



بررسی اثرات پری بیوتیکی چای ماچا بر زنده مانی باکتری های لاکتوباسیلوس پلانٹاروم و

بیفیدوباکتریوم بیفیدایوم به فرم آزاد و کپسوله در فرمولاسیون کیک مافین

حسنا عزتی^۱، محمد حسین عزیزی^{۲*}، سید ابراهیم حسینی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ تهران، ایران

۲- *استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس؛ تهران، ایران

۳- عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات؛ تهران، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۵

تاریخ داوری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۰۶

کلمات کلیدی:

لاکتوباسیلوس پلانٹاروم و بیفیدوباکتریوم

بیفیدایوم،

میکروکپسول،

پروبیوتیک،

چای ماچا،

کیک مافین

DOI: 10.48311/fsct.2026.83940.0

* مسئول مکاتبات:

azizit_m@modares.ac.ir

پروبیوتیک ها میکروارگانیسم های زنده ای هستند که مصرف مقادیر کافی آنها موجب بروز اثرات مفید بر سلامت میزبان می شود. در این تحقیق از چای ماچا در حضور باکتری های پروبیوتیک استفاده شد. برای این منظور میکروکپسول های باکتری های پروبیوتیک با استفاده از آلژینات و نشاسته ذرت تهیه شد و پس از بررسی خصوصیات مورفولوژیکی، شاخص پلی دیسپرسیتی، پتانسیل زتا، به دام اندازی، رهایش در شرایط معده و روده، چای ماچا در دو سطح یک درصد و سه درصد و باکتری های لاکتوباسیلوس پلانٹاروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدایوم در سطوح ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی/وزنی در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج آزمون رنگ سنجی نشان داد که با افزایش میزان درصد استفاده از چای ماچا در کیک مافین شاخص روشنایی و زردی کاهش و شاخص قرمزی افزایش پیدا کرد و سطوح مختلف باکتری های پروبیوتیک اثرات معنی داری در شاخص های مذکور نداشت. نتایج ارزیابی کیک مافین نشان داد که با استفاده از چای ماچا تا ۳ درصد میزان شاخص درصد رطوبت، pH، درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد به طور معنی داری افزایش یافت ($p \leq 0/05$) که حضور میکروکپسول های پروبیوتیک در مورد این شاخص ها اثرات معنی داری نداشت ($p > 0/05$). همچنین با افزایش میزان درصد استفاده از چای ماچا شاخص های سختی بافت به طور معنی داری کاهش یافت ($p \leq 0/05$). کلیه شاخص های حسی در سطوح ۳ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک با کاهش معنی داری مواجه شدند و بقای باکتری های پروبیوتیک نیز در سطح ۰/۳ درصد وزنی/وزنی به میزان حداکثر مشاهده شد. نهایتاً تیمار کیک مافین دارای ۰/۱٪ چای ماچا و ۰/۳٪ میکروکپسول های پروبیوتیک به عنوان تیمار بهینه معرفی گردید.

۱-مقدمه

پروبیوتیک ها میکروارگانیسم هایی هستند که اگر به تعداد کافی و به صورت زنده به روده برسند، اثرات سلامتی بخش در میزبان بر جای می گذارند. از اثرات سلامتی بخش پروبیوتیک ها می توان به حفظ میکروفلور طبیعی روده، تقویت سیستم ایمنی بدن، کاهش سطح کلسترول خون و خواص ضد جهش زاپی و ضد سرطانی آن ها اشاره کرد. بر اساس استانداردها، برای بروز ویژگی های سلامتی بخش پروبیوتیک ها باید به تعداد 10^6 تا 10^7 cfu از این باکتری ها در هر گرم از محصول پروبیوتیک وجود داشته باشد. پری بیوتیک ها هم ترکیباتی غیر قابل هضم با قابلیت هضم اندک هستن که رشد یا فعالیت پروبیوتیک ها را تشدید می کنند، مانند نشاسته ی مقاوم ذرت، فروکتوالیگوساکاریدها و گالاکتوالیگوساکاریدها [۱]. گرایش به مواد غذایی پروبیوتیک که از فرآورده های حاصل از شیر^۱ نیستند. در بسیاری از نقاط جهان سبب شده است که امروزه پروبیوتیک ها در مواد غذایی نظیر انواع غلات صبحانه، غذای کودک و شکلات ها مورد استفاده قرار گیرند. فرآورده های حاصل از غلات مانند نان، کیک و سایر فرآورده های آردی و قنادی، منبع غنی و بسیار خوبی از پروتئین ها، ویتامین ها و مواد معدنی هستند و قشر وسیعی از مردم از جمله کودکان از مصرف کنندگان اصلی این محصولات به شمار می روند. بنابراین تبدیل این محصولات به مواد غذایی عملگرا^۲ می تواند نقش مهمی در بهبود سطح سلامت جامعه داشته باشد. از عملکردهای این باکتری ها می توان به فعالیت ضد میکروبی، بهبود سوخت و ساز بدن، کاهش کلسترول در سرم خون، تحریک سیستم ایمنی بدن، خواص آنتی موتازن، خواص ضد سرطان، خواص ضد اسهال، بهبود بیماری های التهاب روده و سرکوب هلیکوباکتری ها اشاره کرد

[۲&۳]. بیفیدوباکترها باکتری های گرم مثبت و تولیدکننده اسید لاکتیک هستند که بخش بزرگی از میکروفلور روده انسان و دیگر جانوران را تشکیل می دهند. این باکتری ها نقش بسیار مهم و مؤثری در محدود نمودن تشکیل کلنی های آگزوزن و پاتوژن ایفا می نمایند. همچنین حضور این این باکتری ها در روده اثرات مفیدی را بر سلامتی انسان موجب می شوند که از جمله آن می توان از اثرات تغذیه ای مانند تولید برخی از ویتامین های مورد نیاز بدن و افزایش هضم پذیری پروتئین ها، اثرات دارویی مانند جلوگیری از عفونت روده ای، جلوگیری یا کاهش اسهال و تقویت سیستم ایمنی بدن نام برد [۴]. این باکتری ها چند روز بعد از تولد در مدفوع ظاهر شده و بعد از آن مقدارشان رو به افزایش می گذارد. بیفیدوباکترها غیر متحرک، غیر اسپورزا، گرم مثبت، در اشکال گوناگون و غیرهوازی می باشند. یکی از شناخته شده ترین و متداول ترین گونه های بیفیدو باکترها، بیفیدوباکتریوم لانگوم است که هم در مدفوع نوزاد و هم افراد بالغ دیده می شود. (این گونه نزدیکی و مشابهت زیادی با بیفیدوباکتریوم اینفانتیس دارد، از این رو در اکثر مواقع در شناسایی آن ها خطاهایی پیش می آید. یکی از روش ها برای افزایش سلول های بیفیدوباکتریوم در روده مصرف دهانی این باکتری ها همراه با غذاهای با عنوان فرآورده های پروبیوتیک می باشد [۵]. لاکتوباسیلوس ها باکتری های گرم مثبت، کاتالاز و اکسیداز منفی هستند. حضور این میکروارگانیسم ها در فلور میکروبی تعداد زیادی از فرآورده های تخمیری گیاهی و لبنی و گوشتی نشان داده شده است. حضور این باکتری به عنوان یک باکتری پروبیوتیک در دستگاه گوارش نیز بیان شده است. لاکتوباسیلوس پلاننتاروم یکی از گسترده ترین و مهم ترین گونه از گستره باکتری های

ساکاریدی خطی و ناهمگن است که از جلبک های گوناگون استخراج می شود. D- مانورونیک اسید و L- گلوکورونیک اسید واحدهای تشکیل دهنده آن هستند که با پیوندهای گلیکوزیدی به هم متصل شده‌اند. از مزایای ریزپوشانی با آلژینات می‌توان به فناوری آسان و سهولت کار، سمی نبودن آن، ارزان بودن و این که به عنوان افزودنی مجاز غذایی شناخته شده است، اشاره کرد. کپسول‌های آلژینات را می‌توان به روش‌های امولسیون و اکستروژن تهیه کرد. مخلوط کردن آلژینات کلسیم با نشاسته مقاوم ذرت از یک سو ساختاری منسجم و یکنواخت پدید می‌آورد و از سوی دیگر بقای سلول‌ها را به دلیل خاصیت پری بیوتیکی آن افزایش می‌دهد. پروبیوتیک‌ها در پژوهش‌های مشابه به صورت آزاد و ریزپوشانی نشده در موس شکلاتی و بافت محصولات بر پایه غلات و ریزپوشانی شده در شکلات سیاه و شیری، بافت نان و غذای کودک، تلقیح شده‌اند. اما تاکنون هیچ گزارشی مبنی بر تلقیح پروبیوتیک‌ها در کرم مغزی کیک منتشر نشده است [۹].

چای ماچا^۲ نوعی پودر چای سبز بسیار خوش‌رنگ و بو و دارای نوعی طعم شیرین ظریف و پنهان است. رنگ آن سبز زمردی است. این چای در ژاپن با آسیاب‌های گرانبی مخصوصی پودر می‌شود تا کلروفیل درون آن به اصطلاح نسوزد. ژاپنی‌ها در پودر کردن دستی آن از هاون چوبی نیز استفاده می‌کنند. نکته‌ی مهمی که کم‌تر ذکر می‌شود این است که کلمه‌ی «ماچا» به فرم پودر شده‌ی گیاه چای تنچا^۳ گفته می‌شود. علت منحصر به فرد بودن پودر ماچا نحوه کشت ویژه‌ی آن است. درختچه‌های چای سبز ماچا در طول زمستان به خواب زمستانی رفته و با نگهداری مواد معدنی در خود و با رسیدن فصل بهار و بیدار شدن از خواب زمستانی، از طریق عمل فتوسنتز، بهترین نوع چای بهاره‌ی ماچا را پدید می‌آورند

اسید لاکتیک است که این ویژگی به دلیل توانایی بالای آن در سازگاری و انطباق با نیچ‌های متفاوت است. از اثرات سلامتی اثبات شده مصرف فرآورده‌های غذایی حاوی لاکتوباسیلوس پلانٹاروم، می‌توان به کاهش عفونت دستگاه گوارش و خطر التهاب روده‌ای و اثرات تحریک سیستم ایمنی اشاره کرد. مطالعات نشان داده است که باکتری لاکتوباسیلوس پلانٹاروم به عنوان بازدارنده طبیعی در غذاهای فرآوری شده زیستی، از رشد باکتری‌های بیماری‌زا و میکروارگانیسم‌های عامل فساد در طی انبارمانی ممانعت کرده و طول عمر نگهداری محصول را افزایش می‌دهد [۶]. از آن جا که پروبیوتیک‌ها در فرآورده‌های حاصل از غلات و قنادی به علت مغذی نبودن محیط پایه‌ی این فرآورده‌ها و همچنین عدم وجود فرآیند تخمیر و فعالیت آبی پایین این محصولات، رشد و تکثیر محسوس ندارند. تکنیک‌های مختلف ریزپوشانی برای افزایش زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در این محصولات مورد استفاده قرار گرفته است [۷]. ریزپوشانی^۱ به عنوان یکی از نوین‌ترین شیوه‌ها عبارت است از پوشش دادن سلول‌های ریز زنده توسط لایه‌ای از هیدروکلوئیدها در مقیاس میکروسکوپی به منظور محصور کردن و تفکیک کردن آن‌ها از محیط که در نتیجه آن، زنده‌مانی پروبیوتیک‌ها در شرایط مختلف محیطی افزایش می‌یابد. پروبیوتیک‌ها به صورت ریزپوشانی شده و آزاد در محصولات مختلفی تلقیح شده‌اند مثل ماست، دسر یخ زده، شیر، شیر یخ زده، شکلات، بستنی، سس مایونز، سوسیس، آبمیوه‌ها و سبزی‌ها، محصولات بر پایه غلات، غذای کودک، نان، ماهی، دسر، پنیر و همچنین تلقیح آن‌ها در شرایط شبیه‌سازی شده دستگاه گوارش صورت گرفته است [۸].

آلژینات کلسیم به میزان گسترده در ریزپوشانی باکتری‌های لاکتیکی و پروبیوتیک‌ها به کار رفته است. آلژینات پلی

3-Tencha

1-Microcasulation

2-Matcha

محسوب می‌شود، دارای انواع مختلف و با کالری متفاوت بوده که معمولاً کالری زیاد موجود در انواع این محصولات به روغن، تخم مرغ و شکر موجود در فرمولاسیون آن‌ها نسبت داده می‌شود [۱۳]. مافین به انگلیسی *Muffin* یا همان کیک یزدی نوعی نان نیمه شیرین یا کیک است که اصولاً برای یک نفر تهیه می‌شود. مافین به دو نوع مافین انگلیسی و مافین آمریکایی تقسیم می‌شود. در نوع مافین آمریکایی معمولاً به خمیر کره، شکر و بیکنینگ پودر افزوده شده و در کاغذهای ضخیمی که به فنجان شبیه است پخته می‌شود. به همین علت نوع آمریکایی مافین به نام کیک فنجانی نیز خوانده می‌شود. کیک فنجانی در واقع نوعی کیک اسفنجی یا کیک کره‌ای است که در قالب‌هایی به شکل فنجان پخته می‌شود [۱۴]. در این تحقیق کیک پروبیوتیک با بررسی اثرات ماچا به عنوان پری بیوتیک بر روی بقای *لاکتوباسیلوس پلانٹاروم* و *بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم* تولید و ارزیابی شد.

۲- روش انجام تحقیق

۲-۱- آماده سازی باکتری های پروبیوتیک

لاکتوباسیلوس پلانٹاروم ATCC 1058 و *بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم ATCC 29521* به صورت خالص و لیوفیلیزه از کلکسیون سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران خریداری و در ۲۰ میلی لیتر محیط کشت MRS مایع در دمای ۲۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت فعال شد. سپس نمونه حاصل در ۹۵ میلی لیتر محیط کشت MRS مایع تلقیح شد و تحت شرایط فوق تکثیر شد. بیومس حاصل به وسیله سانتریفیوژ 1500 g به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد جداسازی شد و در دو مرحله با محلول استریل ۰/۱ درصد آب پیتونه شسته شد [۸].

۲-۲- ریزپوشانی پروبیوتیک ها

[۱۰]. کشاورزان ژاپنی در حدود اواسط اردیبهشت‌ماه، سایان‌هایی چوبی با چهارچوب‌های آلومینیومی بر روی درختچه‌های ماچا ایجاد می‌کنند تا میزان رسیدن نور خورشید به درختچه‌های ماچا به حدود ۶۰ تا ۷۵ درصد کاهش پیدا کند. این عمل، باعث بالا رفتن طعم شیرین و خواص کیفی چای ماچا از طریق افزایش اسیدآمین‌ها در آن می‌شود. برداشت چای ماچا در ژاپن با مراسم خاصی همراه است. هرچند که چای سبز ماچا یک چای ژاپنی نیز معرفی می‌شود ولی خاستگاه اصلی آن کشور چین است. در قرن دوازدهم میلادی یک راهب متعلق به مکتب «ذن» به نام ایسای^۱ طی سفری که به کشور چین داشت و در ضمن سیر و سیاحت در چین، انواعی از بذر انواع چای را با خود به ژاپن آورد که چای ماچا نیز یکی از آن‌ها بود. البته در آن زمان چای ماچا در ژاپن و در ابتدا به حالت پودر به کار نمی‌رفت و این موضوع، ابداع چینی‌ها است [۱۱]. مهم‌ترین خواص چای ماچا عبارتند از: تقویت سوخت و ساز بدن، جلوگیری از پیری، سوزاندن چربی‌های اضافی، افزایش قابلیت چربی‌سوزی بدن، انرژی‌بخشی، سم‌زدایی از کبد، کاهش استرس، تقویت‌کننده‌ی باکتری‌های نوع خوب در روده، ضدالتهاب، پایین نگه‌دارنده‌ی قند خون و آدرنالین و ضدسرطان بودن مواد تشکیل‌دهنده چای ماچا شامل؛ آمینواسید، زنجیره یا حلقه‌ی کربن است. آمینواسیدها در تقویت سوخت‌وساز بدن نقش مؤثری دارند. کاتچین^۲؛ این ماده از جنبه‌ی غذایی یکی از مشهورترین آنتی‌اکسیدان‌های غذایی را داراست. این آنتی‌اکسیدان‌ها در چای سبز ماچا بیش‌تر از انواع چای سیاه وجود دارند. وجود آنتی‌اکسیدان مربوط به وجود مقادیر زیادی از کاتچین در چای سبز ماچا است [۱۲]. کیک یکی از فرآورده‌های مهم و پرمصرف غلات و محصولی از آرد گندم می‌باشد. کیک که جزء فرآورده‌های قنادی

۲-۳-۲- بررسی مورفولوژی میکروکپسول ها

برای بررسی مورفولوژی ذرات و مشاهده شکل ظاهری آن ها از میکروسکوپ الکترونی و تکنیک SEM2 استفاده شد. بدین جهت میکروکپسول ها به وسیله چسب دو طرفه بر روی کوتر (SC 7620 England) تثبیت و به مدت ۲ دقیقه بوسیله طلا و پالادیم پوشش داده شد. مشاهده میکروکپسول ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی مدل (LEO 1450 VP Germany) با تابش الکترونی ۱۰kV انجام پذیرفت [۱۶].

۲-۳-۳- بررسی قابلیت زنده مانی باکتری های لاکتوباسیلوس پلاتاروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در شرایط شبیه سازی شده

این مشاهده بر اساس روش توصیفی بوسیله (Rao et al., 1989) انجام گردید. یک گرم از میکروکپسول ها حاوی باکتری بطور کامل در ۱۰ میلی لیتر شیر شیبه سازی شده معدی (۰/۸ M HCL و ۰/۲ درصد NaCl و pH حدود ۱/۵) بدون حضور پپسین پراکنده و برای مدت های صفر، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در دمای ۳۷ دقیقه گرمخانه گذاری شد. پس از گذشت زمان لازم، میکروکپسول ها جداسازی و بوسیله محلول ۰/۱ درصد پپتون شسته و تعداد باکتری ها با سه تکرار شمارش شد [۱۰]. شرایط شبیه سازی شده روده مطابق روش Charteris و همکاران (۱۹۹۸) انجام گرفت. بدین ترتیب که پانکراتین (سیگما آلدریچ P1500) با سدیم کلرید ۰/۵ درصد تا رسیدن به غلظت نهایی یک گرم/لیتر با ۴/۵ درصد محلول نمک صفراوی (Oxoid, Basingstoke U/K) مخلوط شد. سپس pH آن با محلول سود ۰/۱ مولار استریل به حدود ۷/۴ رسانده شد،

ریزپوشانی پروبیوتیک ها با استفاده از روش ژلاسیون یونی و در شرایط استریل انجام شد. ابتدا ۳ گرم آلژینات سدیم و ۲ گرم نشاسته مقاوم ذرت به آرامی به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و پس از حل شدن در اتوکلاو استریل شد. پس از آن که محلول با محیط هم دما شد. محلول آلژینات با سوسپانسیون میکروبی (۰/۱ درصد) به مدت ۵ دقیقه مخلوط شد تا همگن شود. برای تشکیل امولسیون، مخلوط حاصل به ۵۰۰ میلی لیتر روغن ذرت حاوی ۰/۲ درصد نمک کلرید کلسیم (شرکت مرک، آلمان) ریخته شد. با استفاده از همزن مغناطیسی (سرعت ۵۰۰ دور) به مدت ۳۰ دقیقه امولسیون یکنواختی تشکیل شد. به منظور تشکیل کپسول ها به محلول مورد نظر، کلرید کلسیم ۰/۱ مولار اضافه و پس از ۳۰ دقیقه که کپسول ها ته نشین شدند، به منظور جداسازی کپسول ها از سانتریفیوژ ۳۵۰ گرم به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. کپسول های جدا شده با محلول آب پیتونه ۰/۱ درصد شسته و در دمای ۴ درصد سانتی گراد نگهداری شد [۱۲].

۲-۳-۲- آزمون های میکروکپسول های پروبیوتیک

۲-۳-۱- شمارش تعداد باکتری ها به دام افتاده در میکروکپسول ها (کارایی ریزپوشانی)

یک گرم از نمونه میکروکپسول های تهیه شده در ۹۹ میلی لیتر محلول ۱ درصد وزنی/حجمی سدیم سیترات استریل در pH حدود ۶ پراکنده و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق همزده شد تا میکروکپسول ها بطور کامل حل و باکتری ها آزاد شوند، آنگاه با استفاده از محیط جامد MRS1 در شرایط هوازی، دمای ۳۷ درجه و به مدت زمان ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شد و شمارش تعداد باکتری ها در سه تکرار صورت پذیرفت [۱۴].

حاصل شود و به خمیر افزوده شد و با دور خیلی کم به مدت یک دقیقه مخلوط گردید تا داخل خمیر یکنواخت شود. خمیر آماده شده در مقادیر ۳۰ گرمی داخل قالب مخصوص مافین با قطر ۳/۵ و ارتفاع ۲/۵ سانتی متر ریخته شده و در فر با دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۸ دقیقه پخت گردید. سپس مافین های آماده شده از فر خارج و در دمای محیط به مدت ۳۰ دقیقه خنک شد. پس از کامل شدن مراحل تولید، مافین ها تا انجام مراحل آزمایش، داخل کیسه های پلی اتیلنی با درب بندی مناسب که تاریخ تولید و سایر مشخصات مربوط به تیمار مورد نظر بر روی آن ها درج شده است بسته بندی گردید و در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی گراد) به مدت یک ماه (طول زمان ماندگاری) نگهداری شدند [۱۶].

مخلول حاصل به وسیله میکروفیلتر ۰/۴۵ (میلی پور) استریل شد.

۲_۴_۱ آماده سازی و پخت خمیر مافین

مواد اولیه شامل آرد گندم تهیه و تولید خمیر و کیک : نول ۷۳ درصد استخراج، شکر، روغن مایع، تخم مرغ، پودر شیرخشک، آب و بیکنینگ پودر از فروشگاههای مواد غذایی تهیه شد. ابتدا شکر و تخم مرغ در داخل همزن با دور تند به مدت ۵ دقیقه مخلوط شد. سپس آب و روغن به آن اضافه شد و عمل همزدن با دور تند به مدت ۳ دقیقه دیگر ادامه یافت و در مرحله بعد کل مواد پودری و چای ماچا با درصد های مطابق با جدول کدبندی تیمارهای تحقیق (جدول ۱) پس از دو بار الک کردن اضافه و در دور کم به مدت ۱ دقیقه کاملاً مخلوط شد تا خمیر صاف و یکنواخت

Table 1. Coding of research treatments

| Percentage of probiotic microcapsules | Matcha percentage | Code of research treatments |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 1/0 | 1 | T1 |
| 3/0 | 1 | T2 |
| 5/0 | 1 | T3 |
| 1/0 | 3 | T4 |
| 3/0 | 3 | T5 |
| 5/0 | 3 | T6 |



Fig 1. Preparation steps of matcha muffin cake

۲-۵-۲- تعیین pH نمونه های مافین طبق روش AACC02-۵۲ توسط متر الکتریکی مدل متروم تعیین شد. ۱۰ گرم از نمونه را با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای اتاق توسط میله شیشه ای کاملاً مخلوط شد و زمان لازم برای ته نشین شدن به آن داده شد. سپس بدون صاف کردن، pH محلول فوقانی به وسیله pH متر الکتریکی که قبلاً با محلول بافر تنظیم شده بود تعیین گردید [۲۰].

۲-۵-۳- رطوبت کیک مافین

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC 2000، شماره ۴۴-۱۶ استفاده گردید. برای این منظور تیمارها در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، در آون (مارک Jeto Tech

۲-۵-۲- آزمون های فیزیکوشیمیایی، حسی مافین

۲-۵-۱- ارزیابی میزان مهارکنندگی رادیکال های آزاد

یکی از روش های اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی از طریق ارزیابی میزان مهار رادیکال آزاد DPPH است. در این مرحله ۴ میلی لیتر از DPPH ۰/۱ mM به همراه ۰/۲ میلی لیتر از نمونه مخلوط شد و جذب محلول DPPH در ۵۱۷ نانومتر تعیین شد و فعالیت آنتی اکسیدانی بر حسب درصد مهار DPPH و از طریق رابطه زیر به دست آمد [۱۹].

رابطه ۱ $\times 100$ جذب شاهد/جذب نمونه - جذب شاهد = درصد فعالیت آنتی اکسیدانی

۲-۵-۲- تعیین pH

جهت ارزیابی خواص بافتی از آزمون آنالیز نیمرخ بافت یا TPA تست برشی استفاده گردید. در طی ارزیابی از دستگاه سنجش بافت بروکفیلد (Brookfield CTS) ساخت کشور آمریکا با سرعت ۰/۵ میلی متر بر ثانیه، میزان حساسیت ۶/۸ گرم استفاده شد. ابتدا نمونه های یک در ابعاد ۳۶×۳۰×۳۶ میلی متر روی قسمت مشخص شده دستگاه قرار داده شدند. در این آزمون نیروی فشردگی به میزان ۴۰ درصد روی قطعات یک طی دو سیکل رفت و برگشت اعمال شد و سپس نمودار مربوط رسم و اطلاعات مربوط به بافت ذخیره گردید. در تست برش نیروی برش به میزان ۴۰ درصد روی قطعات یک طی دو سیکل رفت و برگشت اعمال شد و سپس نمودار مربوط رسم و اطلاعات مربوط به بافت ذخیره شد [۲۱].

۲-۵-۷- ارزیابی ویژگی های حسی

برای ارزیابی ویژگی های حسی از روش هدونیک ۵ نقطه ای استفاده شد. آزمون های حسی شامل رنگ ظاهری، شکل ظاهری، بافت، طعم و پذیرش کلی بود. در این ارزیابی حسی شماره ۱ نشان دهنده کمترین امتیاز و شماره ۵ نمایانگر بیشترین امتیاز برای صفت مورد ارزیابی می باشد [۲۲].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمون های میکروکپسول ها

۳-۱-۱- نتایج شمارش تعداد باکتری ها به دام افتاده در میکروکپسول ها (کارایی ریزپوشانی)

خصوصیات به دام اندازی و رهایش میکروکپسول ها در جدول ۲ آمده است.

مدل OF-O2G ساخت کشور کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵- ۱۰۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت [۱].

۲-۵-۴- رنگ سنجی کیک مافین

بررسی رنگ پوسته و مغز نمونه های مافین با تعیین سه شاخص L^* ، a^* ، b^* انجام گرفت. اسکن تصاویر در فاصله زمانی یک روز پس از پخت با استفاده از دستگاه اسکنر دیجیتال با وضوح dpi ۹۰۰ انجام شد. هر کدام از قطعات پوسته و مغز نمونه های مافین به صورت جداگانه اسکن شد. جهت اندازه گیری این شاخص ها ابتدا برش های عرضی از پوسته مافین تهیه شد و عکس گرفته شد. سپس تصاویر در اختیار نرم افزار Image J قرار گرفت. با تبدیل فضای رنگی RGB به L^* ، a^* ، b^* شاخص های ذیل محاسبه شد [۲].

۲-۵-۵- ارزیابی بقای پروبیوتیک در کیک مافین

برای شمارش میکروبی باکتری های پروبیوتیک، از روش رقت های متوالی استفاده شد. بدین صورت که از یک میلی گرم نمونه کیک مافین، تا رقت 10^8 cfu/gr تهیه شد. از هر کدام از این رقت ها بر روی پلیت ها و با استفاده از محیط کشت MRS آگار کشت هوازی انجام گرفت. تعداد کلونی های به دست آمده بعد از ۷۲ ساعت گرمخانه گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد شمارش شد. ارزیابی بقای باکتری های پروبیوتیک در روز های تولید، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز نگهداری بررسی شد [۱۵].

۲-۵-۶- آزمون بافت سنجی کیک مافین

Table 2. Entrapment and release characteristics of microcapsules

| Release percentage | Population of trapped bacteria |
|--------------------|--------------------------------|
| 01/0 ± 65 | 107 × 7 colony on gram |

The data are the mean ± standard deviation of three replicates.

به طور کلی رهایش میکروکپسول ها در مراحل مختلف دارای پروفایل های متفاوتی بوده ولی هر کدام از سه بخش

میزان آزاد سازی ترکیبات به دام افتاده در درون میکروکپسول شود. بنابراین با توجه به نتایج سایز میزان شاخص به دام اندازی به طور موثری تحت تاثیر قرار می گیرد [۲۷].

Prathyusha Rao و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی به دام اندازی بیکسین در نانوذرات چربی جامد نیز به نتایج مشابهی در رابطه با رابطه سایز نانوذرات و همچنین قابلیت رهایش و به دام اندازی دست یافتند. آن ها دریافتند که افزایش میزان سایز نانوذرات میزان درصد رهایش را به طور معنی داری کاهش داد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی داشت.

نتایج بررسی شمارش میکروارگانیسم ها در درون میکروکپسول ها حاکی از به دام اندازی هشتاد درصد میکروارگانیسم های پروبیوتیک در غلظت به کار رفته در فرمولاسیون می باشد. همانگونه که نتایج نشان می دهد تیمارهای حامل آلژینات / نشاسته مقاوم ذرت دارای قابلیت به دام اندازی یا انباشت ۸۰ درصد می باشد. یکی از دلایل چنین وضعیتی را می توان به توانایی آلژینات در ایجاد شبکه تخم مرغی و محبوس کردن ترکیبات در ساختار خود مرتبط دانست [۲۱].

۳-۱-۲- تعیین اندازه میکروکپسول ها و نحوه پراکنش آن ها.

اندازه میکروکپسول ها و نحوه پراکنش آن ها در جدول ۳ آمده است

اولیه که مرحله رهایش اولیه^۱، مرحله رهایش ثابت^۲ و مرحله دگرادسیون^۳ یا تخریب می باشد تشکیل شده است. همچنین عوامل بسیاری بر میزان رهایش نانوذرات نیز موثر می باشد. بیشتر پلیمرهای زیست تخریب پذیر مورد استفاده در سیستم های میکرومولسیون ها به وسیله ی هیدرولیز، تخریب می شوند. هیدرولیز واکنشی میان مولکول های آب و پیوندهای موجود در زنجیره ی اصلی پلیمری است. به طور نمونه وار پیوندهای استری نمونه ای از این پیوندهاست که با شکسته شدن متوالی آن ها، زنجیره ی پلیمری به مونومرهای آن تبدیل می شود. همین طور که مولکول های آب پیوندهای شیمیایی را در طول زنجیره ی مولکولی می شکنند، پیوستگی فیزیکی پلیمر از بین می رود و اجازه داده می شود تا ترکیب به دام افتاده رهاسازی شود. تکنیک رهایش باکتری های پروبیوتیک از میکروکپسول ها در دو مرحله فرایند دوفازی توصیف می شود؛ مرحله اولیه شامل ترکیدن اولیه^۴ است که رهایش کند را در میکروکپسول ها موجب می گردد [۲۴]. حدود یک ساعت زمان لازم است تا این رهایش اولیه صورت پذیرد و در انباشت های با درصد کمتر و حضور باکتری های پروبیوتیک در محیط فرایند به صورت یک مرحله ای در آمده است با افزایش میزان به دام اندازی باکتری های پروبیوتیک، میزان به دام اندازی و نهایتاً میزان رهایش افزایش می یابد. یکی از عوامل موثر بر میزان رهایش میکروکپسول ها سایز میکروکپسول ها می باشد که با افزایش اندازه میکروکپسول ها سطح تماس میکرومولسیون به طور موثری کاهش می یابد که می تواند باعث کاهش

3-Degradation

4-Burst Release

1- Burst release

2-Steady state

Table 3. Size of microcapsules and polydispersity index

| Zeta potential index (millivolt) | poly index dispersity | Microcapsule size (micrometer) |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 37+ | 2/0 | 210 |

پروبیوتیک در ویژگی های ظاهری و مورفولوژیکی میکروکپسول ها موثر نبوده است. نتایج تحقیق با ویژگی های مورفولوژیکی بیدهای تهیه شده توسط *Nualkaekul et al., 2012* نیز مطابقت نشان داد. کپسول های آلژینات کلسیم دارای سطحی صاف و یکنواخت هستند و همچنین حضور لایه های ایزوله آب پنیر را می توان در شکل مشاهده کرد. خسروی زنجانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز با کپسوله کردن بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم نیز با استفاده از کپسول های کیتوزان و آلژینات کلسیم نیز تصاویر میکروسکوپی مشابهی دست یافتند.

۳-۱-۳ - بررسی مورفولوژی میکروکپسول ها

با توجه به شکل ۱ مشاهده شد که میکروکپسول ها از ظاهر کروی و هموژن با اندازه هایی بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میکرومتر می باشند. بین ذرات حالت آگلومراسیون وجود نداشت و به صورت یکنواخت می باشد. نتایج مورفولوژی نانوذرات نیز تشکیل نانوذرات بیوپلیمری کروی شکل و با اندازه های نسبتاً یکنواخت را تایید نمود. نانوذرات به صورت مجزا از هم و کروی و یکنواخت بودند و میزان استفاده از سلول های

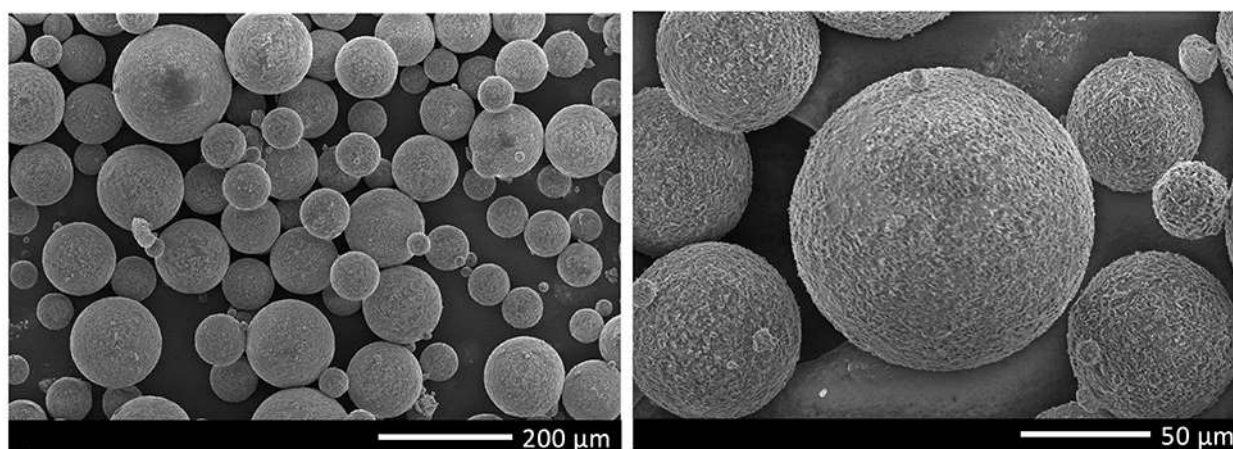


Fig2. Electron microscope images related to probiotic microcapsules

با توجه به نمودار ۱ مشاهده شد که اختلافات معنی داری بین میزان زنده مانی لاکتوباسیلوس پلانتروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در شرایط مختلف وجود داشت ($p \leq 0.05$). بالاترین میزان زنده مانی لاکتوباسیلوس پلانتروم و بیفیدوباکتریوم

۳-۱-۴ - بررسی قابلیت زنده مانی باکتری های لاکتوباسیلوس پلانتروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در شرایط شبیه سازی شده

معده و روده کمتر از شرایط بافر و بیشتر از شرایط آزاد بود ($p \leq 0/05$). همچنین میزان زنده مانی در شرایط روده کمتر از شرایط معده نیز بود ($p \leq 0/05$).

بیفیدیوم در شرایط محیط بافر بود و کمترین میزان زنده مانی لاکتوباسیلوس پلانتراروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در شرایط فرم آزاد مشاهده شد ($p \leq 0/05$). میزان زنده مانی باکتری لاکتوباسیلوس پلانتراروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم در شرایط

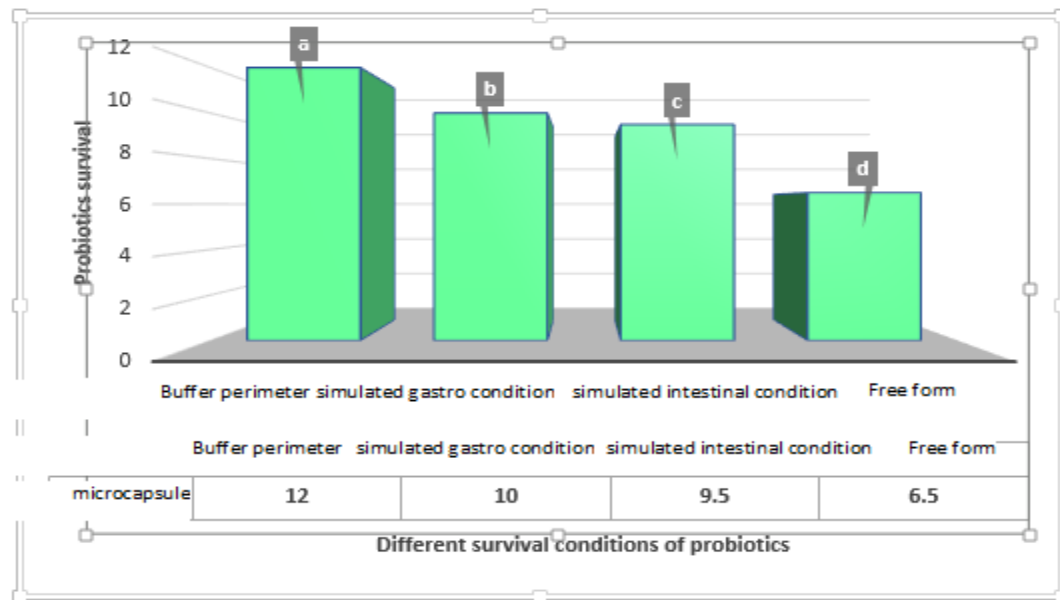


Chart 1. The survival of probiotics in the conditions of the environment with fersaline phosphate, conditions of the stomach, intestines and in free form

مهارکنندگی در سطوح سه درصد چای ماچا در کلیه تیمارها مشاهده شد ($p \leq 0/05$). DPPH یک رادیکال آزاد است که در حضور مواد دارای خواص آنتی اکسیدان و با گرفتن الکترون تغییر رنگ می دهد. تغییر رنگ آن از بنفش به زرد مبنای بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی می باشد. یکی از دلایل مهم مربوط به این امر مربوط به قدرت مهارکنندگی مربوط می شود. به طور کلی فنول ها و پلی فنول ها به طور گسترده در بسیاری از مواد غذایی با منشأ گیاهی یافت می شوند و می توانند اثرات آنتی اکسیدانی بسیار بالایی داشته باشند. مکانیسم

۳-۱-۵- نتایج ارزیابی میزان درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد

نمودار مقایسه میانگین درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد (نمودار ۱) نشان می دهد که اختلافات معنی داری بین تیمارهای با سطوح مختلف چای ماچا از نظر میزان مهارکنندگی رادیکال های آزاد وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان درصد سطوح مورد استفاده چای ماچا درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد در تیمارهای کیک مافین افزایش معنی داری را نشان داد که بالاترین میزان درصد

اکسیدانی خوبی برخوردار بوده و میتواند جایگزین خوبی برای آنتی اکسیدانهای سنتزی باشد. روش DPPH یک روش ساده و سریع و ارزان قیمت برای اندازه گیری ظرفیت آنتی اکسیدانی غذاها است. DPPH یک رادیکال پایدار و به عنوان پذیرنده هیدروژن غیر فعال بوده و به طور وسیعی برای مطالعه خواص آنتی اکسیدانی ترکیبات فعال زیستی (بیواکتیو) جدا شده از عصاره گیاهی به کار می رود. قدرت احیا کنندگی، توانایی الکترون دهنده آنتی اکسیدان را نشان می دهد. چنانچه ترکیبی دارای این ویژگی باشد می تواند باعث کاهش میزان ترکیبات حد واسط اکسیده ساخته شده طی مراحل لیپیدپراکسیداسیون شود. به این ترتیب باعث شکستن زنجیره واکنش می شود و می تواند به عنوان آنتی اکسیدان اولیه و ثانویه عمل کند [۱۷].

عمل فلاونوئیدها برای بروز اثر آنتی اکسیدانی به صورت جمع آوری رادیکال های آزادی مثل سوپر اکسید، آنیون ها، رادیکال های پراکسید چربی و رادیکال های هیدروکسیل می باشد. علاوه بر این توانایی به دام اندازی اکسیژن منفرد و شلاته کردن فلزات را نیز دارند. مدل به دام اندازی رادیکال پایدار DPPH برای ارزیابی توانایی نمونه های مختلف در به دام اندازی رادیکال آزاد مورد استفاده قرار می گیرد. رادیکال DPPH یک رادیکال آزاد پایدار با اتم مرکزی نیتروژن است که با احیا شدن و تولید مولکول پایدار H-DPPH از ارغوانی به زرد تغییر رنگ می دهد. رادیکال DPPH در ۱۱۵ نانومتر جذب دارد اما به محض احیاء توسط یک آنتی اکسیدان، جذب کاهش می یابد. فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه ها به صورت ناپدید شدن رنگ ارغوانی بیان می شود. با توجه به بررسی درصد احیاء، جلبک مورد بررسی از خاصیت آنتی

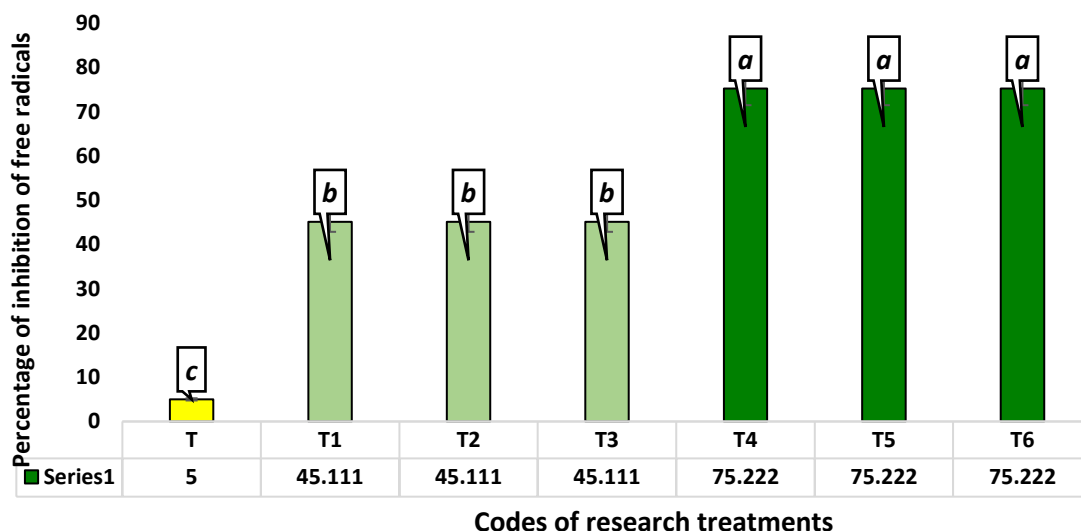


Chart 2. Comparison of the average percentage of inhibition of free radicals of muffin cake treatments

T یک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 یک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۱/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار یک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۳/۰ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار یک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۵/۰ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار یک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۱/۰ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار یک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۳/۰ درصد میکروکپسول پروبیوتیک، T6 تیمار یک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۵/۰ درصد میکروکپسول پروبیوتیک

افزایش می دهد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۴].

۳-۱-۶- ارزیابی شاخص pH کیک مافین

به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین میزان شاخص pH افزایش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). کمترین میزان شاخص pH در سطح صفر درصد چای ماچا و بالاترین آن در سطح سه درصد چای ماچا مشاهده شد ($p \leq 0/05$). نمودار مقایسه میانگین شاخص pH (نمودار ۴-۵) نشان می دهد که اختلافات معنی داری بین تیمارهای با سطوح مختلف چای ماچا از نظر شاخص pH وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان درصد سطوح مورد استفاده چای ماچا، شاخص pH در تیمارهای کیک مافین افزایش معنی داری را نشان داد که بالاترین میزان شاخص pH در سطوح سه درصد چای ماچا در کلیه تیمارها مشاهده شد ($p \leq 0/05$). یکی از دلایل تغییرات شاخص pH به حضور ترکیبات آلکالوئیدی چای ماچا مربوط می شود. چای ماچا از ترکیبات کافئین، تانن، تیوفیلین، تیوبرومین، کاتچین، اپی کاتچین گالات، فلوراید و ویتامین ها تشکیل شده است. pH مربوط به چای ماچا در محدوده ۹ می باشد که این ویژگی بر pH هم تاثیر معنی داری دارد. به طور کلی با افزایش میزان درصد استفاده از چای ماچا در فرمولاسیون کیک مافین میزان pH نهایی کیک مافین نیز افزایش معنی داری نشان داد که در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. Mikołajczak & Sobiechowska (۲۰۱۹) در یک بررسی در استفاده از پودر چای ماچا دریافتند که استفاده از مقادیر مختلف پودر چای ماچا بر روی پف ذرت به نتایج مشابهی رسیدند آن ها دریافتند که میزان شاخص pH تیمارهای پفک ذرت با افزایش میزان پودر چای ماچا به طور معنی داری افزایش می یابد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود. در تحقیق

مطالعات مختلفی برای بررسی اثرات آنتی اکسیدانی چای ماچا وجود دارد بدیهی است که در این تحقیق نیز با افزایش میزان درصد استفاده از چای ماچا میزان ترکیبات فعال زیستی و همچنین آنتی اکسیدان های موجود در آن افزایش معنی داری می یابد. اما از آنجایی که میزان محتوی فنولی تعیین کننده درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد می باشد با افزایش درصد استفاده از چای ماچا درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد به طور معنی داری افزایش می یابد. طبق این مکانیزم، آنتی اکسیدانها با دادن یک اتم هیدروژن به رادیکال آزاد که در آغاز فرآیند اکسیداسیون تشکیل شده از گسترش واکنشهای زنجیره ای بعدی جلوگیری می کنند. از این نظر کارایی و میزان تأثیر یک آنتی اکسیدان به سهولت جدا شدن این اتم هیدروژن از آن بستگی دارد. البته رادیکال آزاد تولید شده از آنتی اکسیدان پس از دادن هیدروژن، باید حتی الامکان خود باعث ایجاد رادیکال آزاد اسید چرب و شروع اکسیداسیون آن نشود و همچنین سریعاً به وسیله اکسیژن اکسید نگردد. به طور کلی در پدیده تقویت کنندگی و یا بروز حالت آنتاگونیستی در صورت وجود مخلوطی از دو آنتی اکسیدان، باید به شکلی این سه ویژگی در جهت مثبت یا منفی تحت تاثیر قرار بگیرند. در این راستا تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. بهرامیان و همکاران (۲۰۱۹) در یک بررسی اثر عصاره چای سبز بر خواص فیزیکوشیمیایی و حسی کیک یزدی بررسی نمودند و دریافتند که استفاده از عصاره چای سبز در فرمولاسیون کیک میزان درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد را افزایش می دهد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۳]. تاجیک و همکاران (۲۰۱۶) اثر اسانس چای سبز و لیموترش بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی کیک روغنی را بررسی نمودند. آن ها دریافتند که استفاده از اسانس چای سبز میزان درصد مهارکنندگی رادیکال های آزاد را به طور معنی داری

معنی داری بر میزان pH تیمارهای کیک مافین نشان نداد که در این راستا نیز می توان نتیجه تحقیق حاضر را با مطالعه محمدی و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تهیه سس مایونز فراویژه با باکتری های پروبیوتیک بررسی نمودند و دریافتند که استفاده از میکروکپسول ها تاثیرات معنی داری بر شاخص pH تیمارهای کیک مافین نشان نداد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۲۰].

دیگری نیز حسینی و همکاران (۱۳۹۸) در یک بررسی تأثیر پوشش ژل آلوه و رای حاوی عصاره چای سبز و سالیسیلیک اسید بر ماندگاری خرمای مضافتی در طی دوره نگهداری دریافتند که استفاده از عصاره چای سبز که میزان شاخص pH تیمارهای خرمای مضافتی با افزایش میزان پودر چای سبز به طور معنی داری افزایش می یابد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۱۲]. همچنین میکروکپسول های پروبیوتیک با اندازه درصد مورد استفاده در هیچ یک از سه سطح تاثیرات

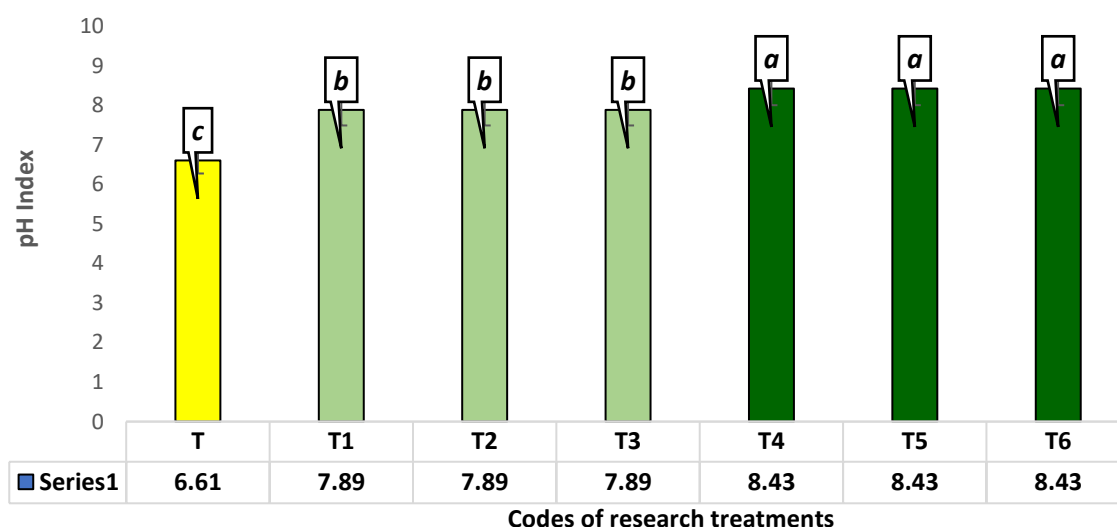


Chart 3. Comparison of the average pH index of muffin cake

T کیک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T6 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک

۳-۱-۷- نتایج ارزیابی درصد رطوبت

داد ($p \leq 0.05$). کمترین میزان درصد رطوبت در سطح صفر درصد چای ماچا و بالاترین آن در سطح سه درصد چای ماچا مشاهده شد ($p \leq 0.05$). نمودار مقایسه میانگین شاخص درصد رطوبت (نمودار ۳) نشان می دهد که اختلافات معنی داری بین تیمارهای با سطوح مختلف چای ماچا از نظر شاخص درصد رطوبت وجود داشت ($p \leq 0.05$). به طور کلی با افزایش

با توجه به نمودار ۳ مشاهده شد که اختلافات معنی داری بین میزان درصد رطوبت در سطوح یک درصد و سه درصد وجود داشت ($p \leq 0.05$). به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین میزان درصد رطوبت افزایش معنی داری را نشان

کیک کمک می کند که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۱۴]. درصد رطوبت تیمارهای کیک به طور معنی داری با افزایش میزان استفاده از پودر چای ماچا افزایش می یابد که به دلیل قابلیت نگهدارندگی آب توسط پودر فیبر چای ماچا می باشد و این مساله می تواند در طی نگهداری به حفظ رطوبت کیک مافین کمک نموده و از میزان سرعت بیات شدن آن نیز تا حدی بکاهد. در این راستا نیز مقالات مشابهی نیز وجود داشت. در یک مطالعه خرمایی پور و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی غنی سازی کیک اسفنجی با پودر پوست لیمو و کاربرد استویا به عنوان جایگزین شکر دریافتند که استفاده از پودر پوست لیمو به دلیل دارا بودن فیبر به حفظ رطوبت تیمارهای کیک کمک می کند که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۱۴].

میزان درصد سطوح مورد استفاده چای ماچا، شاخص درصد رطوبت در تیمارهای کیک مافین افزایش معنی داری را نشان داد که بالاترین میزان شاخص درصد رطوبت در سطوح سه درصد چای ماچا در کلیه تیمارها مشاهده شد ($p \leq 0.05$). درصد رطوبت تیمارهای کیک به طور معنی داری با افزایش میزان استفاده از پودر چای ماچا افزایش می یابد که به دلیل قابلیت نگهدارندگی آب توسط پودر فیبر چای ماچا می باشد و این مساله می تواند در طی نگهداری به حفظ رطوبت کیک مافین کمک نموده و از میزان سرعت بیات شدن آن نیز تا حدی بکاهد. در این راستا نیز مقالات مشابهی نیز وجود داشت. در یک مطالعه خرمایی پور و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی غنی سازی کیک اسفنجی با پودر پوست لیمو و کاربرد استویا به عنوان جایگزین شکر دریافتند که استفاده از پودر پوست لیمو به دلیل دارا بودن فیبر به حفظ رطوبت تیمارهای

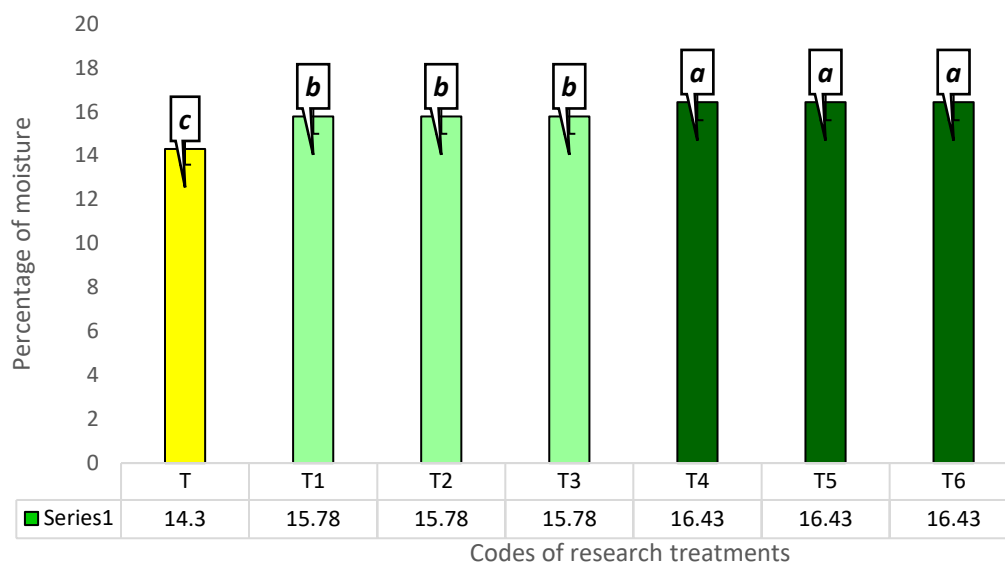


Chart 4. Comparison of the average moisture index of muffin cake

T کیک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول پروبیوتیک، T6 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول پروبیوتیک

۳-۱-۸-رنگ سنجی تیمارهای کیک مافین

به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین میزان شاخص روشنایی (L^*) کاهش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). بالاترین میزان شاخص روشنایی (L^*) در سطح صفر درصد چای ماچا و کمترین آن در سطح سه درصد چای ماچا مشاهده شد ($p \leq 0/05$). نمودار مقایسه میانگین شاخص روشنایی (L^*) (نمودار ۴) نشان می دهد که اختلافات معنی داری بین تیمارهای با سطوح مختلف چای ماچا از نظر شاخص روشنایی (L^*) وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان درصد سطوح مورد استفاده چای ماچا، شاخص روشنایی (L^*) در تیمارهای کیک مافین کاهش معنی داری را نشان داد که کمترین میزان شاخص روشنایی (L^*) در سطوح سه درصد چای ماچا در کلیه تیمارها مشاهده شد ($p \leq 0/05$). با توجه به رنگ تیمارهای چای ماچا می توان چنین تحلیل کرد که با افزایش میزان استفاده از چای ماچا میزان شاخص روشنایی (L^*) کاهش معنی داری را نشان داد که دور از انتظار نبود و طبیعتاً میزان شاخص روشنایی (L^*) در سطح ۰.۵ درصد کمتر از سطح ۰.۳ درصد بود. در این راستا تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. تاجیک و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی اثر اسانس چای سبز و لیموترش بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی کیک روغنی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن ها دریافتند که استفاده از اسانس چای سبز به طور معنی داری بر میزان ترکیبات فنولی در کیک روغنی تاثیر گذار می باشد که با یافته های تحقیق حاضر نیز در توافق بود. به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین

میزان شاخص زردی (b^*) کاهش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). بیشترین میزان شاخص زردی (b^*) در سطح صفر درصد چای ماچا و کمترین آن در سطح سه درصد چای ماچا مشاهده شد ($p \leq 0/05$). نمودار مقایسه میانگین شاخص زردی (b^*) (نمودار ۵) نشان می دهد که اختلافات معنی داری بین تیمارهای با سطوح مختلف چای ماچا از نظر شاخص زردی (b^*) وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان درصد سطوح مورد استفاده چای ماچا، شاخص زردی (b^*) در تیمارهای کیک مافین کاهش معنی داری را نشان داد که کمترین میزان شاخص زردی (b^*) در سطوح سه درصد چای ماچا در کلیه تیمارها مشاهده شد ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان درصد سطوح مورد استفاده چای ماچا، شاخص قرمزی (a^*) در تیمارهای کیک مافین افزایش معنی داری را نشان داد که بالاترین میزان شاخص در سطوح سه درصد چای ماچا در کلیه تیمارها مشاهده شد ($p \leq 0/05$). شاخص قرمزی به سبزی (a^*) می باشد که با افزایش میزان استفاده از چای ماچا رنگ تیمارهای کیک مافین به وضوح به سبزی گراییده و این همسو با افزایش شاخص قرمزی به سبزی (a^*) می باشد و این شاخص زردی به آبی (b^*) را کاهش می دهد. این دو اثرات عکس داشته و با افزایش شاخص قرمزی به سبزی (a^*)، نتیجتاً شاخص زردی به آبی (b^*) را کاهش می دهد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق می باشد. خرمالی و همکاران (۲۰۲۰) در یک بررسی اثر پودر کدو حلوایی و اسفناج بر کیفیت فیزیکی شیمیایی و حسی کیک اسفنجی غنی شده را بررسی نمودند و دریافتند که استفاده از پودر اسفناج به طور معنی داری میزان شاخص قرمزی به سبزی (a^*) را افزایش داد که با یافته های تحقیق حاضر نیز در توافق بود. Koç و همکاران (۲۰۱۹) در یک

افزایش شاخص قرمزی (a^*) بیان نمودند که یافته های تحقیق حاصل در توافق می باشد.

بررسی خصوصیات کیک تهیه شده با پودر اسفناج را بررسی نموده و تغییرات معنی داری را در شاخص رنگ سنجی آن به صورت کاهش شاخص روشنایی (L^*)، زردی (b^*) و

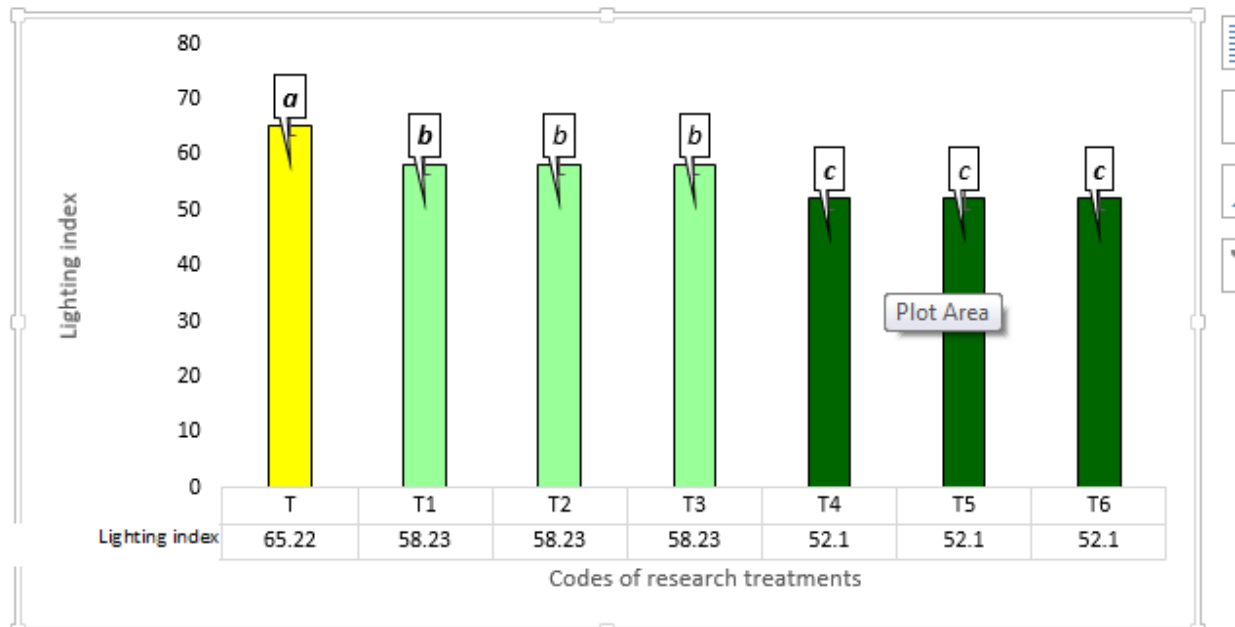


Chart 5. Comparison of the average brightness index (L^*) of muffin cake

T کیک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T6 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک

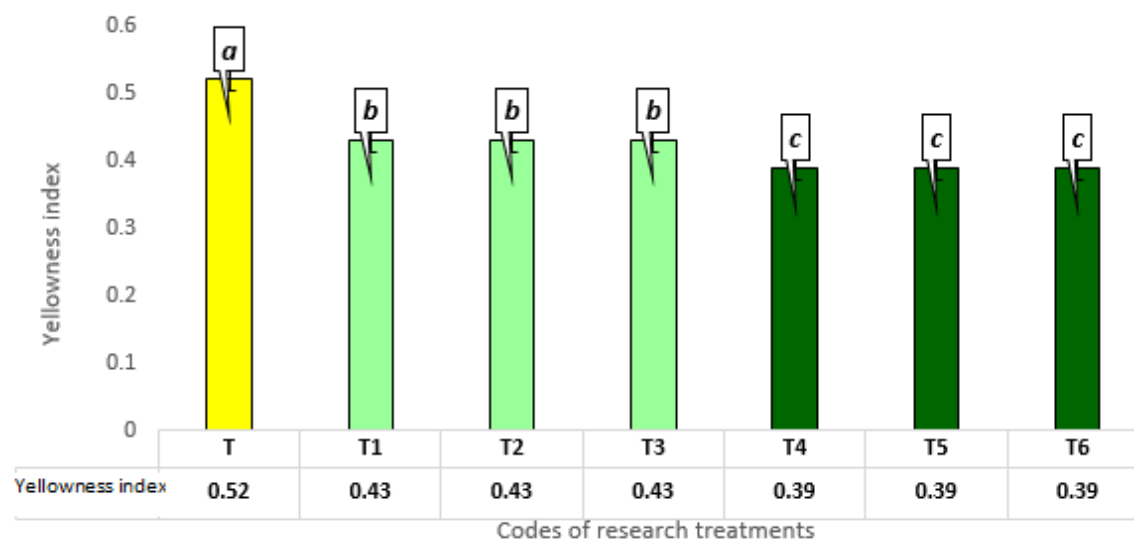


Chart 6. Comparison of the mean index of yellowness index (b*) of muffin cake

T کیک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۱/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۵/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۳/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۱/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۳/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T6 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۵/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک

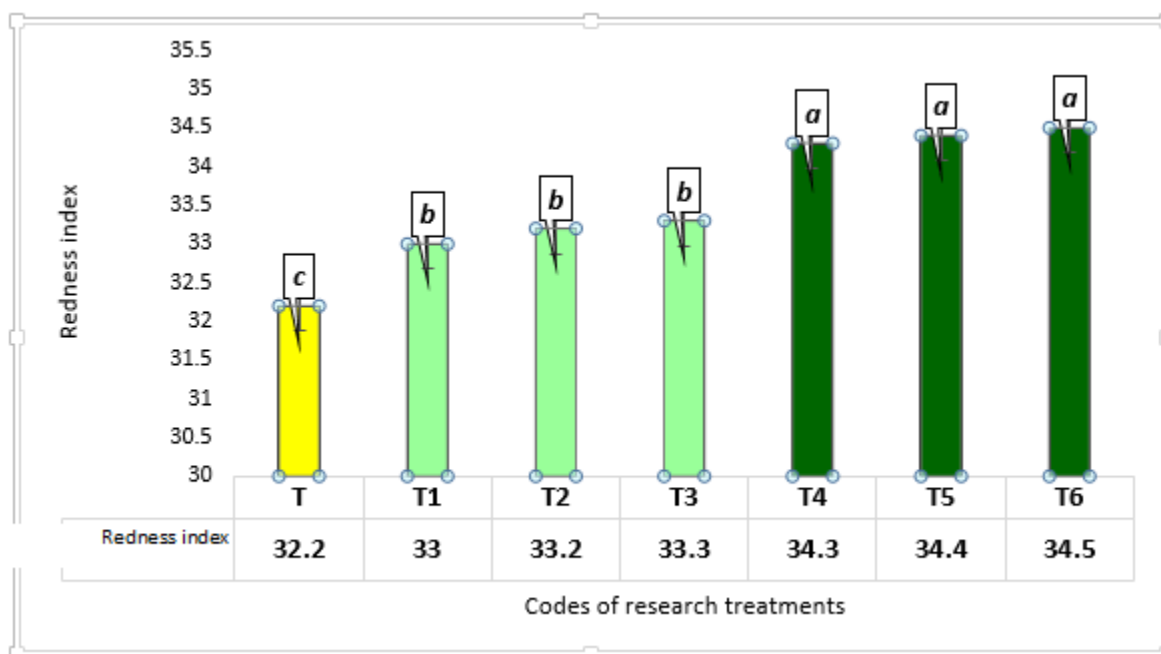


Chart 7. Comparison of average redness index (a*) of muffin cake

T کیک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول پروبیوتیک، T6 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول پروبیوتیک

۳-۱-۹- نتایج ارزیابی شاخص سختی

نمودار مقایسه میانگین سختی بافت (نمودار ۷) نشان می دهد که اختلافات معنی داری بین امتیازات سختی بافت در تیمارهای با سطوح مختلف چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان درصد سطوح مورد استفاده چای ماچا و استفاده از میکروکپسول های پروبیوتیک، شاخص سختی بافت در تیمارهای کیک مافین کاهش معنی داری را نشان داد که کمترین میزان سختی بافت در سطوح سه درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد استفاده از میکروکپسول های پروبیوتیک در کلیه تیمارها مشاهده شد ($p \leq 0/05$). به نظر می رسد که کاهش میزان قدرت شبکه گلوآنی در تیمارهای کیک مافین با افزایش میزان استفاده از چای ماچا به طور معنی داری میزان شاخص

سختی تیمارهای کیک مافین را کاهش داد که در بخش های قبل نیز بدان اشاره شده بود از طرف دیگر با افزایش میزان فعالیت آبی و ایجاد ژلاسیون ناشی از آلژینات و نشاسته ذرت و همچنین حضور ترکیبات تاننی در تیمارهای کیک مافین در میزان ۰/۵ درصد استفاده میزان شاخص سختی تیمارهای کیک مافین کاهش معنی داری را نشان داد که میزان این تغییرات در ۱ درصد ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک محسوس و معنی دار نبود که در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. رحیمی نژاد و عزیز نژاد (۲۰۱۶) در بررسی اثر اینولین و پودر چای سبز در فرمولاسیون ماکارونی نشان داد که افزایش میزان پودر چای سبز در مقادیر بالای دو درصد میزان استحکام تیمارهای ماکارونی را کاهش داد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۱۰].

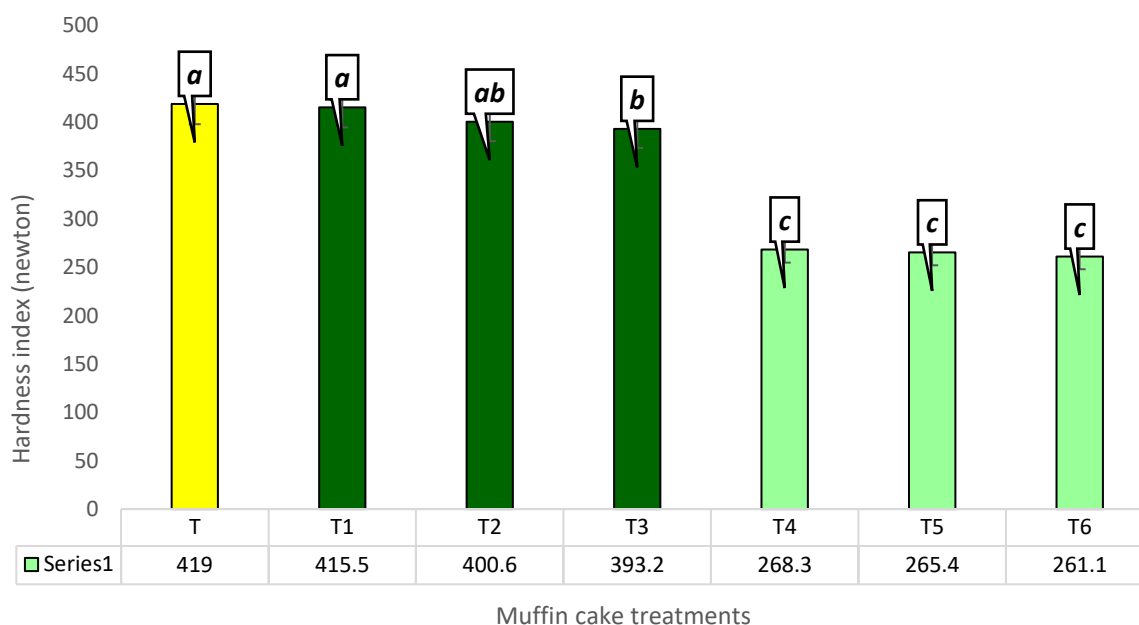


Chart 8. Comparison of the average hardness index of muffin cake texture

T کیک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۱/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۱/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۱/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۱/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۱/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T6 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۱/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک

میزان سه درصد استفاده از چای ماچا، به دلیل حساسیت بالای باکتری های پروبیوتیک به شرایط قلیایی می تواند باعث کاهش بقای این ترکیبات شود. در انتهای دوره ۴۵ روزه نگهداری در ۴ درجه سانتی گراد، حدود ۱-۱/۵ سیکل لگاریتمی کاهش در تعداد سلول های پروبیوتیکی، تحت شرایط و عوامل نامساعد برای رشد آن ها که در محصول و یا در طی فرآیند و تولید محصول وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که نمونه تیمار دارای باکتری های پروبیوتیک ۱/۳ درصد نسبت به نمونه تیمار باکتری های پروبیوتیک ۱/۵ درصد دارای تعداد سلول های پروبیوتیک بالاتری بود که ارتباط مستقیمی با تعداد سلول های اولیه به کار رفته در کپسولاسیون و همچنین تعداد سلول های به دام افتاده در درون کپسول ها نشان داد. همچنین در مقادیر باکتری های پروبیوتیک با ۱/۵ درصد به دلیل این که درصد به دام اندازی

۳-۱-۱- ارزیابی بقای باکتری های پروبیوتیک در

تیمارهای کیک مافین

با توجه به نمودار ۸ مشاهده شد که تاثیر سطوح مختلف چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک و همچنین اثرات متقابل سطوح مختلف چای ماچا x سطوح جمعیت پروبیوتیک بر میزان سختی بافت در تیمارهای کیک معنی دار بود ($p \leq 0.05$). چای ماچا به دلیل دارا بودن ترکیبات آنتی اکسیدانی به دلیل این که از حضور باکتری های مضر ممانعت می کند می تواند باعث افزایش بقای باکتری های پروبیوتیک مانند لاکتوباسیلوس پلانٹاروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدویوم شود. اما در درصد های بالای چای ماچا به دلیل تلخی تانن و ترکیبات گلیکوزیدی میزان فعالیت باکتری پروبیوتیک شود. از طرفی دیگر با کاهش میزان اسیدیته در فرمولاسیون کیک مافین در

غیرقابل حل در آب که توسط روش امولسیون و یا اینکه از طریق خشک کردن پاششی تهیه و ریزپوشانی شدند. با استفاده از چربی شیر و یاپروتئین های آب پنیر دناتوره شده، به عنوان مواد غیر متحرک کننده، توزیع سلول های تازه در پروتئین سرم شیر دناتوره شده حرارتی که به دنبال آن اسپری درآینگ صورت گرفت، روشی با حداقل تخریب می باشد. بقاء بیفیدوباکتریوم لانگوم در طول تخمیر و انبارمانی ماست توسط انکپسولاسیون با یک کاهش زیست پذیری محدود تا ۲/۵ سیکل لگاریتمی در مقایسه با ۵/۱ سیکل لگاریتمی در مورد سلول های آزاد بعد از چهار هفته در ۴ درجه سانتی، افزایش یافت. در تحقیقی که توسط *Gbassi et al., 2009* بر روی ریزکپسول دار کردن لاکتوباسیلوس پلاتناروم در زمینه آلژینات که با پروتئین های آب پنیر پوشش یافت، سلول های تهیه شده به روش انجماد خشک به محلول آلژینات سدیم ۲ درصد تلقیح شد. این سوسپانسیون از طریق سرنگ استریل در ۱۰۰ میلی لیتر از کلرید کلسیم ۰/۱ مولار چکانده شد که باعث سخت شدن قطره ها به اشکال کروی گردید. سپس میکروکپسول های تهیه شده، جداسازی شد و از طریق سرنگ به محلول پروتئین های آب پنیر با غلظت ۲ درصد اضافه شدند (از روش اکستروژن برای کپسوله کردن و پوشش دهی استفاده شد). نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری ($P < 0/05$) بین بقاء سلول در میکروکپسول های پوشش دار و فاقد پوشش برای تمام نژادها مشاهده شد و نیز نشان داد که پوشش دار کردن با آب پنیر به میزان زیادی بقاء باکتری ها در بیدهای^۱ آلژینات را بهبود بخشید. در مطالعه *et al., 2000* Cui بقای بیفیدوباکتریوم به دام افتاده در پلی ال لیزین در شرایط اسیدی و مایع روده ای چشمگیر بود. *Picot et al., 2004* ریزپوشانی بیفیدوباکتریوم را در میکروکپسول های بر پایه پروتئین آب پنیر و زنده مانی آن را در ماست مورد بررسی

باکتری های پروبیوتیک در مقادیر پایین تری نسبت به تیمار کیک مافین با مقدار باکتری های پروبیوتیک با ۰/۳ درصد بود که در بخش های قبلی نیز گزارش شده است بنابراین با توجه به پایین تر بودن درصد سلول های اولیه به دام افتاده از ابتدا در فرمولاسیون در انتهای روز ۴۵ نگهداری، نیز انتظار می رفت که میزان بقای پروبیوتیک در انتهای روز ۴۵ ام نگهداری نیز کمتر باشد. به طور کلی بیشترین بقای پروبیوتیکی در انتهای روز ۴۵ نگهداری در تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد باکتری پروبیوتیک تعلق داشت. سلول های کپسوله شده به زمان بیشتری نیاز دارند تا یک چرخه (سیکل) لگاریتمی در تعداد سلول های با قابلیت زیست پذیری آن ها کاهش صورت گیرد. کپسولاسیون به دلیل حفاظت از شرایط اسیدی و تنش های محیطی نیز بر میزان زنده مانی باکتری های پروبیوتیک موثر است که در نمودار ۷ نیز تایید می شود بقای مخلوط باکتری های پروبیوتیک در این تحقیق در شرایط معده و روده کمتر از شرایط بافری می باشد. نتایج تحقیقات نعیمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز با یافته های تحقیق نیز مطابقت داشت، آن ها دریافته اند که کپسولاسیون پروبیوتیک ها باعث افزایش مقاومت آن ها در برابر آسیب ناشی از انجماد در فریزر ۱۸- و افزایش مدت زمان زنده مانی باکتری های پروبیوتیک کپسوله در آلژینات داشت [۱۳]. بین تیمارهای A, B, C و کنترل های A, B, C نیز اختلاف معنی داری وجود داشت. نمونه کنترل C نیز با افت pH آب پرتقال در روزهای بیست و بیست و پنجم شرایط محیطی برای فعالیت بیفیدوباکتریوم لانگوم نامساعد و رقابتی شده و افت معنی داری در میزان جمعیت پروبیوتیک مشاهده می شود ($P < 0/05$). طبق تحقیقی که *Picot & Lacroix (2003)* انجام دادند، بیفیدوباکتریوم بروی و بیفیدوباکتریوم لانگوم به صورت خشک شده انجمادی یا کشت های تازه در میکروکپسول های

می شود که عموماً به جهت افزایش ظرفیت بافری پلیمرها و کاهش فعالیت اسیدی می باشد [۲۷]. عوامل مختلفی بر روی رشد بیفیدوباکتریوم لانگوم تاثیرگذار است. مطالعات نشان داد که رشد و تکثیر بیفیدوباکتریوم لانگوم در مقایسه با لاکتوباسیلوس /سیدوفیلوس و سایر باکتری اسید لاکتیکی پایین تر است. این مسئله می تواند نتیجه حساسیت به اکسیژن، دمای نگهداری، اسیدیته بالا، pH پایین و نیاز به مکمل های رشد باشد. اسیدیته بالا و pH پایین محصولات پروبیوتیک مهمترین فاکتورها در کاهش قابلیت زنده مانی پروبیوتیک ها در چنین محصولاتی می باشد. بنابراین در شیرپس چرخ، پنیر و ماست قابلیت زنده مانی پروبیوتیک ها ده برابر بیشتر از محصولات تخمیری می باشد [۲۶]. نتایج بررسی های خسروی زنجانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که دمای نگهداری ۴ درجه سانتی گراد تاثیر معنی داری بر افزایش زنده مانی در بیفیدوباکتریوم ها مورد آزمایش داشت ($P < 0.05$). بررسی ماندگاری در دمای ۴ درجه سانتی گراد جهت بررسی متغیر دمای نگهداری و ارزیابی اثر دما بر روی زنده مانی پروبیوتیک های صورت گرفته توسط آن ها نشان داد که پروبیوتیک های ریزپوشانی شده، در دمای نگهداری ۴ درجه سانتی گراد به زمان طولانی تری برای کاهش یک سیکل لگاریتمی نیاز دارند. عوامل رشد، ترکیباتی هستند که توسط باکتری ها به طور مستقیم مورد تغذیه قرار گرفته و منابع انرژی همچنین ترکیباتی هستند که منجر به تحریک رشد میکروارگانیسم های زنده می شوند. برای مثال اگر ترکیب رشد بهتری با تغییر قابلیت محیطی داشته باشد، آن می تواند به عنوان محرک رشد تلقی شود نه عامل رشد [۲۸].

قرار دادند. در این پژوهش باکتری *B.breve* R070 و *B.Longum* R023 با روش امولسیون و خشک کردن افشانی در پروتئین آب پنیر دناتورده شده به عنوان ماده غیر متحرک ساز ریزپوشانی شده بودند. میزان بقای *B.breve* R070 ریزپوشانی شده نسبت به سلول های آزاد در طی ۲۸ روز ذخیره سازی در شرایط معدی-روده ای ۲/۷ سیکل لگاریتمی بود که این مقدار بسیار بالا و قابل توجه بود. نتایج تحقیقات Nualkaekul et al., 2012 در بررسی بیدهای آلژینات پوشش یافته با کیتوزان برای زنده مانی لاکتوباسیلوس پلانتروم در آب انار نیز نشان داد که غلظت سلولی در آب انار بعد از شش هفته نگهداری بیشتر از ۵/۵ CFU/ml سیکل لگاریتمی برای بیدهای تنها و پوشش داده بود در حالی که در مورد سلول های آزاد و پوشش داده نشده چهار هفته بعد از نگهداری بود که با نتایج تحقیق ما نیز مطابقت داشت. افزایش محافظت به وسیله پوشش کیتوزان با افزایش pH آبمیوه و در مورد بیدهای پوشش یافته همان گونه که pH بیدهای آلژینات تنها و پوشش داده شده به ترتیب از ۳/۲ به ۳/۶ و ۳/۴ افزایش نشان دادند، ارتباط داد. افزایش pH عمدتاً به این خاطر اتفاق می افتد که کیتوزان در اسیدهای آلی مختلف مانند اسید سیتریک، مالیک و سوکسینیک محلول است که همگی در آب پرتقال یافت می شود [۲۵]. افزایش مقاومت در مورد بیدهای پوشش یافته تنها و دوگانه با بیدهای پوشش نیافته به جهت افزایش توانایی ماتریکس پلی الکترولیت به ترکیبات بافر اسیدی به بیدها و همچنین افزایش توانایی تشکیل ژل پلی ساکارییدی توجیه می شود. استفاده از آلژینات و ایزوله آب پنیر در فرمولاسیون کپسول ها نیز در این تحقیق باعث افزایش محافظت سلولی

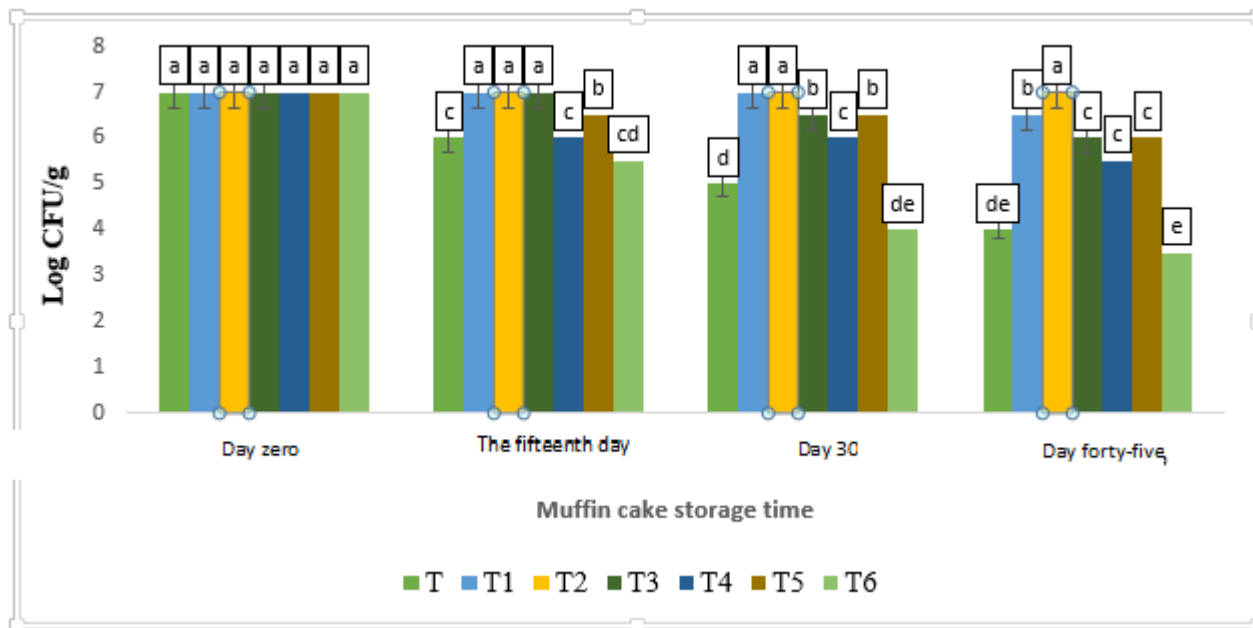


Chart 9. Comparison of the average survival index of probiotic bacteria of Muffin cake

T یک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 یک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار یک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار یک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار یک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار یک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول پروبیوتیک، T6 تیمار یک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول پروبیوتیک

های پروبیوتیک وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک در فرمولاسیون تیمارهای یک مافین میزان مطلوبیت حسی رنگ ظاهری کاهش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). بالاترین میزان مطلوبیت حسی رنگ ظاهری در سطح صفر درصد چای ماچا و کمترین آن در سطح سه درصد چای ماچا و کمترین مشاهده شد ($p \leq 0/05$). با توجه به نمودار ۸ که اختلافات معنی داری بین میزان مطلوبیت حسی شکل ظاهری در سطوح یک درصد و سه درصد چای ماچا و سطوح ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد باکتری های پروبیوتیک وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک در فرمولاسیون تیمارهای یک

نتایج بررسی ها نشان داده است که افزودن ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند گالات ها به محصولات غذایی تخمیری پروبیوتیک باعث تقویت رشد برخی باکتری ها می شود. رهایی و همکاران (۲۰۱۹) اثر عصاره مارچوبه و عصاره چای سبز بر زنده مانی باکتری های پروبیوتیک، فعالیت آنتی اکسیدانی و ویژگی های حسی کفیر را بررسی نمودند. آن ها دریافتند که عصاره چای سبز میزان بقای باکتری های پروبیوتیک تیمارهای کفیر را به طور معنی داری کاهش داد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود.

۳-۱-۱۱- ارزیابی ویژگی های حسی

با توجه به نمودار ۸ مشاهده شد که اختلافات معنی داری بین میزان مطلوبیت حسی رنگ ظاهری در سطوح یک درصد و سه درصد چای ماچا و سطوح ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد باکتری

صفر درصد چای ماچا و کمترین آن در سطح سه درصد چای ماچا و کمترین مشاهده شد ($p \leq 0/05$). با توجه به حضور ترکیبات تاننی در فرمولاسیون چای ماچا به نظر می رسد که افزایش میزان درصد استفاده از چای ماچا در میزان ۳ درصد به طور معنی داری میزان مطلوبیت طعم تیمارهای کیک مافین را کاهش داده و تا حدودی مزه تلخی را به تیمارهای کیک مافین القاء نماید که در نتیجه میزان مطلوبیت طعم تیمارهای کیک مافین به طور معنی داری کاهش می یابد که در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. رهایی و همکاران (۲۰۱۹) اثر عصاره مارچوبه و عصاره چای سبز بر زنده مانی باکتری های پروبیوتیک، فعالیت آنتی اکسیدانی و ویژگی های حسی کفیر را بررسی نمودند. آن ها دریافتند که عصاره چای سبز در مقادیر بالای استفاده مطلوبیت طعم تیمارهای کفیر را به طور معنی داری کاهش داد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۹]. قنبری و همکاران (۲۰۲۰) اثر عصاره هیدروالکلی چای سبز بر خواص رئولوژیکی خمیر و بیاتی نان بربری را بررسی نمودند. آن ها دریافتند که استفاده از عصاره چای سبز در مقادیر بالا می تواند میزان مطلوبیت حسی طعم تیمارهای نان را کاهش دهد که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود. استفاده از میکروکپسول های پروبیوتیک نیز در مقادیر ۰/۱ و ۰/۳ اثرات نامطلوبی بر روی مطلوبیت طعم تیمارهای کیک مافین ایجاد نکرد اما در مقادیر ۰/۵ می تواند تا حدودی پس مزه تلخی ایجاد نماید و از طرفی به دلیل افزایش ژلاسیون آلژینات با افزایش میزان غلظت آن و همچنین نشاسته ذرت میزان مطلوبیت طعم نیز تا حدودی ته تاثیر قرار گیرد اما در مقادیر ۰/۱ و ۰/۳ درصد حضور میکروکپسول های آلژینات از طعم نامطلوب باکتری ها در کیک مافین ممانعت کرده اما در مقدار ۰/۵ درصد به دلیل افزایش درصد رهایش و به دام اندازی باکتری های پروبیوتیک میزان مطلوبیت طعم تحت تاثیر قرار گرفت. در این راستا نیز تحقیقات مشابهی نیز وجود داشت. خیرخواهان و همکاران

مافین میزان مطلوبیت حسی شکل ظاهری کاهش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). بالاترین میزان مطلوبیت حسی شکل ظاهری در سطح صفر درصد چای ماچا و کمترین آن در سطح سه درصد چای ماچا و کمترین مشاهده شد ($p \leq 0/05$). به دلیل تغییرات شبکه گلوتهی در مقادیر بالای استفاده از میکروکپسول های پروبیوتیک و چای ماچا و تضعیف آن و همچنین کاهش درصد حجم مخصوص مطلوبیت شکل ظاهری نیز می تواند تحت تاثیر قرار بگیرد که در نتایج مطلوبیت حسی بافت نیز چنین نتایجی تایید می شود. Mikołajczak و همکاران (۲۰۱۹) اثر پودر چای ماچای سبز را در سطوح مختلف بر روی کیفیت پفک ذرت بررسی نمودند. در این تحقیق پفک ذرت با مقادیر صفر، ۱، ۲ و ۵ درصد پودر چای ماچا که با روش اکستروژن تحت شرایط آزمایشگاهی به دست آمده بود تولید شدند. آن ها نیز در بررسی نتایج حسی نیز اذعان داشتند که شکل ظاهری تیمارهای پفک در مقادیر بالای چای ماچا تحت تاثیر قرار گرفته و از مطلوبیت آن کاسته می شود که با یافته های تحقیق حاضر مطابقت داشت. به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین میزان مطلوبیت حسی بافت کاهش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). بالاترین میزان مطلوبیت حسی بافت در سطح صفر درصد چای ماچا و کمترین آن در سطح سه درصد چای ماچا و کمترین مشاهده شد ($p \leq 0/05$). با توجه به نمودار ۸ که اختلافات معنی داری بین میزان مطلوبیت حسی طعم در سطوح یک درصد و سه درصد چای ماچا و سطوح ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد باکتری های پروبیوتیک وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین میزان مطلوبیت حسی طعم کاهش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). بالاترین میزان مطلوبیت حسی طعم در سطح

های پروبیوتیک وجود داشت ($p \leq 0/05$). به طور کلی با افزایش میزان سطوح مورد استفاده از چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک در فرمولاسیون تیمارهای کیک مافین میزان مطلوبیت حسی پذیرش کلی کاهش معنی داری را نشان داد ($p \leq 0/05$). بالاترین میزان مطلوبیت حسی پذیرش کلی در سطح صفر درصد چای ماچا و کمترین آن در سطح سه درصد چای ماچا و کمترین مشاهده شد ($p \leq 0/05$).

(۲۰۱۶) در بررسی امکان سنجی تولید شکلات پروبیوتیک حاوی باکتری بیبید و باکتریوم بروی ریزپوشانی شده با آلژینات کلسیم و نشاسته مقاوم ذرت به روش امولسیون به نتایج مشابهی دست یافتند که با یافته های تحقیق حاضر در توافق بود [۱۶]. مشاهده شد که اختلافات معنی داری بین میزان مطلوبیت حسی پذیرش کلی در سطوح یک درصد و سه درصد چای ماچا و سطوح ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد باکتری

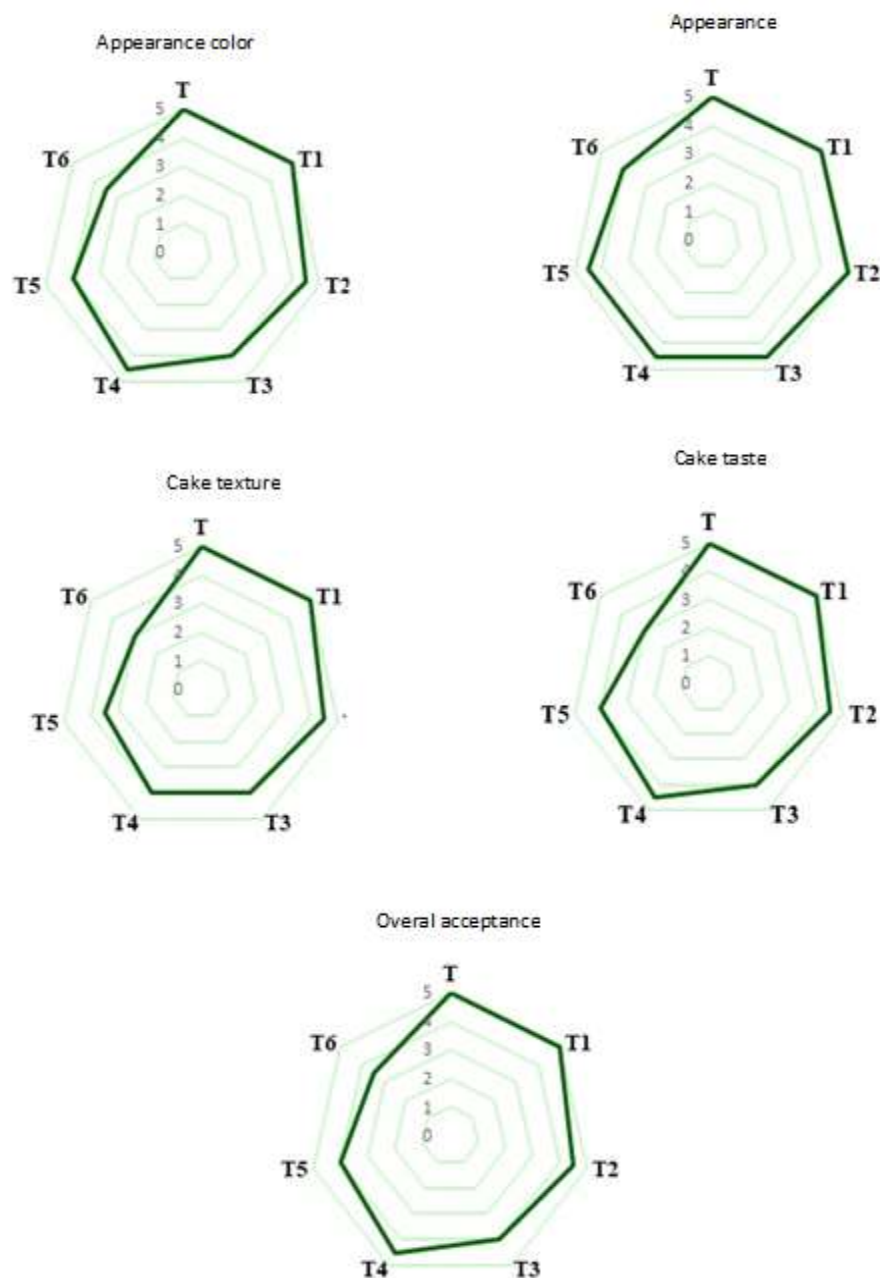


Chart 10. Comparison of the average sensory index of muffin cake treatments

T کیک مافین شاهد (فاقد چای ماچا و میکروکپسول های پروبیوتیک)، T1 کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T2 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T3 تیمار کیک مافین با ۱ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T4 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۱ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T5 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۳ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک، T6 تیمار کیک مافین با ۳ درصد چای ماچا و ۰/۵ درصد میکروکپسول های پروبیوتیک

۴- نتیجه گیری کلی

با توجه به اثرات شناخته شده ترکیبات فراسودمند و آنتی اکسیدان در میزان بقای باکتری های پروبیوتیک تحقیق حاضر طراحی شد. نتایج بررسی به طور خلاصه نشان داد که استفاده از چای ماچا در مقادیر ۱ درصد به همراه میکروکپسول های پروبیوتیک به میزان ۰/۳ درصد می تواند ضمن استفاده از خواص ارزشمند چای ماچا در تولید محصول فراسودمند و آنتی اکسیدان به بقای باکتری های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس پلانتروم و بیفیدوباکتریوم بیفیدیوم کمک نموده و میکروکپسولاسیون در مقایسه با فرم آزاد، حفظ و ماندگاری آن ها را افزایش دهد.

تأمین مالی

نویسنده اعلام می کند که هیچ بودجه ای دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

تمام فعالیت ها توسط نویسنده انجام شده است.

منافع رقابتی

نویسنده تأیید می کند که هیچگونه تضاد منافع مالی یا منافع رقابتی در این مطالعه ندارد.

۵- منابع

- [1] Akbari S., Suleimanzad S., Sheikh Zainuddin M. 2013. Investigating the effect of microcoating on the survival of *Lactobacillus casei* ATCC39392 bacteria under osmotic pressure caused by sugar in simulated conditions in probiotic dairy desserts, the first national conference on snacks, Mashhad.
- [2] Akbar Beglu Z, Prophet Doost S.H., Nikjo R. 2014. A review on microencapsulation of bioactive compounds and its methods, 23rd National Congress of Food Science and Industry of Iran, Islamic Azad University, Qochan Branch
- [3] Bahramian A, Latifi Z, Ebadi M, Ghafouri Z, Mehrnoshad Ebrahimi Voldani Z. 2019. Investigating the effect of green tea extract on the physicochemical and sensory properties of Yazdi cake, Food Sciences and Industries, 104, 17. 27-39.
- [4] Tajik Z, Natghi L, Baranji S. 2016. Investigating the effect of green tea and lemon essential oil on the physicochemical, microbial and sensory characteristics of oil cake, Journal of Food Industry Research, Volume 72, 3, 663-675.
- [5] Iran Standard and Industrial Research Institute. 2015. Cake features and test methods. National Cake Standard No. 2553, 2.
- [6] Sohrab Vandi S, Malganji S, Ivani MJ, Khosravi Darani K. 2013. Investigating the viability of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* during refrigerated storage in beer, 7, 5, 87-95.
- [7] Soltani Lak A.A. and Marhamatizadeh M.H. 2020. *Lactobacillus reuteri* probiotic bacteria coating using soy protein isolate, whey and inulin and its survival during the storage period and simulated conditions of the digestive system, Iranian Journal of Food Science and Technology, 110, V 18, 77 -69.
- [8] Rezaei Makram R., Mortazavi S.A., Habibi Najafi M.B., Shahidi F., Khemiri M. 2017. The effect of calcium alginate microencapsulation on the viability of *Lactobacillus acidophilus* PTCC 1643 in simulated conditions of human stomach and intestine, Quarterly Journal of Food Science and Industry, 7 2, 51-60.
- [8] Rahai, M., Pourahmad, R., and Khurshidpour, B. 23019. The effect of asparagus extract and green tea extract on the survival of probiotic bacteria, antioxidant activity and sensory characteristics of kefir. Iran Food Sciences and Industries, 17(109), 43-54.
- [9] Rahiminejad F and Azizi M.H. Investigating the effect of replacing inulin and green tea powder on the physicochemical, textural and sensory factors of pasta, Food Sciences and Industries, 68, 14, 155-147.
- [10] Hissari, J., Moradi M., Fathi Achacheloi B. 2014. Evaluation of the possibility of producing probiotic red grape juice using *Lactobacillus casei* 431 and *Lactobacillus acidophilus* La-5, Journal of Food Industry Research, 25, 4, 666-655.
- [11] Hosseini F.S., Akhwan H.R., Belwardi M., Bagheri P., Pakzad Moghadam M. 2018. The effect of aloe vera gel coating containing green tea extract and salicylic acid on shelf life of Mozafati dates during the storage period, Food Sciences and Industries, 88, 16, 47-60.
- [12] Khosravi Zanjani AM, Ghiashi Tarzi B, Sharifan A, Bakhoda H, Mohammadi N. 2012. The effect of microcoating with calcium alginate and resistant corn starch on the survival of *Lactobacillus casei* and sensory characteristics in cake brain cream. Journal of Nutrition Sciences and Food Industry, 8th year, 1st issue, 48-39.

- [13] Khormaipour M., Vazirizadeh L. and Mohebi G.H. 2018. Enrichment of sponge cake with lemon peel powder and the use of stevia as a substitute for sugar, *Science and Food Industries* 88, 16, 135-145.
- [14] Kharmali F, Hosseini Qaboos S.H, Fadavi A. 2021. Investigating the effect of pumpkin and spinach powder on the physical, chemical and sensory quality of enriched sponge cake, *food industry researches (agricultural knowledge)*, 3, 31, 133-150.
- [15] Khairkahan, N., and Ahri, H., and Asadi, G. (2016). Feasibility of producing probiotic chocolate containing *Bifidobacterium* berry microcoated with calcium alginate and resistant corn starch by emulsion method and checking its viability. *Veterinary Microbiology (Garmsar Veterinary Research Journal)*, 13(2 (series 35)), 57-73.
- [16] Feridouni H, Hossein Mardi F, Mahdikhani SH. 2016. The effect of adding green tea and stevia extract to Kombuja drink on its physicochemical and antioxidant properties, *Journal of Food Science and Technology*, 4, 18, 333-347.
- [17] Toloui H., Aref Hosseini S.R., Hashemi Tolon S.H., Sadat Ejtehd H. 2013. The effect of probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* on the levels of vitamin B2 and B3 in yogurt by high-performance liquid chromatography during the refrigeration period, *Food Science and Nutrition*, 11, 1, 15-20.
- [18] Milani, A., Naimi, H., and Mortazavi, S., and Kochaki, A. 2011. The effect of simulated conditions of the stomach and intestines on the survival of microencapsulated probiotic bacteria *Lactobacillus casei* in Masti Synbiotic ice cream. *Iran Food Science and Industry Research*, 8(2), 190-199.
- [19] Mohammadi, N., Fahim Danesh, M., and Ahri, H., and Khosravi Zanjani, M. 2013. Production of ultra-special mayonnaise from the inoculation of probiotic bacteria coated with alginate and resistant corn starch. *Food Science and Nutrition*, 11(2 (series 42)), 73-80.
- [20] Najafi Z, Mohed S, Ahmadi Chenarban H. 2018. The effect of replacing orange fiber with oil and egg on the physico-chemical and organoleptic properties of muffins. *Journal of Iranian Food Science and Industry Research*, 13, 4, 458-468.
- [21] Nouri, N., Nohaddoost, B., Gandami Nasrabadi, H., and Akhundzadeh Basti, A. 2016. Studying the effect of nanoencapsulation of green tea extract on the survival of *Lactobacillus casei* and *Bifidobacterium lactis* in symbiotic ice cream. *Veterinary Research Journal (Tehran University)*, 72(2), 195-205.
- [22] Khosravi Zanjani MA, Ghiashi Tarzi B, Sharifan A, Bakhoda H, Mohammadi N. 2012. The effect of microcoating with calcium alginate and resistant corn starch on the survival of *Lactobacillus casei* and its sensory characteristics in cake brain worm, *Iranian Journal of Nutrition and Food Industry*, 8,1, 48-39.
- [24] Roshni S. and Naqipour S. 2017. Investigating textural, visual and sensory characteristics of cupcakes containing flour Chestnut and sodium stearoyl-2-lactylate, *Food Science and Industry*, number seventy-nine, fifteenth period, 111-120.
- [25] Ghasemi S. and Mahdian A. 2017. Evaluation of prebiotic effects of fibers obtained from pineapple, pomegranate and wheat wastes in synbiotic yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus* La-5, *Iranian Journal of Nutritional Sciences and Food Industries*, 13th year, 4, 89-96.
- [26] Abqari A., Sheikh Zainul Abidin M., Sulaimanianzad S., Dokhani S. 2017. Evaluation of the survival of *Lactobacillus acidophilus* in a non-fermented ice cream. 18th Congress of Food Science and Industry, Holy Mashhad.
- [27] Khan Begi Dogahe M, Tawfiqi A, Khosravi Darani K, Dadgarm, Mortazavian SA. M., Ahmadi N. 2013. The effect of pomegranate peel extract on the survival of probiotic bacteria in pomegranate juice. *Scientific-research quarterly of nutrition science and food industry* 7, 5, 17-24.
- [28] Khakpour A.R., Khandan Mustaf A.R., Khosh-Sekhre M.R., Khoshnavis A.R. 2014. The use of probiotics and prebiotics in the food industry to increase the health of the body, the 23rd National Congress of Food Sciences and Industries of Iran.
- [29] Mortazavian, A. M. and Sohrab Vand, S. 2016, a review of probiotics and probiotic food products, *Eta Publications*, Tehran.
- [30] Mazaheri Tehrani M, Yaganehzad S, Reofi N. 2018. Investigating the effect of different ratios of whole soybean flour as fat substitutes and grinding time on textural, rheological and sensory characteristics of milk chocolate. *Iran Food Science and Industry Research*, 7(4): 262-255.
- [31] Mahdian A., Karajian R. Investigating the effect of the microcoating process in calcium alginate bed and adding fiber from sugar beet pulp on the viability of *Lactobacillus casei* LC-01 and the quality characteristics of probiotic yogurt, 7, 3,25, 57-67.
- [32] Moghadas Kia A, Darшти A, Qasimpour Z, Ehsani A. 2017. The effects of adding sodium caseinate and the microencapsulation process of *Lactobacillus*

acidophilus strain and investigating the quality characteristics of probiotic yogurt during storage, Food Sciences and Industries 78, 15, 55-69.

[33]. Yousefi L. 2013. Probiotics in food industry, Mehral Nabi Publications, 90.



Scientific Research

Effects of tea matcha on the viability of *Lactobacillus plantarum* and *bifidobacterium bifidum* in free form and capsules in the formulation of cake muffin

Hosna Ezzati ¹, Mohammad Hossein Azizi ^{2*}, Seyed Ebrahim Hosseini³

1-MSc Student in Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

2- Professor Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Associate professor of Food Science and Technology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|---|--|
| <p>Article History:</p> <p>Received: 2024/12/16</p> <p>Review: 2025/12/11</p> <p>Accepted: 2026/01/26</p> <hr/> <p>Keywords:</p> <p><i>Lactobacillus plantarum</i>, <i>Bifidobacterium bifidum</i>, microcapsules, probiotics, matcha tea, muffin cake</p> <hr/> <p>DOI: 10.48311/fsct.2026.83940.0</p> <hr/> <p>*Corresponding Author E- azizit_m@modares.ac.ir</p> | <p>Probiotics are living microorganisms whose consumption of adequate amounts causes beneficial effects on host health. In this study, the antioxidant properties of matcha tea in the presence of probiotic bacteria were investigated. For this purpose, probiotic microcapsules were prepared using alginate and corn starch, and after studying morphological characteristics, polydispersity index, zeta potential, trapping, release in gastric and intestinal conditions, matcha tea at two levels of 1% and 3%, and <i>Lactobacillus Plantarum</i> and <i>Bifidobacterium bifidum</i> microcapsules were used in formulations of muffin cake treatments at levels of 0.1, 0.3 and 0.5% weight/weight. The morphological results of nanoparticles confirmed the formation of spherical biopolymer nanoparticles with relatively uniform sizes. The muffin cake evaluation results showed that matcha tea up to 3% percentage, increased moisture, pH, and free radical inhibition percentage significantly ($p \leq 0.05$). Also, with increase in the percentage of matcha tea, tissue hardness decreased significantly ($p \leq 0.05$). All sensory characteristics had significant reduced with 3% matcha tea and 0.5% of probiotic microcapsules, and the maximum survival of probiotic bacteria was observed at a 0.3% w/w level. Finally, the treatment of muffin cake with 1% matcha tea and 0.3% probiotic microcapsules was introduced as the optimal treatment.</p> |