1</sub> (۲۵ / ۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>2</sub> (۵ / ۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) و T<sub>3</sub> (۷۵ / ۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) در طول زمان نگهداری



شکل ۲- میزان اسیدیته نمونه های دوغ ( شاهد (۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>1</sub> (۲۵ / ۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>2</sub> (۵ / ۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) و T<sub>3</sub> (۷۵ / ۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)) در طول زمان نگهداری

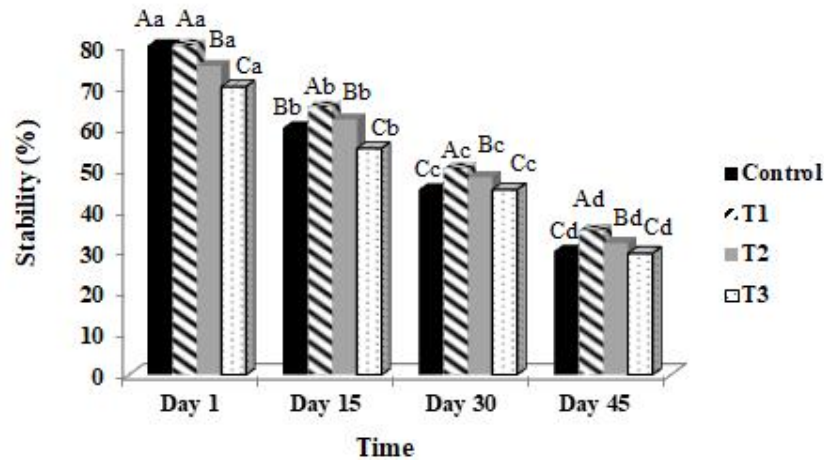
محمدی الستی و همکاران نیز در سال ۱۳۹۵ در بررسی تاثیر جلبک اسپیرولین اپلاتنسیس بر خواص ماست اسفناج پروبیوتیک افزایش معنی دار اسیدیته در نمونه های تیمار را گزارش کردند (۶).

مشابه با تحقیق فوق، جلالوند و همکاران در سال ۱۴۰۰ در بررسی تاثیر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر خواص دوغ پروبیوتیک کاهش pH و افزایش اسیدیته نمونه های دوغ را در طول دوره نگهداری گزارش کردند (۱۲). بر خلاف تحقیق اخیر،

### ۳-۲- پایداری دوغ

پایدارترین نمونه‌های دوغ، نمونه شاهد و تیمار T<sub>1</sub> حاوی ۰/۲۵ درصد جلبک در روز اول و ناپایدارترین نمونه دوغ تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۰/۷۵ درصد جلبک در روز چهل و پنجم بودند.

درصد پایداری نمونه‌های مختلف دوغ در طول دوره نگهداری در شکل ۳ نشان داده شده است. درصد پایداری نمونه‌های دوغ کاهش معنی‌داری در طول دوره نگهداری داشت ( $p < 0.05$ ).



شکل ۳- میزان پایداری نمونه‌های دوغ (شاهد (۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>1</sub> (۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>2</sub> (۰/۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) و T<sub>3</sub> (۰/۷۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)) در طول زمان نگهداری

<sup>a</sup> میانگین‌ها و به دنبال آن حروف مختلف (A-B) تفاوت معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بین تیمارها را در یک زمان نشان می‌دهد.  
<sup>b</sup> میانگین‌ها و به دنبال آن حروف مختلف (a-b) تفاوت معنی‌داری را ( $p < 0.05$ ) در تیمار در طول دوره نگهداری نشان می‌دهد.

خواص فیزیکوشیمیایی دوغ گزارش کردند میزان پایداری نمونه‌های دوغ در طول زمان کاهش می‌یابد (۲۱). اگرچه اضافه کردن ۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا در تیمار T<sub>1</sub> اثر مثبت بر پایداری دوغ داشت، افزودن مقادیر بالاتر جلبک در افزایش پایداری دوغ موثر نبود. افزایش پایداری نمونه‌های دوغ حاوی ۰/۲۵ درصد جلبک می‌تواند ناشی از حضور هیدروکلئید آگار در این جلبک باشد. به نظر می‌رسد هیدروکلئید آگار با ایجاد شبکه هیدروکلئیدی در سیستم، سبب به دام افتادن میسل‌های کازئین در شبکه می‌شوند که این امر در دو فاز شدن کمتر و افزایش پایداری بیشتر نمونه دوغ حاوی ۰/۲۵ درصد جلبک موثر بود. در تحقیقات مشابه خانیری و همکاران در سال ۲۰۱۹ گزارش کردند نمونه‌های دوغ حاوی هیدروکلئید کربوکی متیل سلولز

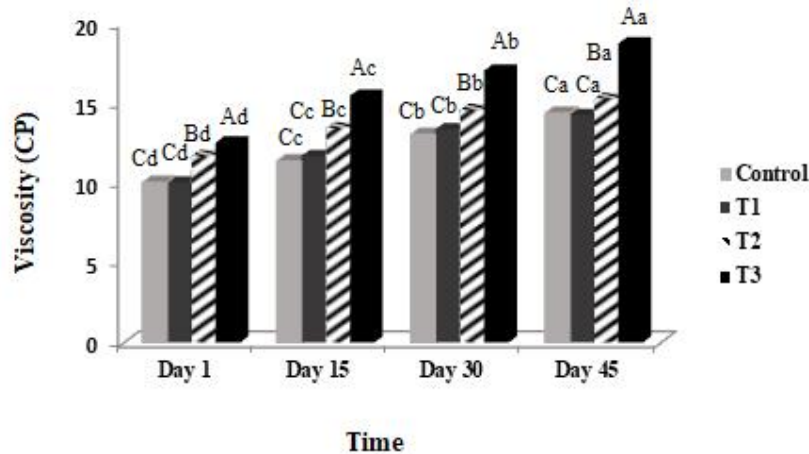
در pH طبیعی شیر (حدود ۶/۶)، کازئین به فرم ریز میسل‌های پایدار هستند. هنگامی که pH به کمتر از ۵ کاهش می‌یابد، تجمع برگشت ناپذیر میسل‌های کازئین اتفاق می‌افتد و شبکه‌ای سه بعدی از رشته‌های تجمع یافته تشکیل می‌دهد. این پدیده منجر به خروج سرم از شبکه کازئینی می‌شود. در طول دوره نگهداری دوغ به دلیل کاهش pH، پروتئین دوغ به نقطه ایزوالکتریک خود رسیده و در نتیجه رسوب می‌کنند و منجر به ناپایداری و دو فاز شدن دوغ می‌شوند. به نظر می‌رسد برهم‌کنش پروتئین-پروتئین و در نتیجه پایداری نوشیدنی با اسیدیته بالا نظیر دوغ به عواملی مانند pH، غلظت کازئین، قدرت یونی، غلظت پایدار کننده و ... وابسته است (۲۲). مشابه با تحقیق فوق، شریعتی و همکاران در سال ۲۰۱۹ در بررسی تاثیر صمغ بذرشاهی و عصاره گشنیز بر

و صمغ دانه خرنوب در مقایسه با نمونه شاهد پایدارتر هستند (۱۵).

### ۳-۳-ویسکوزیته

شکل ۴ ویسکوزیته نمونه های مختلف دوغ را در طول دوره نگهداری نشان می دهد. نتایج حاصل نشان می دهد ویسکوزیته نمونه های مختلف دوغ در طول دوره نگهداری به طور معنی داری افزایش یافته است ( $p < 0.05$ ). این افزایش در ویسکوزیته می تواند مربوط به کاهش pH در طول دوره نگهداری و

کاهش فعالیت میکروارگانیسم های مولد فساد و کاهش تولید آنزیم های پروتئولیتیک آن ها باشد که توانایی هیدرولیز میسل های کازئین در طول دوره نگهداری را دارند. مشابه تحقیق اخیر، کریم و همکاران در سال ۲۰۱۷ افزایش ویسکوزیته نمونه های دوغ غنی شده با هیدروکلئید ها را در طول دوره نگهداری گزارش کردند (۱۴). نتایج شکل ۴ نشان می دهد اضافه کردن جلبک به نمونه های دوغ سبب افزایش معنی دار ویسکوزیته نمونه های دوغ در مقایسه با نمونه شاهد می شود ( $p < 0.05$ ).



شکل ۴- ویسکوزیته نمونه های دوغ ( شاهد (۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>1</sub> (۲۵/۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>2</sub> (۵/۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) و T<sub>3</sub> (۷۵/۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) در طول زمان نگهداری میانگین ها و به دنبال آن حروف مختلف (A-B) تفاوت معنی داری ( $p < 0.05$ ) بین تیمارها را در یک زمان نشان می دهد. میانگین ها و به دنبال آن حروف مختلف (a-b) تفاوت معنی داری را ( $p < 0.05$ ) در تیمار در طول دوره نگهداری نشان می دهد.

کازئین، ایجاد ساختار ژلی می باشد. مشابه، مشکنانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ افزایش ویسکوزیته نمونه های دوغ را در حضور جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس گزارش کردند و علت این افزایش را به ساختار پروتئینی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ایجاد تعاملات بین سلولی نسبت دادند (۱۱). همچنین جلالوند و همکاران در سال ۲۰۲۲ ویسکوزیته نمونه های دوغ را در حضور جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس گزارش کردند و علت این افزایش را به ساختار پروتئینی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و ایجاد تعاملات بین سلولی نسبت دادند (۱۲).

این افزایش در ویسکوزیته احتمالاً به دلیل توانایی هیدروکلئید آگار موجود در جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا در جذب آب، به دام انداختن میسل های کازئین، ایجاد ساختار ژلی می باشد. جلبک اسپیرولینا به دلیل ساختار پروتئینی، ایجاد تعاملات بین سلولی، افزایش جذب آب می تواند جریان پذیری را کاهش داده و منجر به افزایش ویسکوزیته شود (۱۷). مشکنانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ افزایش این افزایش در ویسکوزیته احتمالاً به دلیل توانایی هیدروکلئید آگار موجود در جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا در جذب آب، به دام انداختن میسل های

### ۳-۴- خاصیت آنتی اکسیدانی

در این تحقیق مدل به‌دام‌اندازی رادیکال پایدار DPPH برای سنجش توانایی نمونه‌های مختلف در مهار رادیکال آزاد مورد استفاده قرار گرفت. رادیکال DPPH یک رادیکال آزاد پایدار با اتم نیتروژن مرکزی است که با احیا شدن و تولید مولکول پایدار DPPH-H از ارغوانی به زرد تغییر رنگ می‌دهد. جدول ۱ درصد فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های مختلف دوغ را در طول دوره نگهداری نشان می‌دهد. بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی در تیمار T<sub>3</sub> حاوی ۰/۷۵ درصد جلبک و در روز اول و کمترین فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه شاهد و در روز ۴۵ آزمون مشاهده گردید. درصد فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های دوغ در محدوده ۵-۲۳/۹۰ درصد گزارش گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که افزودن جلبک گراسیلاریا اسالیکورنیا به نمونه های دوغ، میزان مهار رادیکال DPPH و در نتیجه فعالیت آنتی اکسیدانی آن‌ها را به طور معنی داری

نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌دهد (p < ۰/۰۵). به نظر می‌رسد وجود ترکیبات فیتوشیمیایی نظیر پلی فنول‌ها در جلبک و متابولیت‌های حاصل از فعالیت باکتری‌ها سبب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه های تیمار شده گردیده است. بخش اعظم آنتی اکسیدان‌های جلبک گراسیلاریا را فلاونوئیدها تشکیل می‌دهند که فعالیت آنتی اکسیدانی آن‌ها به اثبات رسیده است. مکانیسم عمل فلاونوئیدها برای بروز فعالیت آنتی اکسیدانی جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد نظیر رادیکال‌های هیدروکسیل، پراکسید و سوپراکسید می‌باشد. علاوه بر این توانایی به دام‌انداختن اکسیژن منفرد را نیز دارند (۷، ۱۴). مشابهاً، رمدانی و همکاران در سال ۲۰۱۷ در بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی و ترکیبات فنلی جلبک گراسیلاریا حضور میزان بالایی از ترکیبات فنلی و فعالیت مناسب آنتی اکسیدانی را در این جلبک گزارش کردند (۲۰).

جدول ۱- نتایج درصد فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های دوغ در طول زمان نگهداری (mg/g)

روز اول	روز پانزدهم	روز سی ام	روز چهل و پنجم	شاهد	نمونه ها
۱۰/۰۰ ± ۰/۰۳ <sup>Ca</sup>	۸/۶۶ ± ۰/۰۲ <sup>Cab</sup>	۶/۵۰ ± ۰/۰۲ <sup>Cbc</sup>	۵/۰۰ ± ۰/۰۵ <sup>Ccd</sup>		
۸۰/۳۳ ± ۰/۰۱ <sup>BCa</sup>	۷۴/۵۰ ± ۰/۰۳ <sup>BCab</sup>	۷۰/۲۰ ± ۰/۰۵ <sup>BCbc</sup>	۶۵/۳۳ ± ۰/۰۳ <sup>BCcd</sup>		T <sub>1</sub>
۸۵/۰۰ ± ۰/۰۲ <sup>ABa</sup>	۸۰/۹۰ ± ۰/۰۲ <sup>ABab</sup>	۷۶/۰۰ ± ۰/۰۲ <sup>ABbc</sup>	۶۹/۰۰ ± ۰/۰۲ <sup>ABcd</sup>		T <sub>2</sub>
۹۰/۲۳ ± ۰/۰۳ <sup>Aba</sup>	۸۴/۰۰ ± ۰/۰۵ <sup>Aab</sup>	۸۰/۷۲ ± ۰/۰۶ <sup>Abc</sup>	۴/۶۶ ± ۰/۰۴ <sup>Ac</sup>		T <sub>3</sub>

\* نمونه‌ها شامل (شاهد ۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>1</sub> (۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>2</sub> (۰/۵ درصد جلبک گراسیلاریا

سالیکورنیا) و T<sub>3</sub> (۰/۷۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) در طول زمان نگهداری

<sup>a</sup> میانگین‌ها و به دنبال آن حروف مختلف (A-B) تفاوت معنی داری (p < ۰/۰۵) بین تیمارها را در یک زمان نشان می‌دهد.

<sup>b</sup> میانگین‌ها و به دنبال آن حروف مختلف (a-b) تفاوت معنی داری را (p < ۰/۰۵) در تیمار در طول دوره نگهداری نشان می‌دهد.

۱۳۹۶ در بررسی فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره آبی مرزنگوش در ماست پروبیوتیک کاهش فعالیت آنتی اکسیدانی را در نمونه‌های ماست در طول زمان نگهداری گزارش کردند (۲۴).

### ۳-۵- زنده‌مانی باکتری لاکتوباسیلوس کازئی

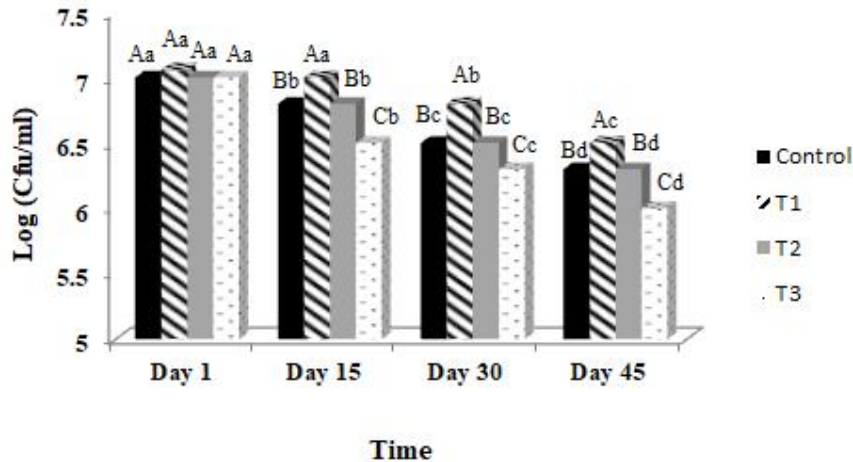
شکل ۵ تغییرات زنده ماننی باکتری لاکتوباسیلوس کازئی در نمونه‌های دوغ را در طول نگهداری نشان می‌دهد. تعداد

نتایج حاصل نشان می‌دهد درصد فعالیت آنتی اکسیدانی در طول زمان نگهداری نمونه‌های دوغ کاهش معنی داری داشته است (p < ۰/۰۵). احتمالاً افزایش تخریب ترکیبات فنلی نمونه‌های دوغ ویا افزایش برهمکنش بین پروتئین‌های شیره‌پلی فنول‌ها علت کاهش درصد فعالیت آنتی اکسیدانی در طول دوره نگهداری در یخچال می‌باشد. مشابهاً، وحید مقدم و همکاران در سال



نظیر pH پایین، اسیدهای آلی، پتانسیل اکسیداسیون-احیا بالا، پراکسید هیدروژن، اکسیژن مولکولی، رقابت باکتریایی و تغییرات دمایی در طول ذخیره سازی سبب کاهش زنده مانی باکتری های لاکتیکی در طول دوره ذخیره سازی می شود (۵، ۲۲).

باکتری لاکتوباسیلوس کازئی در طول ۴۵ روز نگهداری به طور معنی داری کاهش پیدا کرد ( $p < 0.05$ ). بیشترین تعداد لاکتوباسیلوس کازئی در نمونه T<sub>1</sub> حاوی ۰/۲۵ درصد جلبک و کمترین تعداد در نمونه T<sub>3</sub> حاوی ۰/۷۵ درصد جلبک مشاهده گردید. در محصولات لبنی فاکتورهای ضد میکروبی



شکل ۵- زنده مانی باکتری لاکتوباسیلوس کازئی در نمونه های دوغ (شاهد (۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>1</sub> (۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)، T<sub>2</sub> (۰/۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) و T<sub>3</sub> (۰/۷۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) در طول زمان نگهداری

<sup>a</sup> میانگین ها و به دنبال آن حروف مختلف (A-B) تفاوت معنی داری ( $p < 0.05$ ) بین تیمارها در یک زمان نشان می دهد.  
<sup>b</sup> میانگین ها و به دنبال آن حروف مختلف (a-b) تفاوت معنی داری را ( $p < 0.05$ ) در تیمار در طول دوره نگهداری نشان می دهد.

### ۳-۶- ارزیابی رنگ

شاخص های رنگی روشنایی ( $L^*$ )، قرمزی-سبزی ( $a^*$ ) و زردی-آبی ( $b^*$ ) نمونه های دوغ در جدول ۲ نشان داده شده است. اضافه کردن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا به نمونه های دوغ سبب کاهش شاخص  $L^*$  نمونه های دوغ می شود. نتایج حاصل نشان می دهد اضافه کردن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا تا ۰/۲۵ درصد تاثیر معنی داری بر شاخص  $L^*$  نمونه های دوغ ندارد اما غلظت های بالاتر جلبک باعث کاهش معنی دار شاخص  $L^*$  نمونه های دوغ می شود ( $p < 0.05$ ). علت این کاهش روشنایی و شفافیت در غلظت های بالاتر حضور ترکیبات رنگی در جلبک است که سبب کاهش روشنایی و شفافیت نمونه های دوغ می شود. به علاوه شاخص  $L^*$  نمونه های دوغ در طول ۴۵ روز نگهداری کاهش معنی داری داشت

جلالوندو همکاران در سال ۱۴۰۰ نیز کاهش معنی داری باکتری های پروبیوتیکی را در نمونه های دوغ در طول دوره نگهداری گزارش کردند (۱۲). نتایج حاصل نشان می دهد حضور جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا در غلظت ۰/۲۵ درصد سبب افزایش بقا باکتری لاکتوباسیلوس کازئی شده اما غلظت های بالاتر تاثیر مثبتی بر رشد و بقا باکتری لاکتوباسیلوس کازئی نداشته است. به نظر می رسد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا به دلیل داشتن مواد مغذی نظیر کربوهیدرات ها، پروتئین ها، ویتامین ها و مواد معدنی تاثیر مثبتی بر قابلیت زیستی باکتری های پروبیوتیک دارد (۱۲). مشابه مزینانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ در بررسی قابلیت زیستی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس در پنیر فراپالایش سین بیوتیک تاثیر مثبت جلبک اسپرولینا را بر افزایش بقا باکتری های پروبیوتیک گزارش کردند (۱۶).

جینسینگ را در طول زمان نگهداری گزارش کردند (۲). اضافه کردن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا سبب افزایش معنی دار شاخص  $a^*$  که شاخصی منفی است می‌شود ( $p < 0/05$ ). به نظر می‌رسد افزایش در رنگ قرمز ناشی از ترکیبات رنگی قرمز در جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا اضافه شده به نمونه دوغ است. در طول دوره ذخیره سازی، شاخص  $a^*$  روند کاهشی داشت که می‌تواند به دلیل تجزیه ترکیبات رنگی قرمز و اکسیداسیون رنگدانه‌ها در نمونه‌های دوغ ناشی از کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی باشد. در کلیه روزهای نگهداری، نمونه‌های غنی شده با ۰/۷۵ درصد

( $p < 0/05$ ) که نشان‌دهنده کاهش روشنایی و شفافیت نمونه‌های دوغ در طول دوره نگهداری است. به نظر می‌رسد علت این تغییرات در ساختار پروتئین‌ها در نمونه‌های دوغ ناشی از کاهش pH و افزایش اسیدیته و تغییرات در ترکیبات رنگی جلبک در طول زمان است (۲). این نتایج با گزارش هانگ و همکاران در سال ۲۰۲۰ مطابقت دارد که نشان دادند شاخص  $L^*$  در نمونه‌های ماست در حضور عصاره پاپریکا کاهش می‌یابد که ناشی از مهاجرت ترکیبات رنگی از پاپریکا به ماست است (۱۰). همچنین اردلان‌یان و همکاران در سال ۲۰۱۸ کاهش شاخص  $L^*$  نمونه‌های دوغ غنی شده با عصاره

جدول ۲- نتایج تغییرات شاخص‌های رنگی نمونه‌های مختلف دوغ در طول زمان نگهداری

روز اول	روز پنجم	روزی ام	روز چهل و پنجم	تیمارها	
۸۵/۶۸ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>	۸۵/۰۳ ± ۰/۰۵ <sup>Aa</sup>	۸۲/۰۰ ± ۰/۰۲ <sup>Ab</sup>	۸۰/۰۰ ± ۰/۰۸ <sup>Ac</sup>	شاهد	
۸۵/۵۳ ± ۰/۰۱ <sup>Aa</sup>	۸۵/۳۰ ± ۰/۰۲ <sup>Aa</sup>	۸۳/۷۰ ± ۰/۰۵ <sup>Aab</sup>	۸۲/۰۰ ± ۰/۱ <sup>Ab</sup>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>L*</b>
۸۳/۰۰ ± ۰/۰۴ <sup>Ba</sup>	۸۱/۰۰ ± ۰/۰۱ <sup>Bab</sup>	۷۹/۰۰ ± ۰/۰۶ <sup>Bab</sup>	۷۷/۰۰ ± ۰/۰۲ <sup>Bb</sup>	<b>T<sub>2</sub></b>	
۸۱/۰۰ ± ۰/۰۴ <sup>Ba</sup>	۷۹/۰۰ ± ۰/۰۱ <sup>Bab</sup>	۷۸/۰۰ ± ۰/۰۶ <sup>Bab</sup>	۷۵/۰۰ ± ۰/۰۲ <sup>Bb</sup>	<b>T<sub>3</sub></b>	
-۱/۹۸ ± ۰/۱ <sup>Da</sup>	-۲/۰۰ ± ۰/۰۲ <sup>Dab</sup>	-۲/۱۰ ± ۰/۰۲ <sup>Dbc</sup>	-۲/۲۰ ± ۰/۰۴ <sup>Dc</sup>	شاهد	
۲/۴۵ ± ۰/۱ <sup>Ca</sup>	۲/۳۳ ± ۰/۰۲ <sup>Cb</sup>	۲/۱۲ ± ۰/۰۲ <sup>Cc</sup>	۲/۰۰ ± ۰/۰۴ <sup>Cd</sup>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>a*</b>
۲/۷۸ ± ۰/۰۶ <sup>Ba</sup>	۲/۶۵ ± ۰/۰۵ <sup>Bb</sup>	۲/۴۵ ± ۰/۰۴ <sup>Bc</sup>	۲/۳۳ ± ۰/۰۳ <sup>Bd</sup>	<b>T<sub>2</sub></b>	
۲/۹۸ ± ۰/۰۷ <sup>Aa</sup>	۲/۷۶ ± ۰/۰۵ <sup>Ab</sup>	۲/۶۵ ± ۰/۰۲ <sup>Ac</sup>	۲/۴۴ ± ۰/۰۴ <sup>Ad</sup>	<b>T<sub>3</sub></b>	
۲۳/۰۳ ± ۰/۱۲ <sup>Ac</sup>	۲۴/۳۳ ± ۰/۰۶ <sup>Ab</sup>	۲۵/۵۶ ± ۰/۰۹ <sup>Ab</sup>	۲۷/۸۰ ± ۰/۱۳ <sup>Aa</sup>	شاهد	
۲۲/۰۶ ± ۰/۰۷ <sup>ABC</sup>	۲۳/۲۶ ± ۰/۱۱ <sup>ABb</sup>	۲۴/۲۶ ± ۰/۰۵ <sup>ABab</sup>	۲۵/۳۳ ± ۰/۱۶ <sup>ABa</sup>	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>b*</b>
۲۱/۰۰ ± ۰/۰۸ <sup>ABb</sup>	۲۱/۴۶ ± ۰/۰۷ <sup>ABb</sup>	۲۲/۰۰ ± ۰/۰۶ <sup>Bab</sup>	۲۲/۶۰ ± ۰/۱۱ <sup>Ba</sup>	<b>T<sub>2</sub></b>	
۲۰/۰۰ ± ۰/۰۸ <sup>Bc</sup>	۲۱/۰۰ ± ۰/۰۷ <sup>ABb</sup>	۲۱/۴۳ ± ۰/۰۶ <sup>Bab</sup>	۲۲/۰۰ ± ۰/۰۹ <sup>Ba</sup>	<b>T<sub>3</sub></b>	

\* نمونه‌ها شامل شاهد (۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)،  $T_1$  (۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)،  $T_2$  (۰/۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) و  $T_3$  (۰/۷۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) در طول زمان نگهداری میانگین‌ها و به دنبال آن حروف مختلف (A-B) تفاوت معنی داری ( $p < 0/05$ ) بین تیمارها را در یک زمان نشان می‌دهد.  
<sup>b</sup> میانگین‌ها و به دنبال آن حروف مختلف (a-b) تفاوت معنی داری را ( $p < 0/05$ ) در تیمار در طول دوره نگهداری نشان می‌دهد.

است که در کاهش رنگ زرد و افزایش رنگ آبی موثر هستند. همچنین ذخیره سازی نمونه‌های دوغ در سرما سبب افزایش معنی دار شاخص  $b^*$  در نمونه‌های دوغ می‌شود که ناشی از تخریب ترکیبات رنگی مولد رنگ آبی در طول ذخیره سازی در نمونه‌های دوغ است. نتایج این تحقیق با گزارش دیمترلو

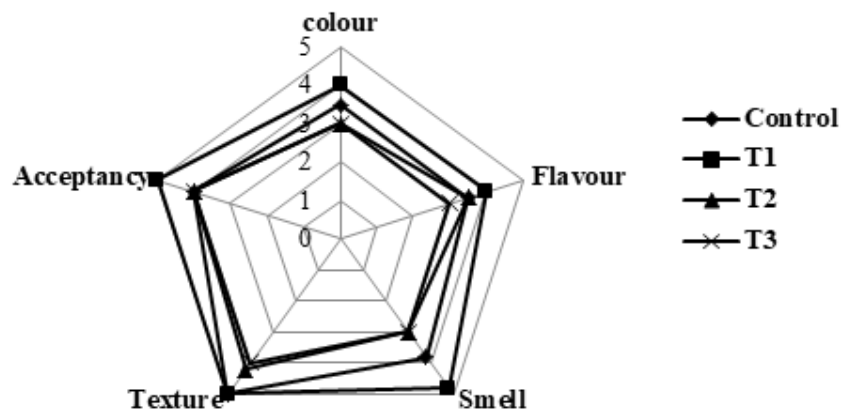
جلبک ( $T_3$ ) بیشترین شاخص  $a^*$  و نمونه‌های شاهد کمترین شاخص  $a^*$  را داشتند. نتایج حاصل نشان می‌دهد اضافه کردن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا سبب کاهش معنی دار شاخص  $b^*$  که معرف رنگ زرد است می‌شود ( $p < 0/05$ ). به نظر می‌رسد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا حاوی ترکیباتی

و همکاران در سال ۲۰۲۰ در غنی سازی ماست با آب انگور و بری که کاهش شاخص  $b^*$  را در نمونه های ماست غنی شده گزارش کردند مطابقت داشت (۴).

### ۳-۷- ارزیابی حسی

از کلیدی ترین عوامل پذیرش و استقبال مصرف کنندگان از شیرو فرآورده های شیری خصوصیات حسی این محصولات می باشد (۲۲). نمودار ۷ تغییرات در خصوصیات حسی نمونه های دوغ غنی شده با جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا را در روز ۴۵ دوره نگهداری نشان می دهد. نتایج داده های حاصل از ارزیابی پنلیست ها نشان داد از نقطه نظر فاکتورهای رنگ، طعم، بو، بافت، و پذیرش کلی با استفاده از آزمون خی دو، بین تیمارهای مورد آزمون تفاوت معنی داری وجود دارد ( $p < 0.05$ ). طبق نمودار ۶ تیمار  $T_1$  که تنها حاوی ۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بود از مقبولیت بالاتری از نظر طعم در بین سایر تیمارها برخوردار بود. به نظر می رسد اسیدیته کمتر و pH بیشتر در نمونه های تیمار در حضور جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا دلیل افزایش امتیاز طعم در نمونه های تیمار باشد. از نظر پارامتر رنگ تیمار  $T_1$  و در ادامه نمونه شاهد امتیاز بالاتری در مقایسه با تیمار  $T_2$  و  $T_3$  برخوردار بودند. در ارزیابی پارامتر بو نیز تیمار

$T_1$  که تنها حاوی ۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بود که از مقبولیت بالاتری برخوردار بود. در حالیکه نمونه شاهد و تیمار  $T_1$  بالاترین امتیاز بافت را به خود اختصاص دادند تیمار  $T_3$  کمترین امتیاز بافت را دارا بود. نتایج حاصل نشان می دهد با افزایش ویسکوزیته در نمونه های تیمار شده با جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا مقبولیت نمونه ها از نظر بافت از نظر ارزیاب ها کاهش یافته است. ارزیابی پذیرش کلی مشخص کرد از نظر ارزیاب ها تیمار  $T_1$  در بین تیمارهای مورد آزمون بیشترین مقبولیت را دارا بود. به نظر می رسد کاهش رسوب در تیمار اول و ویسکوزیته پایین تر آن در مقایسه با سایر تیمارها در افزایش امتیاز پذیرش کلی تیمار اول از نظر ارزیاب ها تاثیر گذار بوده است. مشکانی و همکاران در سال ۱۳۹۳ در بررسی تاثیر افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر خصوصیات حسی دوغ کربوکسی گزارش کردند درصد پایین تر جلبک پذیرش حسی بهتری دارد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد (۱۱). مشابها، سانگ و همکارانش در سال ۲۰۰۵ با ارزیابی حسی ماست حاوی درصدهای متفاوت کلرلابیان کردند درصد پایین تر جلبک در افزایش مقبولیت نمونه ها در ارزیابی حسی تاثیر گذار است (۲۳).



شکل ۶- ارزیابی حسی نمونه های مختلف دوغ (شاهد (۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)،  $T_1$  (۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا)،  $T_2$  (۰/۵۰ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) و  $T_3$  (۰/۷۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا) در طول زمان نگهداری

supplemented with Juices from Grapes and Berries. *Foods*. 2020; 9(9): 1158.

5. Ehsani A, Mahmoodi R, Tokmeh chi A. and Pashoochi M. R. Iranian white cheese as a carrier of probiotic bacteria. *Journal of Food Science and Industry*. 2011; 8(31): 77-83.

6. El-Said M. M, Haggag H. F, El-Din H. M. F, Gad A. S, Farahat A. M. Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts. *Annals of Agricultural Science*. 2014; 59: 207-212.

7. Ghannadi A, Shabani L, Yegdaneh A. Cytotoxic, antioxidant and phytochemical analysis of *Gracilaria* species from Persian Gulf. *Advanced Biomedical Research*. 2016; 5: 139.

8. Guldass M, Irkin R. Influence of *Spirulina plantensis* powder on the microflora of yogurt and acidophilus milk. *Original Scientific Paper*. 2010; 237-243.

9. Haji Ghafarloo M, Jouki M, Tabari M. Production and characterization of synbiotic Doogh, a yogurt based Iranian drink by gum arabic, ginger extract and *B. bifidum*. *Journal of Food Science and Technology*. 2019; 57: 1158-1166.

10. Hong H, Son Y. J, Kwon S. H, Kim S. K. Biochemical and antioxidant activity of yogurt supplemented with paprika juice of different colors. *Food Science of Animal Resources*. 2020; 40(4): 613-627.

11. Islami Meshkenani A, Fadaei Noghani V, Khosravi Darani K, Mazinani S. Investigating the effect of adding microalgae powder on some physicochemical and sensory properties of probiotic buttermilk containing mint powder. *New Food Technologies Quarterly*. 2014; 2(6): 59-70.

12. Jalalvand P, Lavasani A. S, Evazzadeh A. Investigating the physicochemical, microbial and sensory properties of probiotic buttermilk containing watercress gum and *Spirulina platensis* algae. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. 2022; 14: 133-146.

13. Jokar S, Yazdan panah S. Investigating the profile of free fatty acids and the stability of ultra-beneficial *Doogh* produced using microbial trans-glutaminase and lipase. *Journal of Food Sciences and Industries*. 2008; 97: 63-76.

14. Karim M, Alimi M, Shokoohi S, Fazeli F. 2017. Effect of long-chain inulin and modified starch on the physicochemical and rheological

#### ۴- نتیجه گیری

در این مطالعه، افزودن جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا در ۰/۲۵ درصد سبب افزایش معنی‌دار زنده مانی باکتری پروبیوتیک لاکتوباسیلوس کازئی در طول دوره نگهداری شد. نمونه‌های دوغ با ۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا حاوی بیشترین تعداد باکتری پروبیوتیک، بالاترین امتیاز پذیرش کلی از نظر ارزیاب‌ها بوده و باکتری‌های پروبیوتیک بالاترین زنده مانی را در این نمونه در طول دوره نگهداری داشتند (۴۵ روز). این نشان‌دهنده پتانسیل مناسب این جلبک برای تولید محصولات پروبیوتیک است. ویسکوزیته نمونه‌های دوغ با افزایش غلظت جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا افزایش یافت. نمونه‌های دوغ با ۰/۲۵ درصد جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا بیشترین پایداری را در بین نمونه‌های مختلف دوغ نشان دادند و در این غلظت فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز به صورت معنی‌داری افزایش یافته بود. با توجه به افزایش معنی‌دار پایداری در تیمار T<sub>1</sub> و در حضور جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا، ویسکوزیته و خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر و بقای بیشتر باکتری پروبیوتیک و امتیاز بالای این نمونه در ارزیابی حسی، تیمار اول به عنوان بهترین نمونه جهت تولید دوغ پروبیوتیک غنی شده با جلبک گراسیلاریا سالیکورنیا در مقیاس صنعتی معرفی شد.

#### ۵- منابع

1. Alasti F, Fadaei Noghani V, Khosravi Darani K. 2016. Investigating the physicochemical, microbial and sensory properties of probiotic buttermilk containing watercress gum and *Spirulina platensis* algae. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*. 2016; 26: 127-143.
2. Ardalanian F, Fadaei V. Production of Probiotic Doogh Enriched with Red Ginseng Extract. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2018; 20: 277-287.
3. Colombo M, Oliveira A. M, Carvalho A. F, Nero L. A. 2014. Development of an alternative culture medium for the selective enumeration of *Lactobacillus casei* in fermented milk. *Food microbiology*. 2014; 39: 89-95.
4. Dimitrellou D, Solomakou N, Kokkinomagoulos E, Kandyli P. Yogurts

- with *Lactobacillus plantarum* LS5, cress seed gum, and coriander leaves extract. *Food Science and Nutrition*. 2019; 8: 894-902.
22. Soltani Arabshahi S, Sedaghati M, Production of synbiotic Doogh enriched with *Plantago psyllium* mucilage. *Journal of Food Science and Technology*. 2020;1-8.
23. Sung Y. I, Cho J. R, Soon O. N, Kim C. K, Jin L. M. Preparation and quality characteristics of crud yogurt added with chlorella. *Applied Biological Chemistry*. 2004; 48(1): 60-64.
24. Vahidi Moghadam F, Mortazavi S. A, Ghale Musiani Z. Investigating the antioxidant activity of marjoram extract and its effect on the survival of *Lactobacillus plantarum* subspecies *plantarum* in low-fat probiotic yogurt. *Innovation magazine in food science and technology*. 2017; 10: 85-95.
25. Ziaolhagh S. H, Jalali H. Physicochemical properties and survivability of probiotics in bio-Doogh containing wild thyme essence and xanthan gum. *International Food Research Journal*. 2017; 24:1805– 1810.
- properties of *Doogh* (Iranian yoghurt drink). *Acta Aliment*. 2017; 46: 51-60.
15. Khanniri E, Yousefi M, Khorshidian N, Sohrabvandi S, Mortazavian A. M. Development of an efficient stabiliser mixture for physical stability of nonfat unfizzy Doogh. *International Journal of Dairy Technology*. 2019; 72: 8-14.
16. Mazinani S, Fadaei V, Khosravi-Darani K. Influence of *Spirulina platensis* powder on viability of *Lactococcus* strains in probiotic UF feta cheese containing *Mentha longifolia* L. *International Journal of Biology and Biotechnology*. 2013; 10 (3): 475-478.
17. Mehta G. K, Meena R, Prasad K, Ganesan M, Siddhanta A. K. Preparation of galactans from *Gracilaria debilis* and *Gracilaria salicornia* (Gracilariales, Rhodophyta) of Indian waters. *Journal of Applied Phycology*. 2010; 22: 623–627.
18. Molnar N, Sipos-Kozma Z. S, Toth A, Asvanyi B, Varga L. Development of a functional dairy food enriched with *Spirulina* (*Arthrospira platensis*). *Tejgazdasag*. 2009; 69(2): 15–22.
19. Narayana R, Kale A. Functional probiotic yoghurt with *Spirulina*. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 2013; 38(4): 311-314.
20. Ramdani M, Elasri O, Saidi N, Elkhiahi N, Taybi F. A, Mostareh M, Zaraali O, Haloui B, Ramdani M. Evaluation of antioxidant activity and total phenol content of *Gracilaria bursa-pastoris* harvested in Nador lagoon for an enhanced economic valorization. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2017; 4: 28.
21. Shariati Z, Jouki M, Rafiei F. Flavored functional drinking yogurt (Doogh) formulated

(Original Research Paper)

## Investigating the Physicochemical, Microbial and Sensory Properties of Probiotic Doogh Containing *Grassillaria salicornia* Algae

Anita Naeimi<sup>1</sup>, Marjaneh Sedaghati<sup>2\*</sup>, Nargess Mooraki<sup>3</sup>

1-MS.c Graduated, Department of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3-Associate Professor, Department of Fisheries Science, Faculty of Biological Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received:03/09/2022

Accepted:22/11/2022

DOI: [10.30495/jfst.2022.1966938.1819](https://doi.org/10.30495/jfst.2022.1966938.1819)

### Abstract

With the increasing awareness of consumers about the nutritional effects of algae, the enrichment of dairy products with different types of algae has been increased. In this research, the effect of adding *Gracilaria salicornia* algae (0, 0/25%, 0/5% and 0/75% on the physicochemical, microbial and sensory properties of probiotic Dooghwas investigated. The results showed that the addition of the *Gracilaria salicornia* algae increased the pH and decreased the acidity of Dooghsamples significantly ( $p<0/05$ ). The maximum stability of Dooghsamples was observed in the control sample and T<sub>1</sub> which contained 0.25% algae, while the stability of Dooghsamples decreased with increase in the algae concentration. The results revealed that in all samples, viscosity increased significantly with increasing algae concentration ( $p<0/05$ ). Although the addition of *Gracilaria salicornia* algae significantly increased the DPPH radical inhibition rate of the treatment samples compared to the control sample, the antioxidant property decreased significantly during storage ( $p<0/05$ ). Also, the presence of *Gracilaria salicornia* algae in concentration of 0/25% increased the survival of *Lactobacillus casei* bacteria, but higher concentrations did not have a positive effect on the growth and survival of probiotic bacteria. In the sensory evaluation, it was found that, the T<sub>1</sub> treatment was the most acceptable one among the tested samples. It seems that the reduction of sediment in the T<sub>1</sub>sample and its lower viscosity compared to other treatments have been effective in increasing its acceptability. The results showed that by adding 0/25%*Gracilaria salicornia* algae to probiotic buttermilk, the desired physicochemical, microbial and sensory characteristics can be achieved.

**Keywords:**Algae, Doogh, *Grassillaria Salicornia*,Lactobacillus, Probiotic.

---

\*Corresponding Author: [m.sedaghati@iau-tnb.ac.ir](mailto:m.sedaghati@iau-tnb.ac.ir)