



بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست غنی‌شده با مخمر نانوائی غیر فعال

محمد آزادی^۱، معصومه مهربان سنگ آتش^{۲*}، احمد احتیاطی^۳، حسین آزادی^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی کاشمر، کاشمر، ایران

۲- استادیار، گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.

۳- مسئول واحد تحقیق و توسعه شرکت صنایع غذایی گرینه، شهرک صنعتی خیام، نیشابور، ایران

۴- گروه اقتصاد و توسعه روستایی دانشگاه لیژ بلژیک

چکیده

اطلاعات مقاله

غنی‌سازی، یکی از راه‌های بهبود ارزش غذایی غذاها است. در این پژوهش غنی‌سازی ماست با مخمر ساکارومایسیس سرویزیه به عنوان منبعی ارزان قیمت از فیبر، پروتئین، ویتامین و مواد معدنی برای تولید یک غذای فراسودمند صورت گرفت. ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی و حسی تیمارهای غنی‌شده ارزیابی شد. شیر پاستوریزه گاو در ۳ سطح چربی (۱/۲، ۱/۸ و ۳ درصد) با مخمر در ۴ سطح (۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ درصد) مخلوط و در تهیه نمونه‌های ماست استفاده شد. نتایج نشان داد به طور کلی درصد چربی، درصد مخمر و مدت زمان نگهداری بر تغییرات pH و اسیدیته در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بود. با افزایش درصد چربی، pH افزایش و اسیدیته کاهش یافت. افزایش درصد مخمر، باعث کاهش pH و افزایش اسیدیته شد. آبندازی ماست با افزایش درصد چربی و یا مخمر و همچنین با افزایش مدت زمان نگهداری کاهش داشت. سفتی بافت در اثر افزایش چربی افزایش داشت اما در مجموع در اثر افزایش درصد مخمر کاهش داشت. بیشترین مقدار سفتی بافت (۲/۴۱) در سطح مخمر صفر درصد و کمترین مقدار آن (۱/۵۶) در سطح مخمر ۰/۹ درصد بود. میزان تغییرات چربی و مخمر و همچنین برهمکنش این دو متغیر، بر شاخص‌های رنگی a^* ، b^* با اطمینان ۹۵ درصد تاثیرگذار و معنی‌دار بودند. اما بر شاخص رنگی L^* ، تنها متغیر درصد مخمر تاثیر معنی‌دار داشت. نتایج ارزیابی حسی نشان داد تنها متغیر درصد چربی بر رایحه، احساس دهانی، بافت داخلی، قاشق‌پذیری و پذیرش کلی تاثیر معنی‌دار داشته است.

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۲۳

کلمات کلیدی:

ارزیابی حسی،

رنگ،

غنی‌سازی،

ماست،

مخمر نانوائی،

ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی.

DOI: 10.22034/FSCT.20.137.210

DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.137.14.4

* مسئول مکاتبات:

mehraban@acecr.ac.ir

۱- مقدمه

غنی‌سازی مواد غذایی^۱ شامل افزودن یک یا چند ماده مغذی در فرآوری یک غذا به منظور پیشگیری یا اصلاح کمبود یک یا چند ماده مغذی و افزایش ارزش غذایی آن غذا می‌باشد. غنی‌سازی یک استراتژی اثبات شده، ایمن و مقرون به صرفه برای بهبود رژیم غذایی و برای پیشگیری و کنترل کمبود ریزمغذی‌ها است [۱-۲]. استفاده از منابع جدید زیستی مانند انواع مخمر، کپک و قارچ به عنوان مواد افزودنی در مواد غذایی می‌تواند راهکاری برای غنی‌سازی مواد غذایی و تولید غذاهای فراسودمند (عمل‌گرا)^۲ باشد. این منابع هم از نظر روش انجام کار، ملاحظات زیست محیطی، بازده بالا، سوددهی و هم از منظر بهبود و افزایش ارزش تغذیه‌ای نتایج خوبی داشته و در نهایت در ارتقاء سلامت جامعه بسیار موثر هستند [۳-۵]. در بین سلول‌های تک یاخته پروتئینی، مخمر به دلیل کیفیت غذایی برتر، مناسب‌تر است. مخمرها از مزایایی مانند اندازه بزرگتر (و در نتیجه برداشت راحت‌تر)، محتوای اسید نوکلئیک کمتر و میزان اسید آمینه لیزین^۳ بیشتر برخوردار هستند. با این حال مهم‌ترین مزیت، آشنایی و مقبولیت غذایی مخمر در بین انسان‌ها است زیرا استفاده از آن در تخمیرهای سنتی سابقه طولانی دارد [۶]. رایج‌ترین گونه مخمر از نظر دارا بودن درجه غذایی^۴ ساکارومایسیس سرویزیه است که به نام مخمر نانویی نیز شناخته می‌شود. یکی دیگر از مزایای مخمر محتوای فیبر بتاگلوکان آن است. بتاگلوکان به عنوان یک ترکیب فیبری با خواص پروبیوتیک

است. در بیشتر مطالعات انجام یافته برای غنی‌سازی ماست، از سایر گونه‌های مخمر (از جمله مخمر آبجو) استفاده شده است. به عنوان مثال، پیتروسکا^۵ و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند بتاگلوکان مخمر آبجو بر بهبود پایداری بافت ماست موثر می‌باشد و کیفیت خواص حسی ماست در مقایسه با ماست نمونه شاهد فقط تا سطح افزودن ۰/۳ درصد بتاگلوکان یکسان است [۷]. نتایج مطالعات مختلف بر روی ویژگی‌های حسی ماست پس از غنی‌شدن با بتاگلوکان مخمر و یا قارچ، متفاوت و تحت تاثیر مقدار بتاگلوکان مورد استفاده می‌باشد. به گونه‌ای که یا اثر منفی داشته (سانتوز^۶ و همکاران، ۲۰۱۹) یا بدون تاثیر بوده (رایکوس^۷ و همکاران، ۲۰۱۸) و یا برای حذف اثرات منفی در ارزیابی حسی، توصیه به استفاده همراه با موادی مانند پکتین (آنتونسوا^۸، ۲۰۱۹) بوده است [۸-۱۰].

مخمر نانویی (که از ملاس چغندر قند هم تولید می‌شود) می‌تواند یک منبع فراوان و ارزان‌قیمت برای تهیه انواع غذاهای فراسودمند باشد. در مطالعه حاضر، تاثیر متغیرهای مستقل (چربی، مخمر و زمان نگهداری) بر خواص فیزیکی - شیمیایی ماست (متغیرهای وابسته: pH، اسیدیته، آب‌اندازی، بافت و رنگ) بررسی شد. همزمان سنجش ارزیابی حسی تیمارهای ماست (به عنوان یک محصول اساسی در سبد غذایی خانوار)، انجام گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

5- Piotrowska
6 -Dos Santos
7 -Raikos
8 -Antontceva

1- Food fortification
2- Functional food
3 -lysine
4- Food Grade

شیر پاستوریزه با چربی ۳/۴ درصد (اندازه گیری به روش ژربر)، اسیدیته ۱۳ و ماده خشک ۱۱/۷۵ و همچنین شیر بدون چربی از شرکت صنایع غذایی گرینه (نیشابور، ایران) تهیه شد. شیرخشک بدون چربی از شرکت نصر دالیا (مشهد، ایران) خریداری شد. استارتر مورد استفاده برای تهیه ماست حاوی مخلوط سویه‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، ویژه ماست قالبی از شرکت (YoFlex-Express 1.0, Chr- Hansen, Denmark) تهیه شد. مخمر: خمیرمایه نانوائی با عنوان علمی (*Saccharomyces cerevisiae*) در بسته‌های ۵۰۰ گرمی با نام خمیرمایه خشک فعال فوری از شرکت خمیرمایه رضوی (مشهد، ایران) خریداری شد. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده از شرکت Merck (آلمان) تهیه گردید.

۲-۱- روش آماده سازی مخمر

مخمر در آون (BINDER Germany) nv دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵۰ دقیقه غیر فعال گردید [۱۱] و سپس با آسیاب آشپزخانه خرد شده و از الک (DAMAVAND) با مش ۸۰ برابر با ۰/۱۷۷ میلی‌متر عبور داده شد. پودر مخمر حاصله برای استفاده در داخل نایلون پلاستیکی فریزری سربسته و ظروف پلاستیکی درب‌دار در یخچال نگهداری شد.

۲-۲- تولید نمونه‌های ماست

ابتدا با ترکیب شیر پرچرب و شیر بدون چربی، چربی شیر مورد نظر بر اساس طرح آزمایش (جدول ۳-۱-۲) تنظیم گردید. در مرحله بعد، مقدار لازم از پودر شیرخشک و پودر مخمر با ترازوی با دقت ۰/۰۱ (AND, Japan) توزین و در سطوح مورد نظر بر اساس طرح

آزمایش به شیر اضافه شده و همزدن در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳ در دستگاه ترمومیکس (VORWERK Thermomix, Germany) به مدت ۳۰ دقیقه تا آبگیری ترکیبات پودری ادامه یافت. برای هموژن کردن، دمای شیر تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و هموژنیزاسیون در فشار ۱۸۰ الی ۲۰۰ بار با استفاده از دستگاه هموژنایزر (به‌ساز ماشین، ایران) انجام شد. شیر هموژن شده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه پاستور شده و با افزودن آب مقطر، آب تبخیر شده جایگزین گردید. دمای مخلوط پاستور شده تا دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد در محیط آب و یخ کاهش یافته و پس از افزودن استارتر مورد نیاز، جهت گرمخانه گذاری به انکوباتور (فن آزمایشی، ایران) در دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد، انتقال و تا رسیدن به اسیدیته مورد نظر نگهداری شد. اسیدیته و pH در زمان‌های ۱/۵، ۲، ۲/۵، ۳، ۳/۵ و ۴ ساعت اندازه‌گیری شد و هنگامی که اسیدیته به ۷۵ (دورنیک) رسید، نمونه‌ها به سردخانه منتقل شد.

۲-۳- آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

۲-۳-۱- pH

pH نمونه‌های ماست با pH متر دیجیتالی و مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۵۲ اندازه‌گیری با ۲ بار تکرار (در روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ پس از تولید) و با قرار دادن مستقیم الکترود دستگاه pH متر (wtw inolab PH7310 Germany) در درون بافت نمونه‌های ماست اندازه‌گیری شد.

۲-۳-۲- اسیدیته

اسیدیته نمونه‌ها با روش دورنیک و با تیتراژ کردن ۹ گرم از هر نمونه با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالین اندازه‌گیری شد و بر حسب

۵-۳-۲- رنگ

اندازه‌گیری رنگ نمونه‌های ماست، با یک بار تکرار و به روش پردازش تصویر انجام شد. تصویر به دست آمده در قالب png بر روی رایانه ذخیره گردید و سپس با استفاده از پلاگین تبدیل فضای رنگی، فضای رنگی تصویر از RGB به LAB تبدیل و در نهایت متوسط مقادیر در هر یک از کانال‌های L^* , a^* , b^* محاسبه گردید. با استفاده از نرم‌افزار پردازش تصویر (Image J) ارزیابی رنگ صورت گرفت [۱۳]. برای انجام عمل تصویربرداری، هر یک از نمونه‌ها درون اتاقک یا جعبه تصویربرداری با پوشش دیواره‌ای کاملاً سیاه قرار گرفت و پس از تنظیم مقدار نور، سفید مناسب و کافی و در کمترین میزان انعکاس نور، توسط دوربین دیجیتال (Nikon D3100, AF-S DX NIKKOR, Japan) تصویربرداری انجام شد.

۶-۳-۲- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های ماست بعد از نگهداری در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در روز ۱۴ پس از تولید توسط داوران انجام گردید. هر یک از نمونه‌های ماست پس از خروج از یخچال به روش آزمون هدونیک ۹ امتیازی (امتیاز ۱: فوق العاده بد و امتیاز ۹: فوق العاده خوب) جهت بررسی (رنگ، طعم، رایحه، احساس دهانی، بافت داخلی، قاشق خوری و پذیرش کلی) در اختیار داوران قرار گرفت. همچنین در این آزمون داوران با پاسخ به سوال (به نظر شما آیا این محصول ارزش خرید دارد؟) نظر خود را به صورت بلی یا خیر بیان کردند.

۷-۳-۲- طرح آزمایش و آنالیز آماری

درصد اسید لاکتیک مطابق با استاندارد ملی ایران

شماره ۲۸۵۲ با ۲ بار تکرار (در روزهای ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ پس از تولید) انجام یافت.

۳-۳-۲- آب‌اندازی (Syneresis)

بلافاصله پس از خروج هر یک از نمونه‌ها از یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، ۲۰ گرم از هر نمونه در داخل لوله فالکون با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۱ (KERN 470, Germany) توزین و در دستگاه سانتریفیوژ (Sigma 2-160 Germany) با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه ($g=663$) و در زمان ۱۰ دقیقه با ۲ بار تکرار (در روزهای ۱۴ و ۲۱ پس از تولید) انجام گرفت [۱۲]. بعد از اتمام عمل سانتریفیوژ، آب جدا شده (فاز مایع) در داخل لوله‌های فالکون پس از عبور از کاغذ صافی توزین شد. درصد آب‌اندازی (S) با استفاده از رابطه ۱، محاسبه گردید.

رابطه ۱:

$$S = (w1 / w2) * 100 \quad (w1 = \text{وزن آب جدا شده و } w2 = \text{وزن اولیه نمونه})$$

۴-۳-۲- بافت

سفتی^۱ بافت نمونه‌های ماست با استفاده از دستگاه آنالیز بافت (TPA LLOYD, AMETEK Company) طبق روش اکستروژن برگشتی، با ۲ بار تکرار (در روز ۱۴ پس از تولید) ارزیابی گردید [۱۳]. سنجش سفتی با لود سل^۲ ۵ نیوتن و حد آستانه^۳ ۰/۰۵ نیوتن، انجام یافت. در این آزمون از پروب استوانه‌ای با ارتفاع ۵۰ و قطر ۲۵ میلی‌متر استفاده شد. این پروب با سرعت ۱ میلی‌متر در ثانیه و تا عمق نفوذ ۷۵ درصد ارتفاع نمونه‌ها تنظیم گردید تا به داخل نمونه نفوذ کند. سفتی بافت توسط نرم‌افزار دستگاه محاسبه شد.

1 - Firmness
2 - Load Cell
3 - Trigger

درصد چربی، pH افزایش می‌یابد اما با افزایش درصد مخمر، pH کاهش می‌یابد (شکل ۱).

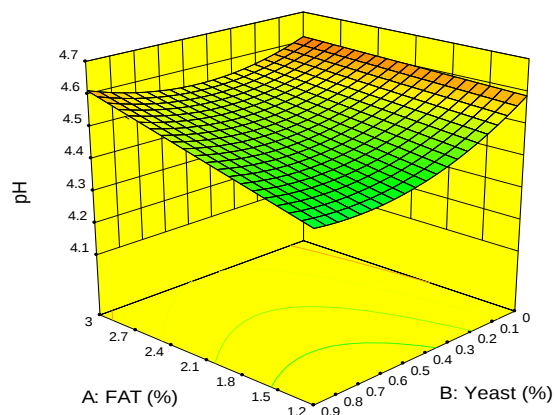


Figure 1- The effect of fat and yeast contents on pH

شاخص pH به میزان و سرعت تخمیر لاکتوز و فاکتور اسیدیته بستگی دارد، همچنین می‌تواند تحت تأثیر مواد بافر موجود در محیط فرایند باشد [۱۴]. مخمر ساکارومایسیس سرویزیه به عنوان یک منبع پری‌بیوتیک، حاوی ترکیبات مغذی، فیبر و همچنین بتاگلوکان می‌باشد. با افزایش درصد مخمر، ترکیبات مغذی بیشتری در دسترس باکتری‌های آغازگر قرار می‌گیرد. باکتری‌های آغازگر می‌توانند با دسترسی بیشتر و راحت‌تر به مواد مغذی مورد نیاز خود، فعالیت بیشتری داشته و در نتیجه فرایند تولید اسید لاکتیک، دی اکسید کربن و اسیدهای آلی از لاکتوز با شدت بیشتری انجام می‌شود و بنابراین pH کاهش می‌یابد [۱۵]. حضور مخمر، به دلیل داشتن پروفایل اسید آمینه متفاوت با شیر و در دسترس قرار گرفتن این مواد برای باکتری‌های آغازگر، احتمالاً باعث می‌گردد فعالیت متابولیکی باکتری با سرعت بیشتری رخ داده و با تولید

آزمایشات با طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل شامل سه فاکتور: درصد مخمر افزوده شده در چهار سطح (۰، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹)، درصد چربی در سه سطح (۱/۸، ۱/۲، ۰/۳) و زمان نگهداری (آزمون‌های pH و اسیدیته در فواصل زمانی ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ پس از تولید، آزمون آب‌اندازی در فواصل زمانی ۱۴ و ۲۱ پس از تولید و آزمون‌های بافت، رنگ و ارزیابی حسی در روز ۱۴ پس از تولید) انجام شدند.

نتایج برای داده‌های اندازه‌گیری شده طی زمان نگهداری، به روش برازش مدل چند جمله‌ای درجه دوم با حذف پس‌خور^۱ و رسم نمودارهای سه بعدی توسط نرم افزار Design Expert نسخه ۱۰ انجام گردید. نتایج حاصل از آزمون‌های انجام شده بدون اثر زمان، با روش آنالیز واریانس و نرم افزار MINITAB انجام شد. مقایسه میانگین به روش Tuckey در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- pH

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۱ پیوست) اثر متغیرهای فرایند بر ویژگی pH ماست بیانگر معنی‌دار بودن مدل پیش بینی کننده می‌باشد. بر اساس این مدل، درصد چربی، درصد مخمر و مدت زمان نگهداری بر تغییرات pH در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و در مدل تأثیر می‌گذارند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش

1-Backward Elimination

میزان اسید، کاهش pH بیشتری طی تخمیر ایجاد کند. همچنین استفاده از نسبت‌های مختلف بتاگلوکان (به عنوان جایگزین چربی) می‌تواند باعث کاهش pH شود [۱۶]. نتایج تحقیق حاضر با نتایج مطالعه نیاماه^۱ و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. یافته‌های آنها نشان داد که با افزودن مخمر ساکارومایسیس بولاردی به میزان ۱، ۲ و ۳ درصد به ماست، pH در کلیه سطوح کاهش یافت [۱۷]. در مطالعه سانتوز و همکاران (۲۰۱۹)، بتاگلوکان مخمر اثر معنی‌داری ($p < 0.05$) بر روی مقادیر pH در ماست بدون چربی نداشت [۸]. باید در نظر داشت که جایگزینی شیرخشک با مخمر، با کاهش مقدار لاکتوز نیز در ارتباط هست و احتمالاً در غلظت کمتر لاکتوز، فعالیت باکتری آغازگر متفاوت با شرایط رشد نمونه شاهد باشد.

علت افزایش pH با افزایش چربی را می‌توان تاثیر چربی بر میزان فعالیت باکتری‌های آغازگر ماست دانست. به طوری که ماست‌های پرچرب در مقایسه با ماست‌های کم‌چرب برای رسیدن به اسیدیته یکسان، نیاز به زمان تخمیر بیشتری داشته و این امر می‌تواند به دلیل اختلاف در نوع باکتری‌های آغازگر استفاده شده و یا شرایط تهیه تیمارهای ماست باشد در نتیجه می‌تواند باعث کاهش فعالیت متابولیکی باکتری‌های آغازگر در روزهای ابتدایی نگهداری شود. افزایش درصد چربی در نمونه‌های ماست معمولی (از ۱ به ۴ درصد) با تاثیر بر فعالیت آغازگرها (به عنوان مثال فعالیت آنزیم لیپاز هیدرولیزکننده چربی) برای رسیدن به pH معین در محصول نهایی، در زمان تخمیر موثر است. ضمناً رشد باکتری /ستریپتوکوکوس ترموفیلوس در درصد

چربی بالاتر بهتر صورت می‌گیرد. /ستریپتوکوکوس ترموفیلوس، اسید کمتری در مقایسه با لاکتوباسیلوس بولگاریکوس تولید می‌کند. بنابراین در درصدهای چربی بالا برای رسیدن به pH مطلوب بایستی زمان تخمیر را افزایش داد [۱۸]. نجف غفاری و حسینی (۱۳۹۸) در مطالعه خود نشان دادند که pH نمونه‌های ماست پرچرب تنها در انتهای دوره نگهداری به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های ماست کم‌چرب بود. ضمناً نوع باکتری‌های آغازگر و یا نوع و شرایط فرآیند تولید نیز می‌تواند موثر باشد [۱۹]. در مطالعه مهدیان و همکاران (۱۳۸۵) افزایش سطح چربی در نمونه‌های ماست غلیظ شده از ۲/۷ به ۹ درصد باعث افزایش pH شده اما این تاثیر معنی‌دار نبود. این عدم تاثیر طی زمان تخمیر برای تمامی سطوح چربی هم مشاهده شد. این محققین نتیجه گرفتند که احتمالاً در درصد ماده جامد بالا از یونیزاسیون اسید و تولید یون H^+ ممانعت می‌شود. افزایش سطح چربی باعث کاهش تعداد /ستریپتوکوکوس ترموفیلوس شد اما اثر مشخصی بر رشد باکتری لاکتوباسیلوس بولگاریکوس نداشت [۲۰].

۲-۳- اسیدیته

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۲ پیوست) اثر متغیرهای فرآیند بر اسیدیته نشان داد که مدل پیش بینی کننده اسیدیته معنی‌دار ($p \leq 0.05$) می‌باشد. بر اساس این مدل، متغیرهای درصد چربی، درصد مخمر و مدت زمان نگهداری بر تغییرات اسیدیته در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. نتایج نشان می‌دهد با افزایش درصد چربی، اسیدیته کاهش و با افزایش درصد مخمر، اسیدیته افزایش می‌یابد (شکل ۲). در تحقیق حاضر بیشترین میانگین میزان

1 -Niamah

شرایط فرایند است و تغییر در شرایط فرمولاسیون شیر ماست سازی، منجر به تغییر رفتار این باکتری‌ها به سمت کاهش یا افزایش متابولیت‌ها، به ویژه اسید لاکتیک است. به نظر می‌رسد، کاهش میزان شیرخشک و افزایش غلظت مخمر، احتمالاً با کاهش لاکتوز و تغییر تعادل قند و نمک و همچنین پروفایل اسید آمینه، باعث تغییرات متابولیکی منجر به افزایش اسیدیته گردیده است. افزایش اسیدیته ماست در طول نگهداری سرد می‌تواند به دلیل فعالیت میکروبی و آنزیم‌های تولید شده در طی تخمیر باشد که تبدیل کربوهیدرات‌های باقیمانده (عمدتاً لاکتوز) به اسید لاکتیک، CO_2 و اسید فرمیک را افزایش می‌دهد [۲۱]. نیامه (۲۰۱۷) با افزودن مخمر ساکارومایسیس بولاردی به میزان ۱، ۲ و ۳ درصد به استارتر ماست نشان داد که به دلیل تجزیه پروتئین به پپتید توسط آنزیم‌های پروتئاز در مخمر، نیتروژن بیشتری در دسترس باکتری‌های آغازگر ماست قرار گرفته و در نتیجه رشد این باکتری‌ها بیشتر و در نتیجه سرعت تولید اسید نیز افزایش می‌یابد. ضمناً وجود فراوان ویتامین‌های گروه B در مخمر به رشد بیشتر باکتری کمک می‌کند. بنابراین مقدار اسید لاکتیک تولیدی توسط باکتری‌های آغازگر می‌تواند تحت تأثیر مقدار و درصد مخمر باشد. همچنین در این مطالعه مقدار اسیدهای چرب فرار^۱ در مقایسه با نمونه ماست فاقد مخمر در طی ۲۱ روز دوره نگهداری افزایش داشت [۱۷]. باکتری‌های آغازگر در تیمارهای ماست می‌توانند با دسترسی بیشتر و راحت‌تر به مواد مغذی مورد نیاز خود، فعالیت بیشتری داشته و در نتیجه فرایند تولید اسید لاکتیک، دی اکسید کربن و

اسیدیته (۱۱/۱) مربوط به نمونه ماست با چربی ۱/۲ درصد دارای مخمر ۰/۶ درصد در روز ۱۴ پس از تولید و کمترین میانگین میزان اسیدیته (۸/۱) مربوطه به نمونه ماست با چربی ۱/۲ درصد و فاقد مخمر در روز اول تولید بود.

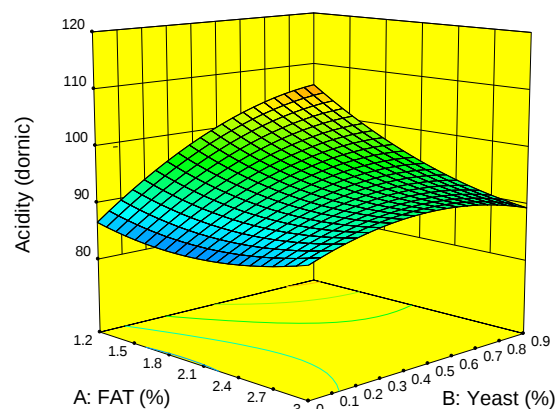


Figure 2- The effect of fat and yeast contents on acidity of yogurt.

در فرایند تخمیر ماست، کربوهیدرات‌های موجود در محیط در اثر تخمیر به اسید لاکتیک تبدیل می‌شوند در نتیجه اسیدیته افزایش یافته و کاهش لاکتوز همزمان با افزودن استارتر به محیط شروع می‌شود و همچنان در طی عملیات سردخانه گذاری نیز ادامه می‌یابد. همچنین با افزایش میزان بتاگلوکان مخمر (از ۰/۵ - ۰/۱ درصد)، میزان اسیدیته در نمونه‌های ماست بدون چربی افزایش می‌یابد [۱۰]. اسیدهای تولید شده طی تخمیر، که عمدتاً اسید لاکتیک تولید شده توسط سویه‌های باکتریایی استرپتوکوکوس ترموفیلوس و در ادامه فرایند تخمیر، لاکتوباسیلوس بولگاریکوس، می‌باشد، متاثر از شرایط متابولیک باکتری در

1 -Total volatile fatty acids

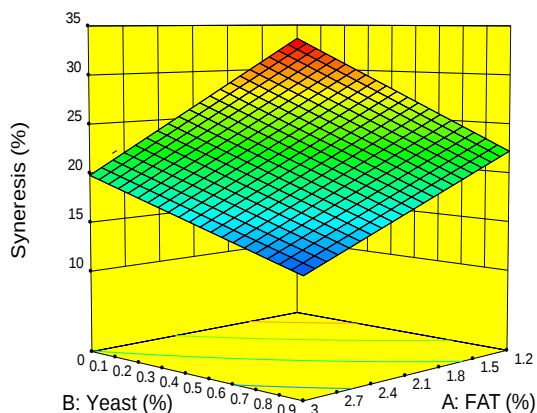


Figure 3- The effect of fat and yeast contents on syneresis

آب‌اندازی در محصول ماست، پدیده‌ای متأثر از بازآرایی در ساختار شبکه ژل توده پروتئینی ماست ناشی از تراکم ساختار، کاهش فضاها درون شبکه‌ای، بروز نواحی هیدروفوب و در نتیجه، کاهش قدرت نگهداری آب در شبکه است. عوامل متعددی بر این پدیده تاثیرگذار است. با افزایش میزان چربی، به دلیل ایجاد شبکه‌های متصل گویچه‌های چربی و همچنین قرارگرفتن کازئین‌ها و پروتئین‌های آب پنیر در سطح چربی، سطح تماس بزرگتری برای تجمع آب در اطراف گویچه‌های چربی ایجاد می‌گردد. به همین دلیل، محصول با چربی بالاتر، می‌تواند آب بیشتری را در درون ساختار نگهداری کند. تمیم^۱ و بارانتس^۲ (۱۹۹۶) مشاهده کردند که ماست‌های حاوی چربی به طور قابل توجهی، آب‌اندازی کمتری دارند. نتایج مشابهی توسط کامیناریدس^۳ و همکاران (۲۰۰۷) برای سطوح متلف چربی گزارش شده است [۲۲-۲۳].

اسیدهای آلی از لاکتوز با شدت بیشتری انجام می‌شود. همچنین رشد باکتری/استریپتوکوکوس ترموفیلوس در درصد چربی بالاتر بهتر صورت می‌گیرد. از آنجایی که ماست‌های پرچرب در مقایسه با ماست‌های کم‌چرب برای رسیدن به اسیدیته یکسان نیاز به زمان تخمیر بیشتری دارند بنابراین با افزایش مدت زمان تخمیر می‌توان به باکتری‌های آغازگر این فرصت را داد تا با تولید اسید بیشتر در فرآیند تخمیر و همزمان با افزایش چربی، اسیدیته کاهش یابد [۱۸].

۳-۳- آب‌اندازی

نتایج آنالیز واریانس (جدول ۳ پیوست) اثر متغیرهای فرایند بر ویژگی آب‌اندازی ماست طی نگهداری نشان می‌دهد که مدل پیش‌بینی کننده آب‌اندازی معنی‌دار (۰/۰۵ $p \leq$) می‌باشد. بر اساس این مدل، درصد چربی، درصد مخمر و مدت زمان نگهداری بر تغییرات آب‌اندازی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و در مدل تاثیر می‌گذارند. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش درصد چربی و یا مخمر، آب‌اندازی کاهش می‌یابد (شکل ۳). در تحقیق حاضر بیشترین میانگین میزان آب‌اندازی (۳۳/۵۵) مربوط به نمونه ماست با چربی ۱/۲ درصد، فاقد مخمر در روز ۲۱ پس از تولید و کمترین میانگین میزان آب‌اندازی (۱۱/۷۵) مربوط به نمونه ماست با چربی ۳ درصد دارای مخمر ۰/۹ درصد در روز ۱۴ پس از تولید بود.

1 -Tamime

2- Barrantes

3 -Kaminarides

۴-۳- بافت

بافت یکی از ویژگی‌های فیزیکی محصول است که از عناصر ساختاری آن ناشی می‌شود و می‌تواند توسط حواس انسان درک شود. در محصولات لبنی تخمیری داشتن بافت نرم و خامه‌ای معمولاً یک مزیت می‌باشد و ویژگی‌های بافتی مانند دانه‌ای، ضعیف یا شل بودن و یا سفتی بیش از حد مورد پسند نمی‌باشد. سفتی بافت با عوامل مختلفی ارتباط دارد مانند: ترکیبات شیر اولیه، فعالیت باکتری‌های آغازگر و نوع آن، میزان فرآیند تخمیر، توانایی تشکیل شبکه قوی ژل، نوع و درصد ترکیبی که برای غنی‌سازی انتخاب می‌شود. نتایج آنالیز واریانس سفتی یا حداکثر نیروی نفوذ^۳ نشان می‌دهد که تاثیر درصد چربی، درصد مخمر و همچنین اثر برهمکنش این دو متغیر بر میزان سفتی بافت نمونه‌های ماست معنی‌دار ($p < 0.05$) کمی‌باشد.

جدول ۱، مقایسه میانگین سفتی بافت برای سطوح مختلف درصد چربی ماست را نشان می‌دهد. به طور کلی در اثر افزایش چربی، سفتی بافت افزایش یافته است. از نظر آماری، ویژگی سفتی بافت در نمونه‌های با درصد چربی ۳ و ۱/۸ تفاوتی ندارند. ویژگی سفتی بافت در نمونه‌های با درصد چربی ۱/۸ و ۱/۲ نیز از نظر آماری تفاوتی ندارند.

Table 1- The effect of fat contents on stiffness of yogurt

Fat Content (%)	Average texture stiffness (N)
-----------------	-------------------------------

3 -Penetration

غنی‌سازی ماست با بتاگلوکان می‌تواند هم ساختار شبکه و هم نفوذپذیری آن را تغییر داده و بر روند آب‌اندازی تأثیر بگذارد. تعدادی از مطالعات [۱۴ و ۲۱] نشان داده‌اند که در اثر افزایش مقدار بعضی از پلی‌ساکاریدها مانند اینولین و بتاگلوکان آب‌اندازی ماست کاهش می‌یابد. بنابراین، افزودن این‌گونه ترکیبات می‌تواند هم ساختار شبکه و هم نفوذپذیری را بهبود دهد. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که به طور کلی با افزایش درصد مخمر میزان آب‌اندازی کاهش می‌یابد که می‌توان این نتیجه را به بالا بودن مقدار گلوکان‌ها در مخمر نسبت داد. از سوی دیگر افزودن مخمر در طی فرآیند تولید ماست به استراتژی نیز می‌تواند دلیلی برای افزایش درصد آب‌اندازی در طی زمان نگهداری باشد. زیرا افزایش مخمر منجر به افزایش کل ذرات جامد و در نتیجه باعث افزایش تراکم شبکه ژل در ماست شده بنابراین باعث خروج بیشتر آب از شبکه ژلی می‌شود [۱۷]. نتایج ارزیابی میزان آب‌اندازی و مدت زمان نگهداری در تحقیق حاضر با نتایج بعضی از مطالعات [۲۱ و ۲۴] یکسان است. یافته‌های آنها نشان داد میزان آب‌اندازی در تمامی نمونه‌های ماست در طی زمان نگهداری روند افزایشی داشته است. نتایج مطالعه سانتوز و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که گلوکان مخمر قادر به حفظ آب در طول ذخیره سازی ماست است [۸]. مطالعه برنان^۱ و تودوریکا^۲ (۲۰۰۸) نیز نشان داد که افزودن جایگزین‌های چربی مبتنی بر کربوهیدرات (بتاگلوکان جو، صمغ گوار و اینولین) باعث کاهش آب‌اندازی می‌شود [۲۵].

1- Brennan
2 -Tudorica

همکاران (۲۰۰۷) مشاهده کردند که افزایش چربی از ۰/۹ به ۶/۶ درصد باعث افزایش ۰/۸ نیوتونی در نیروی لازم جهت نفوذ به بافت ژل شد [۲۳]. بافت ماست می‌تواند متأثر از مقدار اسید لاکتیک تولیدی در طی فرآیند تخمیر باشد. ساکارو^۱ و همکاران (۲۰۰۹) در ارزیابی میزان استحکام بافت نمونه ماست‌های پروبیوتیک دریافتند که استحکام در بافت ماست پروبیوتیک نسبت به ماست معمولی بیشتر و بستگی به نوع میکروارگانیسم‌های موجود در فرآیند دارد. آنها نشان دادند که عدم حضور بیفیدوباکترها در یکی از تیمارها در مقایسه با سایر تیمارها باعث کاهش میزان استحکام بافتی در انتهای دوره نگهداری شد [۲۶]. بر اساس مطالعه برنان و تودوریکا (۲۰۰۸) افزودن جایگزین‌های چربی مبتنی بر کربوهیدرات (بتاگلوکان جو، صمغ گوار و اینولین) باعث کاهش آب‌اندازی و بهبود بافت و خواص رئولوژیکی ماست کم‌چرب می‌شود. بهبود ویسکوزیته محصول احتمالاً به افزایش کل ذرات و مواد جامد موجود در فرمولاسیون مربوط می‌شود. افزایش استحکام و سفتی ژل باعث می‌شود ماست کمتر مستعد تشکیل آرایش مجدد در داخل شبکه باشد و در نتیجه آب‌اندازی کمتر می‌شود. استفاده از بتاگلوکان در فرمولاسیون‌های ماست کم‌چرب به طور قابل توجهی ویسکوزیته محصول را افزایش می‌دهد. به طوری که با افزایش بتاگلوکان به مقدار ۱ درصد و یا بیشتر، ویسکوزیته محصول به طور قابل توجهی در مقایسه با نمونه‌های ماست شاهد کم‌چرب و پرچرب بهبود می‌یابد. ترکیب بتاگلوکان یا اینولین در فرمول ماست منجر به افزایش سفتی و قوام محصول در مقایسه با هر دو نمونه شاهد شده و بیشترین سفتی و قوام در نمونه‌های غنی‌شده

1.2	1.80 ^b
1.8	1.87 ^{ab}
3	2.14 ^a

جدول ۲، میانگین سفتی بافت برای سطوح مختلف درصد مخمر ماست را نشان می‌دهد. به طور کلی در اثر افزایش درصد مخمر، سفتی بافت کمتر می‌شود. از نظر آماری، ویژگی سفتی بافت در نمونه‌های با درصد مخمر ۰/۹ و ۰/۶ و همچنین در نمونه‌های با درصد مخمر ۰/۳ تفاوتی ندارد. بیشترین میزان سفتی بافت در سطح مخمر صفر درصد و کمترین آن در سطح مخمر ۰/۹ درصد بوده است.

Table 2 – The effect of yeast contents on stiffness of yogurt

Yeast contents (%)	Stiffness (N)
0	2.41 ^a
0.3	2.05 ^b
0.6	1.72 ^{bc}
0.9	1.56 ^c

میزان چربی، به دلیل خواص ویژه ویسکوپلاستیک آن و برهمکنش آن با شبکه پروتئینی به ویژه کازئین و ایجاد ساختارهای در هم پیوسته، نقش قابل توجهی در ویژگی‌های بافتی ماست دارد. با کاهش میزان چربی، به دلیل خلاء ناشی از عدم حضور گویچه‌های پرکننده، فضای خالی توسط سرم ماست پر می‌شود که چنین ویژگی، در هم شکستن ساختار سه بعدی ژل توده را تسهیل کرده و در نتیجه، طی تنش آسان تر تغییر فرم می‌دهد. کامیناردس و

1 -Saccaro

با بتاگلوکان در سطح افزودنی ۲/۵ درصد حاصل می‌شود [۲۵]. بنابراین می‌توان گفت که ترکیبات مخمر مانند بتاگلوکان و فیبرها می‌توانند باعث بهبود سفتی بافت شوند. همچنین با توجه به این‌که می‌توانند در شبکه بین بافتی وارد شده و استحکام شبکه را کاهش دهند، باعث کاهش سفتی بافت نیز می‌شوند.

۵-۳- شاخص‌های رنگی L^* ، a^* و b^*

معمولاً رنگ اولین ویژگی است که در ظاهر غذا مورد توجه قرار می‌گیرد. رنگ یک ماده غذایی به سادگی می‌تواند بر روی طعم، اشتها و حتی حس چشایی تاثیرگذار باشد. رنگ نشان‌دهنده میزان کیفیت مواد غذایی نیز هست. بر اساس نتایج آنالیز اثر متغیرهای فرآیند بر شاخص رنگی L^* ، تنها متغیر درصد مخمر بر شاخص L^* تاثیر معنی‌دار ($P < 0.001$) داشت. طبق نتایج آنالیز اثر متغیرهای فرآیند بر شاخص رنگی a^* ، متغیرهای درصد چربی و درصد مخمر و همچنین برهم‌کنش چربی و مخمر بر شاخص رنگی a^* و همچنین بر شاخص رنگی b^* ، با اطمینان ۹۵ درصد تاثیر گذار و معنی‌دار بودند.

مقایسه میانگین شاخص رنگی L^* در درصدهای مختلف مخمر نشان داد که بیشترین شاخص رنگی L^* مربوط به نمونه بدون مخمر (روشنایی بیشتر) بوده و کمترین آن نیز مربوط به نمونه دارای مخمر ۰/۹ درصد (روشنایی کمتر) می‌باشد. با توجه به این‌که رنگ پودر مخمر استفاده شده نسبت به رنگ ماست تیرگی بیشتری دارد بنابراین به طور کلی با افزایش درصد مخمر میزان روشنایی رنگ ماست کاهش یافته است (جدول ۳). ماست

به دلیل ماهیت کلوئیدی آن به طور طبیعی سفید با روشنایی بالا است. حضور ذرات مخمر با رنگ خاص مخمر، باعث تغییر رنگ ماست می‌شود که قابل انتظار است. با این حال، بررسی‌های حسی نشان داد که این میزان تفاوت در روشنایی یا تیره‌تر شدن، تنها توسط تجهیزات دقیق رنگی مانند دوربین تصویربرداری قابل تشخیص بوده و ارزیاب حسی قادر به تشخیص تفاوت رنگی نبود (داده ارایه نشده است). مقایسه میانگین برای شاخص رنگی a^* در سطوح مختلف مخمر (جدول ۶)، نشان می‌دهد که بیشترین مقدار شاخص رنگی a^* مربوط به نمونه با مخمر ۰/۳ درصد (سبز بیشتر) و کمترین آن نیز مربوط به نمونه با مخمر ۰/۹ درصد (سبز کمتر) می‌باشد. مقایسه میانگین شاخص رنگی b^* برای سطوح مختلف مخمر (جدول ۶) بیانگر این است که بیشترین شاخص رنگی b^* مربوط به نمونه با مخمر ۰/۹ درصد (زرد بیشتر و آبی کمتر) و کمترین آن نیز مربوط به نمونه با مخمر ۰/۳ درصد (زرد کمتر و آبی بیشتر) می‌باشد. مقادیر داده‌های a و b به ترتیب مربوط به دو تعادل رنگی قرمز-سبز و زرد-آبی است. با این حال با توجه به مقادیر بالای L و سفید تلقی شدن محصول ماست، امکان تحلیل مستقیم دو شاخص a و b وجود ندارد. با توجه به عدم وجود یک روند کلی با افزایش مقدار مخمر و تغییرات این شاخص‌ها، احتمالاً سایر عوامل مانند تراکم بافتی در سطح، انعکاس و شکست نور، ناشی از حضور آب در سطح ماده در حصول نتایج تاثیرگذار است. به طور کلی با توجه به نزدیک بودن مقادیر داده‌های مولفه‌های رنگی، می‌توان این‌طور ارزیابی کرد که تغییرات مشاهده شده عمدتاً مرتبط با تفاوت‌های سطحی و فیزیکی محصول می‌باشد و مخمر

با توجه به حلالیت بالا در شیر، تاثیر مستقیم در رنگ محصول ندارد.

Table 3- The effect of yeast contents on L*, a* and b* value

yeast percentage	L*	a*	b*
0	83.91 ^a	-20.14 ^{ab}	17.56 ^b
0.3	82.98 ^a	-22.96 ^c	14.86 ^c
0.6	79.31 ^b	-21.94 ^{bc}	16.32 ^{bc}
0.9	79.24 ^b	-18.74 ^a	19.31 ^a

مقایسه میانگین برای شاخص رنگی a* در درصدهای مختلف چربی، نشان می‌دهد که بیشترین شاخص رنگی a* مربوط به نمونه با چربی ۱/۲ درصد (سبز بیشتر) و کمترین آن نیز مربوط به نمونه با چربی ۳ درصد (سبز کمتر) می‌باشد. مقایسه میانگین شاخص رنگی b* برای سطوح مختلف چربی نشان می‌دهد که بیشترین شاخص رنگی b* مربوط به نمونه با چربی ۱/۲ درصد (زرد بیشتر و آبی کمتر) و کمترین آن نیز مربوط به نمونه با چربی ۳ درصد (رنگ زرد کمتر و آبی بیشتر) می‌باشد (جدول ۴).

Table 4- The effect of fat contents on a* and b* value

Fat contents (%)	a*	b*
1.2	-22.34 ^b	18.58 ^a
1.8	-20.41 ^a	16.36 ^b
3	-20.09 ^a	16.10 ^b

شکل ۴، اثر برهمکنش متغیرهای چربی و مخمر را بر روی میانگین شاخص رنگی a* در نمونه‌های ماست نشان می‌دهد. کمترین مقدار مربوط به نمونه با چربی ۳ درصد و مخمر ۰/۹ درصد و بیشترین آن نیز مربوط به نمونه با چربی ۱/۲ درصد و مخمر ۰/۳ درصد می‌باشد. شکل ۵، میانگین اثر برهمکنش متغیرهای چربی و مخمر را بر روی شاخص b* در نمونه‌های ماست نشان می‌دهد که کمترین مقدار (زرد کمتر و آبی بیشتر) مربوط به نمونه با چربی ۳ درصد و مخمر ۰/۹ درصد و بیشترین مقدار (زرد بیشتر و آبی کمتر) نیز مربوط به نمونه با چربی ۱/۲ درصد و مخمر ۰/۳ درصد می‌باشد.

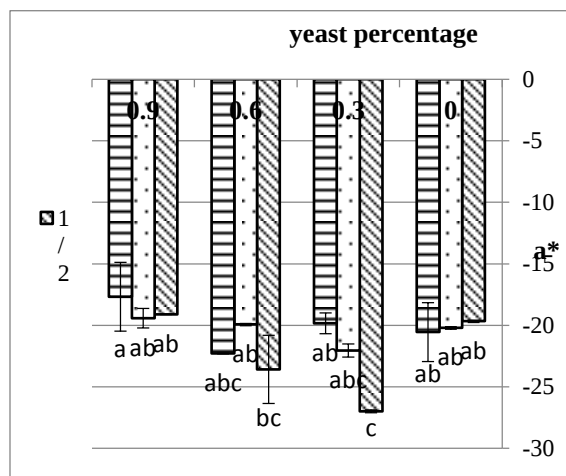


Figure 4- The interaction effect of fat and yeast contents on a* value

(هموژناسیون) چربی را عاملی تاثیرگذار و معنی‌دار ($P < 0.05$) در شاخص رنگی L^* دانسته و نشان دادند که افزایش سرعت همگن سازی منجر به افزایش شاخص رنگی L^* می‌شود و علت آن بازتاب بیشتر نور و سفیدتر شدن رنگ ماست در اثر افزایش سطح کلی چربی ناشی از افزایش میزان شکسته شدن گلبول‌های چربی ماست در اثر افزایش سرعت هموژناسیون می‌باشد [۲۷]. نتایج ارزیابی شاخص رنگی L^* رنگ در تحقیق حاضر با نتیجه مطالعات سانتوز و همکاران (۲۰۱۹) و ازکان^۱ و کورتولدو^۲ (۲۰۱۴) همسو می‌باشد. به عبارت دیگر افزودن مخمر و یا فیبرهای گلوکان به ماست باعث تیرگی بیشتر و همچنین زردی بیشتر ماست می‌شود و دلیل آن تیره (قهوه‌ای) بودن رنگ مخمر (یا فیبرهای گلوکان) است [۸ و ۲۸].

۳-۶- ارزیابی حسی

بر اساس نتایج آنالیز واریانس هیچ‌کدام از متغیرهای درصد چربی یا درصد مخمر، تاثیر معنی‌داری بر رنگ و طعم ارزیابی شده توسط داوران نداشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت از نظر ارزیابان رنگ و طعم نمونه‌های مختلف ماست تفاوت معنی‌دار با هم ندارند ($p > 0.05$). همچنین نتایج آنالیز واریانس متغیرهای رایحه، احساس دهانی، بافت داخلی، قاشق خوری و پذیرش کلی نشان داد که تنها متغیر چربی تاثیر معنی‌دار بر این متغیرها داشته و سایر متغیرها فاقد تاثیر معنی‌دار ($p > 0.05$) هستند.

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) برای بررسی اثر درصد چربی بر رایحه، احساس دهانی، بافت داخلی و

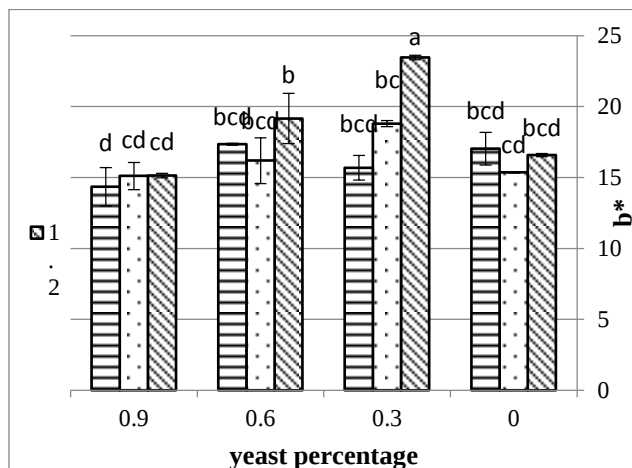


Figure 5- The interaction effect of fat and yeast contents on b* value

بررسی حاضر نشان داد با توجه به این که رنگ پودر مخمر استفاده شده نسبت به رنگ ماست تیرگی بیشتری دارد بنابراین به طور کلی میزان سفیدی رنگ ماست در اثر افزایش سطح مخمر کاهش یافته است. افزایش درصد چربی و همچنین درصد مخمر هر دو باعث کاهش رنگ سبز و افزایش رنگ قرمز در نمونه‌های ماست می‌شوند. به طور کلی افزایش درصد چربی باعث کاهش رنگ زرد و افزایش رنگ آبی در نمونه‌های ماست می‌شود. همچنین افزایش درصد مخمر باعث افزایش رنگ زرد و کاهش رنگ آبی در نمونه‌های ماست می‌شود. با در نظر گرفتن اثر برهمکنش متغیرهای چربی و مخمر بر روی شاخص رنگی b^* (شکل ۵) در مجموع تاثیر افزودن چربی نسبت به تاثیر افزودن مخمر بر روی افزایش شاخص رنگی b^* موثرتر بوده و رنگ زرد ماست بیشتر تحت تاثیر اثر چربی می‌باشد. نجف نجفی و همکاران (۱۴۰۰) سرعت همگن سازی

دارد [۲۸ و ۲۹]. همچنین عواملی مانند کد شدن حرکات ترکیبات فرار و احساس بوی الکل در اثر افزودن ترکیبات غنی‌کننده و ترکیب رنگی این ترکیبات نیز می‌تواند بر روی خصوصیات مانند عطر و رنگ (مستقیم) و یا مزه (غیرمستقیم) فرآورده‌های فراسودمند تاثیرگذار باشد. تعدادی از مطالعات پیشنهاد داده‌اند برای حذف یا کاهش تاثیر منفی برخی از خصوصیات حسی ناشی از افزودن بتاگلوکان می‌توان از پکتین [۱۰] و یا اینولین [۲۱] کمک گرفت. ترکیب بتاگلوکان جو بارلی و جو دوسر در محصولات لبنی کم‌چرب می‌تواند حس دهانی، مقبولیت و ویژگی‌های حسی این محصولات لبنی را شبیه محصولات پرچرب کند [۲۸].

۷- نتیجه‌گیری کلی

ماست به عنوان یک محصول لبنی بستر خوبی برای غنی‌سازی می‌باشد. بخش صنایع غذایی می‌تواند با تولید این‌گونه محصولات نقش مهمی در معرفی غذاهای فراسودمند داشته باشد. بر اساس نتایج این مطالعه، به طور کلی با در نظر گرفتن ویژگی‌های فیزیکی - شیمیایی و حسی، ماست غنی‌شده با مخمر نانوبی (به علت ارزان بودن، در دسترس بودن و ارزش غذایی مخمر) می‌تواند گزینه مناسبی باشد. هر چند که این موضوع نیازمند بررسی و تحقیقات بیشتری مخصوصاً از نظر پذیرش در سطح جامعه می‌باشد.

تشکر

و

تقدیر

قاشق خوری نشان داد که نمونه‌های ۳ درصد چربی بیشترین مقدار را داشته و سطح‌های ۱٫۸ و ۱٫۲ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. ضمناً تفاوت معنی‌داری در پذیرش کلی نمونه‌های سطوح چربی پیدا نشد.

Table 5- The effect of fat contents on the sensory properties of yoghurt

Fat contents (%)	aroma	mouthfeel	texture	spoon acceptability	overall acceptance
1.2	6.47 _a	6.76 _b	7.03 _{ab}	7.30 _b	6.76 _a
1.8	6.45 _a	6.72 _b	6.93 _b	7.17 _b	6.71 _a
3	7.01 _a	7.44 _a	7.58 _a	7.88 _a	7.28 _a

بهبود خواص حسی ماست تا حد زیادی وابسته به بهبود ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن است. شرایط ماندگاری، افزایش فعالیت متابولیکی باکتری‌ها، مصرف لاکتوز، تولید اسید لاکتیک، تجزیه اسیدهای چرب و ترکیبات مختلف فیبرها مانند پکتین‌ها، نوع، درصد و خواص فیبرهای مورد استفاده می‌توانند در تغییرات خواص فیزیکوشیمیایی فوق طی نگهداری ماست موثر باشند. یک نکته مهم، قدرت ظرفیت نگهداری آب توسط فیبر است که می‌تواند باعث کاهش میزان آب‌اندازی و بهبود بافت شود و این امر به جذب آب توسط فیبر و تاثیر فیبر بر ویسکوزیته ماست نسبت داده می‌شود. زمان نگهداری به طور قابل توجهی بر رنگ، طعم و امتیاز طعم ماست‌ها تأثیر می‌گذارد که بستگی به تغییرات میزان بار میکروبی، pH و آب‌اندازی

از شرکت غذایی گزینه نیشابور (واحد تحقیق و توسعه) به دلیل همکاری در اجرای این پژوهش تقدیر و تشکر می‌شود.

پیوست

جدول ۱ پیوست - نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای فرایند بر ویژگی pH ماست طی نگهداری

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value
Model	۰/۷۲	۶	۰/۱۲	۱۸/۲۰	< ۰/۰۰۰۱ significant
A-FAT	۰/۱۱	۱	۰/۱۱	۱۶/۴۰	۰/۰۰۰۲
B-Yeast	۰/۰۵۳	۱	۰/۰۵۳	۸/۰۵	۰/۰۰۷۰
C-Time	۰/۴۰	۱	۰/۴۰	۶۰/۹۴	< ۰/۰۰۰۱
AB	۰/۰۳۳	۱	۰/۰۳۳	۵/۰۲	۰/۰۳۰۶
B ²	۰/۰۴۳	۱	۰/۰۴۳	۶/۴۵	۰/۰۱۵۰
C ²	۰/۰۷۴	۱	۰/۰۷۴	۱۱/۱۷	۰/۰۰۱۸
Residual	۰/۲۷	۴۱			
Cor Total	۰/۹۹	۴۷			

جدول ۲ پیوست - نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای فرایند بر ویژگی اسیدپت ماست طی نگهداری

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
	Sum of		Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F	
Model	۲۳۴۶/۱۲	۹	۲۶۰/۶۸	۲۷/۸۶	< ۰/۰۰۰۱	significant
A-FAT	۴۴۷/۵۱	۱	۴۴۷/۵۱	۴۷/۸۳	< ۰/۰۰۰۱	
B-Yeast	۶۸۹/۷۷	۱	۶۸۹/۷۷	۷۳/۷۲	< ۰/۰۰۰۱	
C-Time	۲۹۱/۳۱	۱	۲۹۱/۳۱	۳۱/۱۳	< ۰/۰۰۰۱	
AB	۳۸۴/۹۲	۱	۳۸۴/۹۲	۴۱/۱۴	< ۰/۰۰۰۱	
AC	۲۸/۱۲	۱	۲۸/۱۲	۳/۰۰	۰/۰۹۱۱	
BC	۳۱/۰۵	۱	۳۱/۰۵	۳/۳۲	۰/۰۷۶۴	

A ²	۶۰/۵۴	۱	۶۰/۵۴	۶/۴۷	۰/۰۱۵۲
B ²	۱۲۳/۰۴	۱	۱۲۳/۰۴	۱۳/۱۵	۰/۰۰۰۸
C ²	۱۷۰/۶۲	۱	۱۷۰/۶۲	۱۸/۲۴	۰/۰۰۰۱
Residual	۳۵۵/۵۵	۳۸	۹/۳۶		
Cor Total	۲۷۰۱/۶۶	۴۷			

جدول ۳ پیوست - نتایج آنالیز واریانس اثر متغیرهای فرایند بر ویژگی آب‌اندازی ماست طی نگهداری

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

	Sum of	Mean	F	p-value	
Source	Squares	df	Square	Value	Prob > F
Model	۸۷۰/۸۶	۵	۱۷۴/۱۷	۵۹/۴۹	< ۰/۰۰۰۱ significant
A-FAT	۵۴۴/۴۳	۱	۵۴۴/۴۳	۱۸۵/۹۶	< ۰/۰۰۰۱
B-Yeast	۲۵۵/۷۳	۱	۲۵۵/۷۳	۸۷/۳۵	< ۰/۰۰۰۱
C-Time	۱۸/۸۲	۱	۱۸/۸۲	۶/۴۳	۰/۰۲۰۷
AB	۱۰/۸۱	۱	۱۰/۸۱	۳/۶۹	۰/۰۷۰۷
BC	۲۲/۱۵	۱	۲۲/۱۵	۷/۵۶	۰/۰۱۳۲
Residual	۵۲/۷۰	۱۸	۲/۹۳		
Cor Total	۹۲۳/۵۶	۲۳			

- [1]Olson, R. Gavin-Smith, B. ferraboschi, Ch and Kraemer, K. 2021. Food Fortification: The Advantages, Disadvantages and Lessons from Sight and Life Programs. *Nutrient*, 13, 118. <https://doi.org/10.3390/nu13041118>.
- [2]Liyanage, ch. And Hettiarachchi, M. 2011. Food fortification. *ceylon Medical Journal*, 56: 124-127. DOI: 10.4038/cmj.v56i3.3607.
- [3]Castillo-Lancellotti, C. Tur, J. A. and Uauy, R. 2013. Impact of folic acid fortification of flour on neural tube defects: A systematic review. *Public Health Nutr*, vol. 16, no. 5, pp. 901-911. doi: 10.1017/S1368980012003576.
- [4]Rahmawaty, S. Lyons-Wall, P. Charlton, K. Batterham, M. and Meyer, B. J. 2014. Effect of replacing bread, egg, milk, and yogurt with equivalent ω -3 enriched foods on ω -3 LCPUFA intake of Australian children. *Nutrition*, vol. 30, no. 11-12, pp. 1337-1343. doi: 10.1016/j.nut.2014.03.020.
- [5]Augustin, M. et al. 2016. Role of food processing in food and nutrition security, *Trends Food Sci. Technol*, vol. 56, pp. 115-125.
- [6]Nasseri, A. T. Rasoul-Amini, S. Morowvat, M. H. and Ghasemi, Y. 2011. Single cell protein: production and process. *Am. J. food Technol*, vol. 6, no. 2, pp. 103-116.
- [7]Piotrowska, A. Waszkiewicz-Robak, B. and Świdorski, F. 2009. Possibility of Beta-glucan from spent brewer's yeast addition to yoghurts. *Polish J. Food Nutr. Sci*, vol. 59, no. 4, pp. 299-302.
- [8]Dos Santos, J. S. de França, V. R. Venâncio, R. L. Hasegawa, P. H. de Oliveira, A. G. and Costa, G. A. N. 2019. β -Glucan from *saccharomyces cerevisiae* in skim yogurt production. *Bioscience Journal*, 35(2): 620-628.
- [9]Raikos, V. Grant, S. B. Hayes, H. and Ranawana, V. 2018. Use of β -glucan from spent brewer's yeast as a thickener in skimmed yogurt: Physicochemical, textural, and structural properties related to sensory perception. *American Dairy Science Association*, 101(7): 5821-5831.
- [10]Antontceva, E. Belyakova, T. Zabodalova, L. and Shamtsyan, M. 2019. Fortification of yogurt with β -glucans from oyster mushroom. *Foodbalt*, 2004: 50-54.
- [11]Rajabzadeh, N. and Asadian, G. 2007. Investigating the effect of inactive dry yeast on the rheological properties of wheat flour dough. *Research and construction in agriculture and horticulture*, 73, winter. 74-78.
- [12]Farnsworth, J. P. Li, J. Hendricks, G. M. and Gu M. R. o. 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Rumin. Res*, vol. 65, no. 1-2, pp. 113-121. doi: 10.1016/j.smallrumres.2005.05.036.
- [13]Salami, M., Mehraban Sang Atash, M. and Ehtiati, A. 2021. Investigating the effect of adding zucchini (*Cucurbita pepo*) on physical-chemical and sensory characteristics of stirred yogurt during storage. *Researches of science and food industries of Iran*. 17 (1): 93-106
- [14]Chirsanova, A. I. Boistean, A. V. Chiseliță, N. and Siminiuc, R. 2021. Impact of yeast sediment beta-glucans on the quality indices of yoghurt. *Food Syst*, vol. 4, no. 1, pp. 12-18. doi: 10.21323/2618-9771-2021-4-1-12-18.
- [15]Azimi-Mohalleh, A. and Azimi-Mohalleh, A. 2021. Evaluation of the effect of ginger essential oil on the qualitative characteristics of yogurt during the storage period. *Journal of Sustainable Agricultural Sciences Research*, 1 (1): 71-87.
- [16]Akbar, R., Soltani, M. and Moslehi, M. 2019. The effect of using date juice on the quality characteristics of fat-free yogurt. *Journal of Food Industry Research*, 29 (3): 201-215.
- [17]Niamah, A. K. 2017. Physicochemical and microbial characteristics of yogurt with added *saccharomyces boulardii*. *Curr. Res. Nutr. Food Sci.*, vol. 5, no. 3, pp. 300-307. doi: 10.12944/CRNFSJ.5.3.15.

- [18] Mazaheri Tehrani, M., Mahdian, A. and Karajian, R. 2006. The effect of milk fat on the growth and activity of starter bacteria and the quality of yogurt. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 13 (7): 164-173.
- [19] Najaf Ghafari, T. and Hosseini Qaboos, H. 2019. The effect of changing the amount of fat on the chemical and rheological characteristics of yogurt containing pickled potato powder during storage. *Journal of Food Industry Research*, 29 (3): 153-169.
- [20] Mahdian, A., Mazaheri Tehrani, M. and Karajian, R. 2005. The effect of milk fat on the growth and metabolic activity of starter bacteria and the quality of condensed yogurt. *Iranian Journal of Food Science and Industry*, 3 (1): 59-66.
- [21] Sarwar, A. et al. 2019. Physicochemical and microbiological properties of synbiotic yogurt made with probiotic yeast *saccharomyces boulardii* in combination with inulin. *Foods*, vol. 8, no. 10. doi: 10.3390/foods8100468.
- [22] Tamime, A. Y., Barrantes, E., & Sword, A. M. (1996). The effect of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. *International Journal of Dairy Technology*, 49(1), 1-10.
- [23] Kaminarides, S., Stamou, P., & Massouras, T. (2007). Comparison of the characteristics of set type yoghurt made from ovine milk of different fat content. *International journal of food science & technology*, 42(9), 1019-1028.
- [24] Alirezalu, K., Hissari, J., Sadeghi, H. and Mohammadpour, M. 2015. Investigating the production of functional colored yogurt enriched with blackberry and carrot extracts. *Journal of New Food Technologies*, 3 (10): 53-64.
- [25] Brennan, C. S. and Tudorica, C. M. 2008. Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: Comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin. *Int. J. Food Sci. Technol*, vol. 43, no. 5, pp. 824-833. doi: 10.1111/j.1365-2621.2007.01522.x.
- [26] Saccaro, D. M. Tamime, A. Y. Pilleggi, A. L. O. P. S. and Oliveira, M. N. 2009. The viability of three probiotic organisms grown with yoghurt starter cultures during storage for 21 days at 4 C. *Int. J. Dairy Technol*, vol. 62, no. 3, pp. 397-404.
- [27] Najaf Najafi, M., Shatri, H. and Kashani-Najad, M. 2021. Investigating the effect of konjak gum, marigold gum, homogenization speed and fat on pH, texture and color of low-fat blended yogurt. *Iran Food Science and Industry Research Journal*, (17): 55-67.
- [28] Ozcan, T. and Kurtuldu, O. 2014. Influence of Dietary Fiber Addition on the Properties of Probiotic Yogurt. *Int. J. Chem. Eng. Appl*, vol. 5, no. 5, pp. 397-401. doi: 10.7763/ijcea.2014.v5.417.
- [29] Ghasemi, S. and Mahdian, A. 2018. Evaluation of prebiotic effects of fibers obtained from pineapple, pomegranate and wheat wastes in synbiotic yogurt containing probiotic bacteria *Lactobacillus acidophilus* La-5. *Journal of Nutritional Sciences and Food Industries of Iran*. 13 (4):89-96.



Scientific Research

Evaluation of physicochemical properties of yogurt fortified with inactive baker's yeast

Mohammad Azadi¹, Masoomeh Mehraban Sangatash^{2,*}, Hossein Azadi³, Ahmad Ehtiaty⁴

1- Department of Food Science and Technology, ACECR Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran

2-Department of Food Quality and Safety, Food Science and Technology Research Institute, ACECR Khorasan Razavi Branch, Mashhad, Iran

3- Department of Economics and Rural Development, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liège, Belgium

4- Greeneh Food Industries (Research and Development), Khayam Industrial Area, Neyshabur, Iran.

ABSTRACT

Enrichment is one of the ways to increase the nutritional value of foods. In this research, enrichment of yogurt with *Saccharomyces cerevisiae* yeast was done as a cheap source of fiber, protein, vitamins and minerals to produce a functional food. Physico-chemical and sensory characteristics of enriched treatments were evaluated. Cow's fresh milk was mixed at 3 levels of fat (1.2, 1.8 and 3%) with yeast at 4 levels (0, 0.3, 0.6 and 0.9%) and used in preparing yogurt samples. The results showed that, in general, fat percentage, yeast percentage and duration of storage on pH and acidity changes were significant at the 95% confidence level. With increasing fat percentage, pH increased and acidity decreased. Increasing the percentage of yeast caused a decrease in pH and an increase in acidity. Synergy decreased with increasing the percentage of fat or yeast and also with increasing the duration of storage. The stiffness of the tissue increased due to the increase of fat and decreased due with the increase of yeast. The highest level of tissue stiffness was 0% in the yeast level and the lowest level was 0.9% in the yeast level. The amount of changes in fat, yeast and also the interaction of these two variables were significant and effective on the color index a^* and b^* with 95% confidence. However, only the variable of yeast percentage had a significant effect on the color index L^* . Sensory evaluation results showed that only the variable of fat percentage had a significant effect on aroma, mouthfeel, internal texture, spoon acceptability and overall acceptance.

ARTICLE INFO**Article History:**

Received:2022/11/24

Accepted:2023/6/13

Keywords:

Sensory evaluation,
Color,
Fortification,
Yogurt,
Baker's yeast,
Physico-chemical properties.

DOI: 10.22034/FSCT.20.137.210

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.137.14.4

*Corresponding Author E-Mail:
mehraban@acecr.ac.ir