مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تاثیر ریزجلبک دونالیلا سالینا *Dunaliella salina* بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست

مجتبی صالحی[۱]، امیراقبال خواجه رحیمی[۲*]، محمدعلی حصاری نژاد[۳]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- استادیار، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- استادیار، گروه فراوری موادغذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۰۱/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۲

کلمات کلیدی:

دونالیلا سالینا،

ریزجلبک،

ماست، فیزیکوشیمیایی،

حسی.

DOI: 10.52547/fsct.18.08.08

* مسئول مکاتبات:

ae_khajeh_rahimi@iau-tnb.ac.ir

چکیده

امروزه جلبک‌ها که از دسته آغازیان فتواتوتروف می‌باشند و قادرند با فتوسنتز مواد غیر ارگانیک را به مواد ارگانیک تبدیل کنند، کاربردهای زیادی در صنایع غذایی، دارویی و بهداشتی پیدا کرده‌اند. در این پژوهش، تاثیر افزودن سطوح مختلف زیست توده ریزجلبک *دونالیلا سالینا* بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست در طول دوره نگهداری ۲۱ روزه بررسی شد. پودرزیست توده *دونالیلا سالینا* در ٤ سطح (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی) در مرحله قبل از پاستوریزاسیون به شیر اضافه گردید. آزمون‌ها شامل اندازه‌گیری pH، ظرفیت نگهداری آب، سنجش بافت و رنگ نمونه‌ها در روزهای اول، هفتم، چهاردهم و بیست و یکم پس از تولید و ارزیابی ویسکوزیته و ویژگی‌های حسی در روز اول پس از تولید روی ماست تولیدی انجام شد. نتایج نشان داد که افزودن زیست توده جلبک *دونالیلا سالینا* در سطوح مختلف باعث کاهش معنی‌دار در میزان pH گردید. میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه‌ها با افزایش سطح جلبک و زمان نگهداری کاهش یافت ($P<۰/۰۵$).میزان سفتی، ویسکوزیته و پارامترهای رنگی نمونه‌های ماست حاصل با افزایش سطح جلبک کاهش معنی‌داری نشان داد. ارزیابی‌های حسی نشان داد که با افزایش سطوح زیست توده امتیازهای حسی و مقبولیت کلی از نظر مصرف کنندگان کاهش یافت. با توجه به ویژگی‌های تغذیه‌ای منحصر به فرد پودر دونالیلا، استفاده از ترکیبات زیست فعال این ریزجلبک نیز می‌تواند از رویکردهای پیشنهادی جهت به کارگیری در فراورده‌های غذایی مختلف از جمله ماست باشد.

۱- مقدمه

ماست یکی از پر مصرف ترین فراورده‌های تخمیری شیر می‌باشد که به دلیل ارزش تغذیه ای بالا و تاثیر مثبت در سلامتی انسان اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد. به طور کلی هدف تولیدکنندگان فراورده‌های لبنی، عرضه هرچه بیشتر فراورده‌های لبنی است که توسعه فراورده‌های با طعم های جدید همراه با فواید سلامتی بخش در راستای رسیدن به این هدف نقش مهمی خواهدداشت. تولید ماست‌های غنی شده به سبب تمایل مصرف کنندگان به فراورده‌های فراسودمند افزایش یافته است. امروزه تولید و عرضه روزافزون ماست‌های مختلف در ایران نظیر ماست‌های طعم‌دار حاوی انواع سبزی‌ها و مواد مولد طعم و ماست‌های میوه‌ای سبب تغییر سلیقه و ذائقه مصرف کنندگان گردیده است.

دونالیلا سالینا یک جلبک سبز تک یاخته ای، متحرک و فاقد دیواره سلولی است. این جلبک حاوی رنگدانه بتاکاروتن، مواد محرک ایمنی مانند فیکوسیانین، پلی ساکاریدها، آهن و روی [۱] و همچنین مقادیری ویتامینC و ویتامینE نیز می‌باشد [۲]. استفاده از ریزجلبک‌ها در فراورده‌های غذایی به سبب دارا بودن طیف وسیعی از ترکیبات زیست فعال به عنوان منبع جدیدی از ترکیبات مغذی و طبیعی در راستای تامین تقاضای روزافزون مصرف کنندگان به منظور دستیابی به غذاهای سلامتی بخش خواهد بود [۳]. تاثیر زیست توده ریزجلبک‌ها در سیستم‌های غذایی وابسته به شرایط عملیاتی، نوع و شدت فرایند (حرارتی، مکانیکی) و برهمکنش با سایر ترکیبات موادغذایی (پروتئین، پلی‌ساکارید، لیپید، نمک و قند) است که مطالعه در این زمینه موجب بهبود روند طراحی و توسعه فراورده‌های غنی شده با ریزجلبک‌ها می‌گردد. افزودن زیست توده دونالیلا سالینا از یک سو باعث افزایش ارزش تغذیه ایی و ایجاد رنگ سبز در ماست می‌گردد و ازسوی دیگر، به جهت ترکیب شیمیایی پیچیده سبب ایجاد تغییراتی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ریزساختاری وحسی ماست خواهد شد.

اسلامی مشکنانی و همکاران اثر افزودن ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی دوغ پروبیوتیک حاوی پودر نعناع را بررسی کردند. نتایج نشان دادند که غلظت‌های مختلف جلبک ضمن جلوگیری از تغییر سریع در pH ، اسیدیته دوغ را افزایش می‌دهند. همچنین ویسکوزیته در طی مدت ماندگاری کاهش یافت [٤]. زرین و همکاران به بررسی اثرات ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و صمغ زدو در ماست پروبیوتیک پرداختند. بررسی‌ها نشانگر ویژگی های آنتی اکسیدانی اسپیرولینا پلاتنسیس و صمغ زدو در نمونه های ماست بود. بیشینه مقبولیت حسی نیز در ۰/۱ درصد اسپیرولینا و ۰/۲۵ درصد صمغ زدو حاصل شد که نشانگر تاثیر مثبت برهمکنش صمغ درکاربرد اسپیرولینا از لحاظ حسی بود [۵]. محمدی الستی و همکاران تأثیر غلظت های مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست اسفناج پروبیوتیک را بررسی کردند. نتایج نشان دادند که غلظت های مختلف جلبک ضمن جلوگیری از تغییرات مشخص در pH ، اسیدیته را افزایش دادند و باعث کاهش آب اندازی محصول شدند. اسپیرولینا پلاتنسیس بر پارامترهای a, b وL رنگ نمونه های ماست مؤثر بود، در ضمن ویسکوزیته نمونه‌ها را کاهش داد. پروتئین و آهن نمونه های ماست غنی شده با ریز جلبک افزایش یافتند. در ارزیابی پذیرش کلی، ماست پروبیوتیک حاوی ۰/۵ درصد جلبک و ۱۰درصد اسفناج، بالاترین امتیاز را دارا بود. تیمار مذکور از لحاظ خواص فیزیکوشیمیایی بررسی شده نیز در سطح مطلوبی قرار داشت [٦]. اکبری و همکاران به بررسی اثرات افزودن ریزجلبک اسپیرولینا در ماست پرداختند. اثر افزودن پودر خشک اسپیرولینا با غلظت های مختلف در ماست مورد مطالعه قرارگرفت. نتایج نشان داد که اسپیرولینا به عنوان ترکیب طبیعی قابلیت استفاده در ماست با خواص مناسب را دارا می‌باشد [۷].

بررسی و امکان سنجی افزودن زیست توده دونالیلا سالینا به عنوان ترکیباتی طبیعی به فراورده‌های تخمیری و تولید فراورده ای با ارزش تغذیه ای بیشتر مستلزم بررسی های تکنولوژیکی می‌باشد. هدف از این مطالعه، استفاده از زیست توده ریزجلبک دونالیلا سالینا در طراحی فراورده لبنی جدید با ویژگی‌های فراسودمند است. بدین منظور تاثیر سطوح مختلف زیست توده و مراحل مختلف افزودن بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست در طی دوره نگهداری بررسی گردید.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

شیرپاستوریزه با ۲/۵ درصد چربی و ماده جامد کل (۰/۲ ± ۱۰/۸) و pH معادل ٦/٧ -٦/٦ از بازار تهیه شد. پودر

زیست توده *دونالیلا سالینا* با ۲۲/٤ درصد پروتئین، ۳ درصد چربی و ۵/۱٦ درصد رطوبت از شرکت سینا ریز جلبک قشم خریداری گردید (M090107). ترکیب باکتری های آغازگر نیز با کد تجاری YC-811، شامل *استرپتوکوکوس دلبروکی* زیرگونه بولگاریکوس[1] و استرپتوکوکوس ترموفیلوس[2] از نمایندگی شرکت کریستسن هانسن دانمارک خریداری شد.

۲-۲- تولید ماست

به منظور تهیه ماست، شیر پاستوریزه با پودرزیست توده *دونالیلا سالینا* در ٤ سطح (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی) در مرحله قبل از پاستوریزاسیون به شیر اضافه گردید. عملیات همگن سازی در فشار ۷۰ بار انجام شد و نمونه های شیر با استفاده از حمام آب گرم و در دمای ۸۵°C و به مدت ۲۰ دقیقه تحت تیمار حرارتی قرارگرفتند. آماده سازی آغازگرهای نوع مستقیم با توجه به دستورالعمل و میزان پیشنهادی شرکت سازنده انجام گرفت و به میزان پیشنهاد شده و در دمای ٤۳°C تلقیح گردید. سپس در همان دمای ٤۳°C تا رسیدنpH نمونه ها به ٤/٦ گرمخانه گذاری شدند. سپس نمونه‌ها به منظور توقف رشد باکتری‌های آغازگر، تا دمای ٤°C سرد شدند. آزمون ها شامل اندازه گیری pH، ظرفیت نگهداری آب، سنجش بافت و رنگ سنجی در روزهای اول، هفتم، چهاردهم و بیست و یکم پس از تولید و ارزیابی ویسکوزیته و ویژگی های حسی در روز اول پس از تولید انجام شد.

۲-۳- تعیین pH

اندازه‌گیری pH، بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام پذیرفت [۸].

۲-٤- تعیین ظرفیت نگهداری آب

میزان ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌های ماست براساس روش پیشنهادی گوزمان و همکاران انجام گرفت [۹]. بدین منظور، ۲۰ گرم از نمونه ماست توزین و در دمای ٤ درجه سانتی گراد در g ×۱۲۵۰به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شد. سپس فاز بالایی جدا شده مجدداً توزین گردید. میزان سینرسیس نمونه ها از اختلاف وزن اولیه و وزن ثانویه تقسیم بر وزن اولیه به دست آمد و برحسب درصد بیان گردید.

۲-۵- اندازه گیری ویسکوزیته

به منظور اندازه گیری های رئولوژیکی از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد مجهز به سیرکولاتور حرارتی (Model ،Julano Germany،Julabo Labortechnik،MC،F12) استفاده شد. اسپیندل استوانه ای (کاپ و باب C30) بر اساس ویسکوزیته مخلوط انتخاب شد. نمونه ها در کاپ دستگاه ریخته شد و توسط سیرکولاتور به دمای ۱± ۲۵ °C رسید. سپس جهت مستقل شدن سیال از زمان، درجه برش ۱۰۰ بر ثانیه به مدت ۱ دقیقه اعمال شد. در دامنه مشخص از درجه برش (۱٤/٤ تا ۲۹٦ بر ثانیه) در همان دما صورت گرفت. ویسکومتر مجهّز به نرم افزار کامپیوتری بود که شرایط کاری ویسکومتر را کنترل می‌کرد. ویسکوزیته ظاهری نمونه ها در درجه برش ۵۱/۵ بر ثانیه گزارش شد.

۲-٦- سنجش بافت

اندازه گیری پارامترهای بافتی با استفاده از دستگاه سنجش بافت و به روش اکستروژن برگشتی و با سرعت ۱mm/s و تا عمق ۳۰mm انجام شد. بر اساس داده های بدست آمده از دستگاه، پارامتر سفتی تعیین شد. در این آزمایش بیشترین مقدار نیروی مورد نیاز جهت نفوذ به عنوان سفتی نمونه ها گزارش شد.

۲-۷- رنگ سنجی

در این بررسی از روش پردازش تصویر برای تعیین رنگ نمونه های ماست استفاده شد. تصویر گیری با استفاده از تجهیزات عکسبرداری متشکّل از اتاقک تاریک (به منظور جلوگیری از ایجاد نوسان در عکسبرداری و عدم بازتاب نور در فضا) و لامپ های فلورسانت (Opple، 8w)، دوربین (Cannon (Powershot 1000D با قدرت بزرگنمایی ٤ مگاپیکسل انجام شد. دوربین به صورت عمودی در فاصله ۲۵ سانتی‌متری نمونه قرار گرفت. عکسبرداری همزمان به کمک کامپیوتر و با استفاده از نرم افزار Zoom Browser Ex.5 صورت پذیرفت. تصاویر جهت آنالیز با فرمتJPEG ذخیره گردید. به منظور پردازش تصاویر و تبدیل فضای رنگی RGB بهLab از نرم افزار (Image-j) استفاده شد. پارامترهای رنگی بر اساس سیستم فضای رنگی L*a* b* اندازه گیری گردید. L* بیانگر مولفه روشنایی یا شفافیت است که محدوده آن از صفر تا ۱۰۰ می باشد.

1. *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*
2. *Streptococcus thermophilus*

پارامتر *a (از سبزی تا قرمزی) و*b (از آبی تا زردی) دو مولفه رنگی هستند که اغلب محدوده‌ای بین ۱۲۰- ۱۲۰دارند. با استفاده از این روش یک میانگین از پارامترهای رنگی کل سطح نمونه مورد آزمون قرار می گیرد. در روش پردازش تصویر آنالیز نقطه ای که شامل گروه کوچکی از پیکسل‌ها می‌باشد جهت بررسی جزئیات و امکان آنالیز سطح نمونه را نیز فراهم می‌کند.

۲-۸- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های ماست از نظر ویژگی های ارگانولپتیکی نظیر طعم، سفتی بافت، رنگ، شنی بودن، زبری بافت و پذیرش کلی توسط ۱۰ نفر داور آموزش دیده شده، در قالب آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. در ارزیابی به نمونه عالی نمره ۵، خوب ٤، متوسط۳، بد ۲ و خیلی بد ۱ تعلق گرفت.

۲-۹- طرح آماری

آنالیز آماری نمونه‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار انجام شد. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد با استفاده از نرم افزار (Minitab 16) انجام گرفت. رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار MS EXCEL انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

ماست یکی از محبوب ترین فرآورده های لبنی است که در سراسر دنیا به طور وسیعی مصرف می شود که با توجه به بالا بودن ارزش تغذیه ای و وجود باکتری های مفید در آن مورد توجه فراوانی قرارگرفته است. امروزه ماست های تولید شده در صنعت بسیار متنوع است، از آن جمله می توان به ماست های کم چرب، ماست های پروبیوتیک، ماست نوشیدنی و ماست منجمد اشاره نمود. با توجه به اینکه عملکرد مفید ماست در بدن به اثبات رسیده است، سالیان متمادی است که از آن به عنوان غذای سلامتی یاد می شود. از طرفی امروزه از جلبک ها به دلیل خواص سلامتی بخشی آنها در ایجاد ارزش افزوده در مواد غذایی استفاده می شود. در این پژوهش، از جلبک دونالیلا سالینا در ماست به منظور بررسی تاثیر آن بر برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست استفاده شد. مقایسه بین تیمارهای گروه شاهد (فاقد پودر دونالیلا سالینا)، ماست های حاوی ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی پودر ریز جلبک انجام شد.

۳-۱- میزان pH

مقادیرpH نمونه های ماست در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج حاصل از آنالیز واریانس نشان داد که در روز اول با افزودن سطوح مختلف زیست توده، pH نمونه ها به مقدار کمی افزایش یافته است ($p>0.05$). اسلامی مشکنانی و همکاران نیز در بررسی اثر افزودن پودر ریزجلبک در سطوح صفر، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ درصد وزنی/وزنی بر برخی از ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی دوغ پروبیوتیک حاوی پودر نعناع بیان کردند که همزمان با افزایش سطح جلبک pH تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. آنها این افزایش را به pH قلیایی اسپیرولینا پلاتنسیس نسبت دادند [٤]. Varga و همکاران دریافتند که محلول آبی ۳ گرم در دسی متر مکعب اسپیرولینا پلاتنسیس pH حدود ۹/۹ دارد. pH دونالیلا نیز در حدود ٦ تا ۱۱ است که قلیایی می باشد [۱۰].

بیشترین میزان pH در روز اول در نمونه حاوی ۰/۵ درصد پودر زیست توده مشاهده شد که با سایر غلظت ها تفاوت معنی داری نداشت ($p>0.05$). در روز هفتم نیز بین غلظت های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد اما در روز چهاردهم، سطح زیست توده تاثیر معنی داری بر میزان pH نمونه های مختلف داشت و بیشترین میزان در نمونه حاوی ۱ درصد و کمترین مقدار در نمونه حاوی ۰/۵ درصد پودر جلبک مشاهده شد. در روز بیست و یکم نیز بین غلظت های مختلف تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p>0.05$).

نتایج در شکل ۱ نشان می دهد که بطور کلی کاهش میزان pH در نمونه ها در طی زمان نگهداری مشاهده شد. این کاهش pH نمونه های ماست طی زمان نگهداری به علت فعالیت باکتری های آغازگر بوده که باعث شده pH به تدریج کاهش پیدا کند که این با مشاهدات Abrahamsen و Holmen در ماست های تولید شده با شیرهای گاو و بز مطابقت داشته و می توان آن را ناشی از بقای آغازگرها و دلیلی بر اسیدی شدن ثانویه دانست [۱۱]. همچنین نتایج نشان می دهد که pH در طی مدت نگهداری در سرما به کندی کاهش یافت و pH تیمارهای شاهد در بیشتر موارد کم تر از تیمارهای حاوی جلبک بود. در پایان زمان ماندگاری تفاوت معنی داری بین

تیمارهای حاوی غلظت های مختلف جلبک وجود نداشت. کاهش کند pH در تیمارهای حاوی جلبک احتمالاً به دلیل خاصیت بافری دونالیلا سالینا به خاطر حضور پروتئین، پپتیدها و اسید های آمینه موجود در ترکیب آن می باشد [۱۰]. این ظرفیت بافری، سبب افت آهسته تر میزان pH توسط باکتری لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس می شود. محمدی و همکاران نیز در بررسی تأثیر غلظت های مختلف جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی های فیزیکی شیمیایی و حسی ماست اسفناج پروبیوتیک نشان دادند که بین pH نمونه ها در طی ۲۱ روز اختلاف معنی داری مشاهده شد و افت pH در نمونه های حاوی جلبک کمتر از نمونه های شاهد بود که این مطلب بافری بودن اسپیرولینا پلاتنسیس را تایید می کند [٦].

از سوی دیگر فدائی و همکاران در بررسی اثر پودر توده زیستی اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر سفید ایرانی پروبیوتیک حاوی پودر پونه کوهی تهیه شده به روش فراپالایش بیان کردند با افزودن سطوح مختلف پودر جلبک (صفر، ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ درصد وزنی/وزنی) pH بطور معنی داری نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا کرد و بیش ترین میزان کاهش pH مربوط به غلظت ۰/۸ درصد جلبک بود [۱۲]. Guldasو Irkin نیز در ارزیابی ماست پروبیوتیک و شیر اسیدوفیلوس بیان کردند که میزان pH با افزایش غلظت جلبک کاهش می یابد [۱۳]. Caire و همکاران نیز گزارش کردند که با افزایش زمان، کاهش pH در نمونه های ماست حاوی جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس بیشتر بوده است [١٤]. Akalin و همکاران نیز در بررسی اثر افزودن جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در ماست ساده و پروبیوتیک نتایج مشابهی را گزارش کردند [۱۵]. علاوه بر این ها، Monlar و همکاران، اثر اسپیرولینا پلاتنسیس را بر شیرهای تخمیری در دماهای مختلف مورد بررسی قرار دادند؛ آن ها بیان کردند که اسپیرولینا دارای اثر محرک بر رشد باکتری های اسید لاکتیک بوده که منجر به تولید اسید و در نهایت کاهش pH می گردد [١٦]. جلبک با مصرف نیتروژن موجود در محیط کشت، منجر به آزادسازی اگزوپلی ساکارید ها می گردد که این مواد به عنوان پرو بیوتیک عمل نموده، رشد باکتری های اسید لاکتیک را تحریک می کند و در نهایت منجر به کاهش pH می شود [۱۷].

زرین و همکاران در بررسی اثرات ریز جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس و صمغ زدو در ماست پروبیوتیک بیان کردند که زمان نگهداری و مقدار اسپیرولینا عوامل تاثیر گذار بر مقدار pH ماست بودند [۵]. کشت آغازگر ماست در دمای یخچالی نیز فعال می باشد و بنابراین باعث تولید اسید لاکتیک در مدت زمان نگهداری ماست می‌شود [۱۸]. آنها بیان کردند که با افزایش مقدار اسپیرولینا، pH افزایش یافت که این امر را می توان به رشد زیاد پروبیوتیک در غلظت های بالای اسپیرولینا نسبت به غلظت های پایین تر و تاثیر رقابتی پروبیوتیک ها بر رشد لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، تولید کننده اصلی اسید در ماست، نسبت داد [۱۹]. همچنین این نتایج در تضاد با نتایج یافته های Akalin و همکاران [۱۵]، در بررسی اثر پودر توده زیستی اسپیرولینا پلاتنسیس در ماست ساده و پروبیوتیک می باشد.

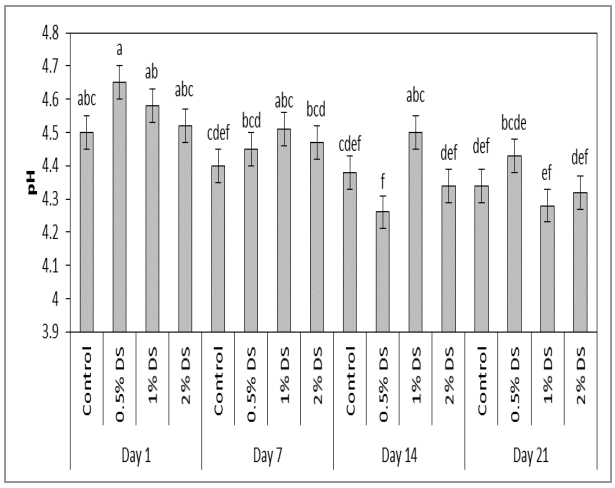


Fig 1 pH in yogurt samples containing different levels of *Dunaliella salina* powder

۳-۲- ظرفیت نگهداری آب

رابطه ظرفیت نگهداری آب نمونه های ماست با سطوح مختلف زیست توده در شکل ۲ نشان داده شده است. نتایج بدست آمده از آزمایش‌های ظرفیت نگهداری آب حاکی از تفاوت معنی دار نمونه‌های ماست حاوی جلبک دونالیلا و نمونه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). سطوح مختلف ریزجلبک دونالیلا اثر معنی داری بر ظرفیت نگهداری آب داشت ($p<0.05$). بیشترین مقدار ظرفیت نگهداری آب در روز اول مربوط به نمونه شاهد (۷۸ درصد) و کمترین ظرفیت نگهداری آب در نمونه حاوی ۲ درصد زیست توده دونالیلا سالینا (۵۹ درصد) مشاهده گردید. کاهش ظرفیت نگهداری آب و افزایش سینرزیس نمونه ها در طی زمان مشاهده شد و این کاهش

ظرفیت نگهداری آب با افزایش غلظت جلبک افزایش یافت. سینرسیس یا آب اندازی، به خروج آب از شبکه ژلی ماست و تجمّع آن در سطح ماست اطلاق می گردد که به عنوان یک نقص بافتی محسوب گردیده، در کاهش پذیرش مصرف کننده تاثیر بسزایی دارد. آب‌اندازی ماست عمدتا ناشی از شکستن پیوندهای پروتئینی و بازآرایی‌های ساختاری است که منجر به خروج سرم می‌گردد [۲۰]. به طور کلی افزایش ظرفیت نگهداری آب در ژل ماست نشان دهنده کاهش میزان آب اندازی می باشد. بیشترین مقادیرظرفیت نگهداری آب مربوط به روز اول نگهداری بود. به عبارت دیگر، تاثیر زمان نگهداری بر ظرفیت نگهداری آب به لحاظ آماری معنی دار بود ($p<0.05$) و مقادیر آن در طول دوره نگهداری کاهش یافت. کاهش مقادیر آب اندازی نمونه های ماست در طول دوره نگهداری را می‌توان احتمالا به بازآرایی‌های شبکه ژلی ناشی از تغییرات pH مرتبط دانست. وسعت بازآرایی‌ها در شبکه ژلی ماست ناشی از دینامیک و رهایی پیوندهای پروتئین- پروتئین است [۲۱]. قابلیت نگهداری آب در ژل ماست به نوعی بیانگر وضعیت شبکه میسل های کازیین است. پودر دونالیلا سالینا با داشتن ترکیبات مختلف همچون پروتئین، فسفولیپیدها می تواند سبب بهبود ظرفیت نگهداری آب گردد. کاهش معنی دار ($p<0.05$) مقادیر ظرفیت نگهداری آب در طول دوره نگهداری ماست توسط Boeneke و Aryana (۲۰۰۸) در ماست لیمویی غنی شده با اسید فولیک گزارش شد [۲۲]. همچنین تاثیر معنی دار زمان نگهداری بر مقدار آب اندازی ماست غنی شده با فیبر و کلسیم گزارش گردید [۲۳]. افزایش سطوح زیست توده باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب شد که این ناشی از شبکه ژلی ضعیف ماست است.

محمدی و همکاران نیز بیان کردند که با افزایش غلظت جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در نمونه های ماست، میزان آب اندازی در نمونه های حاوی جلبک کاهش پیدا کرد. افزایش غلظت جلبک باعث افزایش ماده خشک نمونه ها می شود، و افزایش ماده خشک در کاهش آب اندازی ماست مؤثر است [٦].

در این پژوهش، افزایش زمان نگهداری باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب در نمونه های ماست شد. با توجه به هیدرولیز و هضم پروتئین های محصول توسط میکروارگانیسم ها، با افزایش زمان نگهداری، میزان ظرفیت نگهداری آب نمونه ها کاهش می یابد، چرا که پروتئین های عامل بافت مطلوب خاصیت خود را از دست داده و پیوند با آن ها گسسته می شود [۲٤]. از طرفی، مظاهری و واحدی (۱۳۸۸) در بررسی فرمولاسیون ماست میوه ای عنوان کردند که با افزایش زمان نگهداری، اسیدیته ماست افزایش می یابد؛ و افزایش اسیدیته در ماست باعث کاهش ظرفیت نگهداری آب می شود.

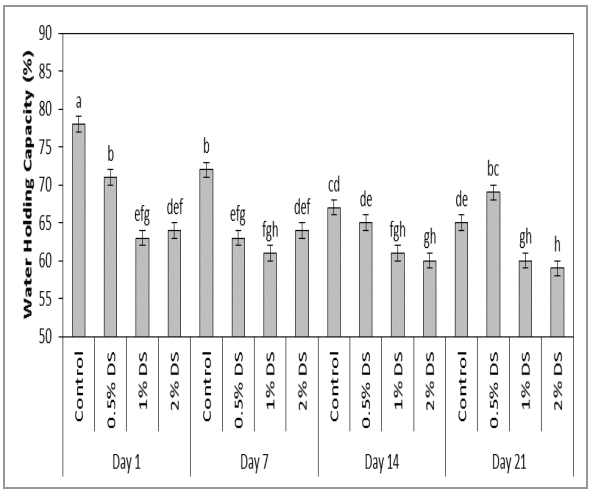


Fig 2 Water holding capacity values in yogurt samples containing different levels of *Dunaliella salina* powder

۳-۳- ویسکوزیته

نتایج بدست آمده از آزمایش‌های ویسکومتری (شکل ۳) نشان داد که سطوح مختلف زیست توده تاثیر معنی داری بر ویسکوزیته نمونه‌های ماست داشت ($p<0.05$). مدل قانون توان به خوبی و با ضریب تبیین بالا بیانگر رفتار جریان نمونه‌های ماست بود. میزان ویسکوزیته نمونه ها، با افزودن سطح جلبک کاهش معنی داری داشت ($p<۰/۰۵$).

ویسکوزیته از ویژگی های مهم کیفی در فراورده‌های لبنی است. ویسکوزیته کم سبب کاهش پذیرش فراورده از سوی مصرف کننده می گردد. بر اساس آزمایش‌های اولیه، تمامی سیالت مورد مطالعه مستقل از زمان و غیر نیوتنی بودند. روند تغییرات ویسکوزیته و تنش برشی در برابر درجه برش بیانگر رفتار سودوپلاستیک($n<1$) بود. بدین معنی که ویسکوزیته ظاهری با افزایش درجه برش کاهش می یابد. بروز چنین رفتاری به این دلیل اتفاق می افتد که مولکول ها در درجه برش های کم به صورت نامنظم آرایش پیدا می‌کنند و تنها به صورت جزئی هم راستا می‌باشند که این به ایجاد ویسکوزیته بالا منجر می‌شود. با افزایش درجه برش، هم راستایی مولکول ها بیشتر می‌گردد و در نتیجه اصطکاک داخلی افزایش یافته و ویسکوزیته کاهش می یابد [۲۵]. در درجه برش های کم،

ویسکوزیته ظاهری به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت، در حالی که در درجه‌های برش بالاتر، ویسکوزیته به شکل ملایم‌تری تغییر کرد. نتایج نشان داد که افزایش غلظت زیست توده منجر به کاهش ضریب قوام نمونه‌ها شد.

رفتار رقیق شوندگی با برش ماست و سایر فراورده‌های لبنی ناشی از پیوندهای ضعیف فیزیکی، برهمکنش‌های الکترواستاتیک و هیدروفوبیک است [۲۶]. در این پژوهش، افزایش سطح زیست توده سبب کاهش ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های ماست گردیده است.

رسولی و همکاران در بهینه سازی فرمولاسیون بستنی سنتی ایرانی حاوی سطح صفر تا ۵ درصد وزنی/وزنی ریزجلبک اسپیرولینا و سطح صفر تا ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز با استفاده از روش سطح پاسخ بیان کردند که افزایش میزان استفاده از اسپیرولینا و کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون منجر به افزایش قابل ملاحظه در ویسکوزیته شد [۲۷]. بطور کلی افزایش ویسکوزیته یک فرمولاسیون غذایی در اثر افزودن یک جز، عمدتا به توانایی جذب آب آن جز نسبت داده می شود [۲۸]. گفته می شود که اسپیرولینا از قدرت جذب آبی معادل ۱/۴۵ گرم آب/ گرم پروتئین برخوردار است [۲۹].

اسلامی مشکنانی و همکاران در بررسی اثر افزودن پودر ریزجلبک بر دوغ پروبیوتیک حاوی پودر نعناع بیان کردند که با افزودن میزان اسپیرولینا پلاتنسیس، ویسکوزیته افزایش یافت [٤]. این یافته می تواند به دلیل ساختار پروتئینی و ایجاد تعاملات بین سلولی باشد. در واقع این ریزجلبک با جذب آب سبب کاهش جریان پذیری و افزایش ویسکوزیته می گردد. این نتایج با نتایج پژوهش ما همخوانی نداشت. در بیان کاهش ویسکوزیته می توان گفت که طی فعالیت پروبیوتیک ها و باکتری های آغازگر (به علت غنی بودن نمونه های حاوی جلبک)، اسیدیته افزایش یافته و ساختار پروتئینی تضعیف می شود و در نتیجه ویسکوزیته کاهش می یابد. همچنین ممکن است کاهش ویسکوزیته به دلیل فعالیت میکروارگانیسم های موجود در مایه کشت و تأثیر بر زنجیره های بلند پلیمرهای زیستی باشد [۳۰]. در طی فعالیت باکتری های آغازگر، اسیدیته افزایش یافته و ساختار پروتئینی تضعیف می شود و در نتیجه آن، ویسکوزیته کاهش می یابد. این کاهش ویسکوزیته با نتایج Sung و همکاران در خصوص بررسی ویسکوزیته ماست حاوی کلرلا مطابقت دارد [۳۱]. در پژوهش محمدی و همکاران نیز با افزایش غلظت جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در ماست، کاهش ویسکوزیته در نمونه ها مشاهده شد که با نتایج ما مطابقت داشت [٦].

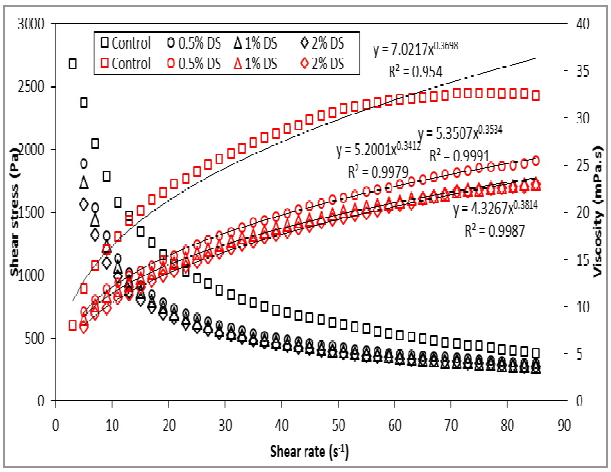


Fig 3 Flow behavior and viscosity in yogurt samples containing different levels of *Dunaliella salina* powder

۳-٤- سفتی بافت

بافت ماست از متغیرهای کیفی حائز اهمیت در ماست محسوب می گردد. مقادیر سفتی بافت نمونه‌های ماست در شکل ٤ نشان داده شده است. میزان سفتی بافت در نمونه های مختلف در طول دوره نگهداری اختلاف معنی داری داشت ($p<۰/۰۵$). افزایش سطوح زیست توده ریزجلبک اسپیرولینا باعث کاهش سفتی بافت نمونه های ماست شد. بیشترین مقادیر سفتی بافت تا روز چهاردهم و در نمونه های شاهد و کمترین مقادیر سفتی بافت در روز بیست و یکم دوره نگهداری در نمونه های حاوی ۱ درصد جلبک مشاهده شد. همانطور که ذکر شد، میزان سفتی نمونه های ماست با افزایش غلظت پودر جلبک دونالیلا سالینا و زمان نگهداری کاهش یافت. ساختار ماست متشکل از یک شبکه پروتئینی است که فاز چربی و فاز محلول را در بر می گیرد. در ماست های غنی شده با جلبک، میزان سفتی بافت با افزایش میزان جلبک کاهش یافت، که با نتایج مطالعات Jeon مطابقت نداشت؛ آنان بیان کردند که با افزایش جلبک کلرلا به نمونه پنیرهای پروسس، سختی بافت افزایش یافت [۳۲].

فدائی و همکاران در بررسی اثر پودر توده زیستی اسپیرولینا پلاتنسیس بر برخی ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر سفید ایرانی پروبیوتیک حاوی پودر پونه کوهی تهیه شده به روش فراپالایش بیان کردند با افزایش سطوح مختلف پودر جلبک، سفتی بافت افزایش یافت و بیش ترین میزان سفتی

بافت در بالاترین درصد جلبک در میان نمونه ها مشاهده شد [۱۲].

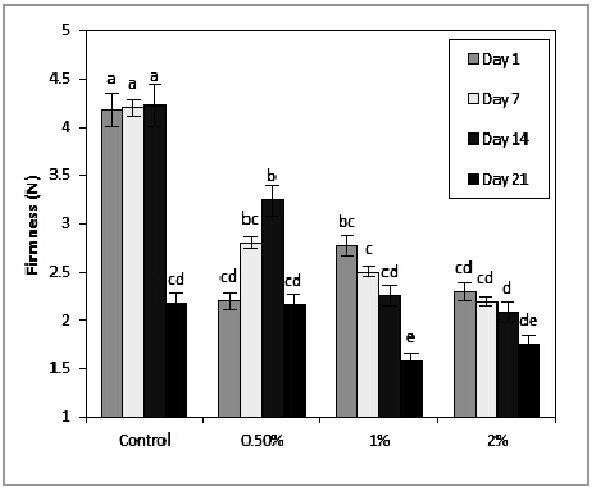


Fig 4 The firmness in yogurt samples containing different levels of *Dunaliella salina* powder

۳-۵- پارامترهای رنگی

رنگ از جنبه های مهم در فراورده‌های غذایی است که در پذیرش مصرف کنندگان تاثیر بسزایی دارد. وجود رنگدانه‌های زیست فعال مانند در زیست توده دونالیلا سبب ایجاد رنگ سبز در ماست می‌گردد. رنگ و ویژگی های ظاهری نمونه های ماست حاوی زیست توده دونالیلا در شکل ۵ نشان داده شده است. سطوح مختلف زیست توده تفاوت معنی داری بر هر سه پارامتر رنگی b*، a*، L* داشت ($p<۰/۰۵$). نمونه شاهد دارای بیشترین مقدار L* و b* بود. نگهداری نمونه ها در دوره نگهداری تاثیر معنی داری بر پارامتر رنگی b*، a*، L* داشت.

بتاکاروتن رنگدانه ای است که در زیست توده ریزجلبک دونالیلا یافت می شود و به عنوان یک عامل ایجادکننده رنگ در فراورده‌های غذایی مختلف کاربرد دارد. در پژوهش حاضر، افزایش زمان نگهداری نیز باعث کاهش میزان پارامتر L رنگ در تیمارها شد. با افزایش غلظت جلبک، افزایش میزان پارامتر bرنگ در تیمارها مشاهده شد. افزایش زمان نگهداری باعث افزایش میزان پارامتر b رنگ تیمارها شد.

a- میزان رنگ سبز و a+ میزان رنگ قرمز را نشان می دهد. در پژوهش محمدی و همکاران با افزایش سطح غلظت جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس، افزایش میزان پارامتر a- رنگ در تیمارها مشاهده شد. با افزایش زمان نگهداری، میزان پارامتر a- رنگ در نمونه های ماست کاهش یافت. وجود رنگدانه بتاکاروتن در شیر ماست سازی عامل کم بودن a- در نمونه های ماست بدون جلبک است [٦]. درنمونه های جلبک دار با افزایش جلبک از میزان رنگ قرمز کم، و رنگ سبز بیشتر می شود. محمدی و همکاران بیان کردند که با افزایش غلظت جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در نمونه‌های ماست، کاهش میزان پارامتر Lرنگ در تیمارها مشاهده شد، به عبارتی جلبک موجب تیره تر شدن نمونه ها گردید [٦]. این تغییرات در پارامترهای رنگی با نتایج تغییرات رنگ بستنی جلبک دار به دست آمده توسط مهجوری نیز مطابقت دارد [۳۳].

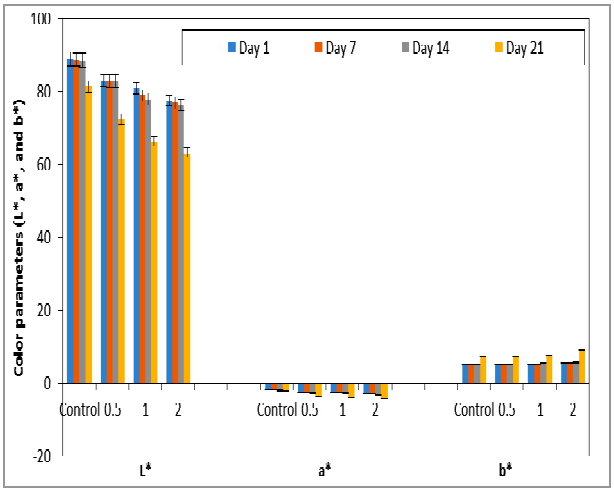


Fig 5 Color parameters in yogurt samples containing different levels of *Dunaliella salina* powder

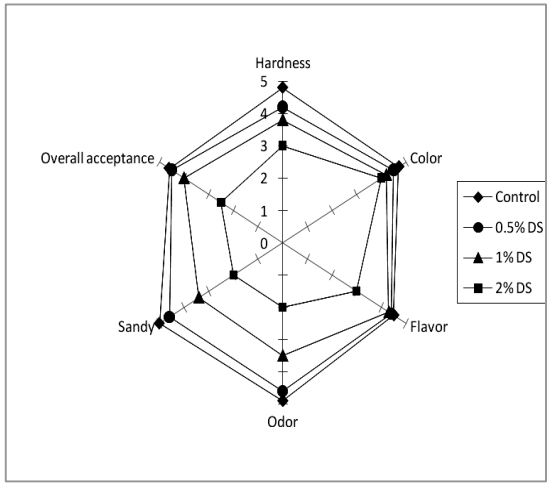
۳-٦- ارزیابی حسی

نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های ماست حاوی زیست توده دونالیلا و تاثیر آن بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی ماست به تفکیک طعم، رنگ، بو، سفتی، شنی بودن بافت و پذیرش کلی بررسی و در شکل ٦ نشان داده شده است. نتایج نشان دهنده کاهش امتیاز تمامی پارامترها با افزایش سطوح زیست توده دونالیلا بود.

ویژگی‌های حسی از مهمترین ویژگی‌های فراورده‌های غذایی می‌باشند. زیرا در بسیاری از موارد با وجود ارزش تغذیه ای مناسب فراورده غذایی، پذیرش مصرف کنندگان کم است. به همین علت ارزیابی حسی فراورده‌های تخمیری از جمله ماست به طور منظم در کارخانه های تولید کننده، توسط ارزیاب‌های آموزش دیده انجام می‌شود. در این پژوهش با افزایش سطح جلبک در نمونه های ماست، کاهش استقبال مصرف کنندگان (ارزیابان) در تمامی پارامترهای حسی مورد بررسی مشاهده شد. از نظر ارزیابان کاهش عمدتا شدت طعم

نشانگر حضورترکیباتی از جمله استالدئید است [۳٤].
نتایج حاصل با نتایج رسولی و همکاران در بهینه سازی فرمولاسیون بستنی سنتی ایرانی حاوی سطح صفر تا ۵ درصد وزنی/وزنی ریزجلبک اسپیرولینا و سطح صفر تا ۰/۵ درصد کربوکسی متیل سلولز با استفاده از روش سطح پاسخ همخوانی داشت [۲۷]. براساس یافته های آنان، افزایش درصد استفاده از ریزجلبک اسپیرولینا در فرمولاسیون بستنی سنتی به گونه معنی داری کاهش استقبال مصرف کنندگان از طعم، رنگ و ظاهر، بافت و پذیرش کلی محصول را در بر داشت ($p<۰/۰۵$). در ارتباط با اسپیرولینا پیش بینی می شد که بستنی حاوی اسپیرولینا به واسطه ی رنگ سبز-آبی خود بیشتر مورد استقبال شود، ولی نتایج حاکی از کاهش معنی دار استقبال مصرف کنندگان به موازات افزایش میزان استفاده از اسپیرولینا در فرمولاسیون بود. شاید علت این پدیده را بتوان به در میزان بالای استفاده از این ریزجلبک جستجو کرد، چرا که نمونه های حاوی کمتر از ۱ درصد اسپیرولینا نه تنها با عدم مقبولیت مصرف کننده مواجه نشدند، بلکه بسیار مورد پسند قرار گرفتند، به گونه ای که نمونه های یادشده نمراتی در محدوده رنگ و ظاهر خوب و بسیار خوب (۵-٤) دریافت کردند.
فدائی و همکاران نیز نشان دادند که با افزایش میزان استفاده از اسپیرولینا در فرمولاسیون پنیر فراپالایش، بافت پنیر سفت تر شده و به دنبال آن استقبال مصرف کنندگان از محصول کاهش یافت [۱۲]. البته نمونه پنیر حاوی ۰/۳ درصد وزنی/وزنی اسپیرولینا از نظر میزان پذیرش کلی تفاوت معنی داری با نمونه شاهد نداشت. توکلی لاهیجانی و همکاران نیز با استناد به تصاویر بدست آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی، بر تراکم پروتئینی نامطلوب ماست های حاوی غلظت های بالاتر از درصد اسپیرولینا تاکید کردند [۳۵].
صالحی فر و همکاران در بررسی امکان استفاده از پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در تولید کلوچه صنعتی نشان دادند که مطلوبیت عطر و طعم محصول با افزایش میزان استفاده از ریزجلبک نسبت به نمونه شاهد کاهش معنی داری پیدا می کند [۳٦]. مزینانی و همکاران در بررسی قابلیت زیستی *لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس* در پنیر سفید فراپالایش سین بیوتیک حاوی پودر پونه کوهی و *اسپیرولینا پلاتنسیس* بیان کردند که پذیرش کلی توسط ارزیاب ها با افزایش میزان جلبک کاهش یافت. بالاترین میزان پذیرش در بین نمونه های جلبکی مربوط به نمونه حاوی ۰/۳ درصد جلبک و ۱ درصد پونه کوهی بود و بطور کلی، میزان ۰/۳ درصد جلبک پذیرش بالاتری در میان همه ارزیابی ها (رنگ، طعم، بو، بافت، پذیرش کلی) به خود اختصاص داد [۳۷].
در پژوهش اسلامی مشکنانی و همکاران با افزایش سطح جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس امتیاز تیمارها از نظر ارزیابی حسی کاهش یافت، به طوری که در مقایسه نمونه های حاوی ۰/۳ درصدجلبک بیش ترین پذیرش و تیمارهای حاوی ۰/۸ درصد اسپیرولینا امتیاز کمتری را به خود اختصاص دادند [٤]. Sung و همکاران، با ارزیابی حسی ماست حاوی درصدهای متفاوت کلرلا بیان کردند که درصد پایین تر جلبک پذیرش حسی بهتری دارد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد [۳۱]. هم چنین Guldas و Irkin در ارزیابی حسی ماست پروبیوتیک و شیر اسیدوفیلوس بیان کردند که درصد پایین تر جلبک پذیرش بهتری دارد [۱۳]. مطالعات Monlar و همکاران در ماست کم چرب نشان دادند که بیشینه امتیاز حسی در افزودن ۰/۳ درصد پودر جلبک اسپیرولینا به همراه ۱/۵ درصد مخلوط کیوی-توت فرنگی و ۱۰ درصد قند حاصل می شود [۳۸]. Beheshtipour و همکاران افزودن پوره های میوه و اولیگوساکاریدها را برای پوشاندن طعم اسپیرولینا پلاتنسیس پیشنهاد کرده اند. همچنین آنها گزارش کردند که افزایش میزان ریز جلبک از ۰/۵ درصد باعث ایجاد حالت شنی و کلوخه ای می گردد. آنها تفاوت معنی داری در میزان ارزش حسی تیمارهای ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد مشاهده نکردند [۳۹]. مهجوری در مطالعه ای اثر پودر اسپیرولینا در سطوح ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ درصد را بر خواص رئولوژیکی، فیزیکی و حسی بستنی سنتی مورد بررسی قرار داد و اعلام نمود که کاربرد جلبک اسپیرولینا در سطوح بالا (۱/۵ و ۲/۵ درصد) بر خواص فیزیکی و رئولوژیکی محصول اثر منفی دارد؛ اما از نظر حسی، سطح ۱/۵ درصد قابل پذیرش است [۳۳]. سلیم پور و همکاران نیز به بررسی اثر افزودن جلبک دونالیلا سالینا بر ویژگی های رئولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه‌های بستنی پرداختند. آن‌ها بیان کردند که افزودن جلبک دونالیلا سالینا به بستنی، ضمن بهبود ویژگی‌های کیفی محصول، خصوصیات حسی آن را نیز بهبود بخشیده و قابلیت پذیرش محصول را افزایش داده است [٤۰]. باید توجه داشت که ترکیباتی که با عنوان پایدارکننده در فرمولاسیون محصولات

لبنی مورد استفاده قرار می گیرند، معمولا ترکیباتی بی رنگ و بی مزه هستند و از این رو تاثیر چندانی بر رنگ و عطر و طعم محصول ندارند و در واقع کارکرد اصلی آنها بهبود بافت است که بی شک بر پذیرش کلی محصول نزد مصرف کننده



تاثیرگذار خواهد بود.

Fig 6 Sensory evaluation in yogurt samples containing different levels of *Dunaliella salina* powder on the first day

٤- نتیجه گیری

استفاده از زیست جلبک ها در فرآورده های غذایی در دهه اخیر روند رو به رشدی داشته است. طراحی و توسعه این محصولات مستلزم بررسی های پایه ای بیشتری می باشد. تاثیر زیست توده ریزجلبک ها در سیستم های غذایی به شدت وابسته به برهمکنش با سایر ترکیبات موادغذایی (پروتئین، پلی ساکارید، نمک، لیپید و قند) است که مطالعه در این زمینه موجب بهبود روند طراحی و توسعه فرآورده های غنی شده با ریزجلبک ها می گردد. استفاده از سطوح مختلف پودر ریزجلبک دونالیلا سالینا (صفر، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) در ماست سبب ایجاد تغییراتی در ویژگی های شیمیایی و حسی ماست گردید. نتایج نشان داد سطوح مختلف زیست توده دونالیلا تاثیر معنی داری بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و حسی ماست تولیدی داشت. افزایش تولید اسید و کاهش pH طی تخمیر را می توان به حضور مواد مغذی متنوع ازجمله پپتیدها و اسیدهای آمینه موجود در زیست توده دونالیلا دانست. این گونه به نظر می رسد که پودر زیست توده با دارا بودن مواد مغذی، فعالیت باکتری های آغازگر را بهبود می دهد. نتایج مطالعات رئولوژیکی نشان داد که تمام نمونه های ماست رفتار رقیق شوندگی با برش رانشان دادند و ویسکوزیته با افزایش سطح جلبک کاهش یافت. همچنین کاهش در پارامترهای ظرفیت نگهداری آب، سفتی نمونه ها و پارامترهای رنگی مشاهده شد. در ارزیابی پارامترهای حسی، با افزایش میزان جلبک کاهش در رضایت مصرف کنندگان مشاهده شد. یکی از معایب کاربردهای ریزجلبک ها (دونالیلا سالینا، کلرلا و اسپیرولینا پلاتنسیس) در فراورده های غذایی ایجاد ظاهر نامطلوب (تغییر رنگ در طیف های سبز و آبی) می باشد. از این رو بهینه سازی کاربرد ریزجلبک ها با توجه به مزایا و نقیصه فوق یک ضرورت به شمار می رود. پودر جلبک دونالیلا سالینا که غنی از ترکیبات زیستی مهم است، برای تولید به صرفه و بهینه محصولات جدید بسیار کاراست. این ریزجلبک فرصت های جدیدی را برای تولید محصولات غذایی فراسودمند فراهم می نماید. به طور کلی استفاده از ترکیبات جدید در طراحی و توسعه فراورده‌های نوین نیازمند بررسی های جامعی می باشد. با توجه به ویژگی های تغذیه ای منحصر به فرد پودر دونالیلا، استفاده از ترکیبات زیست فعال این ریزجلبک نیز می تواند از رویکردهای پیشنهادی جهت به کارگیری در فراورده‌های غذایی مختلف از جمله ماست باشد.

٥- منابع

[1] Cowan, A.K., Rose, P.D., Horne, L.G., 1992, Dunaliella salina-Amodel system for the studying the response of plant cells to stress. Journal of Experimental Botany, 43: 1535-1547.

[2] Hosseini Tafreshi, A. and Shariati, M. (2009) Dunaliella biotechnology:methods and applications. Journal of Applied Microbiology 107: 14-35.

[3] Shahidi, F. (2005). *Nutraceuticals from seafood and seafood by-products* (pp. 267-288). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.

[4] Eslami Moshkenani, A., Fadaie, V., Khosravi-Darani, K., Mazinani, S. (2015). The effect of powdered Spirulina platensis biomass on some physicochemical and sensory properties of probiotic doogh containing powdered mint. *Innovative Food Technologies*, 2(2), 59-70. doi:

10.22104/jift.2015.87
[5] Zarrin, R., Ghasempour, Z., Rezazad Bari, M., Alizadeh, M., Moghaddas Kia, E. (2014). Investigating the effects of microalgae *Spirulina platensis* and Zedo gum on probiotic yogurt. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 3(3), 197-210. doi: 10.22101/jrifst.2014.10.23.331
[6] Mohammadi, F., fadaee, V., khosravi, K. (2016). Influence of different concentrations of Spirulina platensis on some physicochemical and sensory properties of probiotic spinach yoghurt. *Journal of Food Research*, 26(2), 127-143.
[7] Akbari, N., Kamali, S.M., Pourashouri, P. 2018. Investigation of the effects of adding *Spirulina platensis* in yogurt. Conference on new research in the field of R&D and top companies in the food industry with a focus on dairy products. Tehran, Iran. https://civilica.com/doc/861295
[8] ISIR 2852 I, Milk and Milk products, determination of titrable acidity and pH value - test method, ISIRI 2852 (2006).
[9] Guzmán González, M., Morais, F., Ramos, M., & Amigo, L. (1999). Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy products in a low fat set-type yoghurt model system. I: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates and skimmed milk powder. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *79*(8), 1117-1122.
[10] Varga, L., Monlar, N., Szigeti, J.(2012). Manufacturing technology for a spirulina enriched mesophilic fermented milk. In: International scientific conference on sustainable Development & Ecological footprint.
[11] Abrahamsen R.K., Holmen T.B. 1981. Goat's milk yoghurt made from non-homogenized and homogenized milks, concentrated by different methods. *Journal of Dairy Research,* 48:457-463.
[12] Fadaei, 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
[13] Guldas, M., Irkin, R. (2010). Influence of *Spirulina plantensisi* powder on the microflora of yoghurt and acidophilus milk. *Original Scientific Paper*, 237-243.
[14] Caire GZ, Parada JL, Zaccaro MC and Cano MMS, 2000. World Journal of Microbiology and Biotechnology 16: 563-565.
[15] Akalin, A.S., Unal, G., Dalay, M.C. (2009). Influence of *spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Ital. J. Food Sci*.,21(3).
[16] Molnár, N., Gyenis, B., & Varga, L. (2005). Influence of a powdered Spirulina platensis biomass on acid production of lactococci in milk. *Milchwissenschaft*, *60*(4), 380-382.
[17] Parada, J.L., Ceire, G.Z.D., Mule, M.C.Z., Cano, M.M.S. (1998). Lactic acid bacteria growth promoters from *Spirulina platensis*. *Int. J. Food Microbiol.,* 45,225-228.
[18] Ghasempour, Z., Alizadeh, M. & Rezazad Bari, M. 2011. Optimisation of probiotic yoghurt production containing Zedo gum. International Journal of Dairy Technology, 64: 1-8.
[19] Guler-Akin, M. B. & Akin, M. S. 2007. Effects of cysteine and different incubation temperatures on the microflora, chemical composition and sensory characteristics of bio yogurt made from goats milk. Food Chemistry, 100: 788–793.
[20] Serra, M., Trujillo, A., Guamis, B., Ferragut, N., (2009), Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. Food Hydrocolloids, 23:82-91.
[21] Vliet, T.v., Lucey J.A., Grolle K., Walstra P. (1997). Rearrangements in acid-induced casein gels during and after gel formation, Food Colloids: Proteins, Lipids and Polysaccharides, Ystad, Sweden, 1996; Procs Int. Symp. Royal Soc. of Chem., E. Dickinson and B. Bergenstühl, eds, Cambridge (1997) 335-345.
[22] Boeneke, C. A., & Aryana, K. J. (2008). Effect of folic acid fortification on the characteristics of lemon yogurt. LWT-Food Science and Technology, 41(7), 1335-1343.
[23] Aportela Palacios, A., Sosa-Morales, M. E., & Vélez-Ruiz, J. F. (2005). Rheological and physicochemical behavior of fortified

yogurt, with fiber and calcium. Journal of Texture Studies, 36(3), 333-349.
[24] Tarakçi, Z., & Kucukoner, E. (2003). Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of some fruit-flavored yoghurt. *YYÜ Vet Fak Derg*, *14*(2), 10-14.
[25] Roa, M., 1986, Rheological properties of fluid foods. Engineering Properties of Foods:1-47.
[26] Kinsella J.E., Melachouris N. (1976). Functional properties of proteins in foods: A survey. C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 7:219-280.
[27] Rasouli, F., Berenji, S., Shahab Lavasani, A. (2017). Optimization of Traditional Iranian Ice Cream Formulation Enriched with Spirulina Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Technology and Nutrition*, 14(3), 15-28.
[28] Amiri, Z.R., Ahmadi, M.E. (2014). The possibility of substitution of carboxy methyl cellulose and tragacanth gum on the physical and sensory properties of ice cream. *Journal of Food Research*, 24(2), 279-290.
[29] Robinson, R.K., Carl, A.B., Pradip, D.P., 2000, Encyclopedia of food microbiology. In: Single-Cell Protein/The algae. Academic press, A Harcourt Sc. and Tech. Company. Vol 3, pp 2025-2026.
[30] 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. Lebensm-Wiss-Technology 36: 407-414.
[31] Sung, Y.I., Cho, J. R., Soon, Oh. N., Kim, Ch. K., Jin, In. m. (2004). Preparation and quality characteristics of curd yogurt added with *Chlorella. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 48(1), 60-64.
[32] Jeon, J. K. (2006). Effect of Chlorella addition on the quality of processed cheese. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, *35*(3), 373-377.
[33] Mahjouri, N. (2011). Investigation of physical and sensory properties of ice cream enriched with Spirulina platensis, Master Thesis, Faculty of Agriculture, Department of Food Science and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.
[34] Ott A., Hugi A., Baumgartner M., Chaintreau A. (2000). Sensory investigation of yogurt flavor perception: mutual influence of volatiles and acidity. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48:441-450.
[35] Tavakoli lahijani, S., Shahidi, F., varidi, M., Mohebbi, M. (2015). The Effect of "Spirulina platensis" Biomass on Acidification Kinetics and Microstructural Charactrisitics of Yogurt. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 11(2), 152-160. doi: 10.22067/ifstrj.v1394i2.38079
[36] Salehifar, M., Shahbazizadeh, S., Khosravi- Darani, K., Behmadi, H., Ferdowsi, R. 2013. Possibility of using microalgae Spirulina platensis powder in industrial production of Iranian traditional cookies. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 7 (4), 63-72.
[37] Mazinani, S., Fadaie, V., Khosravi-Darani, K. 2015. Viability of Lactobacillus acidophilus in Sinbiotic Ultrafiltration White Cheese Containing Powdered *Menthe longifolia* L. and *Spirulina platensis*. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 9(4), 109-116.
[38] Molnar, N., Sipos-Kozma, Z., Toth, A., Asvanyi, B. & Varga, L., 2009, Development of functional dairy food enriched in spirulina (*Arthrospiraplatensis*). Tejgazdaság, 69: 15-22.
[39] Beheshtipour, H., Mortazavian, A. M., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S. & Khosravi- Darani, K. 2013. Supplementation of *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* algae into probiotic fermented milks. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12: 144-154.
[40] Salimpour, M., Khoshkhoo, Z., & Emtiazjoo, M. 2019. The investigation of production of ice cream containing Donalila salina alga powder. *Food Science and Technology*, *16*(90), 271-282.

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

The Effect of *Dunaliella salina* on Physicochemical and Sensory Properties of Yogurt

Salehi, M. [1], Khajeh Rahimi, A. [2]*, Hesarinejad, M. A. [3]

1. MSc graduated, Department of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, North Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, North Tehran, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science & Technology (RIFST), Mashhad, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 04/ 04
Accepted 2021/ 06/ 27

Keywords:

Dunaliella salina,
Microalgae,
Yogurt,
Physicochemical,
Sensory evaluation.

DOI: 10.52547/fsct.18.08.08

*Corresponding Author E-Mail:
ae_khajeh_rahimi@iau-tnb.ac.ir

ABSTRACT

Nowadays algae, which are Phototroph diatom, are capable of converting nonorganic photos into organic matter, have found many applications in the food, pharmaceutical and sanitary industries. In this study, the effect of adding different levels of *Dunaliella salina* microalgae biomass on the physicochemical and sensory properties of yogurt during a 21-day storage period was investigated. *Dunaliella salina* mass powder was added to milk at 4 levels (0, 0.5, 1 and 2% by weight) in the pre-pasteurization stage. Tests including pH measurement, water holding capacity, tissue measurement and colorimetry of samples performed on the first, seventh, fourteenth and twenty-first days after production and evaluation of viscosity and sensory characteristics on the first day after production on the produced yogurt. The results showed that the addition of *Dunaliella salina* biomass at different levels caused a significant decrease in pH. The water holding capacity of the samples decreased with increasing algal level and storage time ($P < 0.05$). The amount of stiffness, viscosity and color parameters of the yogurt samples showed a significant decrease with increasing algal surface. Sensory evaluations showed that with increasing biomass levels, sensory scores and overall acceptance from consumers decreased. Due to the unique nutritional properties of *Dunaliella salina* powder, the use of bioactive compounds of this microalgae can also be one of the proposed approaches for use in various food products, including yogurt.