مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

# تاثیر استفاده از نسبت‌های مختلف *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* و آغازگر مزوفیل بر ترکیبات مولد آروما و ویژگی‌های حسی پنیر سفید فراپالایش

آرش تندهوش[۱]، مصطفی سلطانی[۲و۳*]، فاطمه آذری کیا[۴]، عزیز همایونی راد[۵]، مصطفی کرمی[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

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹**

**تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۲**

**کلمات کلیدی:**

پنیر سفید فراپالایش،

*لاکتوباسیلوس هلوتیکوس*،

آغازگرهای مزوفیل،

ترکیبات مولد آروما،

ویژگی‌های حسی.

**DOI:10.22034/FSCT.21.152.165.**

* مسئول مکاتبات:

m.soltani@iaups.ac.ir

**چکیده**

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 هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* (۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰ ) تولید شده و در سردخانه°C (۰/۱ ± ۹) 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 هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* 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.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

## 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 گاومیش در تولید آن مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱ و ۲]. فراپالایش[1]، سازوکاری ست 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 فراپالایش 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 فراپالایش دارای رطوبت بالایی هستند. همچنین به دلیل اثر ممانعت‌کنندگی پروتئین‌های آب‌پنیر بر فعالیت آنزیم منعقدکننده، پنیرهای تولید شده با تکنولوژی فراپالایش 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 فرآیند 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 [٤ و ٥]. آغازگرهای رایج برای تولید پنیر عمدتا از سویه‌های لاکتیک‌اسید باکتری هستند. در بین سویه‌های مذکور، *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس*[2] یک باکتری لاکتیک اسید ترموفیل می‌باشد که از لحاظ صنعتی نقش مهمی در تولید محصولات لبنی تخمیر شده داشته وعمدتا در تولید انواع پنیر ایتالیایی و سوئیسی استفاده می‌شود [٦]. 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 هلوتیکوس* دارای پپتیدازها و لیپازها هستند که عموماً در داخل سلولی قرار دارند. برخی از سویه‌های *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* بر بهبود عطر، کاهش تلخی و تسریع فرآیند پروتئولیز، به ویژه در پنیر، مورد توجه بسیاری از محققان است [۸]. از سوی دیگر، همراه با مقاومت بالا در برابر اسید، *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* توانایی متابولیزاسیون گلوکز و گالاکتوز و تولید مقادیر بالاتر اسید را دارد [۹ و ۱۰]. با این دلایل، باکتری *لاکتویاسیلوس هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* را بر ویژگی‌های کیفی پنیر کاشار تازه از نوع پاستا فیلاتا مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده، *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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*

1-Ultrafiltration

2-*lactobacillus helveticus*



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

*هلوتیکوس* در مقایسه با پنیرهای شاهد بالاتر بود. همچنین با افزایش دوره ماندگاری، سهم الکل‌ها و هیدروکربن‌ها در ترکیبات مولد آروما کاهش یافته و سهم کتون ها افزایش یافت. بطور کلی نتایج آزمون حسی نشان داد که افزودن *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* شامل دو سویه بومی[3] (*لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* ۱۳۸ و ۲۰۹) و یک سویه تجاری (*لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 ۳۷°C 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 هلوتیکوس* ۲۰۹ و B۰۲ تنوع بیشتری از ترکیبات را تولید کردند، در حالیکه *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* ۱۳۸ کمترین سویه تولید کننده بود. در عصاره‌های تلقیح شده با *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* ۲۰۹ و B۰۲ ترکیبات مولد آروما عمدتا متعلق به کتون‌ها، استرها، الکل‌ها، آلدئیدها و اسیدها بود. در عین حال، در عصاره‌های حاوی *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* ۱۳۸ ترکیبات اصلی مولد آروما به گروه‌های آلدئیدها و کتون‌ها تعلق داشت. بنابر نتایج مطالعه مذکور، *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 *لاکتوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس* و *لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس* می‌باشد. در این پژوهش اثر ترکیب آغازگرهای فوق همراه با*لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* در نسبت‌های مختلف بر مقادیر ترکیبات مولد 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 هموفرمانتاتیو (شامل *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *لاکتیس* و *لاکتوکوکوس لاکتیس* زیرگونه *کرموریس*، DM-230) و *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* (LH-100) از شرکت Danisco Deutschland GmbH, Niebüll, Germany) تهیه شد. Rhizomucor miehei به عنوان آنزیم پروتئاز مورد استفاده برای تولید پنیرهای سفید فراپالایش (Framose 2200 TL Granualte, ≥2200 international milk clotting units/g) 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 رتنتیت 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 °C، ۱۵ ثانیه) و فراپالایش قرار گرفت. فرایند فراپالایش در دمای ۱ ± ۵۲ °C 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.

3-autochthonous



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

در پایان فرایند فراپالایش، ۱ کیلوگرم رتنتیت از ۵/۱ کیلوگرم شیر بدست آمد. بعد از اعمال فرایند حرارتی (°C ۷۸، ۱ دقیقه) و هموژنیزاسیون (۵ مگا پاسکال)، ۲۵ کیلو گرم از رتنتیت بدست آمده به ۵ قسمت مساوی تقسیم شد و نسبت‌های مختلف آغازگر مزوفیل و *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* به عنوان آغازگر کالچر (۲۰ گرم به ازاء ۱۰۰۰ کیلوگرم از رتنتیت) مطابق با استراتژی نشان داده شده در جدول شماره ۱ به رتنتیت اضافه شد. در مرحله‌ی بعدی رتنتیت در دمای °C ۳۵ تا رسیدن به pH برابر ۶/۴-۶/۳ نگهداری شد و سپس آنزیم پروتئاز *Rizomucor miehei* به رتنتیت اضافه شد (۳۰ گرم به ازا ۱۰۰۰ گرم از رتنتیت). مخلوط حاصل به سرعت به داخل ظرف‌های پلاستیکی (۱۰۰ گرمی) انتقال یافته و به تونل کوآگولاسیون ارسال شد (°C ۳۵، 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 ۴/۸-۴/۷ به مدت ۲۴ ساعت در دمای °C ۱ ± ۲۶ قرار گرفتند. پنیرهای تولید شده به سردخانه °C ۱ ± ۹ منتقل شده و آنالیزهای لازم در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ از دوره رسیدگی انجام شد [۳].

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% *lactobacillus helveticus* |
| B | 75% Mesophilic starter+ 25% *lactobacillus helveticus* |
| C | 50% Mesophilic starter+ 50% *lactobacillus helveticus* |
| D | 25% Mesophilic starter+ 75% *lactobacillus helveticus* |
| E | 0% Mesophilic starter+ 100% *lactobacillus helveticus* |

۲-۳ آزمون‌ها

۲-۳-۱ 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 °C ۲۰ قرار داده شد. سپس برای مدت ۵ دقیقه وارد محل تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی با دمای °C ۲۳۰ شد تا ترکیبات جذب شده، واجذب شده و وارد ستون DB-wax موئینه (30m×250mm×0.5µm فیلم) و HP-5 (30m×0.25mm×0.25µm فیلم) شدند. گاز هلیوم خالص با سرعت ۱/۲ میلی لیتر بر دقیقه انتخاب گردید. دمای اولیه گرمخانه دستگاه °C ۳۵ به مدت ۵ دقیقه بود و سپس تا °C ۱۰۰ 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 °C ۱۸۰ با سرعت ۶ درجه سانتی گراد/دقیقه افزایش یافت و مدت زمان نگهداری در این دما ۲ دقیقه بود. در نهایت دما تا °C ۲۳۰ با سرعت ۸ درجه سانتی



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

گراد/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 برترکیبات عطر وطعمی 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 ۴۰-۲۴ سال آشنا با محصول انجام شد. جهت ارزیابی حسی نمونه های پنیر، ۰ تا ۵ امتیاز برای ظاهر و رنگ، ۰ تا ۵ امتیاز برای بافت و ۰ 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، نمونه‌های پنیر با کدهای تصادفی ۳ رقمی و در ظروف ۱۰۰ گرمی از سردخانه خارج شده و بصورت جداگانه در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شدند. در بین ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف، آب آشامیدنی جهت شستشوی دهان در اختیار ارزیابان قرار گرفت [۱۷].

۲-۳-۳ تجزیه و تحلیل آماری

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

## ۳- نتایج

۱-۳ ترکیبات مولد آروما

طعم پنیر ناشی از تغییرات میکروبی، آنزیمی و شیمیایی محصول در طی دوره رسیدگی می‌باشد. تجزیه‌ی پروتئین، چربی، لاکتوز و سیترات در طول دوره رسیدگی سبب ایجاد طیف وسیعی از ترکیبات مولد آروما می‌شود که طعم و بوی پنیر را تحت تاثیر قرار می‌دهد . پروتئولیز با تولید پپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد بر طعم پنیر اثر گذار است. پپتیدهای بزرگ مستقیماً به طعم پنیر کمک نمی‌کنند، اما می‌توانند به پپتیدهای کوتاه‌تر 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 می‌باشد که منشا آن از لیپولیز و همچنین می‌توانند از کتون‌ها، استرها و آلدئیدها توسط اکسیداسیون به دست آیند [۱۹ و ۲۰].

براساس نتایج حاصل از کروماتوگرام‌های دستگاه GC-Ms، ترکیبات شناسایی شده در طی ۹۰ روز دوره رسیدگی به همراه درصد آن‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده ترکیب غالب موجود در تمامی نمونه‌های پنیر سفید فراپالایش شده اعم از نمونه شاهد و نمونه حاوی نسبت‌های مختلف باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس*، کربن دی اکسید، اتانول، استن و اتیلن اکساید بود.

۱-۱-۳ کربن دی اکسید

pH پنیر سفید فراپالایش در طی نگهداری عمدتا در محدوده ۴/۶-۴/۳ می‌باشد [۲۱]. در این بازه pH و همچنین در غلظت‌های بالای نمک، متابولیسم باکتری‌های لاکتیک اسید نسبتا پایین است. بنابراین تنها متابولیسم لاکتوز و گالاکتوز در نظر گرفته می‌شود و کربن دی اکسید تولید شده توسط سایر سوبستراها مانند لاکتیک اسید و اسیدهای آمینه نادیده گرفته می‌شود. در یک نمونه پنیر، لاکتوز و گالاکتوز از طریق چندین مسیر متابولیزه می‌شوند که مسیر



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

اصلی آن امبدن میرهوف[4] است. اگر مخمرها تکثیر نشوند و در ادامه بیومس تولید نگردد، پیرورویک اسید بطور کامل در چرخه کربس به $CO_2$ و $H_2O$ اکسید می‌شود و حدود ۱۶ لیتر $CO_2$ از ۲ کیلوگرم پنیر تولید می‌گردد. تحت شرایط بی هوازی (تخمیر)، متابولیسم قند منجر به تولید اتانول و حدود ۱۰/۵ لیتر $CO_2$ می‌شود [۲۲].

نتایج داده‌های این مطالعه حاکی از آن بود که با افزایش نسبت باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* میزان درصد گاز کربن‌دی‌اکسید افزایش یافت ($p < ۰/۰۵$) بطوریکه نمونه پنیر سفید فراپالایش تولید شده با نسبت ۱۰۰ ٪ از باکتری فوق دارای بیشترین درصد کربن دی اکسید (۸۷/۳۰ ٪) بود. در تحقیقات پیشین نشان داده شده است که *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* قادر به متابولیزه *کردن* لاکتوز باقی مانده به دی ال – لاکتات بوده که بسته به در دسترس بودن اکسیژن می‌تواند به استات و $CO_2$ تبدیل شود [۲۳]. همچنین با افزایش نسبت *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* فرایند پروتئولیز در طی دوره رسیدن تشدید شده و بدنبال آن حبس گاز $CO_2$ در ماتریکس پنیر به عنوان یکی از متابولیت‌های تخمیر محصول در اثر عدم وجود مراحل پرس کردن و آب گیری از لخته پنیر افزایش می‌یابد [۱].

تاثیر مدت زمان ماندگاری بر درصد گاز کربن دی اکسید معنی‌دار بود و با ادامه دوره‌ی رسیدگی در تمامی نمونه‌ها اعم از نمونه شاهد و نمونه‌های حاوی نسبت‌های مختلف *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* درصد گاز کربن دی اکسید 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 هلوتیکوس* سبب افزایش معنی‌دار درصد اتانول در مقایسه با نمونه شاهد گردید که این افزایش با افزایش نسبت *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* نسبت مستقیم داشت ($p < ۰/۰۵$). بطوریکه در میان نمونه‌ها، نمونه E در روز ۹۰ از دوره رسیدگی بیشترین (۰/۱۷±۴/۳۶ ٪) و نمونه A در روز اول کمترین (۰/۱۱±۱/۰۳ ٪) درصد اتانول را دارا بودند. به این ترتیب نمونه‌های حاوی درصدهای بالاتر *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* به علت داشتن فعالیت پروتئولیتیکی بالاتر، بیشترین سطح اتانول را دارا بودند. همچنین *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* با تخمیر لاکتوز و کاتابولیسم آلانین می‌تواند منجر به تولید اتانول شود [۲۴].

یر طبق نتایج جدول ۲، درصد اتانول با گذشت زمان در تمامی نمونه‌های پنیر تولیدی افزایش یاقت . 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 دی استیل‌ها 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 هلوتیکوس* درصد استن به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($p < ۰/۰۵$). بطوریکه نمونه پنیر تولید شده با ۱۰۰ ٪ *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس*

4-Embden Meyerhof



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

در روز ۹۰ از دوره رسیدگی کمترین درصد استن (۱/۱۰±۱/۲۶ ٪) را ثبت کرد. طبق پژوهش صورت گرفته توسط کوفیا و همکاران (۲۰۱۸)، نمونه‌های پنیر حاوی *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* دارای مقادیر مشابه و کمتری از متیل کتون‌هایی همچون ۲-پروپانون (استون) در مقایسه با نمونه کنترل بودند [۱۵]. در این راستا پوگانیک و همکاران (۲۰۱۵)، گزارش دادند که سطوح متیل‌کتون‌های شناسایی شده در محیط آبکی پر پایه کشک تلقیح شده با *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* اختلاف معنی‌داری بین روزهای مختلف از دوزه رسیدگی وجود داشت (p < ۰/۰۵).

۳-۱-٤ اتیلن اکساید

تنها یک آلدهید 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 < ۰/۰۵). افزودن نسبت‌های مختلف *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* سبب افزایش معنی‌دار مقادیر اتیلن اکساید در پنیر سفید فراپالایش شد (p < ۰/۰۵). بیشترین و کمترین مقادیر اتیلن اکساید به ترتیب متعلق به نمونه های E و A بود. باکتری-های 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 عمدتا از باکتری‌های ماست منشا می‌گیرد، در حالیکه *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* می‌تواند استالدهید را نیز از طریق متابولیسم ترئونین سنتز کند [۱٤]. از سوی دیگر با افزایش دوره رسیدگی، مقادیر اتیلن اکساید در همه نمونه های پنیر تولید شده افزایش بافت و بیشترین مقدار ترکیب مذکور در تمام پنیرهای تولید شده در روز پایانی از دوره رسیدگی ثبت شد(p < ۰/۰۵). سلطانی و همکاران (۲۰۱٦) 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 می-تواند منجر به تشکیل استالدهید در نمونه‌های پنیر شود [۲٤].

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

| Carbon dioxide (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sample | 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 (%) | | | | |



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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 ($p<0.05$)

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 به‌منظور دستیابی به خواص حسی بهینه امری ضروری به نظر می‌رسد [۲۸]. نتایج حاصل از ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر سفید فراپالایش تولید شده با نسبت‌های مختلف باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 می گیرد.

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 هلوتیکوس* و دوره رسیدگی، امتیاز ظاهر و رنگ در نمونه های پنیر تولید شده کاهش یافت که این کاهش معنی دار نبود ($p > ۰/۰۵$). کریشنا و همکاران (۲۰۲۰) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی پنیر خامه‌ای با چربی کاهش یافته تولید شده با نسبت‌های مختلف *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* را مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج بدست آمده، افزودن *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* در سطح ۱ و ۲ درصد سبب کاهش امتیاز ظاهر و رنگ در مقایسه با نمونه کنترل گردید ولی این کاهش از لحاظ



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

آماری معنی‌دار نبود که هم راستا با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد [۳۰].

۲-۲-۳ بافت

ویژگی‌های بافتی عوامل مهم در پذیرش کیفی مصرف‌کننده هستند و در سطح مولکولی بصورت فعل و انفعالات پروتئین‌ها، چربی و آب در ماتریکس غذایی توصیف می‌شوند [۲۸]. مطابق نتایج، با افزایش نسبت باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس*، امتیاز بافت پنیرهای تولید شده به طور معنی داری کاهش یافت ($p < ۰/۰۵$). استفاده از نسبت های بالاتر باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* به دلیل ویژگی پروتئولیتیکی آن منجر به تجزیه بیشتر $\alpha$-$S_1$ کازئین و تشکیل شبکه پروتئینی با فشردگی کمتر و بافت نرم‌تر در پنیر می‌گردد [۳۱]. بر این اساس پنیرهای تولید شده با نسبت‌های بالاتر باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* (نمونه های D و E) دارای بافت نرم‌تری بوده و امتیازات پایین‌تری کسب نمودند. از سوی دیگر و با افزایش دوره رسیدگی، امتیاز بافت در همه نمونه‌های پنیر تولید شده دچار کاهش شد که این کاهش از نظر ارزیابان معنی‌دار نبود.

۳-۲-۳ بو و مزه

طبق نتایج ارائه شده در شکل ۱، افزودن نسبت‌های مختلف باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* در تولید پنیر سفید فراپالایش سبب افزایش معنی‌دار امتیاز بو و مزه در مقایسه با نمونه شاهد شد که این افزایش با افزایش نسبت باکتری فوق رابطه مستقیم داشت ($p < ۰/۰۵$). بطوریکه به ترتیب نمونه E با (۹/۷۱±۰/۱۶) در روز اول بیشترین و نمونه A با (۸/۱۱±۰/۱۱) در روز ۹۰ ام کمترین امتیاز بو و مزه را دارا بودند ($p < ۰/۰۵$). باکتری‌های پروبیوتیکی همچون *لاکتوباسیلوس* هلوتیکوس منشا آنزیم‌های پروتئولیتیک و لیپولیتیک بوده در طول دوره رسیدن پنیر از طریق مشارکت در پروتئولیز و لیپولیز در ایجاد بو و مزه پنیر سفید فراپالایش موثر می‌باشند. این آنزیم‌ها با هیدرولیز کازئین، تولید پپتیدهای بزرگ و متوسط می‌کنند. پپتیدها ممکن است تحت تاثیر آنزیم‌های پروتئولیتیک بدست آمده از میکروفورای باکتری‌های آغازگر، باکتری‌های غیر لاکتیک اسید و پروبیوتیک‌ها به پپتیدهای کوچک و اسیدهای آمینه آزاد تجزیه شوند که مهم‌ترین عامل ایجاد بو و مزه پنیر می‌باشد [۳۲]. همچنین لیپولیز چربی و افزایش درصد اسیدهای چرب آزاد و متعاقبا واکنش‌های بیوشیمیایی آن‌ها منجر به تقویت آروما و بو و مزه نمونه‌های پنیر می‌شود [۳۳]. نتایج پژوهش حاضر با نتایج بدست آمده توسط مهدوی‌پور و همکاران در ارتباط با تاثیر مثبت سویه‌های پروبیوتیکی بر ویژگی‌های حسی پنیر اعم از آروما و بو ومزه هم‌راستا می‌باشد [۳٤].

در این زمینه گزارش شده است که تجزیه‌ی بیشتر کازئین‌ها و تولید پپتیدهای افزایش دهنده‌ی آروما منجر به توسعه‌ی بو و مزه در پنیرهای چدار، سوئیسی و پاستا فیلاتای تولید شده با استفاده از *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* به عنوان آغازگر مورد استفاده شده است [۳۵ و ۳٦]. در طول ۹۰ روز از دوره رسیدگی، امتیاز بو و مزه تمامی نمونه‌های پنیر حاوی نسبت‌های مختلف *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری با هم داشته و دارای روند نزولی بود($p < ۰/۰۵$). دلیل احتمالی این امر، ادامه‌ی 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].

٤-۲-۳ پذیرش کلی

مطابق نتایج به دست آمده، نوع و نسبت آغازگر مورد استفاده، تاثیر قابل توجهی بر امتیازات پذیرش کلی پنیرهای سفید فراپالایش داشت. پنیرهای سفید فراپالایش تولید شده با نسبت های ۲۵٪ و ۷۵٪ از باکتری *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* دارای امتیازات پذیرش کلی بالاتری در مقایسه با سایر پنیرها در طی دوره رسیدگی بودند ($p < ۰/۰۵$). از سوی دیگر، با افزایش دوره رسیدگی امتیازات پذیرش کلی در همه پنیرهای سفید فراپالایش تولید شده دچار کاهش معنی دار شده و در روز پایانی دوره رسیدگی به پایین ترین میزان خود رسید ($p < ۰/۰۵$).



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

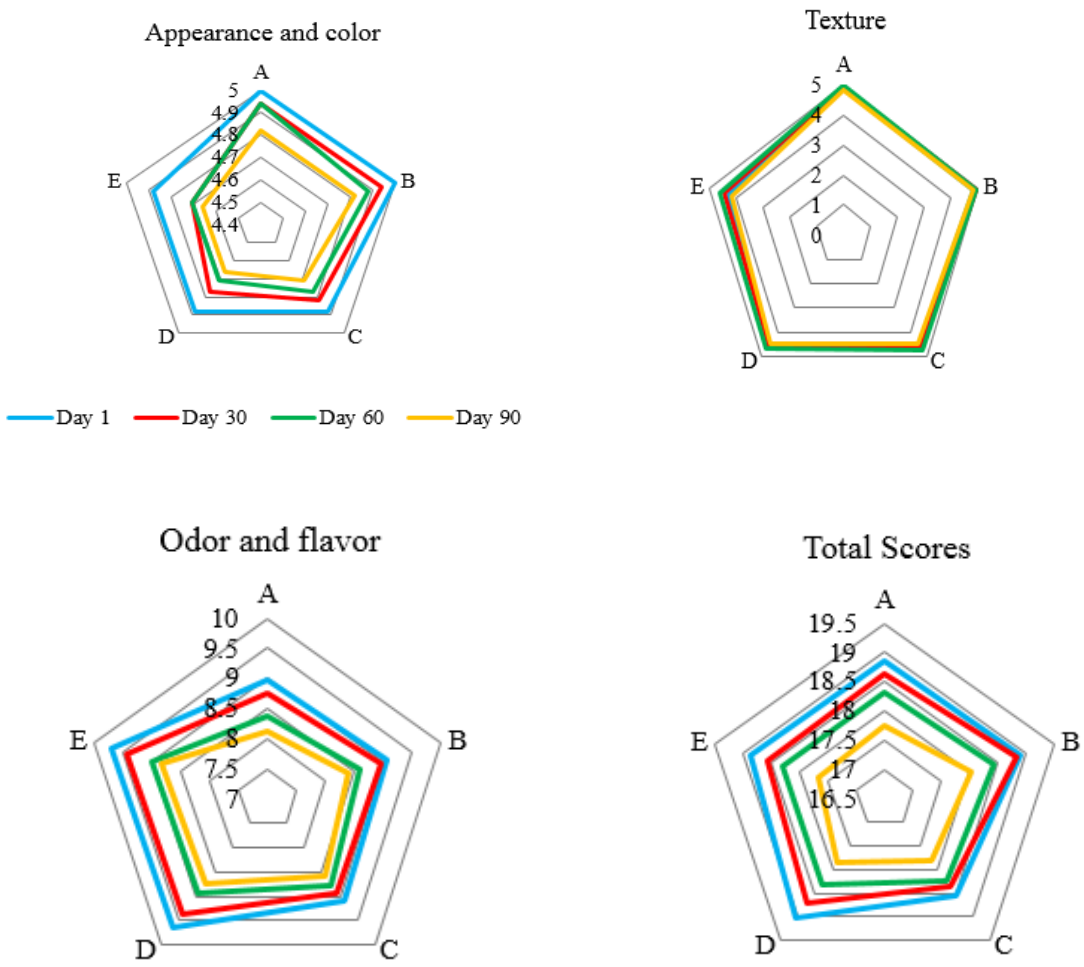



Figure 1. Sensory properties of ultrafiltred white cheese manufactured with different ratios of Mesophilic starter or *lactobacillus helveticus* and combinations during the ripening period

## ٤- نتیجه گیری کلی

در این پژوهش آغازگر مزوفیل و *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* در ۵ نسبت مختلف (۱۰۰:۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰) 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 تاثیرات قابل توجهی بر ترکیبات فرار و ویژگی‌های حسی پنیرهای تولید شده داشت. به دلیل فعالیت پروتئولیتیکی بالاتر *لاکتوباسیلوس هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* 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 هلوتیکوس* می توانند جهت تولید پنیر سفید فراپالایش در مقیاس صنعتی توصیه شوند. نتایج این پژوهش می‌تواند به فهم بهتر ارتباط بین آغازگرهای



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

مورد استفاده جهت تولید پنیر سفید فراپالایش و ویژگی‌های کیفی محصول نهایی کمک کند. هم‌چنین نتایج این مطالعه می‌تواند در جهت تولید پنیر سفید فراپالایش دارای 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.

[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:


[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

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 ultrafiltrated 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 Pablishers, 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.

[۳۱] 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.

[۳۲] 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*.

[۳۳] Jooyandeh, H., & Hojjati, M. (2023). Impact of animal lipase enzymes on development of lipolysis in Iranian-white brined cheese during cold storage.

[۳۴] 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.

[۳۵] 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.

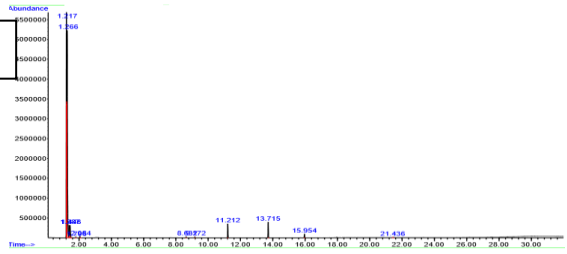
[۳۶] Hannon, J. A., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., & Beresford, T. P. (2007). Flavour precursor development in Cheddar cheese due to lactococcal starters and the presence and lysis of *Lactobacillus helveticus*. *International Dairy Journal*, *17*(4), 316-327.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

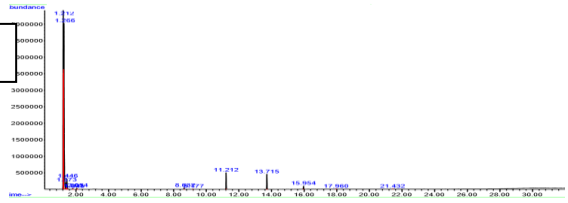
[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

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

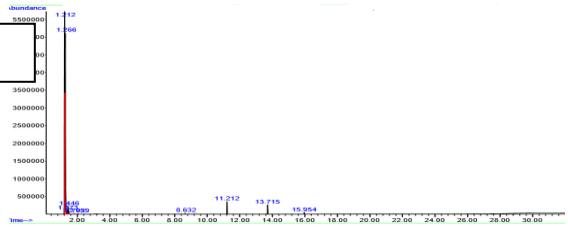
A,



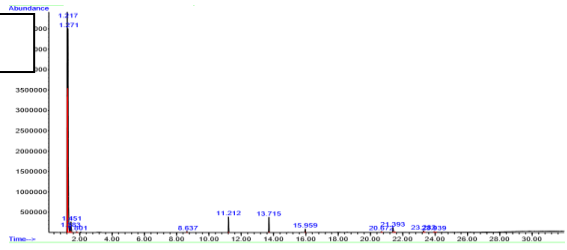
B,



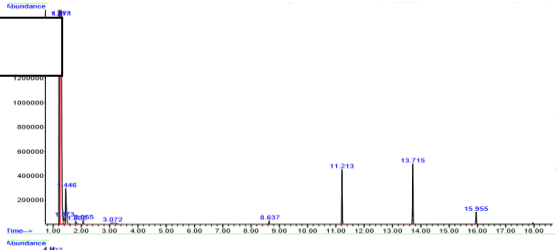
C,



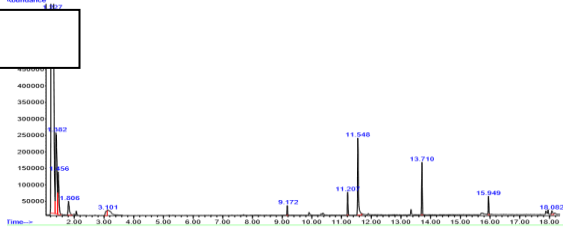
D,



E,

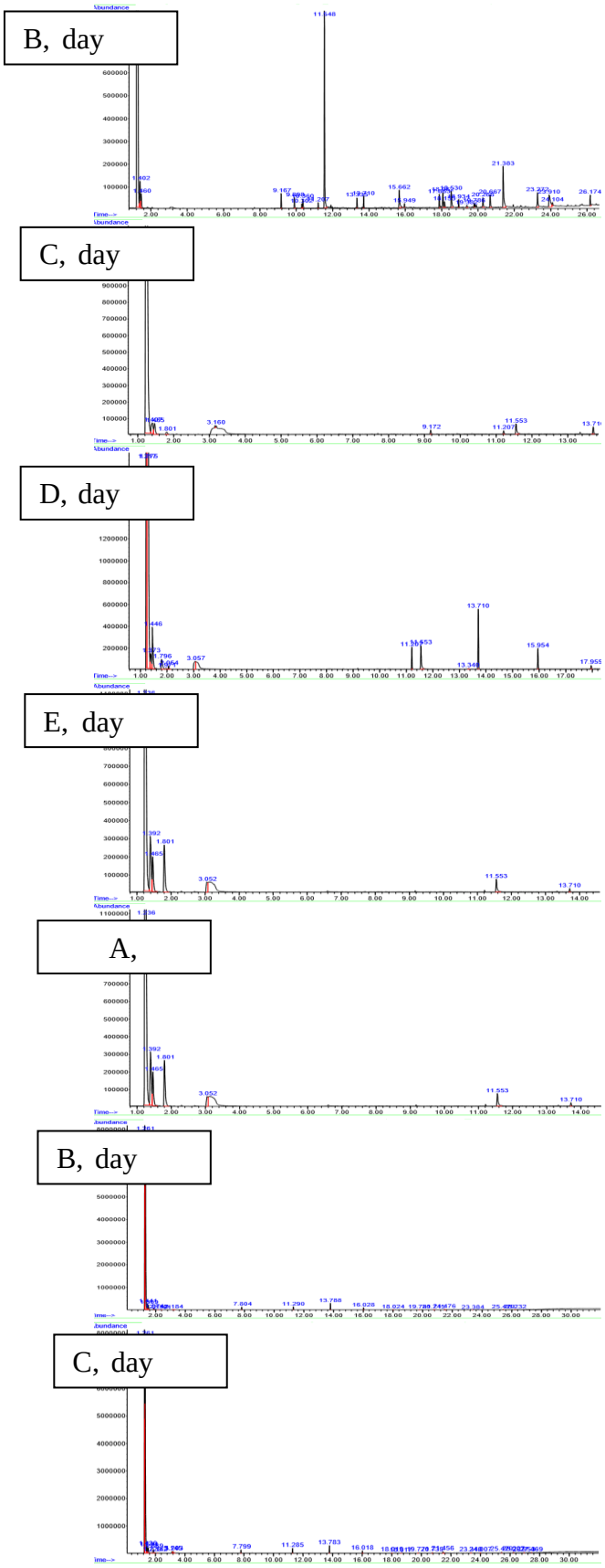


A, day



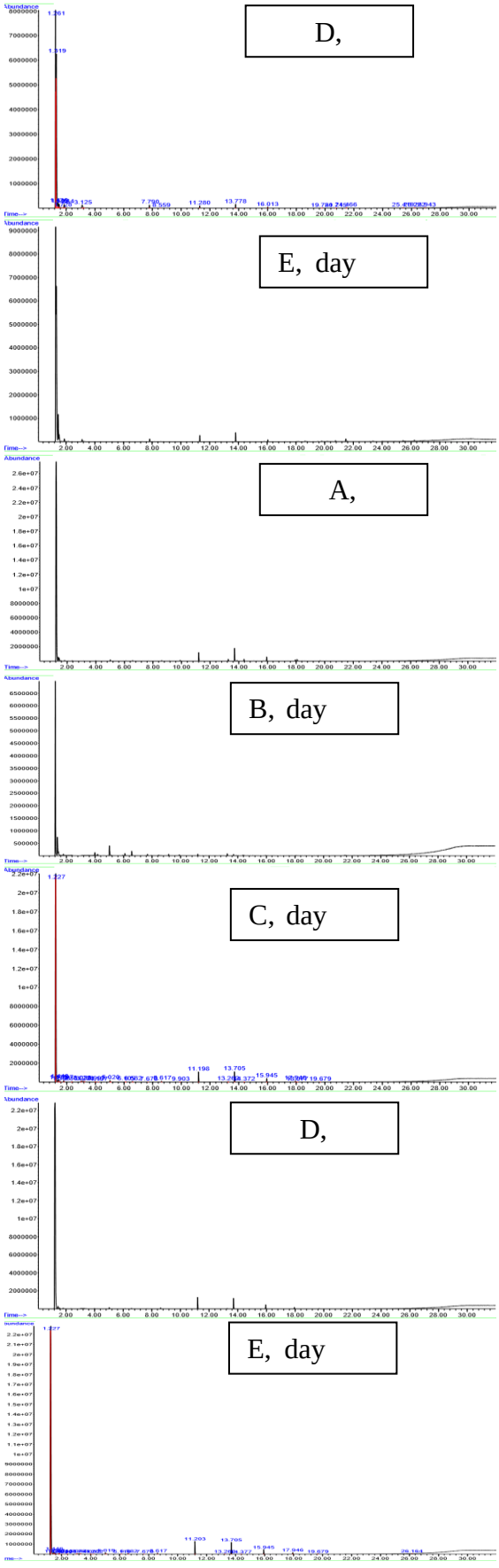
[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]




[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]




[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

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 Tondhoush[1], Mostafa soltani[2,3*], Fatemeh Azarikia[4], Aziz Homayouni-Rad[5], Mostafa Karami[6]

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

2-Associate Professor, Department of Food Sciences & Technology, Factually 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 (Aburaihan), 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**

**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

**ABSTRACT**

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 led 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 ± 0.1°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 Co2, 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.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-19 ]

[ DOI: 10.22034/FSCT.21.152.165 ]