



Optimizing the production of Siahmazgi cheese containing different concentrations of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nanocapsulated forms and its effect on its qualitative, microbial and sensory characteristics

Nasim Hoseini¹, Alireza Shahab Lavasani^{2✉} and Marjaneh Sedaghati¹

¹Department of Food Science and Technology, Faculty of Biological Sciences, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

²Associate Professor, Department of Food Science and Technology, VaP.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

✉ Corresponding author: alireza_shahablavasani@iau.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 2025-01-16

Accepted: 2025-08-19

Published: 2025-09-03

Keywords:

Siahmazgi cheese,
Echinophora platyloba
essential oil,
Nanocapsulation,
Physicochemical
properties, sensory
properties.

ABSTRACT

Background: The use of herbs in dairy products, including cheese, has been common from the ancient times. Some plants have antimicrobial properties against spoilage agents due to their volatile compounds, including phenolic compounds. Siahmazgi cheese is an Iranian locally-made cheese produced from ewe's milk or a mixture of ewe and goat's milks in the suburbs of Rasht in the north of Iran.

Aims: Investigation of the application potential of free and nano-encapsulated *Echinophora platyloba* essential oil and its effect on the quality characteristics of Siahmazgi cheese

Methods: In order to investigate the effect of *Echinophora platyloba* essential oil on the physicochemical, microbial and sensory properties of Siah-Mezgi cheese, different concentrations of *Echinophora platyloba* essential oil (0, 0.1, 0.3 and 0.5%) were added to the cheese in both free and nanoencapsulated forms. and the cheese samples were tested on days 1, 30, 60 and 90 of the storage period.

Results: Based on the obtained results, the changes in the acidity of the samples during 90 days of ripening were increasing and pH decreasing ($P < 0.05$). The use of *Echinophora platyloba* essential oil had no significant effect on the texture and composition of cheese including fat, ash and dry matter ($P > 0.05$), but during the storage period, the amount of dry matter and texture hardness increased ($P < 0.05$). During the ripening period, the amount of color indices L^* decreased and a^* and b^* increased. There was a significant difference between the treatments containing free essential oil and the samples containing nanoencapsulated essential oil on the antioxidant activity of cheese ($P < 0.05$) and the antioxidant activity decreased during the ripening period. In treatments containing essential oil, the intensity of microbial growth was lower than the control sample.

Conclusion: Adding essential oil to cheese improved the aroma, taste and overall acceptance and the treatment containing 0.5% micro-encapsulated essential oil had a higher score in terms of sensory evaluation.



Extended Abstract

Introduction: Dairy products, particularly cheese, play a significant role in human nutrition. Cheese is the most diverse product derived from milk, with hundreds of varieties produced globally, each differing in shape, flavor, and production methods. Cheese is classified based on production methods and chemical compositions. Despite the sensory advantages of traditional cheeses over industrial ones, microbial load from raw milk presents a critical issue, as contamination can lead to the presence of harmful microorganisms, posing risks of zoonotic diseases. In Iran, various types of cheese are produced, including Siahmazgi cheese, a traditional cheese made from goat or sheep milk, known for its high nutritional value and comparable sensory qualities to famous French cheeses. *Echinophora platyloba*, a native plant in northwest Iran, is used as a seasoning in yogurt and cheese. Despite the resistance of many microorganisms at low pasteurization temperatures, producers often resort to industrial or natural antibacterial agents to eliminate pathogens. Recently, extracts and essential oils from these plants have been utilized as natural preservatives in dairy industries. The encapsulation technique enhances the stability and bioavailability of essential oils, improving their antimicrobial properties. Acknowledging the disadvantages of industrial antibacterial agents, researchers recommend using medicinal plants with antimicrobial properties. This study aims to produce Siahmazgi cheese using different concentrations of free and nano-encapsulated *Echinophora platyloba* essential oil and to assess their effects on the cheese quality, microbial and sensory properties.

Materials and Methods: *Echinophora platyloba* was collected during its flowering phase in spring, cleaned, dried, and ground. Essential oil extraction was performed using a Clevenger apparatus. The extracted oil was stored in dark vials to prevent light exposure. The *Echinophora platyloba* essential oil was first mixed with Tween 80 as a surfactant in equal proportions using a magnetic stirrer. The oil-surfactant mixture was then slowly added to a slightly acidic aqueous phase (distilled water with 0.3% citric acid) while stirring at 700 RPM, and the resulting emulsion pre-mixture was subjected to ultrasonic waves for 20 minutes to produce a nano-emulsion. Sheep milk was pasteurized, and different treatments were applied to produce cheese with varying concentrations of essential oil. The cheese was pressed, salted, and

stored in refrigerated conditions. The cheese samples were analyzed for physicochemical, microbial, and sensory properties during a ripening period. Various tests were conducted, including acidity, pH, fat and antioxidant activity, as well as texture analysis and sensory evaluation by trained panelists. Statistical analyses were performed using SPSS software. This study highlights the potential of using natural preservatives derived from local plants to enhance the quality and safety of traditional dairy products, contributing to sustainable practices in the dairy industry.

Results and discussion: The results indicated that the acidity of the samples increased, while the pH decreased over the 90-day storage period. The addition of essential oil, particularly in its nano-encapsulated form, effectively controlled the increase in acidity and the reduction of pH during the storage of the cheese. The use of *Echinophora platyloba* essential oil did not significantly affect the texture or the approximate composition of the cheese, including fat, ash, and dry matter. However, throughout the storage period, the dry matter content and texture firmness increased. During the storage period, the L* color index decreased, while a* and b* indices increased. The application of essential oil further contributed to the reduction of the L* index and the increase of a* and b* indices. A significant difference was observed in the antioxidant activity between treatments containing free essential oil and those with nano-encapsulated essential oil ($P < 0.05$). Additionally, the antioxidant activity decreased during the storage period, with the samples containing nano-encapsulated essential oil showing higher antioxidant activity than the other treatments. The addition of essential oil, especially in the nano-encapsulated form, resulted in a significant reduction of mold, yeast, and total bacteria. Although microbial counts increased significantly over the storage period, the growth intensity in treatments containing essential oil was lower than in the control sample. The addition of essential oil improved the aroma, flavor, and overall acceptance of the cheese; however, it did not significantly affect the texture. The sensory scores for the samples decreased over the 90-day storage period. Ultimately, the treatment containing 0.5% nano-encapsulated essential oil received the highest sensory evaluation scores.

Conclusion: The study concluded that the incorporation of *Echinophora platyloba* essential oil, particularly in its nano-encapsulated form, positively influenced the quality and safety of

Siahmazgi cheese. The essential oil not only helped in controlling acidity and improving antioxidant activity but also contributed to better sensory properties, making it a promising natural additive for enhancing the quality of traditional dairy products.

بهینه‌سازی تولید پنیر سیاه‌مزگی حاوی غلظت‌های متفاوت اسانس خوشاریزه به دو شکل آزاد و نانوریزپوشانی شده و تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی آن

نسیم حسینی^۱، علیرضا شهاب‌لواسانی^۲✉ و مرجانه صداقتی^۱

^۱ گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم زیستی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

✉ id : alireza_shahablavasani@iau.ac.ir مسئول مکاتبه

چکیده

مشخصات مقاله

نوع مقاله:

علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۲۷

پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۲۸

انتشار: ۱۴۰۴/۶/۱۲

کلید واژه:

پنیر سیاه‌مزگی، اسانس خوشاریزه، نانوریزپوشانی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، ویژگی‌های حسی.

زمینه مطالعاتی: از قدیم استفاده از گیاهان در محصولات لبنی از جمله پنیر رایج بوده است. برخی از گیاهان به دلیل داشتن ترکیبات فرار از جمله ترکیبات فنولی دارای خواص ضد میکروبی در مقابل عوامل فساد می باشند. پنیر سیاه‌مزگی یک پنیر محلی ایرانی است که از شیر گوسفند یا ترکیبی از شیر گوسفند و شیر بز در حومه رشت در شمال ایران تولید می‌شود.

هدف: بررسی امکان کاربرد اسانس آزاد و ریزپوشانی شده خوشاریزه و تأثیر آن بر خصوصیات کیفی پنیر سیاه‌مزگی

روش کار: به منظور بررسی تأثیر اسانس *Echinophora platyloba* بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی پنیر سیاه‌مزگی، غلظت‌های مختلف اسانس خوشاریزه (۰، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵٪) به دو شکل آزاد و ریزپوشانی شده به پنیر اضافه شد و نمونه‌های پنیر در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دوره نگهداری مورد آزمون قرار گرفتند.

نتایج: بر اساس نتایج بدست آمده تغییرات اسیدیته نمونه‌ها در طی ۹۰ روز رسیدگی، افزایشی و pH کاهشی ($P < 0.05$) بود. استفاده از اسانس خوشاریزه تأثیر معنی‌داری بر بافت و ترکیب پنیر شامل چربی، خاکستر و ماده خشک نداشت ($P > 0.05$) اما در طی دوره رسیدگی میزان ماده خشک و سفتی بافت افزایش ($P < 0.05$) یافت. در طی دوره رسیدگی میزان شاخص‌های رنگ L^* کاهش و a^* و b^* افزایش یافت. اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای حاوی اسانس آزاد با نمونه‌های حاوی اسانس ریز پوشانی شده بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر وجود داشت ($P < 0.05$) و فعالیت آنتی-اکسیدانی در طی دوره رسیدگی کاهش یافت. در تیمارهای حاوی اسانس شدت رشد میکروبی کمتر از نمونه کنترلی بود.

نتیجه‌گیری کلی: افزودن اسانس به پنیر موجب بهبود عطر و بو، طعم و مزه و پذیرش کلی گردید اما تأثیر معنی‌داری بر بافت پنیر نداشت و تیمار حاوی ۰/۵٪ اسانس ریزپوشانی شده از نظر ارزیابی حسی دارای امتیاز بالاتری بود.

مقدمه

شیر و محصولات لبنی نقش مهمی در تغذیه انسان دارند. پنیر متنوع‌ترین محصول بدست آمده از شیر می‌باشد که در نقاط مختلف جهان، صدها نوع از آن با شکل و طعم متفاوت و با روش‌های گوناگون تولید می‌شود. پنیر عبارت است از فرآورده‌ای تازه یا رسیده که به صورت نرم، نیمه سخت، سخت و خیلی سخت بوده و در آن نسبت پروتئین آب پنیر به کازئین نباید بیشتر از پروتئین شیر باشد. در دنیا در حدود ۴۰۰ نوع پنیر در کشورهای مختلف تولید می‌شود (کرمانی‌زاده و حصارى ۱۳۹۲). روش‌های متفاوتی برای طبقه‌بندی پنیر در جهان مورد استفاده قرار گرفته است که عمدتاً بر اساس روش تولید و ترکیبات شیمیایی استوار می‌باشد (قدوسی ۱۳۸۴).

علی‌رغم برتری‌های حسی پنیرهای سنتی به پنیرهای صنعتی، مسأله مهم در تولید این محصول بالا بودن بار میکروبی در نتیجه استفاده از شیر خام می‌باشد و به دلیل آلوده شدن شیر در مراحل تولید و پس از دوشش، احتمال آلودگی پنیرهای تولید شده از این شیر به انواع میکروب‌های بیماری‌زا وجود دارد که خطر انتقال بیماری‌های مشترک بین انسان و دام را در پی دارد و ضمناً بسیاری از مراحل تولید این پنیر به صورت دستی و با استفاده از تجهیزات سنتی انجام می‌پذیرد و تمام این موارد خطر بروز آلودگی این محصول با میکروب‌های مولد فساد، به خصوص میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا از قبیل بروسلا، سالمونلا، اشریشیا کلائی، استافیلوکوکوس اورئوس کوآگولاز مثبت و یا کپک‌ها و مخمرها را از طریق حیوان، محیط و به خصوص کارگران ناقل افزایش می‌دهند و مجموعه این عوامل بهداشت این محصول را کاهش می‌دهد (بخشی و همکاران ۱۳۹۹).

در ایران نیز انواع مختلفی از پنیرها تولید می‌گردد. پنیر سیاهمزی که از شیر بز یا گوسفند تهیه می‌گردد، یکی از انواع پنیرهای سنتی رسیده ایران می‌باشد که در استان گیلان و در مناطق ییلاقی این استان (روستای سیاهمزی شهرستان شفت) تولید شده و طرفداران خاص خود را در منطقه شمال کشور و استان‌های مجاور دارد (نجات پیرسرای و همکاران ۱۴۰۰). پنیر

سیاهمزی به دلیل حفظ مواد مغذی موجود در لخته نسبت به پنیر سفید آب نمکی از ارزش غذایی بالاتری برخوردار می‌باشد و از نظر ویژگی‌های حسی به خصوص عطر و طعم، قابل مقایسه با پنیرهای معروف فرانسوی است. پنیر سیاهمزی به دلیل خوش‌خوراکی یکی از گران‌ترین پنیرهای موجود در بازار است؛ از این رو تولید تجاری و صنعتی آن توجیه‌پذیر است (شوکی‌لو و مهدوی عادل ۱۳۹۸).

خوشاریزه گیاهی بومی است که به طور طبیعی در شمال غرب ایران رشد می‌کند و به عنوان چاشنی غذا در ماست و پنیر استفاده می‌شود. گونه‌های خوشاریزه که غنی از اسانس‌های گیاهی هستند، به عنوان ادویه در طب سنتی بسیاری از کشورها از جمله ایران مورد استفاده قرار می‌گیرند (Bazvandi et al., 2017). پنیرهای محلی با حرارت‌دهی کمتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد شیر تولید شده و درصد قابل توجهی از میکروب‌های موجود در آن، در چنین حرارت پایین مقاومت نشان داده و از بین نمی‌روند. از این رو تولیدکنندگان به منظور از بین بردن میکروب‌های بیماری‌زا، از مواد آنتی‌باکتریال صنعتی یا طبیعی استفاده می‌کنند. اخیراً از عصاره و اسانس این گیاهان به عنوان یک نگهدارنده طبیعی در صنایع لبنی استفاده شده است که البته الهام‌بخش این کاربرد استفاده سنتی و طولانی‌مدت از این گیاه به عنوان طعم‌دهنده در ماست و پنیر بوده است (عباسی و مهدوی ۱۳۹۵).

تکنیک ریزپوشانی پراکندگی روغن‌های اساسی در فرمولاسیون‌های آبی را افزایش می‌دهد، ثبات شیمیایی را در طول ذخیره‌سازی افزایش می‌دهند، تغییرات حسی را به حداقل می‌رسانند، و در برخی موارد حتی اثر ضد میکروبی خود را به دلیل اندازه کوچک و افزایش مکانیسم‌های جذب سلولی غیر فعال و در نهایت کاهش مقاومت انتقال جرم بهبود می‌بخشند (Bedoya-Serna et al., 2018).

با اذعان به مضرات مواد آنتی‌باکتریال صنعتی، محققان در سال‌های اخیر استفاده از گیاهان دارویی با خواص ضد میکروبی را توصیه می‌کنند؛ بنابراین هدف از این تحقیق تولید پنیر سیاهمزی با استفاده از غلظت‌های مختلف اسانس آزاد و

نانوکپسوله خوش‌اریزه و تأثیر آن بر ویژگی‌های کیفی، میکروبی و حسی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع آوری مواد

گیاه خوش‌اریزه، در فصل بهار در مرحله گلدهی، از مناطق مختلف شهرستان محلات جمع آوری گردید. ابتدا برای حذف گرد و غبار آبکشی شد و پس از شست و شوی اولیه، قسمت های هوایی این گیاه جداسازی و به طور کامل در سایه خشک شد و پس از خشک شدن، توسط آسیاب برقی پودر گردید. میزان ۶۰ گرم از پودر گیاه در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شده و به مدت ۸ ساعت تحت تقطیر آبی با دستگاه کلونجر قرار گرفت. سپس اسانس روغنی حاصل با استفاده از سولفات سدیم بدون آب خشک شد (Hashemi et al., 2013). بازده استخراج ۰/۷٪ بوده که مطابق با یافته‌های رحیمی نصرآبادی و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد.

اسانس اسانس تهیه شده در ویال های ۲ سی سی تیره رنگ جهت جلوگیری از نفوذ نور و تغییر خواص آن در یخچال نگهداری شد. شیر گوسفندی (اسیدیته ۰/۱۴٪، برحسب اسید لاکتیک، pH برابر با ۶/۷۲، ماده خشک ۱۵/۸۲٪، چربی ۵/۴٪، پروتئین ۴/۶۵٪، لاکتوز ۴/۹۷) از منطقه گچسر کرج تهیه گردید و مواد شیمیایی و محیط های کشت میکروبی شامل اسکیم میلک پلیت کانت آگار و YGC آگار از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

تهیه نانوامولسیون

ابتدا اسانس خوش‌اریزه به عنوان فاز روغنی به نسبت مساوی با توئین ۸۰ به عنوان سورفاکتانت به وسیله همزن مغناطیسی به خوبی مخلوط شد؛ سپس فاز آبی (آب مقطر) به وسیله اسیدسیتریک (۰/۳ درصد) کمی اسیدی شده و مخلوط فاز روغنی و سورفاکتانت بر روی همزن مغناطیسی با سرعت دورانی ۷۰۰ دور در دقیقه به آرامی به فاز آبی به منظور تهیه پیش مخلوط امولسیون، اضافه شد. سپس پیش مخلوط

امولسیونی تهیه شده به منظور ریز شدن ذرات و تولید نانو امولسیون به مدت ۲۰ دقیقه در حمام اولتراسوند (توان ۱۰۰ وات و فرکانس ۴۰ کیلوهرتز) در معرض امواج اولتراسونیک قرار گرفت (حسن‌زاده اوچتپه و همکاران ۱۳۹۶).

تولید پنیر

ابتدا تیمار حرارتی با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه به منظور پاستوریزاسیون شیر گوسفندی انجام گردید. در ادامه، شیر بر اساس تیمارها به ۷ بخش با سه تکرار تقسیم شد. برای هر تیمار ۱۰ کیلوگرم شیر اختصاص یافت. بعد از جوشیدن شیر و ولرم شدن آن تا دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد، مایه مخصوص پنیر (مایه پنیر صنعتی آنزیمکس، کد A104، ایران) به میزان ۰/۴ گرم اضافه گردید، روند دلمه بستن پنیر به مدت ۱ تا ۲ دقیقه بعد از اضافه کردن مایه پنیر صورت می‌گیرد. به محض شروع اولین نشانه‌های دلمه بستن، اسانس بر اساس میزان تعیین شده (۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد آزاد و درون‌پوشانی شده به صورت وزنی/وزنی برپایه وزن شیر) به پنیرها اضافه شد.

همزدن چندین باره شیر در پروسه دلمه بستن، سبب پخش یکنواخت اسانس در پنیر می‌گردد. بعد از گذشت زمان و بسته شدن نسبی پنیر، شروع به فشردن پنیر گردیده و آب پنیر خارج شده و محصول به شکل قالب‌های ۲۰۰ گرمی درآورده شد. به پنیرها آب نمک ۰/۶٪ پاستوریزه اضافه شده و در ظروف یکبار مصرف در بسته‌های زیپ کیپ به مدت ۳ ماه در یخچال نگهداری شد (نجات پیرسرای و همکاران ۱۴۰۰).

نمونه‌های پنیر در طی دوره رسیدگی در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ از نظر خصوصیات فیزیکی‌وشیمیایی، میکروبی و حسی مورد بررسی قرار گرفت.

آزمون‌ها

آزمون های فیزیکی‌وشیمیایی

میزان اسیدیته و pH بر اساس استاندارد ملی شماره ۲۸۵۲ اندازه‌گیری شد. آزمون چربی به روش ونگولیک بر اساس استاندارد ملی ۸۷۸۵ و میزان ماده خشک طبق استاندارد ملی

ویژگی‌های حسی شامل طعم، رنگ، بافت و پذیرش کلی با استفاده از مقیاس هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار بد تا ۵: بسیار خوب) مورد ارزیابی قرار گرفت (رفیعی و همکاران ۱۳۹۶).

تحلیل آماری

جهت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده از آزمون‌ها، از طرح کاملاً تصادفی استفاده و میانگین بدست آمده از انجام ۳ بار تکرار هر آزمون، از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن، در سطح اطمینان ۹۵ درصد و با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ورژن ۲۱، آمریکا) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رسم نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات شیمیایی

اسیدیته و pH

بر اساس نتایج بدست آمده در طی دوره نگهداری پنیر، میزان اسیدیته افزایش و میزان pH کاهش معناداری نشان داد ($P < 0.05$). بر همین اساس بالاترین میزان اسیدیته و پایین‌ترین میزان pH در بین نمونه مربوط به تیمار کنترلی و پایین‌ترین میزان اسیدیته و بالاترین میزان pH مربوط به تیمار حاوی ۰/۵ درصد اسانس ریزپوشانی شده بود که با سایر تیمارها نیز اختلاف معناداری داشتند ($P < 0.05$) (جدول‌های ۱ و ۲).

سانچز - زامورا و همکاران (۲۰۲۲)، دلیل اسیدیته پایین‌تر و pH بالاتر نمونه‌های پنیر حاوی اسانس پونه را ممانعت اسانس از فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک در طی دوره نگهداری در مقایسه با نمونه کنترلی گزارش نمودند. رضوی و همکاران (۲۰۲۴)، pH بالاتر نمونه‌های پنیر حاوی اسانس مرزنجوش را در مقایسه با تیمار کنترلی در طی نگهداری به علت توقف رشد میکروبی و کاهش متابولیت‌های حاصل از فعالیت میکروبی عنوان نمودند.

آذراشکان و همکاران (۲۰۲۲) مشاهده نمودند که در نمونه‌های پنیر ریکوتا در طی دوره نگهداری میزان اسیدیته افزایش و میزان pH کاهش یافت که به دلیل تجزیه قندها در طی دوره نگهداری

ایران به شماره ۱۷۵۳ به روش آون گذاری و خاکستر نمونه‌ها توسط کوره‌گذاری و طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۵۵ اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های رنگ نمونه‌های پنیر با استفاده سیستم هانتربل و با اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ L^* ، a^* و b^* بررسی گردید.

سنجش بافت

آزمون‌های بافتی نمونه‌های پنیر پس از برش با ابعاد $2 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر، با دستگاه آنالیز بافت مدل بروکفیلد ساخت کشور آمریکا با پروب استوانه‌ای با قطر ۳۶ میلی‌متر و سرعت نفوذ ۶۰ میلی‌متر در دقیقه تا عمق ۱ سانتی‌متر انجام گردید. این آزمایش با سه تکرار و در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد سختی بافت را مورد بررسی قرار داد (قدس روحانی و همکاران ۱۳۸۹).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

محتوای فنل کل پنیر بر اساس روش فولین-سیوکالتو (Folin-Ciocalteu) اندازه‌گیری شد. ابتدا از پنیر عصاره‌گیری شده و یک میلی‌لیتر عصاره به ۵ میلی‌لیتر معرف فولین-سیوکالتو (۱:۱۰) اضافه شده و به مدت ۶ دقیقه مخلوط شد. ۴ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۲۰٪ به مخلوط اضافه شده و ۲ ساعت در دمای اتاق نگهداری و جذب آن در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر uv-vis اندازه‌گیری شد و به عنوان معادل میلی گرم گالیک اسید در گرم پنیر گزارش شد (آذراشکان و همکاران ۲۰۲۲).

آزمون‌های میکروبی

شمارش کپک و مخمر بر اساس استاندارد میکروبی شیر و فرآورده‌های لبنی به شماره ۱۰۱۵۴ انجام گردید. شمارش کلی میکروبی نیز بر اساس استاندارد ملی شماره ۱-۵۲۷۲ به روش پورپلیت در محیط کشت اسکیم میلک آگار (ساخت شرکت مرک، آلمان) انجام گردید.

حسی

برای ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر از ۱۰ نفر ارزیاب آشنا با محصول با جنسیت زن و مرد با سن ۳۰ تا ۴۵ سال استفاده شد.

توسط رشد میکروبی می‌باشد و در نمونه‌های حاوی عصاره آزاد و درون‌پوشانی شده جوانه کلم بروکلی این تغییرات کمتر از نمونه کنترلی بود.

Table 1. The effect of different concentrations of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms on titrable acidity (% acid lactic) of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments	day 0	day 30	day 60	day 90
Control	1.24± 0.1 ^{Da}	1.41± 0.02 ^{Ca}	1.65± 0.03 ^{Ba}	0.04 ^{Aa} 1.78±
0.1% free essential oil	1.25± 0.03 ^{Da}	0.05 ^{Cab} 1.39±	1.63± 0.02 ^{Ba}	1.74± 0.04 ^{Aab}
0.3% free essential oil	1.27± 0.05 ^{Da}	0.04 ^{Cab} 1.37±	1.59± 0.01 ^{Bb}	0.04 ^{Ab} 1.71±
0.5% free essential oil	1.30± 0.04 ^{Ca}	0.02 ^{Cab} 1.36±	1.56± 0.03 ^{Bb}	1.69± 0.03 ^{Abc}
0.1% encapsulated essential oil	1.32± 0.03 ^{Ca}	0.03 ^{Cab} 1.35±	1.50± 0.02 ^{Bc}	1.64± 0.03 ^{Ac}
0.03% encapsulated essential oil	1.33± 0.04 ^{Ca}	0.04 ^{Cab} 1.35±	1.44± 0.02 ^{Bd}	1.59± 0.02 ^{Ade}
0.05% encapsulated essential oil	1.33± 0.05 ^{Ca}	1.33± 0.01 ^{Cb}	1.39± 0.01 ^{Be}	1.53± 0.04 ^{Ae}

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

فراوانی و همکاران (۱۳۹۸) گزارش نمودند که مقادیر pH در طول دوره رسیدن پنیر به دلیل فعالیت باکتری‌های استارتر کاهش می‌یابد. یکی از دلایل کاهش pH اسیدسازی است. همچنین با توجه به یافته‌های درویناوغلو و یازیکی (۲۰۱۸) کاهش pH پنیر بر روی میکروارگانیسم‌ها و فعالیت آنزیمی در طول مرحله رسیدن پنیر و خصوصیات رئولوژیک و عطر و طعم پنیر اهمیت زیادی دارد.

ترکیب شیمیایی پنیر

بر اساس نتایج، اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای حاوی اسانس آزاد با نمونه‌های حاوی اسانس ریزپوشانی شده بر تغییرات ماده خشک، چربی و خاکستر در مقایسه با تیمار کنترلی وجود ندارد ($P>0.05$). اگرچه روند تغییرات ماده خشک نمونه‌ها در طی ۹۰ روز نگهداری افزایشی بود. افزایش ماده خشک در نمونه‌ها به دلیل از دست دادن رطوبت و آب انداختن اتفاق افتاده است (جدول ۳). القحطانی و همکاران (۲۰۲۳)، افزایش جزئی میزان چربی پنیر در طی دوره نگهداری را ناشی از کاهش رطوبت گزارش نمودند.

Table 2. The effect of different concentrations of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms pH of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments	day 0	day 30	day 60	day 90
Control	4.63± 0.09 ^{Aa}	4.30± 0.03 ^{Bc}	3.80± 0.05 ^{Cd}	3.61± 0.05 ^{Dd}
0.1% free essential oil	4.59± 0.19 ^{Aa}	4.32± 0.04 ^{Bbc}	3.86± 0.06 ^{Cc}	3.7± 0.08 ^{Ccd}
0.3% free essential oil	4.59± 0.16 ^{Aa}	4.35± 0.09 ^{Bbc}	3.92± 0.06 ^{Cc}	3.78± 0.06 ^{Cc}
0.5% free essential oil	4.56± 0.16 ^{Aa}	4.37± 0.05 ^{Bbc}	3.97± 0.07 ^{Cc}	3.82± 0.06 ^{Cc}
0.1% encapsulated essential oil	4.62± 0.07 ^{Aa}	4.35± 0.06 ^{Bbc}	4.1± 0.07 ^{Cb}	3.95± 0.10 ^{Db}
0.0.3% encapsulated essential oil	4.58± 0.15 ^{Aa}	4.42± 0.07 ^{Aab}	4.15± 0.07 ^{Bb}	4.03± 0.06 ^{Bb}
0.0.5% encapsulated essential oil	4.63± 0.09 ^{Aa}	4.30± 0.03 ^{Bc}	3.80± 0.05 ^{Cd}	3.61± 0.05 ^{Dd}

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

Table 3. Comparison of the mean effect of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms on approximate composition of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments	day 0	day 30	day 60	day 90
Control	17.00± 0.00 ^{Aa}	17.06±0.05 ^{Aa}	17.20±0.20 ^{Aa}	17.23± 0.20 ^{Aa}
0.1% free essential oil	17.00± 0.00 ^{Aa}	17.06±0.11 ^{Aa}	17.10±0.10 ^{Aa}	17.26± 0.23 ^{Aa}
0.3% free essential oil	17.10± 0.10 ^{Aa}	17.10±0.10 ^{Aa}	17.16±0.15 ^{Aa}	17.26± 0.25 ^{Aa}
0.5% free essential oil	17.20± 0.20 ^{Aa}	17.16±0.15 ^{Aa}	17.13±0.15 ^{Aa}	17.23± 0.25 ^{Aa}
Fat 0.1% encapsulated essential oil	17.20± 0.20 ^{Aa}	17.20±0.20 ^{Aa}	17.23±0.20 ^{Aa}	17.30± 0.26 ^{Aa}
0.0.3% encapsulated essential oil	17.06± 0.10 ^{Aa}	17.16±0.15 ^{Aa}	17.20±0.17 ^{Aa}	17.30± 0.26 ^{Aa}
0.0.5% encapsulated essential oil	17.10± 0.05 ^{Aa}	17.10± 0.26 ^{Aa}	17.26±0.23 ^{Aa}	17.36± 0.32 ^{Aa}
Control	38.38± 0.35 ^{BCa}	38.00± 0.40 ^{Ca}	38.97± 0.54 ^{Ba}	40.07± 0.41 ^{Aa}
0.1% free essential oil	38.48± 0.33 ^{Ba}	38.05± 0.45 ^{Ba}	1.08 ^{Aba} 39.17±	40.14± 0.38 ^{Aa}
0.3% free essential oil	38.52± 0.40 ^{BCa}	38.10± 0.62 ^{Ca}	39.32± 0.58 ^{Ba}	40.53± 0.50 ^{Aa}
0.5% free essential oil	38.60± 0.40 ^{BCa}	38.24± 0.55 ^{Ca}	39.41± 0.77 ^{Ba}	40.62± 0.44 ^{Aa}
Total solid 0.1% encapsulated essential oil	38.50± 0.39 ^{BCa}	38.06± 0.50 ^{Ca}	0.55 ^{Aba} 39.26±	40.09± 0.41 ^{Aa}
0.0.3% encapsulated essential oil	38.58± 0.41 ^{BCa}	38.12± 0.47 ^{Ca}	39.25± 0.53 ^{Ba}	40.25± 0.40 ^{Aa}
0.0.5% encapsulated essential oil	38.64± 0.41 ^{BCa}	38.27± 0.48 ^{Ca}	39.37± 0.49 ^{Ba}	40.54± 0.50 ^{Aa}
Control	0.95± 0.1 ^{Aa}	0.97± 0.09 ^{Aa}	0.96± 0.09 ^{Aa}	0.97± 0.07 ^{Aa}
0.1% free essential oil	0.98± 0.10 ^{Aa}	0.97± 0.05 ^{Aa}	0.97± 0.10 ^{Aa}	0.97± 0.05 ^{Aa}
0.3% free essential oil	0.97± 0.10 ^{Aa}	0.96± 0.07 ^{Aa}	0.97± 0.07 ^{Aa}	0.98± 0.09 ^{Aa}
0.5% free essential oil	0.96± 0.11 ^{Aa}	0.96± 0.06 ^{Aa}	0.97± 0.07 ^{Aa}	0.98± 0.10 ^{Aa}
Ash 0.1% encapsulated essential oil	0.95± 0.13 ^{Aa}	0.96± 0.08 ^{Aa}	0.96± 0.06 ^{Aa}	0.98± 0.08 ^{Aa}
0.0.3% encapsulated essential oil	0.95± 0.11 ^{Aa}	0.95± 0.09 ^{Aa}	0.97± 0.06 ^{Aa}	0.98± 0.06 ^{Aa}
0.0.5% encapsulated essential oil	0.95± 0.14 ^{Aa}	0.97± 0.07 ^{Aa}	0.98± 0.06 ^{Aa}	0.99± 0.13 ^{Aa}

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

($P>0/05$). رشیدی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۶) بیان نمودند که افزودن عصاره چای سبز هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر میزان چربی پنیر نداشت.

شاخص‌های رنگی پنیر

رنگ غذا اولین پارامتر کیفی است که توسط مصرف‌کنندگان ارزیابی می‌گردد و در پذیرش محصول نقش اساسی دارد. رنگ از جنبه‌های کیفی مهم غذاهای فرآوری نشده و فرآوری شده می‌باشد رنگ به همراه طعم و بافت نقش مهمی در مقبولیت غذا ایفا می‌کند (یعقوبی سوره و همکاران، ۱۳۹۲).

کاهش در رطوبت در طول رسیدن پنیر ممکن است به خاطر افزایش غلظت نمک در لخته پنیر باشد. مقدار انتقال نمک به لخته به علت تفاوت غلظت نمک بین لخته و آب نمک است. در پنیرهای آب نمکی، کاهش رطوبت لخته در طی دوره رسیدن به طور عمده می‌تواند ناشی از خروج رطوبت از دلمه در نتیجه پدیده انتشار و انتقال نمک به داخل دلمه در اثر اختلاف غلظت نمک بین دلمه و آب نمک باشد (درستی و همکاران ۱۳۹۹ و بغدادی و همکاران ۱۳۹۵).

بر اساس نتایج بدست آمده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای حاوی اسانس با نمونه‌های بدون اسانس بر تغییرات چربی و میزان خاکستر در نمونه های پنیر سیاهمزی وجود ندارد

Table 4. Comparison of the mean effect of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms on color index of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments	day 0	day 30	day 60	day 90
Control	78.45± 0.65 ^{Aa}	76.38± 0.30 ^{Ba}	0.81 ^{Ca} 73.65±	72.15± 0.32 ^{Da}
0.1% free essential oil	77.55± 0.65 ^{Ab}	75.41± 0.24 ^{Bb}	0.69 ^{Cb} 72.53±	72.48± 0.29 ^{Da}
0.3% free essential oil	76.88± 0.15 ^{Abc}	74.84± 0.29 ^{Bb}	0.25 ^{Cbc} 71.77±	71.94± 0.26 ^{Db}
<i>L*</i> 0.5% free essential oil	76.38± 0.10 ^{Acd}	74.01± 0.34 ^{Bc}	0.27 ^{Ccd} 71.05±	71.4± 0.15 ^{Dc}
0.1% encapsulated essential oil	75.52± 0.27 ^{Ad}	73.47± 0.27 ^{Bd}	0.15 ^{Cd} 70.45±	70.87± 0.24 ^{Dd}
0.0.3% encapsulated essential oil	73.09± 0.50 ^{Ae}	70.72± 0.36 ^{Be}	0.45 ^{Ce} 67.72±	68.51± 0.20 ^{De}
0.0.5% encapsulated essential oil	70.66± 0.76 ^{Af}	68.28± 0.44 ^{Bf}	65.1± 0.39 ^{Cf}	66.1± 0.35 ^{Df}
Control	-6.95± 0.68 ^{Cf}	-4.92± 0.53 ^{Be}	-2.44± 0.14 ^{Af}	-2.45± 0.15 ^{Ae}
0.1% free essential oil	-6.41± 0.34 ^{Cf}	-4.43± 0.32 ^{Be}	0.23 ^{Aef} -2.25±	-2.19± 0.09 ^{Ad}
0.3% free essential oil	-5.75± 0.25 ^{Ce}	-3.82± 0.37 ^{Bd}	-2.09± 0.13 ^{Ae}	-2.23± 0.05 ^{Ac}
<i>a*</i> 0.5% free essential oil	0.17 ^{Dd} -5.16±	-3.25± 0.20 ^{Cc}	-1.63± 0.10 ^{Bd}	-1.02± 0.10 ^{Ac}
0.1% encapsulated essential oil	-4.56± 0.09 ^{Dc}	-2.57± 0.09 ^{Cb}	-1.2± 0.10 ^{Bc}	-0.85± 0.09 ^{Ac}
0.0.3% encapsulated essential oil	-3.86± 0.21 ^{Cb}	0.04 ^{Bab} -2.23±	0.08± 0.14 ^{Ab}	0.12± 0.16 ^{Ab}
0.0.5% encapsulated essential oil	-3.14± 0.14 ^{Da}	-1.86± 0.10 ^{Ca}	1.31± 0.07 ^{Ba}	1.55± 0.13 ^{Aa}
Control	10.43± 0.47 ^{Df}	12.88± 0.68 ^{Cf}	12.88± 0.68 ^{Cf}	15.61± 0.25 ^{Ag}
<i>b*</i> 0.1% free essential oil	11.44± 0.35 ^{De}	13.86± 0.34 ^{Ce}	0.34 ^{Ce} 13.86±	16.56± 0.20 ^{Af}
0.3% free essential oil	12.66± 0.41 ^{Dd}	14.55± 0.20 ^{Cd}	0.20 ^{Cd} 14.55±	17.50± 0.30 ^{Ae}

0.5% free essential oil	13.96± 0.47 ^{Dc}	15.96± 0.48 ^{Cc}	0.48 ^{Cc} 15.96± 0.24 ^{Cb} 17.23±	18.73± 0.45 ^{Ad}
0.1% encapsulated essential oil	15.30± 0.24 ^{Db}	17.23± 0.24 ^{Cb}	0.27 ^{Ca} 18.60±	20.01± 0.41 ^{Ac}
0.0.3% encapsulated essential oil	16.55± 0.25 ^{Da}	18.60± 0.27 ^{Ca}	0.17 ^{Ca} 19.12±	21.26± 0.54 ^{Ab}
0.0.5% encapsulated essential oil	16.54± 0.1 ^{Da}	19.12± 0.17 ^{Ca}		22.05± 0.47 ^{Aa}

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

کاهش شاخص L^* در طی نگهداری می‌تواند به دلیل افزایش هیدراتاسیون پروتئین‌ها و کاهش قطرات آب آزاد در طی دوره نگهداری باشد که سبب کاهش پراکندگی نور می‌گردد (جوینده و همکاران، ۱۴۰۳).

سختی بافت پنیر

با توجه به نتایج، اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای حاوی اسانس آزاد و اسانس ریزپوشانی شده درخصوص تغییرات سختی بافت وجود ندارد ($P < 0.05$) و مشاهده می‌شود که روند تغییرات سختی بافت نمونه‌ها در طی دوره رسیدگی افزایشی بود (جدول ۵). آزمون سنجش و بررسی بافت جهت ارزیابی خصوصیات بافتی پنیر سیاه‌مزی در طول مدت نگهداری ۹۰ روز نشان داد که سختی بافت در طی دوره رسیدگی با نتایج حاصله از تحقیقات فرقانی و همکاران (۱۳۹۵) بر روی ارزیابی برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و بافتی پنیر سفید آب نمکی مطابقت داشتند و نشان داد که سفتی نمونه‌های پنیر در طول مدت نگهداری پنیر افزایش داشته است.

نتایج تحقیقات کانمانی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین پنیر معمولی و پنیر حاوی ذرات ریزپوشانی شده از نظر بافت وجود نداشت. یکی از دلایل افزایش سفتی پنیر افزایش خروج آب از بافت پنیر و بالا رفتن درصد ماده خشک در روز ۳۰ ام به بعد نگهداری می‌باشد.

با توجه به نتایج بدست آمده افزودن اسانس به پنیر به خصوص در غلظت‌های بالاتر موجب کاهش معنی‌دار شاخص روشنایی L^* و افزایش قرمزی a^* و زردی b^* گردید ($P < 0.05$). همچنین روند تغییرات شاخص روشنایی L^* نمونه‌ها در طی ۹۰ روز نگهداری کاهشی و قرمزی a^* و زردی b^* افزایشی بود (جدول ۴).

سنگون و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که کاربرد پودر خوشاریزه در کوفته موجب کاهش معنی‌دار شاخص رنگ a^* در مقایسه با نمونه کنترلی گردید که به دلیل رنگ سبز آن می‌باشد.

بررسی مؤلفه a^* در طول مدت نگهداری نشان داد که رنگ نمونه حاوی اسانس آزاد و ریزپوشانی شده در طول مدت نگهداری به سمت سبزی تمایل یافته است.

اسماعیلی (۱۳۹۴) بیان نمود که تأثیر عصاره برگ زیتون بر روی شاخص‌های رنگی نمونه‌ها معنی‌دار بود، به طوری که با افزایش غلظت عصاره میزان شاخص L^* ماست کاهش و b^* افزایش یافت. تاراکسی و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که در همه نمونه‌های لبنه حاوی ترکیبات گیاهی شاخص رنگ b^* بر اساس گیاه اضافه شده تغییر نمود. افزایش زردی در طی دوره نگهداری ممکن است به دلیل کاهش رطوبت پنیر باشد (اسماعیل زاده و همکاران، ۱۴۰۱). در پنیر سفید ایرانی با گذشت زمان رسیدگی شاخص L^* به صورت معنی‌داری کاهش یافته بود (Khosrow Shahi et al., 2006). بوستا و همکاران (۲۰۲۲) علت کاهش شاخص L^* و a^* و افزایش شاخص رنگ b^* را در نمونه‌های پنیر حاوی اسانس لیمو و نارنگی ناشی از وجود رنگدانه‌های کارتنوئیدی موجود در اسانس گزارش نمودند.

Table 5. Comparison of the mean effect of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms on hardness (N) of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments	day 0	day 30	day 60	day 90
Control	0.56 ^{Ba} 44.49±	0.05 ^{Ba} 44.85±	45.74± 0.82 ^{Aba}	0.47 ^{Aa} 46.59±
0.1% free essential oil	0.84 ^{Ba} 44.42±	0.60 ^{Ba} 44.74±	45.62± 0.88 ^{Aba}	0.17 ^{Aa} 46.52±
0.3% free essential oil	0.77 ^{Ba} 44.40±	0.75 ^{Ba} 44.62±	45.55± 0.24 ^{Aba}	0.66 ^{Aa} 46.46±
0.5% free essential oil	0.88 ^{Ba} 44.45±	0.75 ^{Ba} 44.50±	54.51± 0.59 ^{Aba}	0.00 ^{Aa} 46.37±
0.1% encapsulated essential oil	0.68 ^{Ba} 44.45±	0.26 ^{Ba} 44.72±	45.7± 0.15 ^{Aba}	0.66 ^{Aa} 46.45±
0.0.3% encapsulated essential oil	0.96 ^{Ba} 44.39±	0.91 ^{Ba} 44.55±	45.6± 0.13 ^{Aba}	0.75 ^{Aa} 46.51±
0.0.5% encapsulated essential oil	0.85 ^{Ba} 44.20±	0.15 ^{Ba} 44.47±	45.70± 0.95 ^{Aba}	0.90 ^{Aa} 46.44±

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

مهار رایکال‌های آزاد DPPH، مورد سنجش قرار گرفت

(جدول ۶).

چندین روش برای سنجش فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد.

در تحقیق حاضر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش ظرفیت

Table 6: Comparison of the mean effect of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms on antioxidant activity (mg/g gallic acid) of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments	day 0	day 30	day 60	day 90
Control	0.15 ^{Ae} 76.36±	0.05 ^{Bf} 75.22±	71.45± 0.60 ^{Cf}	0.83 ^{Dg} 68.64±
0.1% free essential oil	0.47 ^{Ad} 77.36±	0.48 ^{Be} 76.41±	73.19± 0.50 ^{Ce}	70.34± 0.53 ^{Df}
0.3% free essential oil	0.45 ^{Ab} 79.75±	0.29 ^{Bd} 77.54±	75.22± 0.82 ^{Cd}	0.71 ^{De} 73.63±
0.5% free essential oil	0.45 ^{Aa} 82.14±	0.22 ^{Bc} 78.97±	77.26± 0.44 ^{Cb}	76.93± 0.55 ^{Cc}
0.1% encapsulated essential oil	0.50 ^{Ac} 78.52±	0.19 ^{Bd} 77.70±	76.3± 0.47 ^{Cc}	0.40 ^{Dd} 75.21±
0.0.3% encapsulated essential oil	0.94 ^{Ab} 80.42±	79.9± 0.31 ^{Ab}	79.59± 0.07 ^{Aba}	0.70 ^{Bb} 78.56±
0.0.5% encapsulated essential oil	0.38 ^{Aa} 82.29±	0.60 ^{Aa} 81.50±	80.25± 0.22 ^{Ba}	0.39 ^{Cba} 79.65±

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

نتایج نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی اختلاف معنی‌داری وجود دارد و استفاده از اسانس بخصوص در فرم ریزپوشانی شده موجب حفظ بهتر فعالیت

آنتی‌اکسیدانی در مقایسه با تیمار کنترلی در طی دوره نگهداری گردید. همچنین مشاهده می‌شود که روند تغییرات فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های حاوی اسانس آزاد در طی ۹۰ روز

نگهداری کاهش‌ی بود و در نمونه‌های حاوی اسانس ریزپوشانی شده تغییر معناداری از نظر آماری مشاهده نشد ($P>0/05$). بر همین اساس بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین نمونه‌ها مربوط به تیمار حاوی ۰/۵ درصد اسانس ریزپوشانی شده و پایین‌ترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌ها مربوط به تیمار کنترلی بود که با سایر تیمارها نیز اختلاف معناداری داشتند ($P<0/05$).

احسانی و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده نمودند که اسانس خوش‌شیرازه موجب کاهش تیوباریتوریک اسید، پراکسید و اسید چرب آزاد در خامه پاستوریزه در طی نگهداری در یخچال گردید. محمد و همکاران (۲۰۱۸) اعلام نمودند که در نمونه‌های پنیر حاوی عصاره آزاد میزان ترکیبات فنلی به دلیل حساسیت ترکیبات فنلی آزاد به اکسیداسیون و تجزیه در طی دوره نگهداری کاهش یافت؛ در حالی که فرآیند نانو انکپسوله کردن موجب حفظ بهتر ترکیبات فنلی نانو انکپسوله آذراشکان و همکاران (۲۰۲۲) مشاهده نمودند که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های پنیر حاوی عصاره انکپسوله کلم بروکلی در مقایسه با نمونه‌های دارای عصاره آزاد در طی دوره

نگهداری به دلیل حفظ بهتر ترکیبات فنلی بالاتر بود. بررسی‌ها نشان داده است که عصاره‌های گیاهان غنی از ترکیبات فنلی باعث آثار محافظتی سلول‌ها می‌شوند فنل‌ها و پلی‌فنل‌ها به طور گسترده در بسیاری از مواد غذایی با منشأ گیاهی یافت می‌شوند و تأثیرات آنتی‌اکسیدانی بسیار بالایی دارند (Sadeghi et al., 2022).

خصوصیات میکروبی

با توجه به نتایج بدست آمده اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای حاوی اسانس آزاد با نمونه‌های اسانس ریزپوشانی شده بر تغییرات شمارش کپک و مخمرها و شمارش کلی باکتری‌ها وجود دارد ($P<0/05$). با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که روند تغییرات شمارش کپک و مخمرها و شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه‌ها طی ۹۰ روز نگهداری افزایشی بود. همچنین بر اساس نتایج بدست آمده با افزایش میزان اسانس نیز میزان شمارش کپک و مخمرها و شمارش کلی باکتری‌ها کاهش معناداری پیدا کرد ($P<0/05$) (جدول ۷).

Table 7: Comparison of the mean effect of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms on total microbial count and yeast and mold count (log cfu/g) of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments	day 0	day 30	day 60	day 90
Control	2.25± 0.07 ^{Da}	4.97± 0.22 ^{Ca}	6.75± 0.57 ^{Ba}	7.78± 0.41 ^{Aa}
0.1% free essential oil	2.01± 0.06 ^{Db}	4.76± 0.11 ^{Cab}	6.21± 0.14 ^{Bb}	7.35± 0.39 ^{Aab}
0.3% free essential oil	1.85± 0.05 ^{Dcd}	4.56± 0.07 ^{Cab}	5.75± 0.11 ^{Bbc}	6.45± 0.22 ^{Ad}
0.5% free essential oil	1.76± 0.01 ^{Dd}	4.35± 0.24 ^{Cbc}	5.62± 0.14 ^{Bcd}	6.75± 0.21 ^{Ac}
0.1% encapsulated essential oil	2.07± 0.03 ^{Db}	4.6± 0.07 ^{Cab}	6.02± 0.13 ^{Bbc}	7.05± 0.05 ^{Abc}
0.0.3% encapsulated essential oil	1.92± 0.03 ^{Dc}	3.98± 0.28 ^{Cc}	5.15± 0.49 ^{Bde}	5.79± 0.1 ^{Ae}
0.0.5% encapsulated essential oil	1.81± 0.02 ^{Dd}	3.43± 0.36 ^{Cd}	4.68± 0.12 ^{Be}	5.12± 0.04 ^{Af}
Yeast & Mold				
Control	4.3± 0.48 ^{Ab}	4.1± 0.31 ^{Ab}	3.6± 0.51 ^{Bb}	3.3± 0.48 ^{Bd}
0.1% free essential oil	4.5± 0.52 ^{Aab}	4.3± 0.48 ^{Aab}	3.8± 0.42 ^{Bab}	3.6± 0.51 ^{Bbc}
0.3% free essential oil	4.9± 0.31 ^{Aa}	4.7± 0.48 ^{Aa}	4.3± 0.48 ^{Ba}	4.1± 0.31 ^{Ba}
0.5% free essential oil	4.0± 0.51 ^{Aab}	4.2± 0.63 ^{ABab}	4.1± 0.31 ^{ABab}	4.0± 0.47 ^{Bab}
0.1% encapsulated essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.1± 0.73 ^{ABb}	3.8± 0.63 ^{ABb}	3.5± 0.52 ^{Bd}
0.0.3% encapsulated essential oil	4.8± 0.42 ^{Aab}	4.6± 0.51 ^{ABab}	4.4± 0.51 ^{Aba}	4.2± 0.42 ^{Ba}
0.0.5% encapsulated essential oil	4.6± 0.51 ^{Aab}	4.4± 0.51 ^{ABab}	4.2± 0.42 ^{ABab}	4.0± 0.00 ^{Bab}

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

بر همین اساس بالاترین میزان شمارش کپک و مخمرها و شمارش کلی باکتری‌ها در بین نمونه مربوط به تیمار کنترلی و پایین‌ترین میزان شمارش کپک و مخمرها و شمارش کلی باکتری‌ها در نمونه‌ها مربوط به تیمار حاوی ۰/۵ درصد اسانس ریزپوشانی شده بود که با سایر تیمارها نیز اختلاف معناداری داشتند ($P < 0/05$). در این پژوهش بررسی تأثیر اضافه شدن اسانس آزاد و ریز پوشانی شده گیاه خوشاریزه بر روی کپک و مخمرها و شمارش کلی باکتری‌ها نشان داد که کاربرد اسانس موجب کاهش شدت رشد باکتری‌ها و کپک و مخمرها در طی مدت زمان نگهداری گردید.

زارعلی و همکاران (۱۳۹۵) حداقل غلظت مهارکنندگی رشد اسانس گیاه خوشاریزه برای باکتری‌های *استافیلوکوکوس اورئوس* و *شرشیاکلامی* را به ترتیب ۹/۳ و ۶/۴ میلی گرم بر میلی‌لیتر گزارش نمودند.

انتظاری و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند که عصاره متانولی گیاه خوشاریزه دارای اثر ضد میکروبی بر روی *استافیلوکوکوس اورئوس* و *سودوموناس آئروژینوزا* می‌باشد. شرافتی چالشتی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که عصاره آبی و الکلی گیاه خوشاریزه بر باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت اثر ضد میکروبی داشت. بازوندی و همکاران (۲۰۱۷) فعالیت ضد میکروبی عصاره متانولی خوشاریزه را به وجود برخی اجزاء فعال مانند استیگما استرول و سیتواسترول نسبت داده‌اند.

تکنیک نانوامولسیون موجب افزایش پراکندگی اسانس در

فرمولاسیون‌های دارای فاز آبی، افزایش پایداری شیمیایی در طی نگهداری، کاهش تغییرات ارگانولپتیکی و در برخی موارد حتی بهبود خاصیت ضد میکروبی می‌گردد. به دلیل کاهش اندازه، سطح تماس و در نتیجه فعالیت ضد میکروبی افزایش می‌یابد (Bedoya-Serna *et al.*, 2018).

احسانی و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده نمودند که اسانس خوشاریزه در غلظت ۰/۵٪ موجب کاهش معنی‌دار شمارش باکتری‌های هوازی در خامه پاستوریزه گردید. نصیری و همکاران (۲۰۲۴) بیان نمودند که خوشاریزه حاوی ترکیبات فنولی مانند کارواکرول، تیمول و کومارین می‌باشد. به نظر می‌رسد که این ترکیبات بر روی باکتری‌های *لاکتوباسیلوس* مؤثر باشند.

خصوصیات حسی

فساد محصولات لبنی با تغییرات در بو، رنگ، ظاهر و بافت آشکار می‌شود (Barros *et al.*, 2020). نتایج نشان داد که افزودن اسانس به پنیر موجب بهبود عطر و بو، طعم و مزه و پذیرش کلی گردید اما تأثیر معنی‌داری بر بافت پنیر نداشت. نمونه‌های پنیر تولیدی دارای چشمک‌های کوچک زیاد با توزیع یکنواخت بود. در دوره نگهداری امتیاز خصوصیات حسی کاهش یافت اما در نمونه‌های حاوی اسانس ریزپوشانی شده کاهش کمتری نشان داد (جدول ۸).

Table 8: The effect of different concentrations of *Echinophora platyloba* essential oil in both free and nano-encapsulated forms on sensory properties of Siahmazgi cheese during the storage period

Treatments		day 0	day 30	day 60	day 90
Odor	Control	4.3± 0.48 ^{Ab}	4.1± 0.31 ^{Ab}	3.6± 0.51 ^{Bb}	3.3± 0.48 ^{Bd}
	0.1% free essential oil	4.5± 0.52 ^{Aab}	4.3± 0.48 ^{Aab}	3.8± 0.42 ^{Bab}	3.6± 0.51 ^{Bbc}
	0.3% free essential oil	4.9± 0.31 ^{Aa}	4.7± 0.48 ^{Aa}	4.3± 0.48 ^{Ba}	4.1± 0.31 ^{Ba}
	0.5% free essential oil	4.0± 0.51 ^{Aab}	4.2± 0.63 ^{ABab}	4.1± 0.31 ^{ABab}	4.0± 0.47 ^{Bab}
	0.1% encapsulated essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.1± 0.73 ^{ABb}	3.8± 0.63 ^{ABb}	3.5± 0.52 ^{Bd}
	0.03% encapsulated essential oil	4.8± 0.42 ^{Aab}	4.6± 0.51 ^{ABab}	4.44± 0.51 ^{Aba}	4.2± 0.42 ^{Ba}
	0.05% encapsulated essential oil	4.6± 0.51 ^{Aab}	4.4± 0.51 ^{ABab}	4.2± 0.42 ^{ABab}	4.0± 0.00 ^{Bab}
Flavour	Control	3.9± 0.31 ^{Ab}	3.7± 0.48 ^{ABb}	3.4± 0.51 ^{BCc}	3.1± 0.17 ^{Cc}
	0.1% free essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.0± 0.66 ^{ABb}	3.8± 0.42 ^{ABbc}	3.4± 0.22 ^{Bbc}
	0.3% free essential oil	4.9± 0.31 ^{Aa}	4.7± 0.48 ^{Aba}	4.4± 0.51 ^{BCa}	4.2± 0.13 ^{Ca}

	0.5% free essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.2± 0.63 ^{Aab}	3.9± 0.56 ^{Ab}	4.00± 0.25 ^{Aab}
	0.1% encapsulated essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.0± 0.66 ^{ABb}	3.9± 0.56 ^{ABb}	3.5± 0.16 ^{Bbc}
	0.0.3% encapsulated essential oil	4.8± 0.31 ^{Aa}	4.6± 0.51 ^{Aba}	4.4± 0.51 ^{Aba}	4.2± 0.20 ^{Ba}
	0.0.5% encapsulated essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.2± 0.63 ^{Aab}	4.1± 0.31 ^{Aab}	4.0± 0.21 ^{Aab}
Texture	Control	4.3± 0.67 ^{Aa}	4.3± 0.48 ^{Aa}	4.4± 0.51 ^{Aa}	4.5± 0.52 ^{Aa}
	0.1% free essential oil	4.3± 0.48 ^{Aa}	4.3± 0.48 ^{Aa}	4.3± 0.48 ^{Aa}	4.5± 0.52 ^{Aa}
	0.3% free essential oil	4.2± 0.42 ^{Aa}	4.3± 0.67 ^{Aa}	4.4± 0.51 ^{Aa}	4.5± 0.52 ^{Aa}
	0.5% free essential oil	4.2± 0.63 ^{Aa}	4.3± 0.48 ^{Aa}	4.3± 0.67 ^{Aa}	4.3± 0.67 ^{Aa}
	0.1% encapsulated essential oil	4.3± 0.67 ^{Aa}	4.3± 0.48 ^A	4.4± 0.69 ^{Aa}	4.3± 0.67 ^{Aa}
	0.0.3% encapsulated essential oil	4.4± 0.51 ^{Aa}	4.4± 0.51 ^{Aa}	4.4± 0.51 ^{Aa}	4.5± 0.52 ^{Aa}
	0.0.5% encapsulated essential oil	4.3± 0.67 ^{Aa}	4.3± 0.67 ^{Aa}	4.2± 0.42 ^{Aa}	4.4± 0.51 ^{Aa}
Overall Acceptability	Control	4.3± 0.48 ^{Ab}	3.9± 0.56 ^{ABb}	3.6± 0.51 ^{Bc}	3.1± 0.56 ^{Cd}
	0.1% free essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.0± 0.66 ^{ABb}	3.8± 0.42 ^{ABb}	3.4± 0.69 ^{Bcd}
	0.3% free essential oil	4.9± 0.31 ^{Aa}	4.7± 0.48 ^{Aba}	4.4± 0.51 ^{Ba}	4.1± 0.56 ^{Ba}
	0.5% free essential oil	4.5± 0.52 ^{Aab}	4.2± 0.63 ^{ABab}	4.1± 0.87 ^{Bab}	3.9± 0.56 ^{Babc}
	0.1% encapsulated essential oil	4.4± 0.69 ^{Aab}	4.0± 0.66 ^{ABb}	3.9± 0.56 ^{ABab}	3.5± 0.52 ^{Bbcd}
	0.0.3% encapsulated essential oil	4.9± 0.31 ^{Aa}	4.6± 0.51 ^{Aba}	4.4± 0.51 ^{Ba}	4.2± 0.63 ^{Ba}
	0.0.5% encapsulated essential oil	4.6± 0.51 ^{Aab}	4.2± 0.63 ^{ABab}	4.1± 0.31 ^{ABab}	4.0± 0.66 ^{Bab}

Means with lowercase letters in each column and means with uppercase letters in each row are not significantly different at the 5% probability level.

امتیاز خصوصیات حسی در نمونه‌های انکپسوله، پوشاندن طعم اسانس می‌باشد. حمدی و حافظ (۲۰۱۸) نشان دادند که افزودن رزماری، ریحان و آویشن اثر مثبتی بر خصوصیات حسی پنیر ریکوتا داشت و در طی دوره نگهداری کاهش اندکی در پذیرش حسی مشاهده شد.

افزایش اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب آزاد از مهم‌ترین ترکیبات ایجادکننده عطر و طعم پنیرها هستند. فرآیند پروتئولیز و پروتئینهای پنیر طی رسیدگی منجر به تولید اسید آمینه‌های آزاد و پپتیدهای کوچک تحت تأثیر فعالیت مایه پنیر و پپتیدازهای میکروبی می‌شوند که این ترکیبات به عنوان مهم-ترین عامل ایجادکننده در عطر و طعم پنیر محسوب می‌شوند. همچنین اسیدهای چرب فرار حاصل از لیپولیز چربی‌های شیر طی فرآیند رسیدن پنیرها در عطر و طعم پنیرها دخالت دارند غلظت این ترکیبات به تدریج طی دوره رسیدن افزایش می‌یابد (Cui et al., 2024).

در مجموع تیمارهای حاوی مقادیر بالا یا پایین اسانس از نظر حسی امتیاز پایین‌تری داشته و تیمار حاوی ۰/۵٪ اسانس ریزپوشانی شده به عنوان تیمار انتخابی برگزیده شد. استفاده از اسانس ریزپوشانی شده موجب حفظ بهتر عطر و طعم در مقایسه با اسانس آزاد در طی نگهداری گردید.

بخشی و همکاران (۱۳۹۹) نشان دادند که افزودن اسانس ریحان باعث بهبود قوام بافت پنیر در طول دوره نگهداری به خصوص در نمونه‌های حاوی غلظت بالای اسانس می‌گردد ولی اثری روی ویژگی‌های ظاهری پنیر نرم ندارد. احسانی و همکاران (۲۰۱۶) مشاهده نمودند که در نمونه‌های خامه پاستوریزه حاوی اسانس خوش‌بوی، امتیاز خصوصیات حسی بالاتر از نمونه کنترل بوده و نمونه حاوی ۰/۱٪ اسانس دارای بالاترین امتیاز بود.

آذراشکان و همکاران (۲۰۲۲) گزارش نمودند که در طی نگهداری پنیر به دلیل واکنش‌های اکسیدانیو، شیمیایی و میکروبی، امتیاز حسی نمونه‌های پنیر کاهش یافت. دلیل افزایش

نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر غلظت‌های متفاوت اسانس خوش‌اریزه به دو شکل آزاد و نانوریزپوشانی شده بر ویژگی‌های کیفی، میکروبی و حسی پنیر سیاه‌مزی بوده و بر همین اساس نتایج زیر بدست آمد:

بر اساس نتایج بدست آمده تغییرات اسیدیته نمونه‌ها در طی ۹۰ روز نگهداری افزایشی و pH کاهشی بود. افزودن اسانس به خصوص در شکل ریزپوشانی شده موجب کنترل افزایش اسیدیته و کاهش pH در طی دوره نگهداری در پنیر گردید.

بر اساس نتایج بدست آمده استفاده از اسانس خوش‌اریزه تأثیر معنی‌داری بر بافت و ترکیب تقریبی پنیر شامل چربی، خاکستر و ماده خشک نداشت اما در طی دوره نگهداری میزان ماده خشک و سفتی بافت افزایش یافت.

در طی دوره نگهداری میزان شاخص‌های رنگ L^* کاهش و a^* و b^* افزایش یافت. همچنین کاربرد اسانس موجب کاهش شاخص رنگ L^* و افزایش a^* و b^* گردید.

با توجه به نتایج اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای حاوی اسانس آزاد با نمونه‌های حاوی اسانس ریز پوشانی شده بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی پنیر وجود داشت ($P > 0.05$). همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در طی دوره نگهداری کاهش یافت و در نمونه حاوی اسانس ریزپوشانی شده بیشتر از سایر تیمارها بود.

با توجه به نتایج بدست آمده افزودن اسانس به ویژه به شکل ریزپوشانی شده به نمونه‌های پنیر موجب کاهش معنی‌دار شمارش کپک و مخمرها و شمارش کلی باکتری‌ها گردید. در طی دوره نگهداری شمارش کپک و مخمر و شمارش کلی میکروبی به طور معنی‌داری افزایش یافت اما در تیمارهای حاوی اسانس شدت رشد میکروبی کمتر از نمونه کنترلی بود.

بر اساس نتایج بدست آمده افزودن اسانس به پنیر موجب بهبود عطر و بو، طعم و مزه و پذیرش کلی گردید اما تأثیر معنی‌داری

بر بافت پنیر نداشت و روند تغییرات امتیازهای حسی نمونه‌ها در طی ۹۰ روز نگهداری کاهشی بود. در پایان تیمار حاوی ۰/۵٪ اسانس ریزپوشانی شده از نظر ارزیابی حسی دارای امتیاز بالاتری بود.

References

- Abbasi, N., Mahdavi, S. 2016. Investigation of the antioxidant and antimicrobial properties of essential oil and extract of *Eucalyptus oleracea* on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 3.
- Alqahtani, N.K., Alnemr, T.M., Alqattan, A.M., Aleid, S.M., and Habib, H.M. 2023. Physicochemical and sensory properties and shelf life of Block-type processed Cheeses Fortified with date seeds (*Phoenix dactylifera* L.) as a functional food. *Foods*, 12 (3): 679.
- Azarashkan, Z., Motamedzadegan, A., Ghorbani-HasanSaraei, A., Biparva, P., and Rahaiee, S. 2022. Investigation of the physicochemical, antioxidant, rheological, and sensory properties of ricotta cheese enriched with free and nano-encapsulated broccoli sprout extract. *Food Sci Nutr*, 10: 4059–4072.
- Baghdadi, F., Aminifar, M., Farhoodi, M., and Shojaee Aliabadi, S. 2017. Investigation on the Relation between FTIR Spectrum and Characteristics of Low Fat Iranian White Cheese Modified with Gum *Tragacanth* Species "*Astragalus Parrowianus*". *Iranian J Nutr Sci Food Technol*, 12 (3): 109-120.
- Bakhshi, F., Mirzaei, H., and Asefi, N. 2020. Effect of Basil Essential Oil on the Microbial and Sensory Characteristics of Iranian Traditional White Cheese During Ripening. *Journal of Veterinary Research/Majallah-i Tahqiqāt-i Dāmpizishkī University*, 75 (1).
- Barros, C.P., Guimarães, J.T., Esmerino, E.A., Duarte, M.C.K., Silva, M.C., Silva, R., Ferreira, B.M., Sant'Ana, A.S., Freitas, M.Q., and Cruz, A.G. 2020. Paraprobiotics and postbiotics: concepts and potential applications in dairy products. *Current opinion in food science*, 32: 1-8.
- Bazvandi, L., Shokoohinia, Y., Ghiasvand, N., Mohajeri, P., Ashrafi, B., and Salimikia, I. 2017. The Antimicrobial Activity of Different Extracts from *Echinophora platyloba* DC. *Herbal Medicines Journal*, 2 (4): 153-157.
- Bedoya-Serna, C.M., Dacanal, G.C., Andrezz Fernandes, M., and Pinho, S.C. 2018. Microbiology Antifungal activity of nanoemulsionsencapsulating oregano (*Origanum vulgare*) essentialoil: in vitro study and application in Minas Padrãocheese. *Brazilian Journal of Microbiology*, 1-7.
- Busetta, G., Ponte, M., Barbera, M., Alfonzo, A., Ioppolo, A., Maniaci, G., and Gaglio, R. 2022. Influence of citrus essential oils on the microbiological, physicochemical and antioxidant properties of Primosale cheese. *Antioxidants*, 11 (10): 2004.
- Cui, J.H., Goh, J.S., Kim, P.H., Choi, S.H., and Lee, B.J. 2024. Survival and stability of Bifidobacteria loaded in alginate poly-L-lysine microparticles. *Int J Pharm*, 210: 51-59.
- Dervisoglu, M., and Yazici, F. 2018. Ripening changes of Kulek cheese in wooden and plastic containers. *Journal of Food Engineering*, 3: 243-249.
- Dorosti, S., Bazmi, A., Ghanbarzadeh, B., and Ayaseh, A. 2010. Effect of partial replacement of NaCl with KCl in cheese-making brine on characteristics of Iranian white cheese. *Iranian J Nutr Sci Food Technol*, 5 (3) :67-74.
- Ehsani, A., Hashemi, M., Hosseini Jazani, N., Aliakbarlu, J., Shokri, S., and Naghibi, S.S. 2016. Effect of *Echinophora platyloba* DC. essential oil and lycopene on the stability of pasteurized cream obtained from cow milk. *Veterinary Research Forum*, 7 (2): 139 – 148.
- Entezari, M., Hashemi, H., Ashki, M., Ebrahimian, S., Bayat, M., Azizi Saraji, A.R., and Rohan, S.R. 2009. Studying the effect *Echinophora platyloba* extract on bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*) and fungi (*Candidia albicans*, *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger*) in vitro. *World Journal of Medical Sciences*, 4 (2): 89-92.
- Esmaili, F. 2015. Production of fortified yoghurt with Olive leaf extract and investigation of its physicochemical and Antioxidant properties, 1-2.
- Esmaeilzadeh, P., Ehsani, M.R., Mizani, P., and Givianrad, M.H. 2022. Investigating the effect of ripening time on physicochemical properties of traditional Kopeh cheese. *FSCT*, 19 (123) :275-288.
- Farahani, G., Ezzatpanah, H., and Abbasi, S. 2014. Evaluation of Some Physicochemical, Rheological and Textural Properties of White-Brined Cheese (Golpayegan cheese) During Ripening.

- Forgani, S., Peighambardoust, S. H., and Olad Ghaffari, A. 2017. Investigating organoleptic and physicochemical properties of functional set yogurt incorporating oat milk. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 48 (3): 279-288.
- Ghods Rohani, M., Mortazavi, S. A., Mazaheri Tehrani, M., and Razavi, M. A. 2008. Effect of processing conditions on chemical and sensory properties of ultrafiltrated Feta cheese made from cow's milk and soymilk blend. *J. Food Sci. Technol*, 6 (1): 85-96.
- Ghodousi, H. 2005. *Production of Feta Cheese by Industrial and Traditional Methods*. (Bahador Ghodousi) Ferdowsi University of Mashhad, 2nd Edition, Ferdowsi University Press, 297-1.
- Hamdy, S.M., and Hafaz, Y.M. 2018. The combined effect of dried rosemary, thyme and basil with fresh garlic on quality characteristics of ricotta cheese during storage. *Egyptian Journal of Food Science*, 46: 125–132.
- Hasanzadeh, H., Alizadeh, M., and Rezazad Bari, M. 2017. Production and assessment of physicochemical characteristics and encapsulation efficiency of garlic essential oil nanoemulsions. *Food Research Journal*, 27 (4): 159-170.
- Hashemi, M., Ehsani, A., Hosseini Jazani, N., Aliakbarlu, J., and Mahmoudi, R. 2013. Chemical composition and in vitro antibacterial activity of essential oil and methanol extract of *Echinophora platyloba* D.C. against some of food borne pathogenic bacteria. *Veterinary Research Forum*, 4 (2): 123-127.
- Jooyandeh, H., Alizadeh behbahani, B., and Kazemianrad, F. 2025. Study on textural and color characteristics of UF-white cheese containing caffeine. *FSCT*, 21 (156): 211-225.
- Kanmani, P., Kumar, R.S., Yuvaraj, N., Paari, K.A., Pattukumar, V., and Arul, V. 2020. Cryopreservation and microencapsulation of a probiotic in alginate-chitosan capsules improves survival in simulated gastrointestinal conditions. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 16 (6): 1106-1114.
- Kermanizade, S., and Hesari, J. 2013. Study of contribution of Plasmin system in Ultra-filtered white cheese proteolysis.
- Khosrow Shahi, A., Madadlou, A., Zadeh Mousavi, M.E., and Emam-Djomeh, Z. 2006. Monitoring the chemical and textural changes during ripening of Iranian White cheese made with different concentrations of starter. *Journal of dairy science*, 89 (9): 3318-3325.
- Mohamed, F., Salama, H., El-Sayed, S., El-Sayed, H.S., and Zahran, H. 2018. Utilization of natural antimicrobial and antioxidant of *Moringa oleifera* leaves extract in manufacture of cream cheese. *Journal of Biological Sciences*, 18 (2): 92–106.
- Nasiri, A., Fallah, S., Sadeghpour, A., and Barani-Beiranvand, H. 2024. Essential Oil Profile in Different Parts of *Echinophora cinerea* (Boiss.). *Agrotechniques in Industrial Crops*, 4 (2): 98-105.
- Pirsaraii, E. N., Rahimabadi, E. Z., Babakhani, A., and Daphchahi, E. A. 2021. Quality characteristics and fatty acid profile of Siahmezgi cheese fortified by encapsulated fish oil.
- Rafei, S., Azizkhani, M., and Areaei, P. 2017. Impact of antioxidative properties of cumin and tarragon essential oils on the quality of full-fat white cheese.
- Rashidinejad, A., Birch, E.J., Hindmarsh, J., and Everett, D.W. 2016. Antioxidant activity and recovery of green tea catechins in full-fat cheese following gastrointestinal simulated digestion. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48: 13–24.
- Razavi, R., Toosi, E., Sheikholeslami, M., Konjedi, M., Hajian-Tilaki, A., and Najafi, A. 2024. Effect of *Origanum onites* L. essential oil and cold atmospheric plasma on physicochemical, microbial, and sensory properties of Iranian white cheese. *Journal of Food Quality*, 2024 (1): 2308789.
- Sadeghi, E., Akhondzadeh Basti, A., Noori, N., Khanjari, A., and Partovi, R. 2020. Effect of *Cuminum cyminum* L. Essential oil and *Lactobacillus acidophilus* (a probiotic) on *Staphylococcus aureus* during the manufacture, ripening and storage of white brined cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37 (5): 449-455.
- Sánchez-Zamora, N., Cepeda-Rizo, M.D., Tamez-Garza, K.L., Rodríguez-Romero, B.A., Sinagawa-García, S.R., Luna Maldonado, A.I., and Méndez-Zamora, G. 2022. Oregano essential oil in panela-type cheese: its effects on physicochemical, texture and sensory parameters. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 13 (1): 258-271.

- Sengun, I.Y., Yildiz Turp, G., Kilic, G., and Sucu, C. 2017, Effectiveness of Corduk (*Echinophora tenuifolia* subsp. *sibthorpiana*) on safety and quality of kofte, a Turkish style meatball. *Journal of Food Saf*, 1-9.
- Sharafati-Chaleshtori, R., Rafieian-Kopaei, M., Mortezaei, S., Sharafati-Chaleshtori, A., and Amini, E. 2012. Antioxidant and antibacterial activity of the extracts of *Echinophora platyloba* DC. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6 (37): 2692-95.
- Sharikloo, A. and Mahdavi Adeli, H. 2019. *Siahmazgi: Product Introduction and Characteristics*. Agricultural Education Publishing, 20-1.
- Tarakci, Z., Temiz, H., Ugur, A. 2011. The effect of adding herbs to labneh on physicochemical and organoleptic quality during storage. *International Journal of Dairy Technology*, 64 (1): 108-116.
- Yaghoobi, S. A., Alizadeh, K. A.M., and Rezazad, B.M. 2013. Application of Image PROCESSING FOR Determination of L*, A* and B* Indices In Color Measurement of Foods.
- Zarali, M., Hojati, M., Tahmoozi Dideh Ban, S., and Jooyandeh, H. 2016. Evaluation of chemical composition and antibacterial activities of *Echinophora cinerea* Boiss and *Stachys lavandulifolia* Vahl essential oils in vitro. *FSCT*, 13 (52) :1-12.