مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

تاثیر *لاکتوباسیلوس کازئی*، *ل. هلوتیکوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* بر رخ نمای اسیدهای چرب خامه ترش

رضا کریمی[۱]

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۲۱

کلمات کلیدی:

پروبیوتیک،

تخمیر،

خامه ترش،

فراسودمند

DOI:10.22034/FSCT.21.157.50.

* مسئول مکاتبات:

rezakarimi@guilan.ac.ir ; rzakarimi@gmail.com

چکیده

امروزه، محصولات پروبیوتیک بدلیل خواص سلامتبخش مختلف جزو فرآورده‌های غذایی محبوب در بین مصرف‌کنندگان هستند. یکی از محصولات لبنی، خامه ترش بوده که در عین حالیکه پتانسیل بالایی برای دربرگیری میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک دارد، توجه چندانی به آن نشده است. هدف تحقیق حاضر بررسی اثرات کشت‌های پروبیوتیک بر رخ نمای اسیدهای چرب و ویژگی‌های حسی خامه ترش بود. نمونه‌های خامه با *لاکتوباسیلوس کازئی*، *ل. هلوتیکوس* و *بیفیدوباکتریوم لاکتیس* به صورت کشت منفرد تلقیح شدند. مقادیر pH، اسیدیته و رخ نمای اسیدهای چرب، در روزهای ۱، ۱۵ و ۳۰ دوره نگهداری مورد ارزیابی قرار گرفتند. پارامترهای گفته شده با نمونه خامه شاهد مقایسه شدند. غلظت اسیدهای چرب کوتاه زنجیر در نمونه‌های خامه بسته به نوع کشت مورد استفاده تغییر کردند. همچنین، پروبیوتیک‌ها باعث تغییر در اسیدهای چرب متوسط زنجیر و اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع در خامه تخمیرشده شدند. از میان اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر و اسیدهای چرب غیراشباع، *ل. پاراکازئی* باعث تولید بیشترین میزان اسید لینولئیک در روزهای ۱ و ۳۰ نگهداری و همچنین بیشترین تولید اسید بوتیریک در روزهای ۱۵ و ۳۰ نگهداری شد. به طور کلی، تولید خامه ترش پروبیوتیک می تواند یک محصول فراسودمند با ارزش افزوده بالا در صنعت لبنیات باشد.

۱-مقدمه

آگاهی مصرف کنندگان درباره تاثیرات غذاهای با ارزش تغذیه‌ای بالا و خواص سلامتبخش ویژه باعث افزایش نیاز، اندازه و موفقیت بازار محصولات فراسودمند شده است [۱]. فرآورده‌های پروبیوتیک یکی از مهمترین دسته‌های محصولات فراسودمند می باشند [۲]. میکروارگانیسم‌های پروبیوتیک در محصولات متنوع لبنی همچون ماست [۳]، شیرهای تخمیری [٤]، پنیر [٥]، بستنی [٦] و حتی محصولات غیرلبنی [۷] بکار گرفته شده‌اند. از میان محصولات لبنی، آن‌هایی که درصد چربی بالاتری دارند اثر محافظتی بیشتری برای دربرگیری پروبیوتیک‌ها دارند [۸]. انتخاب پروبیوتیک‌ها به عنوان کشت‌های افزوده شده بستگی به ویژگی‌های سلامتبخش آن میکروارگانیسم‌ها [۹] و همچنین اثر آن‌ها روی ویژگی‌های حسی محصول دارد [٥]. گذشته از ویژگی‌های سلامتبخش پروبیوتیک ها، ویژگی‌های سلامتبخش محصولات لبنی تخمیری ترش‌شده نیز به دلیل اثر مثبت آن‌ها بر روی میکروفلور روده انسان به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است [۱۰].

خامه ترش در میان انواع خامه شامل خامه صبحانه، خامه آشپزی، خامه قنادی و بقیه خامه‌ها، وضعیت خاصی دارد و انواع مختلف خامه ترش در کشورهای مختلف دنیا بر اساس درصد چربی و وجود یا عدم وجود اجزای غیرلبنی می تواند متفاوت باشد. به طور کلی درصد چربی خامه‌های ترش در محدوده ۱۰ تا ٤۰ درصد می باشد [۱۱]. بعضی از مقالات درصدهای چربی خامه ترش را ۱۸ تا ۲۰٪ [۱۲] و بعضی دیگر ۱۸ تا ۲٥ درصد بیشتر از درصد چربی شیر گزارش کرده‌اند [۱۳]. طبق تعریف استاندارد ایران، خامه ترش (sour cream)، فرآورده‌ای است که از تخمیر خامه بوسیله میکروارگانیسم‌ها بدست می آید و یا با اسیدی‌کردن خامه به کمک مواد شیمیایی، ترش شده باشد. میزان چربی این فرآورده حداقل ۱۸ درصد وزنی/وزنی و اسیدیته آن حداقل ۰.٥ درصد بر حسب اسید لاکتیک است. طبق تعریف استاندارد، خامه تخمیرشده (fermented cream)، فرآورده‌ای است که از تخمیر خامه (با حداقل ۱۰ درصد چربی) به وسیله استارتر لاکتیکی متشکل از باکتری‌هایی مانند *استرپتوکوکوس لاکتیس*، *اس. کرموریس*، *اس. دی استی لاکتیس* و انواع لوکونوستوک‌ها تهیه شده و pH آن با یا بدون تشکیل لخته، کاهش یافته و میزان اسیدیته آن حداقل ۰.٦ درصد بر حسب اسید لاکتیک باشد. همچنین، طبق تعریف استاندارد، خامه اسیدی‌شده (acidified cream)، فرآورده‌ای است که با اسیدی کردن خامه، خامه بازساخته یا خامه بازترکیبی، با افزودن اسیدهای مجاز خوراکی یا تنظیم کننده‌های اسیدی، تولید می شود و pH آن با یا بدون تشکیل لخته، کاهش می یابد. میزان چربی این فرآورده، حداقل ۱۸ درصد وزنی/وزنی و اسیدیته آن حداقل ۰.٥ درصد برحسب اسیدلاکتیک است [۱٤].

به طور کلی، مصرف محصولات لبنی چرب تخمیر شده مثل خامه ترش می تواند باعث کاهش ریسک سرطان‌هایی مثل سرطان روده‌ای [۷۱] و افزایش عملکرد سیستم ایمنی شود [۷۲]. خامه ترش می‌تواند یکی از منابع غنی برای اسیدهای چرب زیست فعال از قبیل اسید بوتیریک و اسید لینولئیک مزدوج یا CLA باشد. این ترکیب یعنی CLA خواص بیشماری مانند ضد جهش زا، ضدسرطان، ضد کلسترول، ضد پوکی استخوان [۱٥]، ضد تصلب شرائین [۱٦]، ضد دیابت [۱۷]، تقویت سیستم ایمنی [۱۸] و مهارکننده پاپیلومای پوستی [۱۹] دارد. ترکیب اسیدهای چرب به دو دلیل مهم است، یکی برای کیفیت حسی محصولات لبنی و دیگری برای اثرات سلامتبخش آن که در بالا به آن ها اشاره شد. عوامل مختلفی همچون شرایط جغرافیایی، شرایط فیزیولوژیک دام تولیدکننده شیری که ازآن خامه گرفته شده و شرایط فرآوری محصول می تواند روی ترکیب اسیدهای چرب چربی خامه ترش موثر باشد [۲۰]. چربی باید قبل از تخمیر همگن شود و درجه فشار همگن‌کردن بستگی به میزان چربی خامه دارد [۱۱]. اسیدهای چرب زیست فعال تولید شده توسط پروبیوتیک ها می‌تواند ترکیب اسید چرب محصولات لبنی را تغییر دهد [۲۱]. همچنین باکتری‌های پروبیوتیک می توانند CLA تولید کنند [۲۲]. بعضی از

سویه‌های *لاکتوباسیلوس* [۲۳] شامل *ل. پلانتاروم* [۲٤]، *پروپیونی باکتریوم* [۲۵]، *بیفیدوباکتریوم* [۲٦] و *انتروکوکوس* [۲۷] می‌توانند اسید لینولئیک آزاد را به CLA تبدیل کنند [۲۸]. اگرچه اطلاعات محدودی در رابطه با تاثیر پروبیوتیک‌ها بر ترکیب و رخ نمای اسیدهای چرب خامه ترش وجود دارد، اما به طور کلی تخمیر با پروبیوتیک‌ها می تواند رویکردی کارآمد برای تولید خامه ترش به عنوان یک محصول فراسودمند باشد و این فرصت را در اختیار صنایع لبنی قرار دهد که محصولات فراسودمندی از این قبیل را تولید کنند. بر اساس مطالب ذکر شده، هدف از این مطالعه بررسی تاثیر اثرات کشت‌های پروبیوتیک بر رخ نمای اسیدهای چرب و ویژگی‌های حسی خامه ترش است.

۲-مواد و روش‌ها

۱.۲. تولید نمونه‌های خامه، کشت‌ها و آنالیزهای اولیه

نمونه‌های خامه برای این مطالعه در شرکت تولید فرآورده‌های لبنی سولیکو کاله تولید شد. در این مطالعه، درصد چربی خامه روی ۳۰٪ استاندارد گردید. سویه‌های پروبیوتیک شامل *ل. پاراکازئی*، *ل. هلوتیکوس* و *ب. لاکتیس* از شرکت Lallemand Health Solutions (LHS) تهیه شدند. یک نمونه نیز به عنوان نمونه شاهد (کنترل) در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که سویه‌های پروبیوتیک به صورت کشت منفرد مطابق جدول ۱ بکار رفته و کدگذاری شدند. خامه گرفته شده از سپراتور با استفاده از پاستوریزاتور صفحه ای در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۵ ثانیه حرارت داده شده و خنک کردن آن تا دمای ٤۲ درجه سانتیگراد (به عنوان دمای میانگین بهینه تلقیح برای هر سه باکتری) انجام شد. سپس کشت‌های پروبیوتیک DVS به صورت مستقیم در غلظت ۰.۰۲ گرم در ۱۰۰ گرم نمونه خامه اضافه شده و طبق کشت‌های اولیه، مشخص شد که غلظت تلقیحی، $\log_{10}$ CFU/g ۷ در نمونه های خامه بود. بعد از تلقیح، نمونه‌های خامه در ٤۲ درجه سانتیگراد به مدت ۱۲ ساعت گرمخانه‌گذاری شده تا تخمیر انجام شده و pH افت نماید. بعد از تخمیر نمونه‌ها تا دمای ٤ درجه سانتیگراد خنک شده و به مدت ۳۰ روز نگهداری شدند. آزمایشات pH، اسیدیته و رخ نمای اسیدهای چرب در روزهای ۱، ۱۵ و ۳۰ نگهداری انجام شدند.

Table 1 Probiotic bacteria used in each treatment

Treatments	Cultures
A	Control
B	*Lactobacillus paracasei* HA-196
C	*Bifidobacterium lactis* LAFTI® B94
D	*Lactobacillus helveticus* LAFTI® L10

۲.۲. اندازه گیری pH و اسیدیته

میزان pH نمونه‌ها طی نگهداری یخچالی با استفاده از pH متر مطابق استاندارد ملی ایران شماره 2852 اندازه گیری شد. پیش از اندازه‌گیری pH، دستگاه pH متر توسط بافرهای استاندارد (۷ pH و ٤ pH) کالیبره شد. برای اندازه‌گیری اسیدیته، طبق روش استاندارد ایران، ۱۸ گرم نمونه را در بشر وزن کرده و هم وزن نمونه به آن آب مقطر اضافه کرده، سپس ۰.۵ میلی لیتر معرف فنل فتالئین افزوده و با هیدروکسید سدیم ۰.۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ تیتر شد. اسیدیته بر حسب درجه دورنیک گزارش شد [۲۹].

۳.۲. آنالیز رخ نمای اسیدهای چرب

محتوای اسیدهای چرب با استفاده از استرهای متیل اسید چرب تعیین شدند. ابتدا ۰.۱ گرم از چربی شیر استخراج‌شده

در لوله آزمایش ریخته شد. سپس، ۱ میلی لیتر محلول متانولی هیدروکسید پتاسیم ۲ نرمال، ۳ میلی لیترN–هگزان و ۱ میلی لیتر ویتامین C به نمونه اضافه شده و بعد در حمام آب گرم در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱۵ دقیقه گرمخانه‌گذاری شد. سپس محلول به صورت لرزشی–گردابه ای (vortex) همزده شده و محلول رویی جدا شد. سولفات سدیم انهیدرات جهت خشک کردن به آن اضافه شد. بعد از فیلتر کردن، محلول مستقیما برای کروماتوگرافی گازی مورد استفاده قرار گرفت. جداسازی کروماتوگرافیک با استفاده از ستون کاپیلاری تکنوکروما مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله ای انجام شد. زمان آزمایش حدود ۱ ساعت طول کشید. گاز حامل نیتروژن بوده که سرعت جریان آن ۰.۸ میلی لیتر در دقیقه بود. برنامه حرارتی آون آن شامل سه مرحله بود (سرعت ۱۵ درجه سانتیگراد در دقیقه تا ۱۶۰ درجه سانتیگراد و نگهداشتن در این دما به مدت ۲۵ دقیقه، سپس سرعت ۵ درجه سانتیگراد در دقیقه تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد و نگهداشتن در این دما به مدت ۱۰ دقیقه و در نهایت سرعت ۵ درجه سانتیگراد تا ۲۲۰ درجه سانتیگراد و نگهداشتن در این دما به مدت ۵ دقیقه). حجم تزریقی ۱ میکرولیتر بوده و دمای تزریق ۲۴۰ درجه سانتیگرد بود. سرعت جریان اسپلیت ۷۹.۲ میلی لیتر در دقیقه بوده و نسبت اسپلیت ۱ به ۱۰۰ بود. شناسایی پیک بر اساس زمان های بازداری و بر اساس استانداردهای مورد نظر بود. نتایج به عنوان غلظت درصدی (گرم در ۱۰۰ گرم چربی) گزارش شدند.

۴.۲. آنالیز آماری

آزمایشات برای انواع مختلف تیمارها و زمان‌های نگهداری مختلف با طراحی عاملی کامل (Full Factorial Designs) انجام شد. نتایج با روش ANOVA در سطح معنی داری ۵٪ با تست چند دامنه ای دانکن با استفاده از برنامه آماری SPSS 18.0 آنالیز شد. وجود تفاوت معنی دار با حروف کوچک متفاوت نشان داده شد.

۳-نتایج و بحث

۳.۱. مقادیر pH و اسیدیته

نتایج مربوط به مقادیر pH و اسیدیته نمونه‌های خامه ترش در طی دوره نگهداری در جدول ۲ نشان داده شده است. همانطور که انتظار می‌رود میزان pH با افزایش زمان نگهداری کاهش می‌یابد. در این میان، میزان کاهش pH در طول دوره ۳۰ روزه نگهداری از روز اول (و نه ابتدای تلقیح) در نمونه‌های تلقیح شده با *ب. لاکتیس* از بقیه نمونه‌ها بیشتر است. این مسئله می‌تواند به دلیل میزان pH اولیه بالاتر این نمونه در مقایسه با نمونه‌های تلقیح شده با گونه‌های پروبیوتیک دیگر باشد. به دیگر بیان، در روز نخست نگهداری میزان pH نمونه حاوی *ب. لاتیس* از بقیه بالاتر است که می‌تواند به دلیل فعالیت ضعیف‌تر *ب. لاکتیس* در مقایسه با *ل. پاراکازئی* و *ل. هلوتیکوس* در روز اول نگهداری باشد. از سوی دیگر، در روز اول نگهداری میزان افت pH در نمونه حاوی *ل. هلوتیکوس* بیشتر است که حاکی از فعالیت قوی‌تر این گونه پروبیوتیک است. همچنین، در روز پایانی نگهداری میزان pH در نمونه های حاوی *ل. هلوتیکوس* و *ب. لاکتیس* به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین سطح pH را نشان دادند. میزان pH در روزهای دیگر نگهداری هم نشاندهنده این واقعیت است که *ب. لاکتیس* و *ل. هلوتیکوس* به ترتیب ضعیف‌ترین و قوی‌ترین گونه از لحاظ پایین آوردن pH می باشند. لازم به ذکر است که نمونه شاهد هم متحمل کاهش اندک pH شده که می‌تواند به دلیل میکروارگانیسم‌های آلوده‌کننده احتمالی طی نگهداری باشد. به طور کلی در پایان دوره نگهداری ۳۰ روزه، میزان pH از کمترین به بیشترین به ترتیب متعلق به نمونه‌های حاوی *ل. هلوتیکوس*، *ل. پاراکازئی* و *ب. لاکتیس* بود.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری اسیدیته نیز روند مشابه تغییرات میزان pH را از نظر مقایسه فعالیت گونه‌های پروبیوتیک نشان می‌دهد. به طور قابل‌انتظاری در تمام نمونه‌ها با گذشت روزهای نگهداری میزان اسیدیته افزایش یافت. در روز اول نگهداری، بیشترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه حاوی *ل.*

هلوتیکوس و کمترین اسیدیته (گذشته از نمونه شاهد) مربوط به نمونه حاوی *ب. لاکتیس* بود. این رویه در روز پایانی نگهداری نیز مشاهده گردید که بیانگر قدرت اسیدسازی بیشتر *ل. هلوتیکوس* در مقایسه با *ل. کازئی* و قدرت اسیدسازی بیشتر *ل. کازئی* در مقایسه با *ب. لاکتیس* بود. لازم به ذکر است که افزایش بسیار ناچیزی نیز در میزان اسیدیته نمونه شاهد مشاهده گردید که همانطور که قبلا به آن اشاره شد می‌تواند به دلیل آلودگی احتمالی ناچیز در طی نگهداری ۳۰ روزه محصول باشد. به طور کلی، در پایان ۳۰ روز نگهداری نمونه‌ها، میزان اسیدیته از بیشترین به کمترین به ترتیب متعلق به نمونه های حاوی *ل. هلوتیکوس*، *ل. پاراکازئی* و *ب. لاکتیس* بود.

Table 2 pH values and acidities of the cream samples during the storage

Treatments	pH values*			Acidity*		
	Storage days			Storage days		
	1 d	15 d	30 d	1 d	15 d	30 d
Control	6.75±0.05^{a}	6.59±0.04^{a}	6.45±0.03^{a}	9.2±0.2^{d}	10.4±0.2^{d}	11.1±0.1^{d}
L. paracasei	4.43±0.04^{c}	4.28±0.03^{c}	4.18±0.01^{c}	37.7±0.2^{b}	43.4±0.2^{b}	46.1±0.1^{c}
B. lactis	5.18±0.01^{b}	4.99±0.01^{b}	4.52±0.02^{b}	28.7±0.1^{c}	34.4±0.1^{c}	50.1±0.1^{b}
L. helveticus	4.2±0.04^{d}	4.09±0.03^{d}	3.95±0.03^{d}	48.7±0.2^{a}	61.4±0.2^{a}	65.1±0.1^{a}

*Different lowercase superscript in a same column indicate significant differences between treatments

۲.۳. رخ نمای اسیدهای چرب

نتایج مربوط به رخ نمای اسیدهای چرب نمونه‌های خامه ترش در طی روزهای ۱، ۱۵ و ۳۰ دوره نگهداری به صورت درصد (گرم در ۱۰۰ گرم چربی) در نمونه‌های خامه به ترتیب در جداول ۳، ٤ و ٥ نشان داده شده است. وجود ۱۳ اسید چرب در آنالیز کروماتوگرافی گازی اسیدهای چرب از نمونه‌های خامه بدست آمد. از میان اسیدهای چرب اشباع، اسید میریستیک، اسید پالمیتیک و اسید استئاریک، اسیدهای چرب اصلی در همه نمونه ها بودند. اما از میان اسیدهای چرب غیراشباع، اسید اولئیک اسید چرب غالب در همه نمونه‌ها بود. این یافته با نتایج مطالعه‌ای دیگر که در مورد خامه تخمیرشده با باکتری های پروبیوتیک بود، مطابقت داشت [۲۱]. اسیدهای چرب چندغیراشباع مانند اسید لینولنیک در این تحقیق مورد اندازه‌گیری قرار نگرفتند.

در روز نخست نگهداری، مقدار اسید بوتیریک، اسید میریستولئیک و اسید استئاریک در نمونه خامه حاوی *ل. هلوتیکوس* بیشتر از بقیه بود. همچنین اسید کاپروئیک و اسید اولئیک در نمونه خامه حاوی *ب. لاکتیس* در مقایسه با بقیه نمونه‌های خامه در بالاترین سطح بود. در مورد اسید کاپریلیک، نمونه کنترل و نمونه حاوی *ب. لاکتیس* بیشترین مقدار را داشتند. برای اسید کاپریک، اسید میریستیک و اسید آراشیدیک بیشترین مقدار در نمونه کنترل دیده شد، اما برای اسید لوریک و اسید لینولئیک، بیشترین مقدار در نمونه حاوی *ل. پاراکازئی* مشاهده شد. بیشترین مقدار اسید پالمتیک در نمونه‌های حاوی *ل. پاراکازئی* و *ل. هلوتیکوس* دیده شد. این در حالی بود که کمترین مقدار اسید پالمیتولئیک در نمونه حاوی *ب. لاکتیس* یافت شد. کمترین اختلاف مقداری در بین نمونه ها، برای اسیدهای چرب اسید آراشیدیک، اسید لینولئیک و اسید پالمیتولئیک دیده شد. به طور کلی، از میان اسیدهای چرب کوتاه زنجیر مهم و اسیدهای غیراشباع مهم، بیشترین مقدار اسید بوتیریک و اسید لینولئیک به ترتیب در نمونه‌های حاوی *ل. هلوتیکوس* و *ل. پاراکازئی* دیده شد.

به طور کلی در چربی شیر و محصولات وابسته، مقدار اسیدهای چرب کوتاه زنجیر مانند اسید بوتیریک از لحاظ تغذیه‌ای حائز اهمیت می باشد. لازم به ذکر است که محتوای اسید چرب محصولات لبنی تخمیری مختلف از جمله خامه ترش بسته به سویه مورد استفاده، درصد چربی محصول، دما و زمان تخمیر می‌تواند متغیر باشد [۳۰]. به طور کلی، سویه‌های پروبیوتیک استفاده شده در این تحقیق در مقایسه با نمونه کنترل (بدون تلقیح)، باعث افزایش اسیدهای بوتیریک، استئاریک و اولئیک شدند. از بین نمونه های مختلف، نمونه حاوی *ب. لاکتیس* بیشترین مقدار اسید اولئیک را داشتند که این یافته با نتایج مطالعه Yilmaz-Ersan در سال ۲۰۱۳ مطابقت داشت. به استثنای نمونه کنترل، مقدار اسید آراشیدیک همه نمونه‌های حاوی پروبیوتیک با هم اختلاف معنی داری نداشتند ($p>0.05$). گزارش شده است که مقدار اسیدهای چرب اشباع در خامه ترش در محدوده ٦٤ تا ٦٥ گرم در ۱۰۰ گرم چربی می‌باشد [۲۱]. در تحقیق اخیر، در روز نخست این مقدار برای نمونه‌های حاوی *ل. پاراکازئی*، *ب. لاکتیس* و *ل. هلوتیکوس* به ترتیب ٦٦.٢١، ٦٥.٧٣ و ٦٧.٣٦ گرم در ۱۰۰ گرم چربی بوده است. در مطالعه دیگری بر روی محصولی به نام داهی یا شیرتخمیری که در هند تولید می شود، مشاهده شده است که اضافه کردن باکتری‌های پروبیوتیک به محصول باعث افزایش اسیدهای چرب اشباع در مقایسه با نمونه کنترل شده است [۳۱]. در مورد اسیدهای چرب غیراشباع، همانطور که قبلا گفته شد، اسید بوتیریک و اسید اولئیک در نمونه‌های حاوی پروبیوتیک از نمونه کنترل بیشتر بودند. اگرچه سطح بالای اسیدهای چرب غیراشباع می‌توانند باعث افزایش اکسیداسیون چربی و متعاقبا تحت الشعاع قراردادن کیفیت محصولات لبنی به دلیل گسترش بدطعمی شوند، این اسیدهای چرب مزایای سلامتبخش برای انسان داشته که یکی از آن‌ها کاهش ریسک بیماری‌های قلبی-عروقی می‌باشد [۳۲-۳٤].

Table 3 Profile of Fatty acids (FAs) of cultured creams after 1 days of storage (%)

FAs	Treatments*			
	Control	*L. paracasei*	*B. lactis*	*L. helveticus*
C4:0	1.45±0.02^{d}	1.89±0.01^{c}	1.95±0.02^{b}	2.43±0.03^{a}
C6:0	1.24±0.03^{c}	1.36±0.03^{b}	1.62±0.01^{a}	1.34±0.01^{b}
C8:0	0.77±0.04^{a}	0.50±0.03^{b}	0.59±0.02^{a}	0.52±0.01^{b}
C10:0	2.83±0.02^{a}	2.55±0.02^{c}	2.66±0.04^{b}	2.57±0.03^{c}
C12:0	3.45±0.03^{b}	3.52±0.01^{a}	3.24±0.03^{c}	3.23±0.02^{c}
C14:0	11.07±0.01^{a}	11.01±0.02^{b}	10.60±0.04^{d}	10.74±0.01^{c}
C14:1	1.22±0.02^{c}	1.31±0.01^{b}	1.32±0.02^{b}	1.39±0.04^{a}
C16:0	35.05±0.03^{c}	35.64±0.03^{a}	35.25±0.02^{b}	36.61±0.04^{a}
C16:1	1.71±0.05^{a}	1.76±0.02^{a}	1.62±0.02^{b}	1.79±0.04^{a}
C18:0	9.31±0.01^{d}	9.71±0.02^{c}	9.78±0.01^{b}	9.88±0.05^{a}
C18:1	21.08±0.04^{d}	23.40±0.02^{b}	23.90±0.02^{a}	22.28±0.02^{c}
C18:2	3.04±0.02^{b}	3.14±0.04^{a}	3.05±0.04^{b}	3.04±0.02^{b}
C20:0	0.17±0.01^{a}	0.04±0.01^{b}	0.04±0.01^{b}	0.04±0.02^{b}

*Different lowercase superscript in a same row indicates significant differences between treatments

در روز ۱۵ دوره نگهداری، نمونه‌های حاوی *ل. پاراکازئی* دارای بیشترین مقدار اسید بوتیریک و اسید کاپروئیک بودند. نمونه‌های حاوی *ب. لاکتیس*، دارای بیشترین سطح اسید کاپریلیک، اسید لوریک و اسید استئاریک بودند. همچنین، نمونه‌های تلقیح شده با *ل. هلوتیکوس*، باعث تولید اسید اولئیک در بیشترین میزان خود شدند ($p<0.05$). هرچند این نمونه‌ها (*ل. هلوتیکوس*) به صورت غیرمعنی‌دار نیز بیشترین مقادیر اسید میریستولئیک و اسید لینولئیک را داشتند. لازم به ذکر است که نمونه‌های حاوی پروبیوتیک، مقدار اسید کاپریک، اسید میریستیک، اسید پالمیتیک و اسید پالمیتولئیک کمتری را نسبت به نمونه کنترل (بدون تلقیح) داشتند. هیچکدام از نمونه‌ها از لحظ مقدار اسید آراشیدیک تفاوت معنی داری با هم نداشتند ($p>0.05$). به طور کلی، از نظر مهمترین اسید چرب کوتاه‌زنجیر، *ل. پاراکازئی* باعث بیشترین تولید اسید بوتیریک شده و از نظر مهمترین اسید چرب غیراشباع، *ل. هلوتیکوس* باعث بیشترین تولید اسید اولئیک و اسید لینولئیک شد.

Table 4 Profile of Fatty acids (FAs) of cultured creams after 15 days of storage (%)

Fatty acids	Treatments*			
	Control	*L. paracasei*	*B. lactis*	*L. helveticus*
C4:0	1.91±0.02^{b}	2.3±0.03^{a}	1.92±0.04^{b}	1.83±0.02^{c}
C6:0	1.58±0.04^{c}	1.71±0.03^{a}	1.64±0.01^{b}	1.47±0.03^{d}
C8:0	0.50±0.02^{b}	0.57±0.02^{a}	0.58±0.03^{a}	0.46±0.01^{c}
C10:0	2.93±0.01^{a}	2.59±0.04^{c}	2.82±0.02^{b}	2.56±0.04^{c}
C12:0	3.30±0.02^{c}	3.36±0.02^{b}	3.41±0.02^{a}	3.20±0.03^{d}
C14:0	11.20±0.05^{a}	10.64±0.04^{c}	10.96±0.05^{b}	10.68±0.06^{c}
C14:1	1.33±0.01^{c}	1.36±0.01^{b}	1.40±0.02^{a}	1.40±0.03^{a}
C16:0	36.32±0.07^{a}	35.78±0.06^{c}	35.89±0.03^{b}	35.73±0.07^{c}
C16:1	1.80±0.01^{a}	1.76±0.01^{b}	1.77±0.02^{b}	1.76±0.02^{b}
C18:0	9.68±0.04^{b}	9.29±0.05^{c}	9.88±0.04^{a}	9.70±0.03^{b}
C18:1	21.64±0.06^{d}	23.18±0.05^{b}	21.84±0.04^{c}	23.79±0.07^{a}
C18:2	3.07±0.01^{b}	3±0.02^{c}	3.12±0.02^{a}	3.13±0.03^{a}
C20:0	0.05±0.01^{a}	0.05±0.0^{a}	0.05±0.01^{a}	0.05±0.01^{a}

*Different lowercase superscript in a same row indicate significant differences between treatments

در روز ۳۰ نگهداری، نمونه‌های حاوی *ل. پاراکازئی* باعث بیشترین تولید در میزان اسید بوتیریک و اسید لینولئیک نسبت به بقیه نمونه‌ها شدند. درحالیکه در قیاس با سایر نمونه‌ها، نمونه‌های حاوی *ب. لاکتیس*، بیشترین میزان اسید اولئیک را داشتند. همچنین نمونه‌های حاوی *ل. هلوتیکوس*، بیشترین مقدار اسید کاپریلیک را در مقایسه با سایر نمونه‌ها داشتند ($p<0.05$). نمونه‌های حاوی پروبیوتیک‌ها از لحاظ اسید کاپروئیک، اسید کاپریک، اسید لوریک، اسید میریستیک، اسید میریستولئیک، اسید پالمیتیک، اسید پالمیتولئیک و اسید استئاریک از نمونه کنترل (تلقیح نشده) کمتر بودند. شایان ذکر است که نمونه‌های حاوی پروبیوتیک از لحاظ مقدار اسید پالمیتولئیک تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ($p>0.05$). به طور کلی، از نظر مهمترین اسید چرب کوتاه‌زنجیر و اسید چرب غیراشباع، *ل. پاراکازئی* باعث

بیشترین تولید در میزان اسید بوتیریک و اسید لینولئیک نسبت به بقیه نمونه‌ها شد.

Table 5 Profile of Fatty acids (FAs) of cultured creams after 30 days of storage (%)

FAs	Treatments*			
	Control	*L. paracasei*	*B. lactis*	*L. helveticus*
C4:0	1.99±0.02^{d}	2.48±0.05^{a}	2.37±0.02^{b}	2.06±0.03^{c}
C6:0	2.07±0.04^{a}	1.60±0.02^{d}	1.78±0.03^{c}	2.02±0.05^{b}
C8:0	0.56±0.02^{c}	0.63±0.04^{b}	0.69±0.06^{b}	0.94±0.03^{a}
C10:0	3.31±0.03^{a}	2.83±0.01^{d}	2.95±0.02^{c}	3.13±0.02^{b}
C12:0	4.03±0.05^{a}	3.36±0.04^{c}	3.42±0.04^{c}	3.55±0.06^{b}
C14:0	12.31±0.06^{a}	10.87±0.04^{c}	10.68±0.05^{d}	11.16±0.02^{b}
C14:1	1.69±0.02^{a}	1.51±0.04^{b}	1.38±0.05^{c}	1.53±0.03^{b}
C16:0	39.70±0.09^{a}	35.90±0.07^{b}	35±0.04^{d}	35.33±0.05^{c}
C16:1	2.03±0.03^{a}	1.83±0.04^{b}	1.81±0.06^{b}	1.8±0.07^{b}
C18:0	10.81±0.06^{a}	9.9±0.06^{b}	9.64±0.04^{c}	9.82±0.07^{b}
C18:1	12.13±0.04^{d}	22.87±0.06^{b}	23.26±0.06^{a}	20.23±0.04^{c}
C18:2	3.04±0.02^{d}	3.53±0.03^{a}	3.18±0.07^{b}	3.09±0.02^{c}
C20:0	0.13±0.01^{a}	0.08±0.02^{b}	0.08±0.01^{b}	0.13±0.01^{a}

*Different lowercase superscript in a same row indicate significant differences between treatments

در مطالعات مختلف، سویه‌های گوناگونی از پروبیوتیک‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در بین اسیدهای چرب، لازم است که اسید بوتیریک و اسید لینولئیک مزدوج از نقطه نظر تغذیه‌ای مورد توجه قرار گیرند. اسید بوتیریک یکی از اسیدهای چرب کوتاه زنجیر بوده که از اجزای طبیعی چربی شیر هستند. این اسید چرب نقش مهمی را علیه سرطان با جلوگیری از تکثیر سلولی و ایجاد مرگ سلول سرطانی (آپوپتوزیس) ایفا می‌کند [۳۵, ۳۶]. اسید لینولئیک یک پیش ساز مهم اسید لینولئیک مزدوج یا همان CLA بوده که از طریق بیوهیدروژناسیون طی تخمیر لاکتیکی تبدیل می‌شود [۳۷]. میزان CLA در محصولات لبنی بدلیل رژیم دام متغیر بوده و در محدوده ۰.۱٪ تا ۲٪ چربی شیر می‌تواند باشد [۳۸]. تغییر در مقدار CLA در محصولات تخمیری به گونه و سویه آغازگرها و پروبیوتیک‌های مورد استفاده در فرآیند، زمان و دمای تخمیر، ترکیب سوبسترا [۳۰]، منبع و غلظت اسید لینولئیک [۳۷] و رسیدن به pH اسیدی می‌باشد [۳۹].

ساخت سایر اسیدهای چرب مزدوج نیز با فاکتورهای مختلفی همچون pH و دما تنظیم می‌شود [۴۰]. نشان داده شده است که سویه‌هایی از لاکتوباسیلوس‌ها [۴۱]، بیفیدوباکتریوم‌ها [۴۲, ۴۳] و پروپیونی باکتریوم‌ها [۴۴] می توانند به طور موثری اسید لینولئیک را به CLA تبدیل کنند. جنس‌های پروبیوتیک مختلفی جهت افزایش CLA در محصولات لبنی تخمیری از قبیل شیرتخمیری [۴۵]، ماست [۴۶]، ماست نوشیدنی [۴۷]، پنیر [۴۸] و غیره بکار رفته است.

Ekinci و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر پروبیوتیک‌ها روی رخ نمای اسیدهای چرب خامه کشت‌داده‌شده با محتوای چربی ۵۲.۸۰٪ را مطالعه کردند. آن‌ها باکتری‌های پروبیوتیک مختلفی از قبیل *ل. اسیدوفیلوس*، *ب. بیفیدوم*، *اس.*

ترموفیلوس و *ل. بولگاریکوس*، *پروپیونی باکتریوم توئنی* و *پروپیونی باکتریوم* جنسنی و نیز یک کشت مخلوط (ترکیب *ل. اسیدوفیلوس*، *ب. بیفیدوم*، *اس. ترموفیلوس* و *ل. بولگاریکوس*) برای تخمیر خامه غنی شده با روغن آفتابگردان، روغن سویا و روغن فندق بکار بردند. بیشترین میزان CLA (۰.۷۳ میلی گرم CLA در یک گرم چربی) در نمونه‌های تلقیح شده با *ب. بیفیدوم* مشاهده شد. تخمیر با *پروپیونی باکتریوم* جنسنی به طور معنی‌داری منجر به غلظت‌های بالاتر اسید بوتیریک در مقایسه با تخمیر با سایر باکتری‌ها شد. هیچکدام از پروپیونی باکتریوم‌ها باعث بهبود معنی‌دار در غلظت CLA نشدند. همچنین دیده شد که در بیشتر نمونه‌ها، شمارش پروبیوتیک‌ها بالاتر از 10^{6} $cfu.g^{-1}$ بود [۴۹].

Domagala و همکاران (۲۰۰۹) مقدار CLA، اسید لینولئیک و اسید واکسینیک خامه تخمیری را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها از کشت مزوفیل، کشت ترموفیل، کشت ماست و کشت پنیر را با اضافه کردن سویه های *پروپیونی باکتریوم* و پروبیوتیک ها استفاده کردند. مشخص شد که یکی از آغازگرهای ماست (ABY-2) در خامه ترش در مقایسه با خامه تازه، مقدار CLA را افزایش می دهد. در عین حال، مقدار CLA در خامه‌های تخمیرشده با سایر آغازگرها کمتر از مقدار قبل از تخمیر بود. میزان اسید لینولئیک و اسید واکسینیک به طور کلی بعد از تخمیر در تمام نمونه‌ها بجز در نمونه تلقیح شده با آغازگر ABY-2 کاهش یافت. به علاوه، *پروپیونی باکتریوم* باعث تولید CLA از اسید لینولئیک نشد [۵۰].

Yilmaz-Ersan (۲۰۱۳) ترکیب اسیدهای چرب خامه تخمیرشده با *ب. لاکتیس*، *ل. اسیدوفیلوس* و *ل. رامنوسوس* را مورد بررسی قرار داد. نشان داده شد که میزان اسید اولئیک و اسید آلفالینولنیک در خامه تخمیرشده با *ب. لاکتیس* بالاتر از مقدار آن در نمونه شاهد بود. همچنین خامه تخمیرشده با *ب. لاکتیس* بالاترین میزان اسیدهای چرب تک غیراشباع، اسیدهای چرب چند غیراشباع و اسیدهای چرب بلند زنجیر نسبت به سایر نمونه ها بود. نمونه خامه تخمیرشده با *ل. اسیدوفیلوس* بالاترین میزان اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب میان‌زنجیر در مقایسه با بقیه نمونه ها بود. به طور کلی تفاوت اصلی بین نمونه‌های خامه تلقیح شده با پروبیوتیک‌های مختلف، درجه اشباعیت اسیدهای چرب بود. همچنین بدین صورت نتیجه گیری شد که اضافه کردن پروبیوتیک‌ها به طور معنی‌داری باعث تغییر در مقدار اسید بوتیریک، اسید کاپروئیک و CLA نمی شود [۲۱].

Lin و همکاران (۱۹۹۵) گزارش دادند که در خامه ترش با ۱۸.۴٪ چربی، مقادیر ۴.۱۳ و ۰.۷۶ میلی گرم به ترتیب در هر گرم چربی و هر گرم محصول وجود دارد. در خامه با ۳۳.۲٪ چربی، این غلظت‌ها به ترتیب ۴.۳۰ و ۱.۴۳ میلی گرم در هر گرم بود [۵۱]. در مطالعه‌ای دیگر روی محصولات خامه، غلظت CLA در محدوده ۶.۱ تا ۶.۲ میلی گرم در هر گرم چربی گزارش شده است [۵۲].

Xu و همکاران (۲۰۰۵) اثرات *ل. رامنوسوس*، *پ. فرودن ریچی* زیرگونه *شرمانی* و *پ. فرودن ریچی* زیرگونه *فرودن ریچی* به صورت منفرد یا هم کشت با *ل. دلبروکی* زیرگونه *بولگاریکوس* و *اس. سالیواریوس* زیرگونه *ترموفیلوس* در شیر تخمیری را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها پی بردند که *ل. رامنوسوس* در حالت هم کشت با آغازگرهای ماست بیشترین میزان CLA را تولید کرد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که حضور آغازگرهای ماست تشکیل CLA توسط پروپیونی باکتریوم‌ها را افزایش می دهد [۵۳]. در مطالعه ای مشابه، روی شیر تخمیری، مشاهده شد که میزان تلقیح *ل. رامنوسوس* و آغازگرهای ماست اثر معنی‌داری روی مقدار CLA ندارند [۵۴].

Dave و همکاران (۲۰۰۲) ترکیب اسیدهای چرب در طی فرآیند ماست را مطالعه کردند. آن‌ها مشاهده کردند که تخمیر با آغازگرهای ماست (*اس. ترموفیلوس* و *ل. دلبروکی* زیرگونه *بولگاریکوس*) و پروبیوتیک ها (*ل. اسیدوفیلوس* و بیفیدوباکتریوم ها) مقدار CLA، اسید واکسینیک ترانس و اسیدهای چرب امگا ۳ را تغییر ندادند [۵۵]. Yadav و

همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که افزودن پروبیوتیک‌ها میزان اسیدهای چرب اشباع در محصول داهی (ماست سنتی هندی) را در مقایسه با نمونه شاهد افزایش دادند [۳۱]. در مطالعه‌ای دیگر بر روی شیر تخمیری سین بیوتیک حاوی *اس. ترموفیلوس و ل. اسیدوفیلوس*، استفاده از مالتودکسترین باعث افزایش CLA به میزان حداقل ۳۸٪ در مقایسه با نمونه شاهد شده است [۵۶].

Khosravi-Darani و همکاران (۲۰۱۴) تاثیر باکتری‌های پروبیوتیک شامل *ل. اسیدوفیلوس* La-5، *ب. بیفیدوم* و *پروپیونی باکتریوم فرودن ریچی* روی تولید زیستی CLA در ماست حاوی پودر آب پنیر و روغن هسته انگور را مورد بررسی قرار دادند. بهترین شرایط برای تولید CLA، مقدار ٤٪ (وزنی/حجمی) پودر آب پنیر، ٤٪ (حجمی/حجمی) روغن هسته انگور، ٦ pH، دمای تخمیر ۳۵ درجه سانتیگراد و مدت زمان گرمخانه گذاری ۲۷ ساعت بود. نشان داده شد که مقدار CLA در ماست پروبیوتیک از ۸.۰۱ میلی گرم در هر گرم چربی در نمونه شاهد به ۱۱.۰۳ میلی گرم در هرگرم چربی ماست پروبیوتیک حاوی روغن هسته انگور افزایش داشت که این افزایش به میزان ٤٠٪ بود [۵۷]. تغییر در غلظت CLA ماست تولیدشده از شیر گاو و شیر گوسفند در طی ١٤ روز نگهداری مورد بررسی قرار گرفت. نگهداری در دمای یخچال منجر به کاهش معنی‌دار و افزایش معنی‌دار در به ترتیب ماست شیر گاو و ماست شیر گوسفند شد. به دیگر بیان، اینطور می توان نتیجه گیری کرد که منشا شیر می‌تواند روی محتوای CLA تاثیر بگذارد [۵۸].

Złoch و همکاران تاثیر اضافه کردن *ل. پاراکازئی* سویه *پاراکاس* بر روی رخ نمای اسیدهای چرب و میزان ویتامین D3 خامه را مطالعه کردند. آن‌ها دریافتند که *ل. پاراکازئی* باعث افزایش نسبت اسیدهای چرب غیراشباع به اشباع و همچنین افزایش میزان CLA می شود. همچنین *ل. پاراکازئی* میزان پیش ساز ویتامین D را بعد از ٦ افزایش داد و میزان ویتامین D3 را بعد از ٢٤ و ٤٨ ساعت افزایش داد [۵۹]. استفاده از بیفیدوباکتریوم ها باعث افزایش جزئی CLA (۱.٤ برابر) در شیرهای تخمیری بعد از ۷ روز نگهداری در ٤ درجه سانتیگراد شده است [٦٠]. *ب. انیمالیس* Bb-12 در شیر پس چرخ بعد از گرمخانه گذاری باعث افزایش CLA شده است [٦١]. در شیر پس چرخ بازساخته حاوی ۰.۲٪ روغن کنجد هیدرولیزشده، بعضی از آغازگرهای مزوفیل از قبیل *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *لاکتیس* بیوواریته *دی استی لاکتیس* و *لویکونوستوک مزنتروئیدس* زیرگونه *مزنتروئیدس* مقدار تولید بیشتری از CLA در مقایسه با جنس‌های پروبیوتیک از قبیل لاکتوباسیلوس‌ها، پروپیونی باکتریوم‌ها، انتروکوکوس‌ها و پدیوکوکوس‌ها دارند [٦٢].

در مطالعه‌ای میزان CLA تولید شده از ١٢٦ سویه از میان ۳۱ گونه *بیفیدوباکتریوم* در محیط کشت MRS براث غنی شده با ۰.۵ گرم در لیتر اسید لینولئیک بررسی شده است. بیشتر گونه‌های *بیفیدوباکتریوم* تولیدکننده CLA متعلق به *ب. بروی* و *ب. سودوکاتنولاتوم* بود که در بین آن‌ها سویه *ب. بروی* WC0421 بهترین تولیدکننده CLA بود [٤٣]. همچنین در مطالعه‌ای دیگر، تولید CLA در ٣٦ سویه مختلف *بیفیدوباکتریوم* در محیط کشت MRS براث غنی شده با ۰.۵ میلی گرم در میلی لیتر اسید لینولئیک ارزیابی شد. بعد از ۷ ساعت رشد میکروبی و گرمخانه‌گذاری در ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۷۲ ساعت مشخص شد که از بین بیفیدوباکتریوم‌ها، سویه های *ب. بروی*، *ب. بیفیدوم* و *ب. سودولانگوم* می‌توانند ایزومرهای مختلفی از CLA را از ۱۹.۵٪ تا ۵۳.۵٪ تولید کنند [٦٣]. در تحقیقی دیگر، قابلیت تولید CLA در *ب. بروی* LMC520 با مقادیر مختلف اسید لینولئیک در شرایط کشت داده شده مختلف بررسی شد. بیشترین مقدار CLA بعد از ٢٤ ساعت گرمخانه گذاری محیط MRS با ۱ میلی مولار اسید لینولئیک در ۵.۵ pH تحت شرایط بی هوازی بدست آمد [٦٤]. علیرغم تاثیر مثبت پروبیوتیک‌ها بر روی تولید CLA در بسیاری از مطالعات، در یکسری از تحقیقات، پروبیوتیک‌ها روی مقدار CLA بی تاثیر بوده اند.

Manzo و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که *ل. اسیدوفیلوس* La-5 و *ب. انیمالیس* Bb-12 مقدار CLA را نه تنها در شیر گاو پاستوریزه افزایش ندادند بلکه باعث افزایش آن در غذای کودک با محتوای اسید لینولئیک بالا و حاوی پری بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید نیز نشدند. یافته آن ها این فرضیه را تقویت کرد که مقدار CLA اندازه گیری شده در محصولات تخمیری از اول در شیر گاو وجود داشته است. طبق این تحقیق، از آنجاییکه پروبیوتیک‌های اضافه شده منجر به تغییرات معنی‌دار در مقادیر CLA نشد، مقدار CLA ارتباطی با تخمیر پروبیوتیکی نداشته است. لذا می‌توان در اینچنین مواردی نتیجه گرفت که CLA در حقیقت در شکمبه حیوان تولید شده و در طی تخمیر حفظ شده است [٦٥]. با توجه به اینکه مقایسه محصولات مختلف بر حسب ویژگی های فیزیکوشیمیایی منحصر به فرد هر محصول و شرایط خاص تولید و نیز مقایسه سویه های مختلف به جهت ویژگی های متابولیسمی هر سویه، آسان نمی باشد، لذا، نیاز است که نقش کشت‌های خالص و منفرد گونه‌های مختلف پروبیوتیک جهت درک مکانیسم‌هایی که ترکیب اسیدهای چرب در خامه ترش را تغییر می‌دهند، شناسایی شود. محتوای اسید چرب محصولات لبنی تخمیری به ترکیب شیر اولیه و فعالیت متابولیک باکتریایی در طی تخمیر بستگی دارد. رخ نمای اسیدهای چرب خامه ترش به صورت پیوسته در طی تخمیر بدلیل رشد باکتری‌ها در حال تغییر است. لذا لازم است که اثرات باکتری‌ها روی توزیع اسیدهای چرب بررسی شده که می تواند ویژگی‌های محصول نهایی را تعیین کند.

٤-نتیجه گیری

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که اثر پروبیوتیک‌ها روی ویژگی‌های شیمیایی (pH و اسیدیته) و رخ نمای اسیدهای چرب خامه ترش، بستگی به سویه مورد استفاده دارد. میزان قدرت پایین‌آورندگی pH و افزایش اسیدیته از بیشترین به کمترین به ترتیب متعلق به نمونه‌های حاوی *ل. هلوتیکوس*، *ل. پاراکازئی* و *ب. لاکتیس* بود. مشاهده شد که تخمیر خامه با سویه‌های پروبیوتیک باعث تغییر مقدار اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر و اسیدهای چرب اشباع‌نشده می شود. به طور کلی، از میان اسیدهای چرب کوتاه‌زنجیر و اسیدهای چرب غیراشباع، *ل. پاراکازئی* باعث تولید بیشترین میزان اسید لینولئیک در روزهای ۱ و ۳۰ نگهداری و همچنین بیشترین تولید اسید بوتیریک در روزهای ۱۵ و ۳۰ نگهداری شد. به طور کلی تلقیح باکتری‌های پروبیوتیک در محصولات لبنی از قبیل خامه ترش جهت تولید محصولات لبنی فراسودمند حائز اهمیت می باشد. تحقیقات بیشتری در این زمینه از لحاظ بررسی اثر نوع سویه‌های پروبیوتیک بر تغییر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و تغییر رخ نمای اسیدهای چرب مورد نیاز می‌باشد. پیشنهاد می‌شود گونه‌ها و سویه‌های مختلف با پتانسیل بالا در تولید اسیدهای چرب فعال زیستی طی فرآوری و نگهداری خامه ترش ارزیابی شوند.

٥-سپاسگزاری

این تحقیق حاصل طرح پژوهشی جایگزین گرنت گروه صنایع غذایی دانشگاه گیلان با شماره نامه تصویب ١٤٦١٣/پ ١٥ مورخه ١٤٠١/٢/٢٠ بوده که با همکاری شرکت تولید فرآورده‌های لبنی سولیکو کاله انجام شده است.

٥- منابع

[1] J. A. Tur and M. M. Bibiloni, "Functional Foods," *Encyclopedia of Food and Health*, pp. 157-161, 2016.

[2] R. Karimi, A. M. Mortazavian, and A. G. Da Cruz, "Viability of probiotic microorganisms in cheese during production and storage: a review," *Dairy Science & Technology*, vol. 91, pp. 283–308 2011.

[3] D. W. Olson and K. J. Aryana, "Probiotic Incorporation into Yogurt and Various Novel Yogurt-Based Products," *Applied Sciences*, vol. 12, p. 12607, 2022.

[4] S. Sharma *et al.*, "Impact of ultrafine bubbles on the survivability of probiotics in fermented milks," *International Dairy Journal,* vol. 140, p. 105591, 2023.

[5] R. Karimi, S. Sohrabvandi, and A. M. Mortazavian, "Sensory Characteristics of Probiotic Cheese," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 11, pp. 437-452, 2012.

[6] H. Goktas, H. Dikmen, H. Bekiroglu, N. Cebi, E. Dertli, and O. Sagdic, "Characteristics of functional ice cream produced with probiotic *Saccharomyces boulardii* in combination with *Lactobacillus rhamnosus* GG ",*LWT,* vol. 153, p. 112489, 2022.

[7] F. Cosme, A. Inês, and A. Vilela, "Consumer's acceptability and health consciousness of probiotic and prebiotic of non-dairy products," *Food Research International,* vol. 151 p. 110842, 2022.

[8] E. A. Araújo, A. C. S .Pires, M. S. Pinto, G. Jan, and A. F. de Carvahlo, "Probiotics in Dairy Fermented Products," *In Tech Open*, vol. 654, 2012.

[9] S. Fijan, "Microorganisms with Claimed Probiotic Properties: An Overview of Recent Literature," *International Journal of Environmental Research and Public Health,* vol. 11, pp. 4745–4767, 2014.

[10] B. Paszczyk and M. Czarnowska-Kujawska, "Fatty Acid Profile, Conjugated Linoleic Acid Content, and Lipid Quality Indices in Selected Yogurts Available on the Polish Market," *Animals,* vol. 12, p. 96, 2022.

[11] W. Hoffmann, "Cream: Manufacture," *Reference Module in Food Sciences*, pp. 1-7, 2016.

[12] N. Niamsiri and C. A. Batt, *Dairy Products* (Encyclopedia of Microbiology). Academic Press, 2009.

[13] M. Gibson and P. Newsham, "Milk and Dairy," in *Food Science and the Culinary Arts,* M. Gibson and P. Newsham Eds.: Academic Press, 2018, pp. 133-167.

[14] *Pasteurized and UHT cream-Specifications and test methods*, ISIRI-No.191, Iran, 2019 .

[15] M. M. Rahman, G. V. Halade, P. J. Williams, and G. Fernandes, "t10c12-CLA maintains higher bone mineral density during aging by modulating osteoclastogenesis and bone marrow adiposity," *Journal of Cellular Physiology,* vol. 226, pp. 2406–2414, 2011.

[16] D. Kritchevsky, "Conjugated linoleic acid effects on experimental artherosclerosis," *Dairy Foods Cardiovasc Health Bull IDF,* vol. 353, pp. 22–36, 2000.

[17] H. Malinska, M. Hüttl, O. Oliyarnyk, M. Bratova, and L. Kazdova, "Conjugated linoleic acid reduces visceral and ectopic lipid accumulation and insulin resistance in chronic severe hypertriglyceridemia," *Nutrition* vol. 31, pp. 1045–1051, 2015.

[18] M. Collomb, A. Schmid, R. Sieber, D. Wechsler, and E.-L. Ryhänen, "Conjugated linoleic acids in milk fat: Variation and physiological effects," *International Dairy Journal,* vol. 16, pp. 1347-1361, 2006.

[19] M. A. Belury, "Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of action," *Annual Review of Nutrition,* vol. 22, pp. 505-531, 2002.

[20] J. C. Nunes and A. G. Torres , "Fatty acid and CLA composition of Brazilian dairy products and contribution to daily intake of CLA," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 23, pp. 782-789, 2010.

[21] L. Yilmaz-Ersan, "Fatty acid composition of cream fermented by

probiotic bacteria," *Mljekarstvo* vol. 63, pp. 132-139, 2013.

[22] B. Yang *et al.*, "Bacterial conjugated linoleic acid production and their applications," *Progress in Lipid Research*, vol. 68, pp. 26-36, 2017.

[23] W. Palachum, W. Choorit, and Y. Chisti, "Accumulation of conjugated linoleic acid in Lactobacillus plantarum WU-P19 is enhanced by induction with linoleic acid and chitosan treatment," *Annals of Microbiology*, vol. 68, pp. 611–624, 2018.

[24] E. S. Hosseini, R. K. Kermanshahi, S. Hosseinkhani, S. A. Shojaosadati ,and M. Nazari, "Conjugated linoleic acid production from various substrates by probiotic *Lactobacillus plantarum*," *Annals of Microbiology*, vol. 65, pp. 27–32, 2015.

[25] G. Zárate, "Dairy Propionibacteria: Less Conventional Probiotics to Improve the Human and Animal Health," in *Probiotic in Animals*, E. Rigobelo Ed.: InTech, 2012, ch. 8, pp. 153-202.

[26] Y. Mei, H. Chen, B. Yang, J. Zhao, H. Zhang, and W. Chen, "Research progress on conjugated linoleic acid bio-conversion in *Bifidobacterium*," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 369, p. 109593, 2022.

[27] M. L. E. Dapkevicius, B. Sgardioli, S. P. A. Câmara, P. Poeta, and F. X. Malcata, "Current Trends of Enterococci in Dairy Products: A Comprehensive Review of Their Multiple Roles," *Foods*, vol. 10, p. 821, 2021.

[28] R. Sieber, M. Collomb, A. Aeschlimann, P. Jelen, and H. Eyer, "Impact of microbial cultures on conjugated linoleic acid in dairy products—a review," *International Dairy Journal*, vol. 14, pp. 1-15, 2004.

[29] *Milk and milk products-Determination of titrable acidity and pH-Test method*, ISIRI-No.2852, Iran, 2022 .

[30] C. P. V. Nieuwenhove, V. Terán, and S. N. González, "Conjugated linoleic and linolenic acid production by bacteria: Development of functional foods," in *Probiotics* ,E. C. Rigobelo Ed.: InTech., 2012, pp. 55-80.

[31] H. Yadav, S. Jain, and P. R. Sinha, "Production of free fatty acids and conjugated linoleic acid in probiotic dahi containing *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* during fermentation and storage," *International Dairy Journal*, vol. 60, pp. 1006-1010, 2007.

[32] Y. Lu *et al.*, "Protective effects of oleic acid and polyphenols in extra virgin olive oil on cardiovascular diseases," *Food Science and Human Wellness*, vol. 13, no. 2, pp. 529-540, 2024.

[33] L. Perdomo *et al.*, "Protective role of oleic acid against cardiovascular insulin resistance and in the early and late cellular atherosclerotic process," *Cardiovascular Diabetology*, vol. 14, p. 75, 2015.

[34] V. S. Shramko, Y. V. Polonskaya, E. V .Kashtanova, E. M. Stakhneva, and Y. I. Ragino, "The Short Overview on the Relevance of Fatty Acids for Human Cardiovascular Disorders," *Biomolecules*, vol. 10, no. 8, p. 1127, 2020.

[35] L. Pattayil and H.-T. Balakrishnan-saraswathi, "In Vitro Evaluation of Apoptotic Induction of Butyric Acid Derivatives in Colorectal Carcinoma Cells," *Anticancer Research*, vol. 39, pp. 3795-3801, 2019.

[36] C. Siregar, E. B. Wasito, and I. K. Sudiana, "Effect of Butyric Acid on

p53 Expression and Apoptosis in Colon Epithelial Cells in Mice after Treated with 9,10-dimethyl-1,2-benz(a)anthracene," *Procedia Chemistry*, vol. 18, pp. 141-146, 2016.

[37] G. C. Kuhl and J. D. D. Lindner, "Biohydrogenation of Linoleic Acid by Lactic Acid Bacteria for the Production of Functional Cultured Dairy Products: A Review," *Foods*, vol. 5, p. 13, 2016.

[38] R. C. Khanal and K. C. Olson, "Factors affecting conjugated linoleic acid (CLA) content in milk, meat, and egg: A review," *Pakistan Journal of Nutrition*, vol. 3, pp. 82–98, 2004.

[39] Y .J. Kim and R. H. Liu, "Increase of conjugated linoleic acid content in milk by fermentation with lactic acid bacteria," *Journal of Food Science*, vol. 67, pp. 1731-1737, 2002.

[40] L. Gorissen *et al.*, "Linoleate isomerase activity occurs in lactic acid bacteria strains and is affected by pH and temperature," *Journal of Applied Microbiology*, vol. 111, pp. 593– 606, 2011.

[41] L. Alonso, E. P. Cuesta, and S. E. Gilliand, "Production of free conjugated linoleic acid by Lactobacillus acidophilus and Lactobacillus casei of human intestinal origin," *Journal of Dairy Science*, vol. 86, pp. 1941–1946, 2003.

[42] M. Coakley, R. P. Ross, M. Nordgren, G. Fitzgerald, R. Devery, and C. Stanton, "Conjugated linoleic acid biosynthesis by human derived *Bifidobacterium* species," *Journal of Applied Microbiology*, vol. 94, pp. 138–145, 2003.

[43] S. Raimondi, A. Amaretti, A. Leonardi, A. Quartieri, C. Gozzoli, and M. Rossi, "Conjugated Linoleic Acid Production by Bifidobacteria: Screening, Kinetic, and Composition," *BioMed Research International*, vol. 2016, p. 8654317, 2016.

[44] L.-M. Wang, J.-P. Lv, Z.-Q. Chu, Y.-Y. Cui, and X.-H. Ren, "Production of conjugated linoleic acid by *Propionibacterium freudenreichii*," *Food Chemistry*, vol. 103, pp. 313-318, 2007.

[45] A. C. R. Florence, R. C. da Silva, A. P. E. Santo, L. A. Gioielli, A. Y. Tamime, and M. N. de Oliveira, "Increased CLA content in organic milk fermented by bifidobacteria or yoghurt cultures," *Dairy Science & Technology*, vol. 89, pp. 541–553, 2009.

[46] P. Rouhi, H. Nikoupour, E. Vasheghani-Faraahani, and K. Khosravi-Darani, "Variables Affecting Conjugated Linoleic Acid Production Process In Probiotic Yogurt By The Taguchi Method," *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, vol. 2, pp. 49-57, 2008.

[47] H. Colakoglu and O. Gursoy, "Effect of lactic adjunct cultures on conjugated linoleic acid (CLA) concentration of yogurt drink," *Journal of Food Agriculture and Environment*, vol. 9, pp. 60-64, 2011.

[48] O. Gursoy, A. K. Seckin, O. Kinik, and A. D. Karaman, "The effect of using different probiotic cultures on conjugated linoleic acid (CLA) concentration and fatty acid composition of white pickle cheese," *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 63, pp. 610-615, 2012.

[49] F. Y. Ekinci, O .D. Okur, B. Ertekin, and Z. Guzel-Seydim, "Effects of probiotic bacteria and oils on fatty acid profiles of cultured cream," *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 110, pp. 216-224, 2008.

[50] J. Domagala, M. Sady, D. Najgebauer-Lejko, M .Czernicka, and I. Wieteska, "The content of conjugated linoleic acid (CLA) in cream fermented

using different starter cultures," *Biotechnology in Animal Husbandry*, vol. 25, pp. 745-751, 2009.

[51] H. Lin, D. Boylston, M. J. Chang, L. O. Luedecke, and T .D. Shultz, "Survey of the Conjugated Linoleic Acid Contents of Dairy Products," *Journal of Dairy Science*, vol. 78, pp. 2358-2365, 1995.

[52] J. Jiang, L. Björck, and R. Fondén, "Conjugated Linoleic Acid in Swedish dairy products with special reference to the manufacture of hard cheeses," *International Dairy Journal*, vol. 7, pp. 863-867, 1997.

[53] S. Xu, T. D. Boylston, and B. A. Glatz, "Conjugated Linoleic Acid Content and Organoleptic Attributes of Fermented Milk Products Produced with Probiotic Bacteria," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 53, pp. 9064–9072, 2005.

[54] S. Xu, T. D. Boylston, and B. A. Glatz, "Effect of Inoculation Level of *Lactobacillus rhamnosus* and Yogurt Cultures on Conjugated Linoleic Acid Content and Quality Attributes of Fermented Milk Products," *Journal of Food Science*, vol. 71, pp. 275-280, 2006.

[55] R. I. Dave, N. Ramaswamy, and R. J. Baer, "Changes in fatty acid composition during yogurt processing and their effects on yogurt and probiotic bacteria in milk procured from cows fed different diets," *Australian Journal of Dairy Technology*, vol. 57, pp. 197-202, 2002.

[56] R. P. Oliveira *et al.*, "Effect of different prebiotic on the fermentation Kinetics, probiotic survival and fatty acids profiles in nonfat symbiotic fermented milk," *International Journal of Food Microbiology*, vol. 128, pp. 467–472, 2009.

[57] K. Khosravi-Darani, F. S. Reihani, and R. Feili, "Bioproduction of Conjugated Linoleic Acid in Yogurt by Probiotic Bacteria," *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, vol. 3, pp. 62-68, 2014.

[58] A. Serafeimidou, S. Zlatanos, G. Kritikos, and A. Tourianis, "Change of fatty acid profile, including conjugated linoleic acid (CLA) content, during refrigerated storage of yogurt made of cow and sheep milk," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 31, pp. 24–30, 2013.

[59] M. Złoch *et al.*, "*Lacticaseibacillus paracasei* as a Modulator of Fatty Acid Compositions and Vitamin D3 in Cream," *Foods*, vol. 11, p. 1659, 2022.

[60] A. C. R. Florence *et al.*, "Fatty acid profile, trans-octadecenoic, α-linolenic and conjugated linoleic acid contents differing in certified organic and conventional probiotic fermented milks," *Food Chemistry*, vol. 135 pp. 2207–2214, 2012.

[61] L. M. Rodríguez-Alcalá ,B. Teresa, X. F. Malcata, G. Ana, and F. Javier, "Quantitative and qualitative determination of CLA produced by *Bifidobacterium* and lactic acid bacteria by combining spectrophotometric and Ag^{+}-HPLC techniques," *Food Chemistry*, vol. 125, pp. 1373–1378, 2011.

[62] M. H. A. El-salam, K. El-shafei, O. M. Sharaf, B. A. Effat, F. M. Asem, and M. El-aasar, "Screening of some potentially probiotic lactic acid bacteria for their ability to synthesis conjugated linoleic acid," *International Journal of Dairy Technology*, vol. 63, pp. 62-69, 2010.

[63] L. Gorissen *et al.*, "Production of conjugated linoleic acid and conjugated linolenic acid isomers by *Bifidobacterium* species," *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 87, pp. 2257–2266, 2010.

[64] H. G. Park *et al* ,. "Characterization of Conjugated Linoleic Acid Production by Bifidobacterium breve LMC 520," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57, pp. 7571–7575, 2009.

[65] N. Manzo, F. Pizzolongo, I. Montefusco, M. Aponte, G. Blaiotta, and R. Romano, "The effects of probiotics and prebiotics on the fatty acid profile and conjugated linoleic acid content of fermented cow milk," *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 66, pp. 254-259, 2015.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of *Lactobacillus paracasei*, *L. helveticus* and *Bifidobacterium lactis* on fatty acid profile of sour cream

Reza Karimi[1]

1-Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

ARTICLE INFO

Article History:
Received:2023/12/9
Accepted:2024/4/9

Keywords:

Fermentation,
Functional,
Probiotic,
Sour Cream

DOI: 10.22034/FSCT.21.157.50.

*Corresponding Author E-rezakarimi@guilan.ac.ir ; rzakarimi@gmail.com

ABSTRACT

Nowadays, probiotic products are among popular foods among the consumers due to their different health effects. One of the dairy products is sour cream, which has been less noticed, although it has high potential for inclusion of the probiotic microorganisms. The goal of the present research was considering the effects of probiotic cultures on fatty acid profile of sour cream. The cream samples were incorporated by *Lactobacillus casei*, *L. helveticus* and *Bifidobacterium lactis* as single cultures. The pH values, acidity and fatty acid profiles were evaluated at the time of 1, 15 and 30 days of storage period. The mentioned parameters were compared to the control cream. Concentrations of short-chain fatty acids in cultured cream samples differed depending on the used cultures. Moreover, probiotics caused the change in medium chain, saturated and polyunsaturated fatty acid content in fermented cream. Among the short-chain fatty acids and unsaturated fatty acids, *L. paracasei* caused the highest production of linoleic acid in 1 and 30 days of storage as well as the highest production of butyric acid in 15 and 30 days of storage. Generally, production of probiotic sour cream can be a functional value-added product in the dairy industry.