



تاثیر استفاده از نسبت‌های مختلف لاکتوباسیلوس هلووتیکوس و آغازگر مزوفیل بر ترکیبات مولد آروما و ویژگی‌های

حسی پنیر سفید فراپالایش

آرش تندهوش^۱، مصطفی سلطانی^{۲*}، فاطمه آذری کیا^۳، عزیز همایونی راد^۴، مصطفی کریمی^۶

۱-دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳-مرکز تحقیقات علوم تغذیه و صنایع غذایی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۴-استادیار، گروه فناوری صنایع غذایی، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

۵-استاد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده تغذیه و علوم غذایی، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

۶-دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

فراپالایش از تکنیک‌های مورد استفاده برای تغلیظ شیر به منظور تولید پنیر با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و تغذیه‌ای مطلوب‌تر می‌باشد. از سوی دیگر استفاده از آغازگرهای ترکیبی در تولید پنیر می‌تواند منجر به ارتقاء ویژگی‌های حسی و مطلوبیت کلی در محصول نهایی گردد. هدف این پژوهش بررسی اثر استفاده از نسبت‌های مختلف باکتری لاکتوباسیلوس هلووتیکوس و آغازگرهای مزوفیل (لاکتوباسیلوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و لاکتوباسیلوس لاکتیس زیرگونه کرموریس) بر ترکیبات مولد آروما و ویژگی‌های حسی پنیر سفید فراپالایش در طول دوره رسیدگی بود. بر این اساس ۵ نمونه پنیر سفید فراپالایش با استفاده از نسبت‌های مختلف آغازگرهای مزوفیل و لاکتوباسیلوس هلووتیکوس (۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰) تولید شده و در سردخانه °C (۱ ± ۰/۱) به مدت ۹۰ روز نگهداری شدند. آزمون‌های لازم بر روی نمونه‌های تولید شده در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ از دوره رسیدگی صورت پذیرفت. طبق نتایج بدست آمده استفاده از نسبت‌های بالاتر لاکتوباسیلوس هلووتیکوس در تولید پنیر سفید فراپالایش سبب افزایش معنی‌دار مقادیر کربن دی اکسید، اتانول و اتیلن اکساید و کاهش معنی‌دار میزان استن گردید. در ارتباط با ویژگی‌های حسی، افزایش میزان لاکتوباسیلوس هلووتیکوس منجر به دریافت امتیازات پایین‌تر در پارامتر قوام و بافت و امتیازات بالاتر در مزه و بو شد ($p < 0/05$). بطور کلی استفاده از آغازگر مزوفیل و لاکتوباسیلوس هلووتیکوس با نسبت‌های ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ منجر به ارتقاء ترکیبات مولد آروما در محصول نهایی و تولید پنیر سفید فراپالایش با ویژگی‌های حسی مطلوب شد.

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲

کلمات کلیدی:

پنیر سفید فراپالایش، لاکتوباسیلوس هلووتیکوس، آغازگرهای مزوفیل، ترکیبات مولد آروما، ویژگی‌های حسی.

DOI:10.22034/FSCT.21.152.165.

* مسئول مکاتبات:

m.soltani@iaups.ac.ir

۱. مقدمه

پنیر سفید از پرمصرف‌ترین فرآورده‌های لبنی تولید شده در جهان بوده و در گروه پنیرهای نیمه‌سخت طبقه‌بندی می‌گردد. این محصول دارای بافت برش پذیر، طعم اسیدی ملایم و رنگ سفید مایل به زرد بوده و انواع مختلفی از شیر شامل شیرهای گاو، گوسفند، بز و گاو میش در تولید آن مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱ و ۲]. فرایپالایش، سازوکاری است که در جهت استانداردسازی فرایند تولید پنیر و تولید محصولی با ایمنی صنعتی و ویژگی‌های کیفی یکسان استفاده می‌شود. در این روش، شیر قبل از تشکیل و عمل آوری لخته، تغلیظ شده و از خروج آب پنیر در طی تولید پنیر جلوگیری می‌شود. به کارگیری تکنولوژی فرایپالایش در صنعت پنیرسازی، موجب تولید پنیرهایی با بازدهی تولید بالا بدلیل حفظ پروتئین‌های آب پنیر در لخته و افزایش نسبت پروتئین و چربی در محصول نهایی می‌گردد. با این حال، به دلیل غلظت بالای پروتئین‌های آب پنیر در محصول نهایی و قابلیت نگهداری آب بالا توسط آن‌ها، پنیرهای سفید فرایپالایش دارای رطوبت بالایی هستند. همچنین به دلیل اثر ممانعت‌کنندگی پروتئین‌های آب پنیر بر فعالیت آنزیم منعقدکننده، پنیرهای تولید شده با تکنولوژی فرایپالایش دارای رسیدگی آهسته‌تر و آرومای ضعیف‌تر در مقایسه با پنیرهای آب نمکی می‌باشند [۱ و ۳].

استفاده از آغازگرها دارای تاثیرات قابل توجه بر ترکیبات مولد آروما و ویژگی‌های حسی پنیر به دلیل تولید اسید در طی فرایند تخمیر، مشارکت در پروتئولیز آنزیمی، تبدیل اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب به ترکیبات تولید کننده آروما و ممانعت از فعالیت میکروارگانیسم‌های نامطلوب در اثر تولید ترکیباتی نظیر باکتریوسین‌ها، اسیدهای آلی و هیدروژن پراکسید می‌باشد [۴ و ۵]. آغازگرهای رایج برای تولید پنیر عمدتاً از سویه‌های لاکتیک‌اسید باکتری هستند. در بین سویه‌های مذکور، لاکتوباسیلوس هلویتیکوس^۲ یک

باکتری لاکتیک اسید ترموفیل می‌باشد که از لحاظ صنعتی نقش مهمی در تولید محصولات لبنی تخمیر شده داشته و عمدتاً در تولید انواع پنیر ایتالیایی و سوئیسی استفاده می‌شود [۶]. این باکتری دارای یک پروتئیناز متصل به دیواره سلولی است که از سلول‌های کامل بدون هیچ گونه نشت آنزیم‌های داخل سلولی آزاد می‌شود [۷]. علاوه بر پروتئیناز خارج سلولی، سویه‌های لاکتوباسیلوس هلویتیکوس دارای پپتیدازها و لیپازها هستند که عموماً در داخل سلولی قرار دارند. برخی از سویه‌های لاکتوباسیلوس هلویتیکوس آنزیم‌های داخل سلولی را از طریق اتولیز آزاد می‌کنند، که در نتیجه تبدیل کاتابولیک اسیدهای آمینه به ترکیبات معطر، نقش عمده‌ای در ایجاد طعم دارد. از این رو اثرات لاکتوباسیلوس هلویتیکوس بر بهبود عطر، کاهش تلخی و تسریع فرایند پروتئولیز، به ویژه در پنیر، مورد توجه بسیاری از محققان است [۸]. از سوی دیگر، همراه با مقاومت بالا در برابر اسید، لاکتوباسیلوس هلویتیکوس قادر به تولید لاکتیک اسید در مقادیر قابل توجه در نتیجه مصرف گلوکز و گالاکتوز می‌باشد. بنابراین در مقایسه با استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس که تنها قادر به متابولیزه کردن گلوکز هستند، لاکتوباسیلوس هلویتیکوس توانایی متابولیزه گلوکز و گالاکتوز و تولید مقادیر بالاتر اسید را دارد [۹ و ۱۰]. با این دلایل، باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس به عنوان آغازگر کمکی در تولید پنیرهای چدار [۱۱]، راس [۱۲] و ادام [۱۳] بکار گرفته شده است. در این راستا، سیچراماز و همکاران (۲۰۲۲) تاثیرات استفاده از کشت‌های آغازگر استرپتوکوکوس ترموفیلوس با و کشت کمکی لاکتوباسیلوس هلویتیکوس را بر ویژگی‌های کیفی پنیر کاشار تازه از نوع پاستا فیلاتا مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده، لاکتوباسیلوس هلویتیکوس بر ترکیبات مولد آرومای کره‌ای پنیر تازه کاشار تأثیر گذاشته و باعث کاهش محتوای دی استیل شد. علاوه بر این، مقادیر استالدهید و سایر اجزای معطر در پنیر تولید شده با افزودن لاکتوباسیلوس

آروما و ویژگی‌های حسی پنیر سفید فراپالایش در طول ۹۰ روز دوره رسیدگی مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ مواد مورد استفاده

شیر خام گاو و دستگاه‌های لازم برای تولید پنیر توسط کارخانه شیر پاستوریزه پگاه (کرمان، ایران) فراهم شد. آغازگر مزوفیل هموفرماتاتیو (شامل لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس، DM-230) و لاکتوباسیلوس هلموتیکوس (LH-100) از شرکت Danisco Deutschland Danisco (Rhizomucor GmbH, Niebüll, Germany) تهیه شد. miehei به عنوان آنزیم پروتئاز مورد استفاده برای تولید پنیرهای سفید فراپالایش (Framose 2200 TL Granualte,) از شرکت (DSM Food Specialties, Seclin, Cedex, DSM France) فراهم گردید.

۲-۲ روش تولید نمونه‌های پنیر

کلیه نمونه‌های پنیر مورد استفاده در این پژوهش در شرکت شیر پاستوریزه پگاه (کرمان، ایران) در سه هفته متوالی تولید گردید. شیر خام مورد استفاده پس از انجام آزمون‌های فیزیکوشیمیایی لازم و استاندارد کردن چربی (۳/۲٪)، برای تولید پنیرها (پنیر سفید فراپالایش شده) به کار رفت. یک سیستم فراپالایش با ظرفیت دریافت ۵ تن در ساعت جهت تولید رتتیت بکار گرفته شد. غشای اسپیرال (Wound-type, SPIRA-CEL-Modules, MICRODYN-NADIR, GmbH, Germany) شامل ۳ مدول و سطح کلی ۴۲۷ متر مربع در فرایند فراپالایش مورد استفاده قرار گرفت. شیر خام با چربی استاندارد به ترتیب تحت فرایندهای پاستوریزاسیون (۷۶، ۱۵ ثانیه) و فراپالایش قرار گرفت. فرایند فراپالایش در دمای $C^{\circ} 52 \pm 1$ و فشار ۱۴۰ کیلو پاسکال و مدت ۹۰۰ ثانیه با فشار ورودی ۵۴۰-۵۲۰ کیلو پاسکال و فشار خروجی ۱۶۰-۱۴۰ کیلو پاسکال اجرا شد.

هلموتیکوس در مقایسه با پنیرهای شاهد بالاتر بود. همچنین با افزایش دوره ماندگاری، سهم الکل‌ها و هیدروکربن‌ها در ترکیبات مولد آروما کاهش یافته و سهم کتون‌ها افزایش یافت. بطور کلی نتایج آزمون حسی نشان داد که افزودن لاکتوباسیلوس هلموتیکوس به عنوان آغازگر کمکی سبب افزایش امتیاز امتیازات مزه و بو در پنیر مورد آزمون می‌گردد [۱۴]. از سوی دیگر، کوفیا و همکاران (۲۰۱۸) ظرفیت سه سویه لاکتوباسیلوس هلموتیکوس شامل دو سویه بومی^۳ (لاکتوباسیلوس هلموتیکوس ۱۳۸ و ۲۰۹) و یک سویه تجاری (لاکتوباسیلوس هلموتیکوس B۰۲) را در تولید و توسعه ترکیبات مولد آروما در عصاره پنیر سخت مورد بررسی قرار دادند. پروفایل ترکیبات فرار در طی انکوباسیون عصاره‌ها در دمای $C^{\circ} 37$ در طول ۱۴ روز مورد آنالیز قرار گرفت. طبق نتایج بدست آمده، الگوهای فرار وابسته به سویه‌ای بود که خود منعکس کننده سیستم آنزیمی متمایز آن‌ها بود. لاکتوباسیلوس هلموتیکوس ۲۰۹ و B۰۲ تنوع بیشتری از ترکیبات را تولید کردند، در حالیکه لاکتوباسیلوس هلموتیکوس ۱۳۸ کمترین سویه تولید کننده بود. در عصاره‌های تلقیح شده با لاکتوباسیلوس هلموتیکوس ۲۰۹ و B۰۲ ترکیبات مولد آروما عمدتاً متعلق به کتون‌ها، استرها، الکل‌ها، آلدئیدها و اسیدها بود. در عین حال، در عصاره‌های حاوی لاکتوباسیلوس هلموتیکوس ۱۳۸ ترکیبات اصلی مولد آروما به گروه‌های آلدئیدها و کتون‌ها تعلق داشت. بنابر نتایج مطالعه مذکور، لاکتوباسیلوس هلموتیکوس ۲۰۹ و B۰۲ می‌توانند از جمله بهترین آغازگرهای پنیر در جهت بهبود و تشدید طعم باشند [۱۵].

آغازگر مورد استفاده در تولید پنیر سفید فراپالایش، ترکیبی از دو باکتری لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس می‌باشد. در این پژوهش اثر ترکیب آغازگرهای فوق همراه با لاکتوباسیلوس هلموتیکوس در نسبت‌های مختلف بر مقادیر ترکیبات مولد

مخلوط حاصل به سرعت به داخل ظرف‌های پلاستیکی (۱۰۰ گرمی) انتقال یافته و به تونل کوآگولاسیون ارسال شد (۳۵ °C، ۲۰ دقیقه). پس از خروج نمونه‌های پنیر از تونل کوآگولاسیون کاغذ پارچمنت بر روی سطح محصول قرار گرفته و نمک (۳٪) بر روی آن اضافه شد. در مرحله‌ی نهایی، ظرف‌های حاوی نمونه‌های پنیر با فویل آلومینیومی درب بندی شده و تا رسیدن به pH برابر ۴/۷-۴/۸ به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱ ± ۳۵ °C قرار گرفتند. پنیرهای تولید شده به سردخانه ۱ ± ۹ °C منتقل شده و آنالیزهای لازم در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ از دوره رسیدگی انجام شد [۳].

در پایان فرایند فرآپالایش، ۱ کیلوگرم رتتیت از ۵/۱ کیلوگرم شیر بدست آمد. بعد از اعمال فرایند حرارتی (°C ۷۸، ۱ دقیقه) و هموژنیزاسیون (۵ مگا پاسکال)، ۲۵ کیلوگرم از رتتیت بدست آمده به ۵ قسمت مساوی تقسیم شد و نسبت‌های مختلف آغازگر مزوفیل و لاکتوباسیلوس هلویتیکوس به عنوان آغازگر کالچر (۲۰ گرم به ازاء ۱۰۰۰ کیلوگرم از رتتیت) مطابق با استراتژی نشان داده شده در جدول شماره ۱ به رتتیت اضافه شد. در مرحله‌ی بعدی رتتیت در دمای ۳۵ °C تا رسیدن به pH برابر ۶/۳-۶/۴ نگهداری شد و سپس آنزیم پروتئاز *Rizomucor miehei* به رتتیت اضافه شد (۳۰ گرم به ازاء ۱۰۰۰ گرم از رتتیت).

Table1- Combination of starter treatments in terms of type and percentage of mixing of each culture

Type of treatment	Culture type and mixing percentage
A	100% Mesophilic starter+ 0% <i>lactobacillus helveticus</i>
B	75% Mesophilic starter+ 25% <i>lactobacillus helveticus</i>
C	50% Mesophilic starter+ 50% <i>lactobacillus helveticus</i>
D	25% Mesophilic starter+ 75% <i>lactobacillus helveticus</i>
E	0% Mesophilic starter+ 100% <i>lactobacillus helveticus</i>

کروماتوگرافی گازی با دمای ۲۳۰ °C شد تا ترکیبات جذب شده، واجذب شده و وارد ستون DB-wax موئینه (HP-5 و ۳۰m×۲۵۰mm×۰.۵μm فیلم) شدند. گاز هلیوم خالص با سرعت ۱/۲ میلی لیتر بر دقیقه انتخاب گردید. دمای اولیه گرمخانه دستگاه ۳۵ °C به مدت ۵ دقیقه بود و سپس تا ۱۰۰ °C با سرعت ۵ درجه سانتی گراد/دقیقه دمای آن افزایش یافت و به مدت ۲ دقیقه در همین دما نگهداشته شد. در ادامه دما تا ۱۸۰ °C با سرعت ۶ درجه سانتی گراد/دقیقه افزایش یافت و مدت زمان نگهداری در این دما ۲ دقیقه بود. در نهایت دما تا ۲۳۰ °C با سرعت ۸ درجه سانتی

۳-۲ آزمون‌ها

۳-۲ اندازه‌گیری ترکیبات موثر در آروما

به منظور استخراج ترکیبات موثر بر آرومای پنیر، از روش وانگ و همکاران (۲۰۲۱) با پاره‌ای تغییرات جهت بهینه-سازی آن استفاده شد. بر این اساس، ۶ گرم از هر یک از نمونه‌های پنیر به صورت مکعب کوچک (هر ضلع ۳ سانتی متر) برش داده شد و در داخل ویال ۴۰ میلی لیتر قرار گرفت و در ادامه به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰ °C قرار داده شد. سپس برای مدت ۵ دقیقه وارد محل تزریق دستگاه

گرا/دقیقه افزایش و به مدت ۲ دقیقه در این دما نگهداشته شد. دستگاه مجهز به شناساگر انتخاب جرم بود که با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، ترکیبات را از ۳۰ تا ۳۵۰ m/z شناسایی نمود. ترکیبات شاخص فرار از بین ترکیباتی که دارای بیشترین مقادیر به صورت درصد بودند انتخاب شد و توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ آنالیز آماری صورت پذیرفت تا اثر نوع آغازگر در هر تیمار و مدت زمان ماندگاری پنیر بر ترکیبات عطر و طعمی پنیر مشخص گردد [۱۶].

۲-۳-۲ ارزیابی حسی

ارزیابی حسی پنیرها با استفاده از یک فرم ارزیابی در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ از دوره رسیدگی توسط ۹ ارزیاب حسی خانم و آقا در محدوده سنی ۲۴-۴۰ سال آشنا با محصول انجام شد. جهت ارزیابی حسی نمونه های پنیر، ۵ امتیاز برای ظاهر و رنگ، ۵ تا ۱۰ امتیاز برای بافت و ۱۰ تا ۱۰ امتیاز برای بو و طعم در نظر گرفته شد. همچنین مجموع امتیازات اخذ شده برای هر نمونه پنیر هم لحاظ شد. برای انجام آزمون، نیم ساعت قبل از ارزیابی حسی، نمونه های پنیر با کدهای تصادفی ۳ رقمی و در ظروف ۱۰۰ گرمی از سردخانه خارج شده و بصورت جداگانه در اختیار ارزیاب ها قرار داده شدند. در بین ارزیابی حسی نمونه های مختلف، آب آشامیدنی جهت شستشوی دهان در اختیار ارزیابان قرار گرفت [۱۷].

۲-۳-۳ تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده های به دست آمده با استفاده از آنالیز واریانس در نرم افزار SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. تفاوت معنی داری بین میانگین داده ها نیز با استفاده از تست دانکن در سطح احتمال ۵٪ تعیین گردید. آزمون ها بر روی تیمارهای تولید شده در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ ام از دوره رسیدگی انجام شد.

۳- نتایج

۳-۱ ترکیبات مولد آروما

طعم پنیر ناشی از تغییرات میکروبی، آنزیمی و شیمیایی محصول در طی دوره رسیدگی می باشد. تجزیه ی پروتئین، چربی، لاکتوز و سیترات در طول دوره رسیدگی سبب ایجاد طیف وسیعی از ترکیبات مولد آروما می شود که طعم و بوی پنیر را تحت تاثیر قرار می دهد. پروتئولیز با تولید پپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد بر طعم پنیر اثر گذار است. پپتیدهای بزرگ مستقیماً به طعم پنیر کمک نمی کنند، اما می توانند به پپتیدهای کوتاه تر که ممکن است تلخ باشند هیدرولیز شوند [۱۸]. اسیدهای آمینه آزاد محصولات نهایی پروتئولیز هستند. همچنین اسیدهای چرب نیز از اجزاء مهم ایجاد طعم در بسیاری از انواع پنیرها می باشد که منشا آن از لیپولیز و همچنین می توانند از کتون ها، استرها و آلدئیدها توسط اکسیداسیون به دست آیند [۱۹ و ۲۰].

براساس نتایج حاصل از کروماتوگرام های دستگاه GC-MS، ترکیبات شناسایی شده در طی ۹۰ روز دوره رسیدگی به همراه درصد آن ها در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده ترکیب غالب موجود در تمامی نمونه های پنیر سفید فراپالایش شده اعم از نمونه شاهد و نمونه حاوی نسبت های مختلف باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس، کربن دی اکسید، اتانول، استن و اتیلن اکساید بود.

۱-۳-۱ کربن دی اکسید

pH پنیر سفید فراپالایش در طی نگهداری عمدتاً در محدوده ۴/۶-۴/۳ می باشد [۲۱]. در این بازه pH و همچنین در غلظت های بالای نمک، متابولیسم باکتری های لاکتیک اسید نسبتاً پایین است. بنابراین تنها متابولیسم لاکتوز و گالاکتوز در نظر گرفته می شود و کربن دی اکسید تولید شده توسط سایر سوبستراها مانند لاکتیک اسید و اسیدهای آمینه نادیده گرفته می شود. در یک نمونه پنیر، لاکتوز و گالاکتوز از طریق چندین مسیر متابولیزه می شوند که مسیر

اصلی آن امبدن میرهوف^۴ است. اگر مخمرها تکثیر نشوند و در ادامه بیومس تولید نگردد، پیروویک اسید بطور کامل در چرخه کربس به CO₂ و H₂O اکسید می‌شود و حدود ۱۶ لیتر CO₂ از ۲ کیلوگرم پنیر تولید می‌گردد. تحت شرایط بی‌هوای (تخمیر)، متابولیسم قند منجر به تولید اتانول و حدود ۱۰/۵ لیتر CO₂ می‌شود [۲۲].

نتایج داده‌های این مطالعه حاکی از آن بود که با افزایش نسبت باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس میزان درصد گاز کربن‌دی‌اکسید افزایش یافت (p < ۰/۰۵) بطوریکه نمونه پنیر سفید فراپالایش تولید شده با نسبت ۱۰۰٪ از باکتری فوق‌دارای بیشترین درصد کربن دی‌اکسید (۸۷/۳۰٪) بود. در تحقیقات پیشین نشان داده شده است که لاکتوباسیلوس هلویتیکوس قادر به متابولیزه کردن لاکتوز باقی مانده به دی‌ال - لاکتات بوده که بسته به در دسترس بودن اکسیژن می‌تواند به استات و CO₂ تبدیل شود [۲۳]. همچنین با افزایش نسبت لاکتوباسیلوس هلویتیکوس فرایند پروتولیز در طی دوره رسیدن تشدید شده و بدنبال آن حبس گاز CO₂ در ماتریکس پنیر به عنوان یکی از متابولیت‌های تخمیر محصول در اثر عدم وجود مراحل پرس کردن و آب‌گیری از لخته پنیر افزایش می‌یابد [۱].

تاثیر مدت زمان ماندگاری بر درصد گاز کربن دی‌اکسید معنی‌دار بود و با ادامه دوره‌ی رسیدگی در تمامی نمونه‌ها اعم از نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی نسبت‌های مختلف لاکتوباسیلوس هلویتیکوس درصد گاز کربن دی‌اکسید افزایش یافت (p < ۰/۰۵). بطوریکه بیشترین درصد پارامتر فوق در روز ۹۰ از دوره رسیدگی یافت شد. این امر می‌تواند ناشی از متابولیزه شدن لاکتوز موجود در پنیر توسط مخمرها باشد که سبب آزاد شدن کربن‌دی‌اکسید در طی نگهداری می‌گردد [۲۱].

۳-۱-۲ اتانول

نتایج حاصل از درصد اتانول حاکی از آن بود که استفاده از نسبت‌های مختلف باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس سبب افزایش معنی‌دار درصد اتانول در مقایسه با نمونه شاهد گردید که این افزایش با افزایش نسبت لاکتوباسیلوس هلویتیکوس نسبت مستقیم داشت (p < ۰/۰۵). بطوریکه در میان نمونه‌ها، نمونه E در روز ۹۰ از دوره رسیدگی بیشترین (۴/۳۶±۰/۱۷٪) و نمونه A در روز اول کمترین (۱/۰۳±۰/۱۱٪) درصد اتانول را دارا بودند. به این ترتیب نمونه‌های حاوی درصد‌های بالاتر لاکتوباسیلوس هلویتیکوس به علت داشتن فعالیت پروتولیتیکی بالاتر، بیشترین سطح اتانول را دارا بودند. همچنین لاکتوباسیلوس هلویتیکوس با تخمیر لاکتوز و کاتابولیسم آلانین می‌تواند منجر به تولید اتانول شود [۲۴].

بر طبق نتایج جدول ۲، درصد اتانول با گذشت زمان در تمامی نمونه‌های پنیر تولیدی افزایش یافت. در تمامی نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری با گذشت زمان بین نمونه‌ها وجود داشت و در روز ۹۰ ام از دوره رسیدگی بیشترین درصد اتانول در تمام نمونه‌ها ثبت شد (p < ۰/۰۵). تخریب مداوم توسط مسیرهای متابولیکی مختلف در طول رسیدن پنیر، بویژه کاتابولیسم آلدئیدها، می‌تواند سبب تشکیل ترکیبات الکلی در غلظت‌های مختلف شود [۲۴].

۳-۱-۳ استن

استن (از دسته دی‌استیل‌ها و مولد آرومای کره‌ای) توسط اکسیداسیون آنزیمی اسیدهای چرب آزاد و سپس دکربوکسیلاسیون β-کتواسیدها تولید می‌شوند. کتون‌ها ترکیبات واسطه‌ای هستند که می‌توانند به الکل تبدیل شده و در ایجاد آروما در پنیرهایی از جمله پنیرهای راکفورت و کاممبرت نقش داشته باشند [۲۵]. در بین نمونه‌های تولیدی، پنیر کنترل بیشترین درصد استن را دارا بود و با افزایش نسبت لاکتوباسیلوس هلویتیکوس درصد استن به صورت معنی‌داری کاهش یافت (p < ۰/۰۵). بطوریکه نمونه پنیر تولید شده با ۱۰۰٪ لاکتوباسیلوس هلویتیکوس

تنها یک آلدئید بنام اتیلن اکساید در نمونه‌های پنیر شناسایی شد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، اختلاف معنی‌داری در مقادیر اتیلن اکساید نمونه‌های پنیر تولیدی در طی دوره رسیدگی وجود داشت ($p < 0/05$). افزودن نسبت‌های مختلف *لاکتوباسیلوس هلویتیکوس* سبب افزایش معنی‌دار مقادیر اتیلن اکساید در پنیر سفید فراپالایش شد ($p < 0/05$). بیشترین و کمترین مقادیر اتیلن اکساید به ترتیب متعلق به نمونه‌های E و A بود. باکتری‌های لاکتیک اسید می‌توانند سبب تولید استالدهید شوند. همچنین استالدهید توانایی متابولیزه شدن به دی استیل و استوئین را دارد. مشخص شده است که استالدهید بدست آمده از متابولیسم گلوکز عمدتاً از باکتری‌های ماست منشا می‌گیرد، در حالیکه *لاکتوباسیلوس هلویتیکوس* می‌تواند استالدهید را نیز از طریق متابولیسم ترئونین سنتز کند [۱۴]. از سوی دیگر با افزایش دوره رسیدگی، مقادیر اتیلن اکساید در همه نمونه‌های پنیر تولید شده افزایش یافت و بیشترین مقدار ترکیب مذکور در تمام پنیرهای تولید شده در روز پایانی از دوره رسیدگی ثبت شد ($p < 0/05$). سلطانی و همکاران (۲۰۱۶) ترکیبات فرار پنیر سفید فراپالایش را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که مقادیر استالدهید در تمامی پنیرها در پایان دوره رسیدن به بالاترین سطح خود رسید. متابولیسم لاکتات یا اکسیداسیون اتانول می‌تواند منجر به تشکیل استالدهید در نمونه‌های پنیر شود [۲۴].

در روز ۹۰ از دوره رسیدگی کمترین درصد استن ($1/10 \pm 1/26$ ٪) را ثبت کرد. طبق پژوهش صورت گرفته توسط کوفیا و همکاران (۲۰۱۸)، نمونه‌های پنیر حاوی *لاکتوباسیلوس هلویتیکوس* دارای مقادیر مشابه و کمتری از متیل کتون‌هایی همچون ۲-پروپانول (استون) در مقایسه با نمونه کنترل بودند [۱۵]. در این راستا پوگانیک و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش دادند که سطوح متیل کتون‌های شناسایی شده در محیط آبکی پر پایه کشک تلقیح شده با *لاکتوباسیلوس هلویتیکوس* تفاوت معنی‌داری با نمونه کنترل نداشت [۲۶]. همچنین پترسن و همکاران (۲۰۱۰) نیز به عدم تغییر معنی‌دار متیل کتون‌ها در پنیرهای نیمه سخت تولید شده با *لاکتوباسیلوس هلویتیکوس* در مقایسه با نمونه کنترل اشاره کردند. علت وجود این ترکیبات تاثیر فعالیت لیپاز/استراز میکروارگانیسم‌های پنیر بر روی اسیدهای چرب آزاد کننده اسیدهای چرب آسیل-لیپیدها می‌باشد که بیشتر توسط یک مسیر β -اکسیداسیون کاتابولیز می‌شوند [۲۷].

در طی دوره رسیدگی، مقادیر استن در تمام نمونه‌های پنیر سفید فراپالایش به تدریج کاهش یافت و در همه نمونه‌ها اعم از نمونه شاهد و نمونه حاوی درصد‌های مختلف *لاکتوباسیلوس هلویتیکوس* اختلاف معنی‌داری بین روزهای مختلف از دوزه رسیدگی وجود داشت ($p < 0/05$).

۳-۱-۴ اتیلن اکساید

Table 2. Volatile compounds resulting from the ripening of various samples of ultrafiltered white cheese manufactured with different ratios of Mesophilic starter or *lactobacillus helveticus* and combinations during the ripening period

Sample	Carbon dioxide (%)			
	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
A	46.52±0.82 ^{eD}	59.90 ±1.01 ^{eC}	70.03±1.31 ^{eB}	75.50±1.24 ^{eA}
B	49.41±1.30 ^{dD}	63.08±1.33 ^{dC}	72.73±2.04 ^{dB}	77.71±0.95 ^{dA}
C	51.50±1.13 ^{cD}	64.91±2.19 ^{cC}	75.26±1.62 ^{cB}	80.56±1.44 ^{cA}
D	52.79±1.47 ^{bD}	66.25±1.88 ^{bC}	77.11±1.18 ^{bB}	83.65±1.73 ^{bA}
E	54.36±0.86 ^{aD}	70.21±1.40 ^{aC}	82.51±1.07 ^{aB}	87.30±1.57 ^{aA}
	Ethanol (%)			

A	1.03±0.11 ^{dD}	1.24±0.14 ^{cC}	2.01±0.10 ^{dB}	3.11±0.13 ^{eA}
B	1.10±0.14 ^{cD}	1.28±0.11 ^{cC}	2.12±0.15 ^{cB}	3.32±0.19 ^{dA}
C	1.18±0.06 ^{cC}	1.30±0.20 ^{bcC}	2.20±0.12 ^{cB}	3.54±0.25 ^{cA}
D	1.27±0.19 ^{bD}	1.46±0.09 ^{bc}	2.33±0.19 ^{bB}	3.82±0.21 ^{bA}
E	2.10±0.17 ^{aD}	2.51±0.15 ^{aC}	3.91±0.24 ^{aB}	4.36±0.17 ^{aA}
Acetone (%)				
A	3.04±0.16 ^{aA}	2.71±0.15 ^{aB}	2.50±0.22 ^{aC}	2.07±0.15 ^{aD}
B	2.80±0.12 ^{bA}	2.42±0.18 ^{bB}	2.18±0.20 ^{bC}	1.89±0.10 ^{bD}
C	2.57±0.19 ^{cA}	2.20±0.11 ^{cB}	1.96±0.17 ^{cC}	1.60±0.08 ^{cD}
D	2.33±0.12 ^{dA}	2.01±0.07 ^{dB}	1.77±0.10 ^{dC}	1.41±0.04 ^{dD}
E	2.15±0.09 ^{eA}	1.84±0.11 ^{eB}	1.58±0.13 ^{eC}	1.26±1.10 ^{eD}
Ethylene oxide (%)				
A	22.77±0.62 ^{eD}	26.42±0.30 ^{eC}	28.52±1.07 ^{eB}	31.44±1.60 ^{eA}
B	24.16±0.51 ^{dD}	28.87±0.90 ^{dC}	31.30±0.93 ^{dB}	34.22±1.19 ^{dA}
C	26.05±0.47 ^{cD}	31.18±1.30 ^{cC}	34.87±1.36 ^{cB}	36.70±0.85 ^{cA}
D	28.80±1.38 ^{bD}	33.56±1.41 ^{bc}	36.85±1.70 ^{bB}	38.68±1.53 ^{bA}
E	30.81±0.66 ^{aD}	35.95±1.44 ^{aC}	38.70±2.09 ^{aB}	42.12±1.88 ^{aA}

The presence of different lowercase letters in a column indicates a significant difference between the means ($p < 0.05$)

The presence of different capital letters in a row indicates a significant difference between the means ($p < 0.05$)

۱-۲-۳ ظاهر و رنگ

ظاهر ماده غذایی یکی از جنبه‌های حسی آن محسوب می‌شود که مشتمل بر شکل، خواص هندسی و رنگ می‌باشد. رنگ و ظاهر مواد غذایی اولین پارامتر در ارزیابی کیفی آنهاست [۲۸]. مطابق نتایج ارائه شده در شکل ۱، با افزایش نسبت لاکتوباسیلوس هلویتیکوس و دوره رسیدگی، امتیاز ظاهر و رنگ در نمونه‌های پنیر تولید شده کاهش یافت که این کاهش معنی دار نبود ($p > 0.05$). کریشنا و همکاران (۲۰۲۰) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر خامه‌ای با چربی کاهش یافته تولید شده با نسبت‌های مختلف لاکتوباسیلوس هلویتیکوس را مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده، افزودن لاکتوباسیلوس هلویتیکوس در سطح ۱ و ۲ درصد سبب کاهش امتیاز ظاهر و رنگ در مقایسه با نمونه کنترل گردید ولی این کاهش از لحاظ

۲-۳ ویژگی‌های حسی

خواص حسی فراورده‌ی غذایی به تمام ویژگی‌های ماده غذایی که با خواص پنج‌گانه قابل درک هستند، اطلاق می‌شود. خواص حسی از عوامل اساسی در پذیرش فراورده‌ها از سوی مصرف کننده و کسب رضایت از مصرف آنها است. این خواص شامل ظاهر (رنگ یا جلوه)، ساختار (بافت) و مزه و بو، و می‌باشد. باتوجه به اهمیت این خواص، بررسی و شناخت عوامل تاثیرگذار بر آنها به منظور دستیابی به خواص حسی بهینه امری ضروری به نظر می‌رسد [۲۸]. نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر سفید فرآپالایش تولید شده با نسبت‌های مختلف باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس و استارهای مزوفیل در شکل ۱ نشان داده شده است. به نتایج مذکور به طور خلاصه در پژوهش همراستا با مقاله حاضر [۲۹] اشاره شده است که در اینجا به طور مبسوط مورد بحث قرار می‌گیرد.

آماری معنی دار نبود که هم راستا با نتایج پژوهش حاضر می باشد [۳۰].

۳-۲-۲ بافت

ویژگی های بافتی عوامل مهم در پذیرش کیفی مصرف کننده هستند و در سطح مولکولی بصورت فعل و انفعالات پروتئین ها، چربی و آب در ماتریکس غذایی توصیف می شوند [۲۸]. مطابق نتایج، با افزایش نسبت باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس، امتیاز بافت پنیرهای تولید شده به طور معنی داری کاهش یافت ($p < 0/05$). استفاده از نسبت های بالاتر باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس به دلیل ویژگی پروتئولیتیکی آن منجر به تجزیه بیشتر α -S₁ کازئین و تشکیل شبکه پروتئینی با فشردگی کمتر و بافت نرم تر در پنیر می گردد [۳۱]. بر این اساس پنیرهای تولید شده با نسبت های بالاتر باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس (نمونه های D و E) دارای بافت نرم تری بوده و امتیازات پایین تری کسب نمودند. از سوی دیگر و با افزایش دوره رسیدگی، امتیاز بافت در همه نمونه های پنیر تولید شده دچار کاهش شد که این کاهش از نظر ارزیابان معنی دار نبود.

۳-۲-۳ بو و مزه

طبق نتایج ارائه شده در شکل ۱، افزودن نسبت های مختلف باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس در تولید پنیر سفید فرایالایش سبب افزایش معنی دار امتیاز بو و مزه در مقایسه با نمونه شاهد شد که این افزایش با افزایش نسبت باکتری فوق رابطه مستقیم داشت ($p < 0/05$). بطوریکه به ترتیب نمونه E با $(9/71 \pm 0/16)$ در روز اول بیشترین و نمونه A با $(8/11 \pm 0/11)$ در روز ۹۰ ام کمترین امتیاز بو و مزه را دارا بودند ($p < 0/05$). باکتری های پروبیوتیکی همچون لاکتوباسیلوس هلویتیکوس منشا آنزیم های پروتئولیتیک و لیپولیتیک بوده در طول دوره رسیدن پنیر از طریق مشارکت در پروتئولیز و لیپولیز در ایجاد بو و مزه پنیر سفید فرایالایش موثر می باشند. این آنزیم ها با هیدرولیز کازئین، تولید پپتیدهای بزرگ و متوسط می کنند. پپتیدها ممکن است تحت تاثیر آنزیم های پروتئولیتیک بدست آمده از

میکروفورای باکتری های آغازگر، باکتری های غیر لاکتیک اسید و پروبیوتیک ها به پپتیدهای کوچک و اسیدهای آمینه آزاد تجزیه شوند که مهم ترین عامل ایجاد بو و مزه پنیر می باشد [۳۲]. همچنین لیپولیز چربی و افزایش درصد اسیدهای چرب آزاد و متعاقباً واکنش های بیوشیمیایی آن ها منجر به تقویت آروما و بو و مزه نمونه های پنیر می شود [۳۳]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج بدست آمده توسط مهدوی پور و همکاران در ارتباط با تاثیر مثبت سویه های پروبیوتیکی بر ویژگی های حسی پنیر اعم از آروما و بو و مزه هم راستا می باشد [۳۴].

در این زمینه گزارش شده است که تجزیه ی بیشتر کازئین ها و تولید پپتیدهای افزایش دهنده ی آروما منجر به توسعه ی بو و مزه در پنیرهای چدار، سوئسی و پاستا فیلاتای تولید شده با استفاده از لاکتوباسیلوس هلویتیکوس به عنوان آغازگر مورد استفاده شده است [۳۵ و ۳۶]. در طول ۹۰ روز از دوره رسیدگی، امتیاز بو و مزه تمامی نمونه های پنیر حاوی نسبت های مختلف لاکتوباسیلوس هلویتیکوس و نمونه شاهد تفاوت معنی داری با هم داشته و دارای روند نزولی بود ($p < 0/05$). دلیل احتمالی این امر، ادامه ی فعالیت پروتئولیتیکی آغازگرها و آنزیم مورد استفاده برای تولید پنیرها و تولید پپتیدهای تلخ در نتیجه افزایش شدت پروتئولیز در طول دوره رسیدگی گزارش شده است [۲۱].

۳-۲-۴ پذیرش کلی

مطابق نتایج به دست آمده، نوع و نسبت آغازگر مورد استفاده، تاثیر قابل توجهی بر امتیازات پذیرش کلی پنیرهای سفید فرایالایش داشت. پنیرهای سفید فرایالایش تولید شده با نسبت های ۲۵٪ و ۷۵٪ از باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس دارای امتیازات پذیرش کلی بالاتری در مقایسه با سایر پنیرها در طی دوره رسیدگی بودند ($p < 0/05$). از سوی دیگر، با افزایش دوره رسیدگی امتیازات پذیرش کلی در همه پنیرهای سفید فرایالایش تولید شده دچار کاهش معنی دار شده و در روز پایانی دوره رسیدگی به پایین ترین میزان خود رسید ($p < 0/05$).

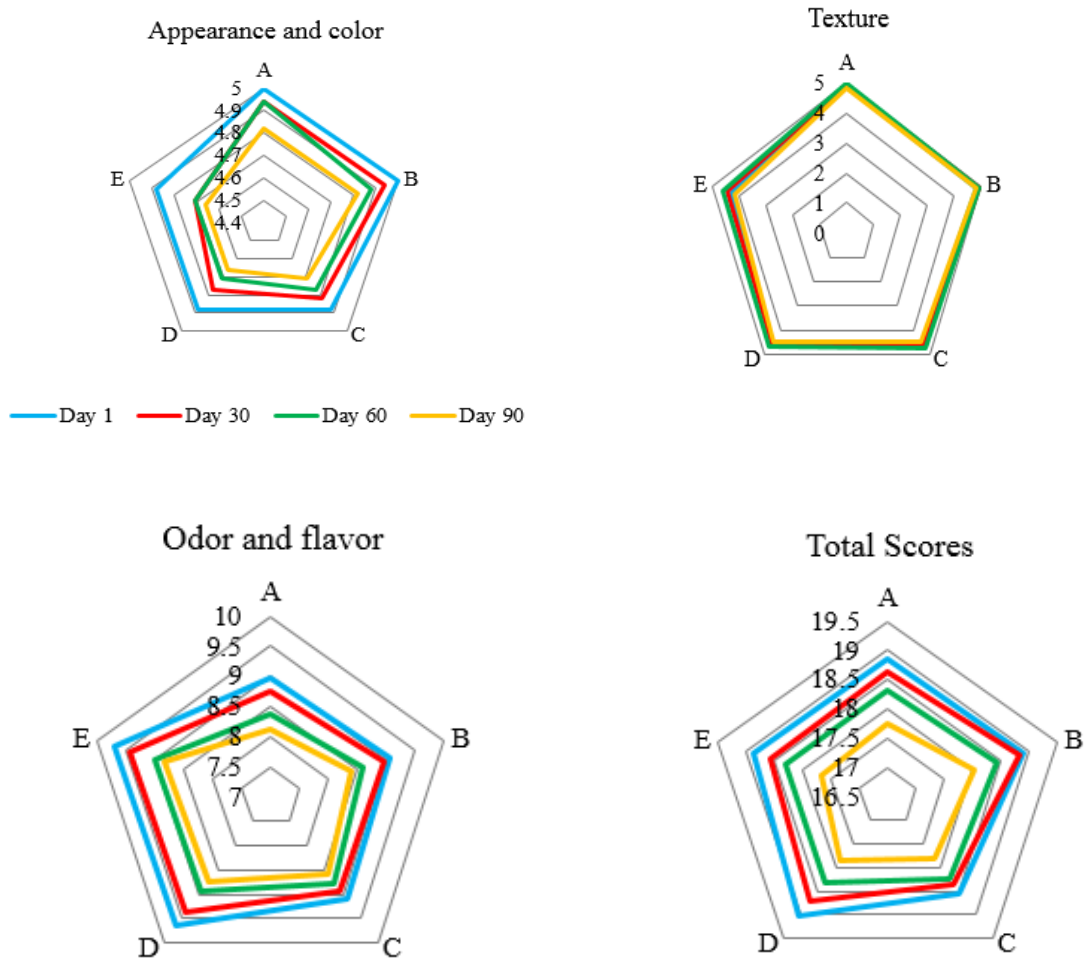


Figure 1. Sensory properties of ultrafiltered white cheese manufactured with different ratios of Mesophilic starter or *lactobacillus helveticus* and combinations during the ripening period

لاکتوباسیلوس هلویتیکوس در مقایسه با آغازگر مزوفیل، پنیر تولید شده با نسبت‌های بالاتر باکتری مورد اشاره درصد بالاتری از کرین دی اکسید، اتانول و اتیلن اکساید و همچنین درصد کمتری از استن را در مقایسه با نمونه کنترل دارا بودند. بر پایه‌ی نتایج آزمون حسی اگرچه پنیرهای تولید شده با نسبت‌های بالاتر لاکتوباسیلوس هلویتیکوس دارای امتیازات بیشتری از جهت بو و مزه بودند، امتیازات بافت در پنیرهای مورد اشاره در مقایسه با سایر پنیرها کمتر بود. بر پایه نتایج پذیرش کلی، پنیرهای تولید شده با نسبت‌های ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ از آغازگر مزوفیل و باکتری لاکتوباسیلوس هلویتیکوس می‌توانند جهت تولید پنیر سفید فراپالایش در مقیاس صنعتی توصیه شوند. نتایج این پژوهش می‌تواند به فهم بهتر ارتباط بین آغازگرهای

۴- نتیجه گیری کلی

در این پژوهش آغازگر مزوفیل و لاکتوباسیلوس هلویتیکوس در ۵ نسبت مختلف (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۰:۱۰۰) برای تولید پنیر سفید فراپالایش مورد استفاده قرار گرفت و ترکیبات مولد آروما و ویژگی‌های حسی پنیرهای تولید شده در طی ۹۰ روز دوره رسیدگی ارزیابی شد. مطابق با نتایج آزمون‌های صورت گرفته نسبت‌های مختلف آغازگرهای مورد استفاده تأثیرات قابل توجهی بر ترکیبات فرار و ویژگی‌های حسی پنیرهای تولید شده داشت. به دلیل فعالیت پروتئولیتیکی بالاتر

بافت و آرومای مناسب مورد توجه تولید کنندگان قرار گیرد.

۵-منابع

[1] Soltani, M., Saremnezhad, S., Faraji, A. R., & Hayaloglu, A. A. (2022). Perspectives and recent innovations on white cheese produced by conventional methods or ultrafiltration technique. *International Dairy Journal*, 125, 105232.

[2] Hayaloglu, A. A. (2017). Cheese varieties ripened under brine. In *Cheese* (pp. 997-1040). Academic Press.

[3] Soltani, M., Guzeler, N., & Hayaloglu, A. A. (2015). The influence of salt concentration on the chemical, ripening and sensory characteristics of Iranian white cheese manufactured by UF-Treated milk. *Journal of Dairy Research*, 82(3), 365-374.

[4] Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017). *Fundamentals of cheese science* (Vol. 1, p. 271). Boston, MA, USA:: Springer.

[5] Coelho, M. C., Malcata, F. X., & Silva, C. C. (2022). Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods*, 11(15), 2276.

[6] Beresford, T. P., Fitzsimons, N. A., Brennan, N. L., & Cogan, T. M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. *International dairy journal*, 11(4-7), 259-274.

[7] Griffiths, M. W., & Tellez, A. M. (2013). *Lactobacillus helveticus*: the proteolytic system. *Frontiers in Microbiology*, 4, 30.

[8] Sekban, H., & Tarakci, Z. (2021). Effects of different starter cultures on the ripening characteristics of Golot cheese. *Nutrition & Food Science*, 51(4), 664-676.

[9] Chelladurai, K., Ayyash, M., Turner, M. S., & Kamal-Eldin, A. (2023). *Lactobacillus helveticus*: Health effects, current applications, and future trends in dairy fermentation. *Trends in Food Science & Technology*.

[10] Zhang, H., Xu, M., Hu, S., Zhao, H., & Zhang, B. (2022). The enzyme gene expression of protein utilization and metabolism by *Lactobacillus helveticus* CICC 22171. *Microorganisms*, 10(9), 1724.

مورد استفاده جهت تولید پنیر سفید فرآپالایش و ویژگی-

های کیفی محصول نهایی کمک کند. هم‌چنین نتایج این

مطالعه می‌تواند در جهت تولید پنیر سفید فرآپالایش دارای

[11] Nateghi, L. (2012). Effects of different adjunct starter cultures on proteolysis of reduced fat Cheddar cheese during ripening. *African Journal of Biotechnology*, 11(61), 12491.

[12] Awad, S., Ahmed, N., & El Soda, M. (2007). Evaluation of isolated starter lactic acid bacteria in Ras cheese ripening and flavour development. *Food Chemistry*, 104(3), 1192-1199.

[13] Tungjaroenchai, W., Drake, M. A., & White, C. H. (2001). Influence of adjunct cultures on ripening of reduced fat Edam cheeses. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2117-2124.

[14] Sıçramaz, H., Güven, O. T., Can, A., Ayar, A., & Gül, Y. (2022). Impact of different starter cultures and *Lactobacillus helveticus* on volatile components, chemical and sensory properties of pasta filata cheese. *Current Research in Food Science*, 5, 1009-1016.

[15] Cuffia, F., Bergamini, C. V., Wolf, I. V., Hynes, E. R., & Perotti, M. C. (2018). Characterization of volatile compounds produced by *Lactobacillus helveticus* strains in a hard cheese model. *Food Science and Technology International*, 24(1), 67-77.

[16] Wang, J., Yang, Z. J., Wang, Y. D., Cao, Y. P., Wang, B., & Liu, Y. (2021). The key aroma compounds and sensory characteristics of commercial Cheddar cheeses. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 7555-7571.

[17] Goudarzi, M., Madadlou, A., Mousavi, M. E., & Emam-Djomeh, Z. (2015). Formulation of apple juice beverages containing whey protein isolate or whey protein hydrolysate based on sensory and physicochemical analysis. *International Journal of Dairy Technology*, 68(1), 70-78.

[18] Lavasani, A. S. (2018). Biochemical changes of Iranian probiotic Lighvan cheese. *Czech Journal of Food Sciences*, 36(2).

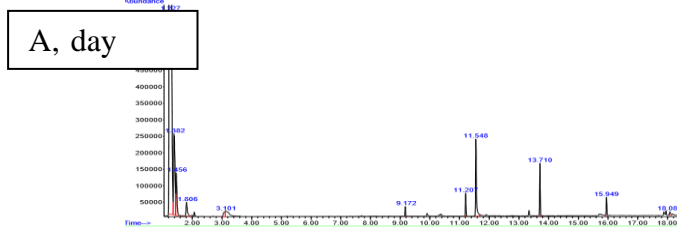
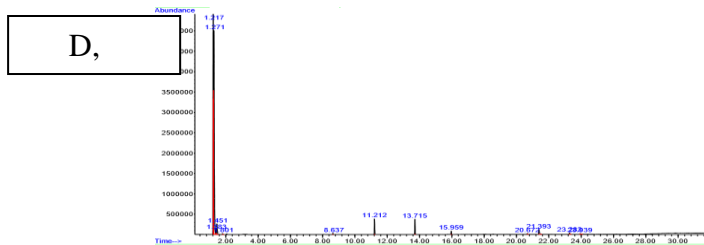
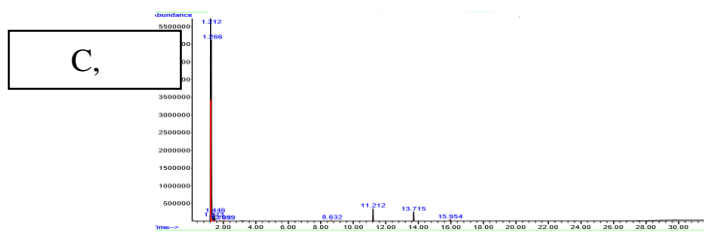
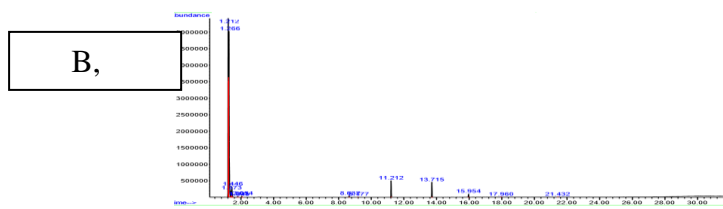
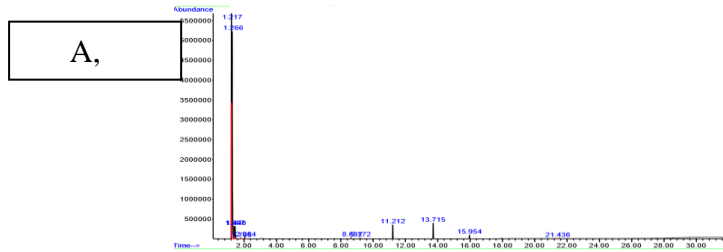
[19] Curioni, P. M. G., & Bosset, J. O. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal*, 12(12), 959-984.

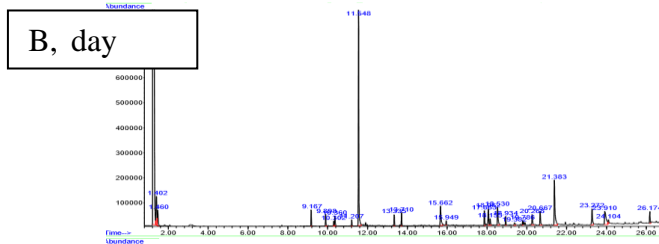
[20] Sørensen, J., & Benfeldt, C. (2001). Comparison of ripening characteristics of Danbo cheeses from two dairies. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 355-362.

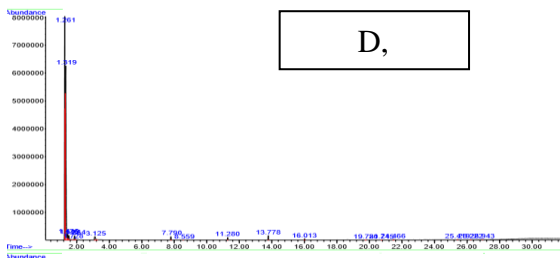
[21] Mousavi, R. S., Nateghi, L., Soltani, M., & Asgarpanah, J. (2023). Innovative UF-white cheese fortified with *Ganoderma lucidum* extract:

- antioxidant capacity, proteolysis, microstructure and sensory characteristics. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(2), 1651-1661.
- [22] Vivier, D., Compan, D., Moulin, G., & Galzy, P. (1996). Study of carbon dioxide release from Feta cheese. *Food research international*, 29(2), 169-174.
- [23] Ong, L., & Shah, N. P. (2008). Influence of probiotic *Lactobacillus acidophilus* and *L. helveticus* on proteolysis, organic acid profiles, and ACE-inhibitory activity of Cheddar cheeses ripened at 4, 8, and 12° C. *Journal of Food Science*, 73(3), M111-M120.
- [24] Soltani, M., Sahingil, D., Gokce, Y., & Hayaloglu, A. A. (2016). Changes in volatile composition and sensory properties of Iranian ultrafiltered white cheese as affected by blends of *Rhizomucor miehei* protease or camel chymosin. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 7744-7754.
- [25] Eghbalian, S. (2017). *Utilization of commercial adjunct culture in the manufacture of ultrafiltered white cheese and its effects on the cheese properties* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [26] Pogačić, T., Maillard, M. B., Leclerc, A., Hervé, C., Chuat, V., Yee, A. L., ... & Thierry, A. (2015). A methodological approach to screen diverse cheese-related bacteria for their ability to produce aroma compounds. *Food Microbiology*, 46, 145-153.
- [27] Petersen, M. A., Kristensen, H. T., Bakman, M., Varming, C., Jensen, M. E. P., & Ardö, Y. M. (2010). Aroma formation in a cheese model system by different *Lactobacillus helveticus* strains. In *Expression of Multidisciplinary Flavour Science: Proceedings of the 12th Weurman Symposium* (pp. 367-370).
- [28] Mortazavian, A., & Sohrabvandi, S. (2005). A review of yogurt sensory properties, First edition, Ata Publishers, Iran, Tehran, 30-55.
- [29] Tondhoush, A., Soltani, M., Azarikia, F., Homayouni-Rad A., & Karami, M. (2024). Fabrication of UF-white cheese: Obtaining a different proteolysis rate, texture, and flavor via using combinations of mesophilic starter culture and *Lactobacillus helveticus*. *Food Science & Nutrition*, 12(1), 328-339.
- [۳۰] Krishna, K. N., Krishna, A., & Ghosh, B. C. (2020). Evaluation of Physico Chemical and Sensory Properties of Developed Probiotic Reduced Fat Cream Cheese. *Ind. J. Pure App. Biosci*, 8(4), 190-195.
- [31] Kumar, S., Kanawjia, S. K., & Kumar, S. (2015). Incorporation of *Lactobacillus adjuncts* culture to improve the quality of Feta-type cheese made using buffalo milk. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 5021-5029.
- [3۲] Habibi, A., Shahab Lavasani, A., Mortazavian, A. M., Hoseini, S. E., & Zarei, H. (2023). Characteristics of Iranian Probiotic UF White Cheese. *Journal of Food Quality*, 2023.
- [3۳] Jooyandeh, H., & Hojjati, M. (2023). Impact of animal lipase enzymes on development of lipolysis in Iranian-white brined cheese during cold storage.
- [3۴] Ratnaningsih, E., Reynard, R., Khoiruddin, K., Wenten, I. G., & Boopathy, R. (2021). Recent advancements of UF-based separation for selective enrichment of proteins and bioactive peptides—a review. *Applied Sciences*, 11(3), 1078.
- [3۵] Sadat-Mekmene, L., Richoux, R., Aubert-Frogerais, L., Madec, M. N., Corre, C., Piot, M., ... & Gagnaire, V. (2013). *Lactobacillus helveticus* as a tool to change proteolysis and functionality in Swiss-type cheeses. *Journal of Dairy Science*, 96(3), 1455-1470.
- [3۶] Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., & Beresford, T. P. (2007). Flavour precursor development in Cheddar cheese due to lactococcal starters and the presence and lysis of *Lactobacillus helveticus*. *International Dairy Journal*, 17(4), 316-327.

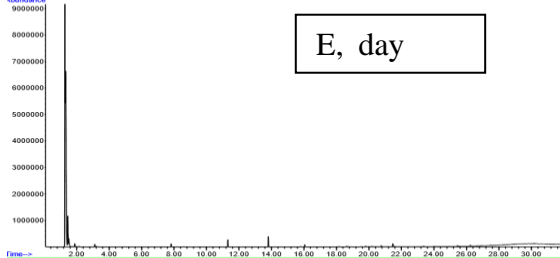
پیوست: کروماتوگرام‌های مواد فرار مولد عطر و طعم در پنیرهای تولید شده با نسبت‌های مختلف لاکتوباسیلوس هلوتیکوس و آغازگرهای مزوفیل در طول دوره رسیدگی



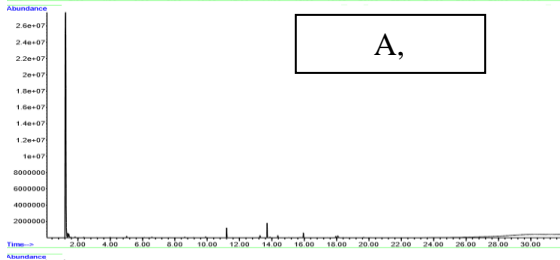




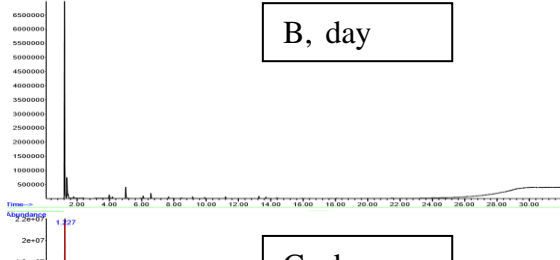
D,



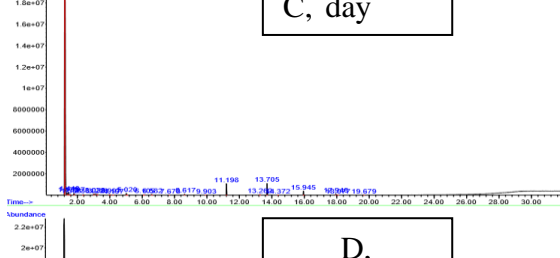
E, day



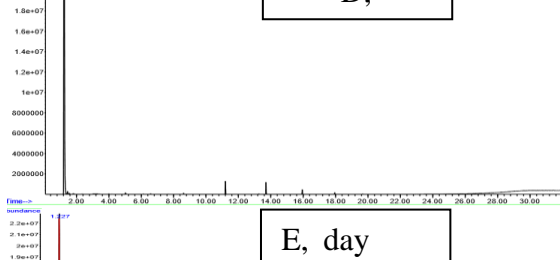
A,



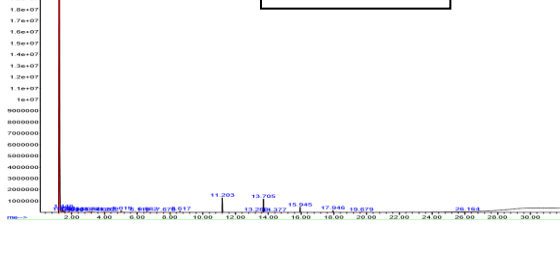
B, day



C, day



D,



E, day



Scientific Research

The effect of using different ratios of *Lactobacillus helveticus* and mesophilic starter on the volatile compounds and sensory properties of UF white cheese

Arash Tondhoush¹, Mostafa Soltani^{2,3*}, Fatemeh Azarikia⁴, Aziz Homayouni-Rad⁵, Mostafa Karami⁶

1-Ph.D. student, Department of Food Sciences & Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2-Associate Professor, Department of Food Sciences & Technology, Faculty of Pharmacy, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

3-Nutrition and Food Sciences Research Center, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

4-Assistant Professor, Department of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology (Aburayhan), University of Tehran, Tehran, Iran

5-Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Nutrition & Food Sciences, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

6-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, College of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2024/3/9

Accepted: 2024/4/21

Keywords:

ultrafiltered white cheese,
Lactobacillus helveticus,
mesophilic starter cultures,
volatile compounds,
sensory characteristics

DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165.

*Corresponding Author E-
m.soltani@iaups.ac.ir

Ultrafiltration is a technique used for concentration of milk in order to produce cheese with more desirable physicochemical and nutritional properties. On the other hand, use of combined starter cultures for cheese production can lead to improve the sensory characteristics and overall acceptability of final product. The objective of the present study was to investigate the effect of using different combinations of *Lactobacillus helveticus* (*L. helveticus*) and mesophilic starter culture (*Lactobacillus lactis* ssp. *lactis* and *Lactobacillus lactis* ssp. *cremoris*) on the volatile compounds and sensory characteristics of ultrafiltered white cheese during ripening. Five ultrafiltered white cheeses were produced using mesophilic starter culture and *L. helveticus* at different ratios (100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100) and kept in refrigerator ($9 \pm 0.1^\circ\text{C}$) for 90 days. The related analysis was performed on 1, 30, 60 and 90 days of ripening. The results revealed that an increasing in *L. helveticus* ratio caused a significant increasing in the CO_2 , ethanol, ethylene oxide and a ($p < 0.05$). Regarding sensory significant decreasing in the acetone properties, lower scores of body and texture, and higher scores of odor and flavor were assigned to the cheeses produced using higher ratios of ($p < 0.05$). In conclusion, the use of combinations of *L. helveticus* mesophilic starter culture and *L. helveticus* at specific ratios (75:25 and 25:75) led to improve the volatile compounds in the final product and production an ultrafiltered cheese with desirable sensory characteristics.