



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی تاثیر جدایه‌های لاکتیکی حاصل از فراورده‌های لبنی بومی به عنوان کمک آغازگر و دوره رسیدگی بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی پنیر فتا

فاطمه خسروی طالبی^۱، محمد رضا عدالتیان دوم^{۲*}، محمدباقر حبیبی نجفی^۳، لیلا یوسفی^۴

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- دانشیار و عضو هیات علمی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد بازنشسته گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- دانش آموخته دکتری گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۹

کلمات کلیدی:

پنیر فتا،

جدایه لاکتیکی،

فراورده‌های لبنی بومی

در این تحقیق تأثیر پنج تیمار مختلف به عنوان کمک آغازگر شامل ترکیبات مختلف باکتری‌های اسید لاکتیک (جدا شده از دلمه پنیر، پنیر تازه، پنیر رسیده لیقوان و ماست) بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی پنیر فتا شامل درصد ماده خشک، درصد اسیدیته، pH، درصد نمک، درصد چربی، درصد ازت کل، پروتئولیز (نسبت نیتروژن محلول به نیتروژن کل)، لیپولیز، طی مدت زمان ۶۰ روز دوره نگهداری، بررسی شد. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از: تیمار ۱: لاکتی پلانتهی باسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس هلویتیکوس، تیمار ۲: انتروکوکوس فاسیوم و لاکتوباسیلوس هلویتیکوس، تیمار ۳: لاکتوکوکوس لاکتیس، استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی، تیمار ۴: لاکتی پلانتهی باسیلوس پلانتروم و انتروکوکوس فاسیوم و تیمار ۵ (نمونه شاهد): لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس. نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، pH تمامی تیمارها کاهش (از ۶/۳ به ۵/۹) و اسیدیته (از ۰/۲۷ به ۰/۶۶) افزایش معنی داری ($P < 0.01$) یافت. در بین تیمارها نیز بالاترین pH متعلق به تیمار ۱ (۶/۲۱) و کمترین آن به تیمار ۵ (۵/۹۴) بود. همچنین با افزایش زمان نگهداری، میزان درصد ماده خشک نمونه شاهد و تمامی تیمارها کاهش معنی داری ($P < 0.01$) از ۳۸/۴۶ به ۳۴/۰۰۸ می‌یابد. نتایج اندازه گیری شاخص پروتئولیز و لیپولیز تیمارهای مختلف و نمونه شاهد در طول مدت نگهداری نشان داد که بیشترین میزان این شاخص‌ها در پایان زمان نگهداری مربوط به تیمار ۳ به ترتیب ۱۰/۴۰ و ۱۰/۱۹۹ بود. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که با افزودن سویه‌های لاکتی پلانتهی باسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس هلویتیکوس به فرمولاسیون پنیر فتا می‌توان محصولی با ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی مطلوب تولید کرد.

DOI: 10.48311/fsct.2025.84052.0.

* مسئول مکاتبات:

edalatian@um.ac.ir.

۱-مقدمه

از دیدگاه سازمان خواربار جهانی و سازمان بهداشت جهانی پنیر عبارت است از محصول جامد یا نیمه جامد تازه یا رسیده که از شیر، شیربدون چربی یا پنیر دلمه شده در اثر عمل آنزیم رنت یا دیگر مواد منعقد کننده مناسب، تهیه می شود. این محصول دارای پروتئین مرغوب و از نظر اسیدهای آمینه ضروری بسیار غنی می باشد. پنیر به عنوان یک ماده غذایی فراسودمند شناخته شده است به طوری که استفاده از آن اثر مستقیم و قابل توجهی بر سلامتی دارد. پنیر غذایی سرشار از پروتئین کامل است که می تواند جایگزین گوشت شود. پنیرها به عنوان منابع پپتیدهای زیست فعال^۱ محسوب می شوند، در طول مرحله رساندن پنیر هیدرولیز پروتئین رخ می دهد، پپتیدهای حاصل به عنوان مولکولهای فعال زیستی عمل می کنند [۱].

پنیر، به عنوان عمده ترین محصول مشتق شده از شیر، یک منبع غنی از ترکیبات مغذی ضروری نظیر چربی، اسیدهای چرب، پروتئین ها، پپتیدها، اسیدهای آمینه، ویتامین ها و مواد معدنی محسوب می شود. در زمان حاضر، انواع متعددی از پنیر با تفاوت های چشمایی، بافت، و خصوصیات ظاهری تولید می شوند. این تنوع گوناگون در تولید پنیر، موجب شده که پنیر جایگاه ویژه ای در رژیم های غذایی جوامع جهانی داشته باشد [۲].

پنیر فتا، یکی از معروف ترین انواع پنیر آب نمکی در دنیا است که به روش های سنتی و صنعتی تولید می شود. این نوع پنیر به عنوان یک نماینده اصیل از پنیرهای آب نمکی، ریشه ی خود را از کشور یونان دارد. پنیر فتا دارای رنگ سفید و بافت نرمی است که مزه ای نسبتاً شور، کمی اسیدی، و با طعم و عطری دلپذیر دارد. این پنیر اغلب از شیر گوسفند و بز تهیه می شود، اما در مواردی که تقاضا برای پنیر فتا بیشتر باشد، ممکن است از شیر گاو نیز استفاده شود [۲].

پنیر فتا یک پنیر نرم محبوب در بسیاری از کشورهای آفریقا، اروپا و سایر مناطق است. این پنیر معمولاً از شیر بز تهیه می شد، اما امروزه از انواع مختلف شیر، از جمله شیر گوسفند، گاو و گاومیش برای تولید پنیر فتا استفاده می شود. به طور سنتی، پنیر فتا از شیر خام تولید می شده است؛ با این حال، اخیراً به دلیل تغییرات طعم و ویژگی های پنیر در طول سال، شیر قبل از استفاده در ساخت پنیر فتا پاستوریزه می شود. فلور میکروبی یا میکروبیوتای طبیعی موجود در شیر خام منجر به زمان رسیدن کوتاه و طعم شدید می شود، اما می تواند به دلیل وجود باکتری های بیماری زا منجر به عیوب نامطلوب در ویژگی های پنیر گردد یا سلامت مصرف کننده را به خطر بیندازد. در نتیجه، پنیر فتای معمولی از شیر پاستوریزه تولید می شود تا ایمنی مصرف کنندگان تضمین شود و ویژگی های معمول پنیر در طول سال حفظ شود. با این حال، پنیر فتای تولید شده از شیر پاستوریزه به دلیل فقدان شدت طعم در مقایسه با پنیر فتای ساخته شده از شیر خام، دارای چالش های مختلفی است [۳ و ۵]. در نتیجه، مطالعات متعددی بر تولید پنیر فتا از شیر پاستوریزه با استفاده از کشت های آغازگر مختلف، افزودنی ها، منابع مختلف شیر و تغییرات در شرایط فرایند برای تحریک طعم و بافت نسبت به پنیر فتای خام متمرکز شده اند. فرایند معمول تولید پنیر فتا با استفاده از باکتری های اسید لاکتیک (LAB) انجام می شود. LAB در پنیر فتا معمولاً با افزایش اسیدیته در ابتدای رسیدن، زمانی که در دمای ۵ تا ۷ درجه سانتیگراد نگهداری می شود، افزایش می یابد و سپس تعداد LAB تا ۶۰ روز ثابت می ماند [۵]، از سوی دیگر، کشت های آغازگر مزوفیل در زمان رسیدن زودرس پنیر فتا، به ویژه در صورت وجود محتوای نمک بالاتر (۶ تا ۸ درصد) و pH کمتر از ۵ کاهش می یابد. بنابراین، باکتری های ترموفیل و پروبیوتیک به عنوان کشت های آغازگر کمکی برای افزایش طعم پنیر فتا استفاده شده اند [۵].

تولید صنعتی این پنیر نیازمند پاستوریزاسیون شیر و افزودن کشتهای آغازگر است، اما استفاده از کشتهای تجاری باعث از دست رفتن ویژگیهای منحصر بفرد پنیرهای سنتی میگردد، زیرا میکروبیوتای پیچیده طبیعی با کشتهای تعریف شده تجاری جایگزین میشود. بنابراین، استفاده از کشتهای آغازگر بومی متشکل از LAB های جداسازی شده از پنیرهای نرم سنتی با قابلیت های فناورانه اثبات شده میتواند هم کیفیت محصول را بهبود بخشد و هم ویژگیهای هویتبخش پنیرهای سنتی را حفظ کند [۶ و ۷].

هدف از انجام این تحقیق، بررسی عامل زمان نگهداری یا دوره رسیدگی و نوع کمک آغازگر و اثر متقابل آنها بر روی خواص فیزیکیوشیمیایی پنیرهای فتای حاصل می باشد.

۲- مواد و روش ها

آماده سازی سویه ها

جدایه های لاکتیکی مورد استفاده در این تحقیق شامل *Lactiplantibacillus plantarum* ایزوله شده از پنیر لیقوان تازه، *Lactococcus lactis* جدا شده از دلمه پنیر لیقوان، *Enterococcus faecium* جدا شده از پنیر لیقوان رسیده، *Streptococcus thermophilus*، *Lb. helveticus*، *Lb.*

delbrueckii جداسازی شده از ماست برای تهیه تیمارهای پنیر بودند. [۸ و ۹].

سویه های آغازگر تجاری برای تولید نمونه پنیر شاهد شامل *Lactococcus lactis ssp lactis* و *Lactococcus lactis ssp cremoris* بودند که از شرکت پگاه خراسان تهیه شد.

جهت فعال سازی سویه ها که در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد نگه داری شده بودند ابتدا از فریزر خارج کرده و هر سویه را در محیط کشت مربوط به خودش که به صورت محیط کشت MRS برای *Lb. plantarum*، *Lactobacillus*، *Enterococcus faecium*، *Streptococcus*، *Lactococcus lactis*، *Streptococcus thermophilus* و *Lb. delbrueckii* بود کشت داده شدند و در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری کرده و با استفاده از استاندارد مک فارلند، سوسپانسیون 10^8 cfu/ml هر یک از سویه ها برای تلقیح در شیر پنیرسازی استفاده شد [۸].

تولید پنیر

شیر مورد استفاده برای تولید پنیر از کارخانه شیر و لبنیات استان قدس رضوی تهیه شد که ویژگی های فیزیکیوشیمیایی آنها در جدول (۱) آمده است.

Table 1. Milk Characteristics used in cheese production

Characteristics of Milk	Lactic Acid) Acidity (%)	pH	Fat (%)	Density	Non Fat Solids(NFS)
Amounts (Mean±STD)	14.4±0.0	6.73±0.01	3.325±0.09	1.03±0.0	8.25±0.04

پنیرسازی

استفاده از جدایه های لاکتیکی مورد نظر به طور جداگانه ۱٪ حجمی / حجمی از سوسپانسیون میکروبی تهیه شده با روش مک فارلند به غلظت 10^8 cfu/ml به شیر اضافه شد در دمای ۳۲-۳۴ درجه سانتی گراد صورت گرفت و به مدت ۲۰ دقیقه در این دما نگهداری شد؛ در مرحله بعد، کلرور کلسیم به میزان ۱۵ گرم در ۱۰۰ لیتر شیر اضافه شده و بعد از آن مایه

تولید پنیر فتا به روش استاندارد شماره ۲۳۴۴ انجام گرفت [۱۰]. به طوری که پاستوریزاسیون شیر در ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ ثانیه در حمام آب انجام شد سپس استارتر زنی، برای رسیدن به جمعیت میکروبی 10^8 cfu/ml، با

در روزهای ۱۵ و ۳۰ و ۶۰ نمونه گیری و ارزیابی حسی توسط داوران انجام شد. نمونه شاهد تحت شرایط یکسان بدون استفاده از جدایه‌ها و فقط با استفاده از سویه‌های آغازگر تجاری تهیه شد.

سویه های باکتریایی تیمارهای تهیه شده در این تحقیق در جدول (۲) آمده است.

پنیر به میزان یک گرم در ۲۵ لیتر شیر افزوده شد و پس از حدود یک ساعت دلمه ایجاد شده را از آب پنیر جدا کرده و داخل پارچه قرار داده شد، ختم عمل با توجه به میزان لخته اولیه و با مشورت با یک تولید کننده پنیر آب نمکی تعیین شد سپس دلمه ها با استفاده از وزنه پرس شدند و با چاقوی استریل در ابعاد ۲ تا ۳ سانتی متر مکعب برش زده شدند و سپس آب نمک گذاری (۱۰٪) شدند و به مدت دوماه دردمای ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی گراد قرار گرفتند در این مدت

Table 2. Treatments used in this study

Treatments	Strains Used
T1	Commercial starter + <i>Lb. plantarum</i> & <i>Lb. helveticus</i>
T2	Commercial starter + <i>Enterococcus faecium</i> & <i>Lb. helveticus</i>
T3	Commercial starter + <i>Streptococcus thermophilus</i> & <i>Lactococcus lactis</i> & <i>Lb. delbrueckii</i>
T4	Commercial starter + <i>Lb. plantarum</i> & <i>Enterococcus faecium</i>
T5(Control)	Commercial starter (<i>Lactococcus lactis</i> ssp & <i>Lactococcus lactis</i> ssp <i>lactis cremoris</i>)

گردید. تیتراسیون تا ظهور رنگ صورتی کمرنگ و ثبات ۵ ثانیه‌ای ادامه داده شد.

$$\text{اسیدیته} = \frac{N \times 0.009 \times 100 \times \text{volume of used container}}{M1 \times V}$$

N= میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال، M1= وزن نمونه برابر ۲۰ گرم، V= حجم آزمون برابر ۲۵ میلی لیتر

اندازه گیری pH

pH با استفاده از pH متر (Metrohm، آلمان) اندازه گیری شد. در این قسمت با وارد کردن مستقیم الکتروود به داخل بافت پنیر همگن شده pH به دست آمد [۱۲].

اندازه گیری مقدار نمک

برای اندازه گیری مقدار نمک در نمونه های پنیر از روش موهر استفاده شد. ۲ گرم پنیر در یک بالن حجمی ۲۵۰ میلی لیتری با آب مقطر مخلوط شد. ۲۵ میلی لیتر از محلول رقیق شده همراه با ۱ میلی لیتر شناساگر کرومات پتاسیم توسط محلول نیترات نقره ۰/۱ مولار تیتر شد. درصد نمک از فرمول زیر محاسبه گردید [۱۳].

$$\text{درصد نمک} = V \times 0.1 \times 5.58 / 2$$

که در این رابطه V حجم نیترات نقره مصرفی بر حسب میلی لیتر بود.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی پنیر

اندازه گیری درصد ماده خشک

اندازه گیری ماده خشک پنیر با دستگاه رطوبت سنج (Sartorius Ltd. , Epsom, UK) انجام گرفت. به طوری که یک گرم از نمونه پنیر روی کاغذ به طور یکنواخت مالیده شد و در دستگاه قرار گرفت، دستگاه پس از تبخیر شدن آب، درصد ماده خشک را نشان داد [۱۱].

اندازه گیری درصد اسیدیته

طبق روش سازمان ملی استاندارد، شماره ۲۸۵۲ انجام شد. [۱۲]. ابتدا محلول های مورد نظر، سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال، فنل فتالین، ۱ درصد اکسی (۱ گرم فنل فتالین در ۱۰۰ میلی لیتر الکل) هیدروکسید پتاسیم ۰/۱ نرمال، الکل اتیلیک خنثی تهیه شد. نمونه پنیر را در هاون و یا مخلوط کن کاملاً نرم کرده و به ظروف دربدار منتقل شد. ۲۰ گرم نمونه در بشر توزین شد، سپس در مقداری آب مقطر عاری از دی اکسید کربن حل گردید و در بالن ژوژه ۲۵۰ میلی گرم به حجم رسانیده شد. پس از صاف کردن، ۲۵ میلی لیتر از محلول صاف شده به داخل بشر انتقال داده شد. ۰/۵ میلی لیتر فنل فتالین اضافه و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتراسیون

اندازه گیری میزان چربی

میزان چربی پنیر با استفاده از روش ژربر تعیین گردید. به این منظور ۳ گرم پنیر در بوتیرومتر وزن شد. بعد از آن ۵ میلی لیتر آب گرم به آرامی به آن اضافه شده و تا انحلال کامل پنیر مخلوط گردید. سپس ۱۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۰ درصد از کنار بوتیرومتر اضافه شد. ۱ میلی لیتر الکل آمیلیک و بعد به میزان کافی آب اضافه شد تا جایی که حجم مخلوط به قسمت باریک بوتیرومتر برسد. سپس بوتیرومتر به مدت ۱۰-۵ دقیقه در حمام آب با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس بوتیرومتر در سانتیفریوژ قرار گرفت. سانتیفریوژ کردن به مدت ۵ دقیقه با دور ۱۱۰۰ دور در دقیقه انجام گرفت. در نهایت بوتیرومتر در حمام آب با دمای ۶۵ درجه سانتی گراد قرار گرفته و بعد از گذشت ۱۰ دقیقه مقدار چربی از روی درجات بوتیرومتر خوانده شد [۱۴].

ازت کل

ازت کل تیمارهای پنیر طبق روش کلدال اندازه گیری شد. مقدار نمونه برای هر کدام از تیمار پنیرها ۵/۰ گرم بود. مقدار پروتئین کل از حاصل ضرب مقدار ازت اندازه گیری شده در ضریب تبدیل ۶/۳۸ محاسبه شد [۱۵].

$$\text{درصد ازت کل} = \frac{\text{میلی لیتر Hcl مصرفی} \times 1.4007 \times 0.1}{\text{وزن نمونه}}$$

ارزیابی پروتئولیز

اندازه گیری ازت محلول در pH=4.6

آماده سازی و استخراج ازت محلول در pH=4.6 طبق روش اصلاح شده کوچورو و فاکس (۱۹۸۲) صورت گرفت. نمونه های ۳۰ گرمی پنیر با افزودن ۶۰ میلی لیتر آب مقطر به آنها، همگن شدند. پس از آن pH نمونه ها با افزودن محلول HCL و NaOH ۰/۱ نرمال در pH معادل ۶/۴ تنظیم شدند. سپس نمونه ها به مدت نیم ساعت به حال خود رها شدند. سپس مجدداً pH نمونه ها در ۶/۴ تنظیم شده و سانتیفریوژ شد (۴۰۰۰ ×g به مدت نیم ساعت). پس از سانتیفریوژ، نمونه ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف و ازت محلول با روش کلدال اندازه گیری شد [۱۶].

ارزیابی لیپولیز

نمونه های پنیر (۱۰ گرم) با ۶ گرم سولفات سدیم بدون آب کاملاً همگن شده و با ۶۰ میلی متر دی اتیل اتر به یک ظرف در پیچدار منتقل کرده و با بهمن مغناطیسی کاملاً مخلوط شدند و سپس با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف شد. رسوب باقی مانده دوبار به صورت متوالی و هر بار با ۲۰ میلی لیتر دی اتیل اتر شسته شد. محلول زیر صافی با محلول KOH اتانولی ۰/۱ نرمال در حضور معرف فنل فتالین تیترا شدند و بعد از تیتراسیون حلال در زیر هود تبخیر شد. چربی باقیمانده توزین و مقدار کل اسیدهای چرب آزاد در پنیر با واحد میلی اکای والان در ۱۰۰ گرم چربی (meq/100g) بیان شدند [۱۷].

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده ها به روش General Linear Model با تعریف ۵ تیمار از ترکیب های مختلف باکتری های اسید لاکتیک (به عنوان کمک استارتر) و ۴ زمان ارزیابی (روز صفر، روز پانزدهم، روز سی ام و روز شصتم) در مدل انجام شد و بعد از اجرای مدل در مرور کلیه صفات تحت بررسی نرمال بودن توزیع مقادیر باقیمانده (خطای مشاهدات) احراز گردید. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار Minitab ver. 21 انجام شد.

۳- نتایج و بحث

pH

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار (انواع مختلف کمک استارترها)، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر pH معنی دار بود ($P < 0.01$). مقایسه میانگین pH تحت تاثیر تیمار نشان داد که بطور کلی این متغیر در بین تیمارها در محدوده ۶/۴ (در تیمار ۱) تا ۵/۸ (در تیمار ۵) قرار داشت (شکل ۱- a) و تیمارهای ۲ و ۳ با اختلاف جزئی از نظر pH بین تیمارهای ۱ و ۵ قرار داشتند. شکل ۱- b، تغییرات pH را در حین دوره رسیدگی پنیر فتا نشان می دهد. اثر

شد و در تیمار ۵، یک روند تقریباً نامنظمی دیده می‌شود که به دلیل تفاوت در سویه‌های به کار رفته در این تیمار است (شکل ۱- c).

متقابل بین فاکتورها حاکی از آن بود که در تیمار ۱، ۲ و ۳ ابتدا تا روز ۳۰ یک روند کاهشی و سپس یک روند افزایش مشاهده شد و در تیمار ۴ روند تقریباً کاهشی یکسان مشاهده

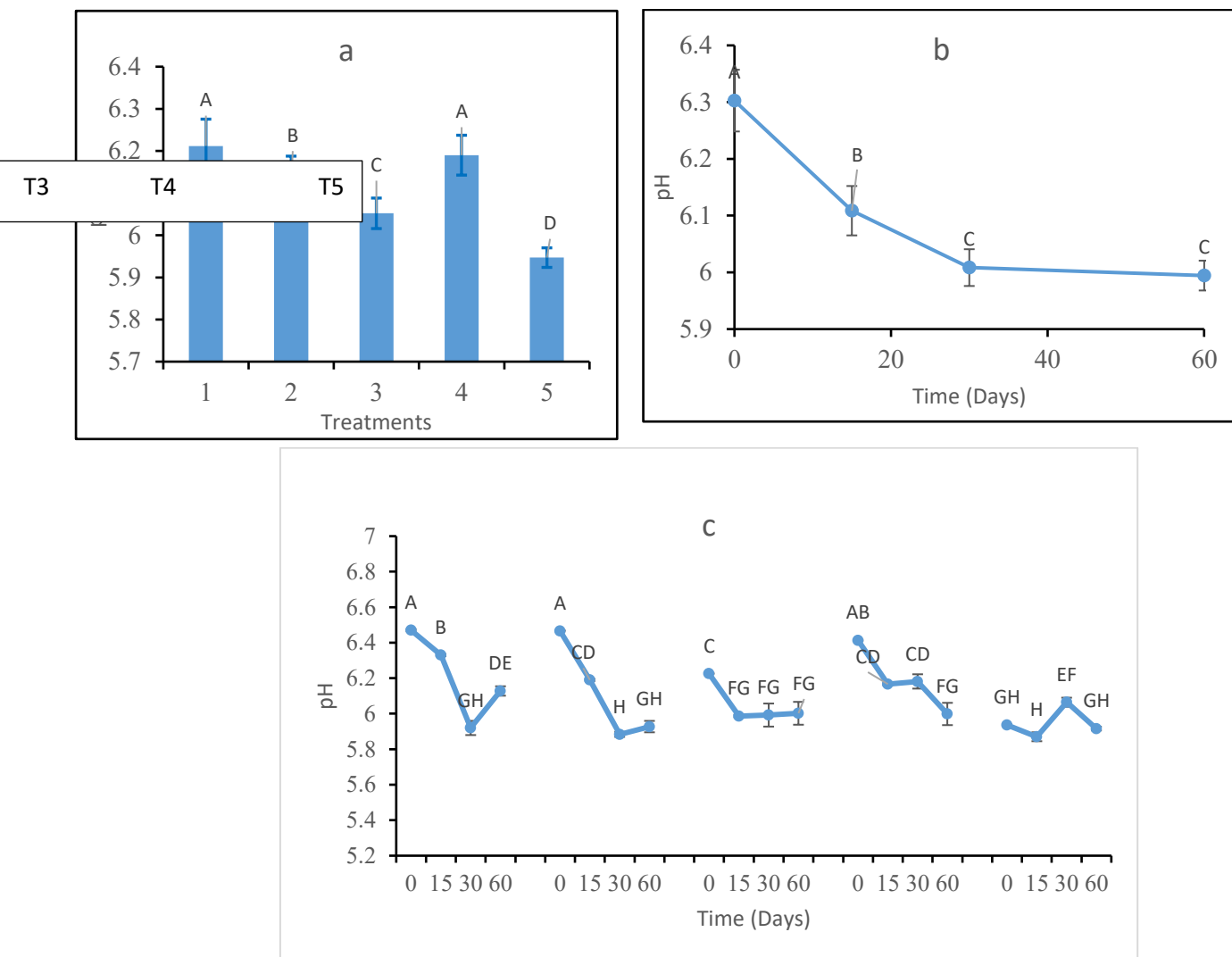


Figure 1. Effects of different treatments on pH of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2): *Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3): *Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on pH of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on pH of Feta cheese (c).

هلوئیکوس) و تیمار ۵ (نمونه شاهد) بود. همچنین بر پایه‌بخش دیگری از نتایج تحلیل آماری با افزایش زمان نگهداری، pH به گونه معنی‌داری ($p \leq 0.05$) کاهش پیدا کرد (شکل ۱- b).

نتایج حاصل از بررسی، میزان pH تیمارهای مختلف پنیر در مقایسه با نمونه شاهد در شکل (۱- a) ارائه شده است. نگاهی به یافته‌ها نشان می‌دهد که pH تمامی تیمارهای مورد بررسی بیشتر از نمونه شاهد (تیمار ۵) بود و در بین تیمارهای مورد بررسی نیز بیشترین و کمترین میزان این پارامتر به ترتیب متعلق به تیمار ۱ (لاکتوباسیلوس پلاتناروم و لاکتوباسیلوس

pH از عواملی می باشد که تاثیر زیادی بر پایداری پنیر و شرایط رشد میکروارگانیسم ها، فعالیت آنزیمی و سرعت واکنش های بیوشیمیایی در طی رسیدن پنیر دارد. کاهش pH طی دوره رسیدن بیشتر مربوط به تبدیل لاکتوز به اسید لاکتیک توسط باکتری های اسید لاکتیک می باشد و تا حدودی در زمان های طولانی رسیدن پنیرها مربوط به تولید اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب در اثر پروتئولیز و لیپولیز می باشد [۱۸]. کاهش سریع pH طی مراحل اولیه در تهیه پنیر یک اصل ضروری برای تشکیل دلمه و پیشگیری یا کاهش رشد بار میکروبی نامطلوب در شیر است [۱۹]. پژوهشگران دیگری نیز کاهش pH پنیر سفید ایرانی طی دوره رسیدن را گزارش کرده اند [۲۰ و ۲۱]. همچنین غلام حسین پور و همکاران (۲۰۲۲) و منتزورانی^۲ و همکاران (۲۰۱۸) نیز کاهش pH پنیر فتا حاوی آغازگرهای متفاوت را طی دوره نگهداری گزارش کرده اند [۲۲ و ۲۳].

در این پژوهش در سراسر دوره نگهداری تمامی تیمارها pH بالاتری از نمونه شاهد داشتند و در بین تیمارهای مختلف نیز تیمار حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم- لاکتوباسیلوس هلویتیکوس و انتروکوکوس فاسیوم- لاکتوباسیلوس هلویتیکوس pH بالاتری از سایر تیمارها داشتند که این موضوع احتمالاً می تواند به دلیل قدرت پایین این باکتری ها در تخمیر لاکتوز و تولید اسید لاکتیک باشد [۲۴]. ویژگی اصلی باکتری های اسید لاکتیک تخمیر لاکتوز و تولید اسید لاکتیک می باشد با این حال تمامی باکتری های اسید لاکتیکی توانایی اسیدی کردن شیر را بطور یکسان ندارند. برخی از آن ها pH شیر را به سرعت کاهش می دهند در حالی که برخی دیگر این کار را به آرامی انجام می دهند. انتروکوکوس ها متعلق به گروه باکتری های اسید لاکتیک می باشند که به طور کلی توانایی کم یا متوسطی در اسیدی کردن شیر دارند [۲۴]. در چندین مطالعه گزارش شده است که انتروکوکوس ها ظرفیت اسیدی ضعیفی از خود نشان می دهند و تنها درصد

کمی از این جدایه ها قادر به تولید اسید کافی برای کاهش pH به زیر ۵/۲-۵ پس از گرمخانه گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴-۱۶ ساعت می باشند. در تشابه با نتایج این پژوهش سیوسیا^۳ و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که pH پنیر چدار حاوی لاکتوباسیلوس پلانتاروم ایزوله شده از پنیر کاجیو کالو^۴ به مقدار جزئی بیشتر از نمونه شاهد است [۲۵]. کایاگیل^۵ (۲۰۰۶) در بررسی اثر لاکتوباسیلوس برویس و لاکتوباسیلوس پاراکازئی به عنوان کمک آغازگر گزارش کرد در روز ۳۰ رسیدگی، سطح pH از این نمونه پنیر حاوی کمک آغازگرهای فوق الذکر، از پنیر شاهد حاوی آغازگر لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه لاکتیس و لاکتوکوکوس لاکتیس زیر گونه کرموریس بیشتر بود که به دلیل نوع میکروارگانیسم های موجود در کمک استارتر و همچنین نسبت تعداد سلول های زنده می باشد [۲۶].

اسیدیته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار (انواع مختلف کمک استارترها)، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر اسیدیته معنی دار بود ($P < 0.01$). اسیدیته در طی زمان نگهداری روند افزایشی معنی داری را نشان داد (شکل ۲- a). مقایسه میانگین اسیدیته تحت تاثیر تیمار نشان داد که بطور کلی این متغیر در بین تیمارها در محدوده ۰/۴ (در تیمار ۱) تا ۰/۶۹ (در تیمار ۵) قرار داشت (شکل ۲- b). یافته های آماری حاصل از بررسی میزان اسیدیته تیمارهای مختلف پنیر طی دوره نگهداری در شکل (۲- c) ارائه شده است. نتایج نشان داد که در مقاطع مختلف نگهداری اسیدیته نمونه شاهد بیشتر از تمامی تیمارها بود ($P < 0.01$). بر اساس بخش دیگری از یافته ها، افزایش زمان نگهداری اثر افزایشی معنی داری ($P < 0.01$) بر اسیدیته تیمارهای مختلف و نمونه شاهد داشت

4- Caciocavallo

2 -Mantzourani

5 -Kayagil

3- Ciocia

به گونه‌ای که بیشترین میزان اسیدیته در پایان زمان نگهداری مشاهده شد.

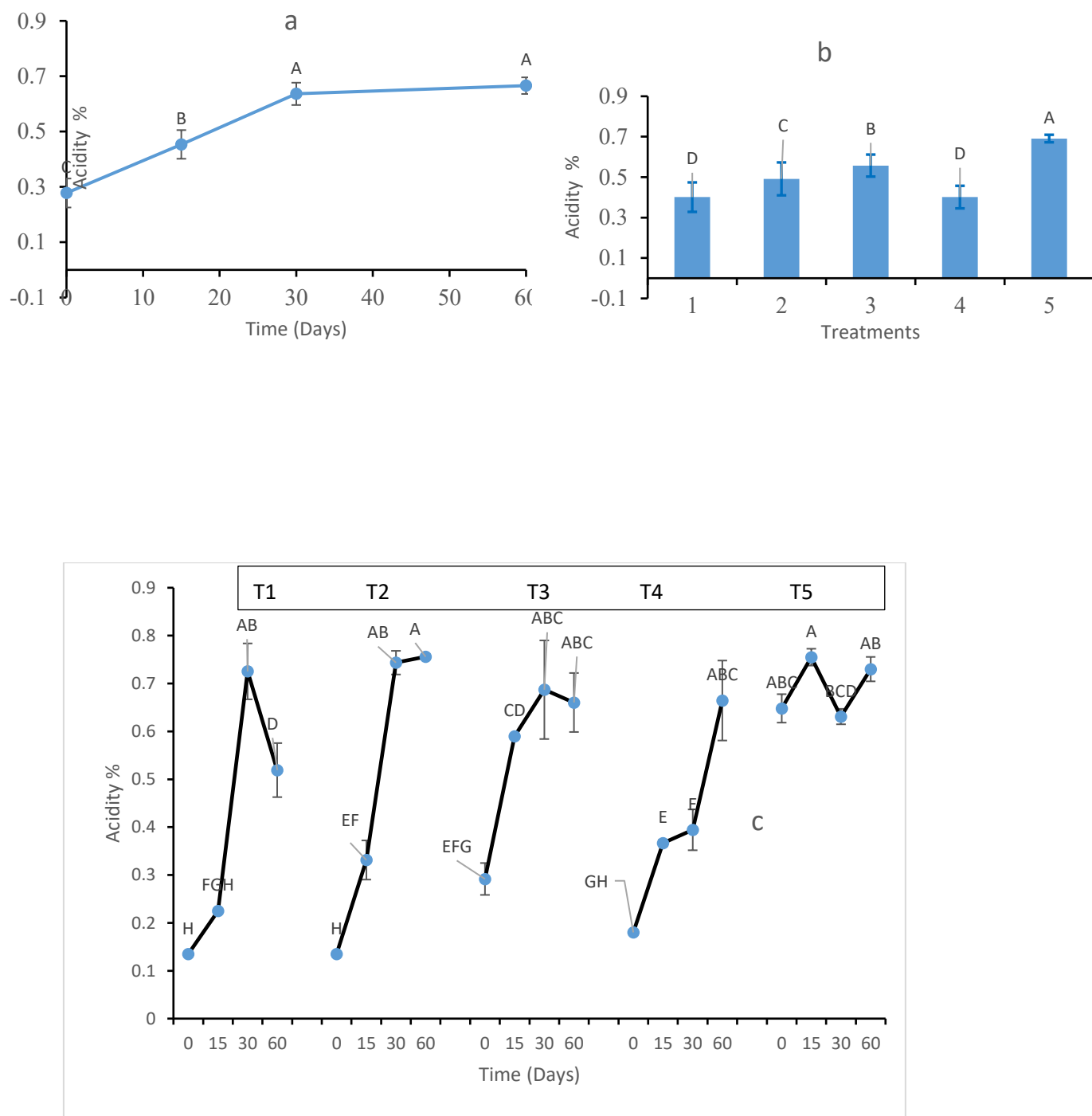


Figure 2. Effects of different treatments on acidity of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2):*Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3):*Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on acidity of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on acidity of Feta cheese (c).

اوغلو^۷ و همکاران در پژوهش‌های در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۳ اثرات معنی‌دار و غیر معنی‌دار آغازگرها را بر میزان اسیدیته پنیرهای مختلف گزارش کرده‌اند [۳۰ و ۳۱]. بر خلاف نتایج این پژوهش غلام‌حسین‌پور و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که نوع آغازگر اثر معنی‌داری بر میزان اسیدیته پنیر فتا فرپالایش ندارد که این تناقض، احتمالاً می‌تواند به دلیل نوع متفاوت پنیر در این پژوهش باشد [۲۲].

چربی

نتایج تجزیه واریانس داده‌های درصد چربی نشان داد که اثر زمان، تیمار (انواع مختلف کمک استارترها) و اثر متقابل زمان در تیمار بر متغیر چربی معنی‌دار بود ($P < 0.01$). مقایسه میانگین‌ها مویده این بود که بیشترین درصد چربی (۲۱٪/۷۷) در تیمار ۱ و کمترین درصد (۱۸٪/۷۵) مربوط به تیمار ۴ بود، تیمارهای ۵، ۳ و ۲ به ترتیب درصد چربی در بین تیمارهای ۱ و ۴ جای داشتند (شکل ۳- b).

تغییرات میزان چربی تیمارهای مختلف پنیر در طی دوره نگهداری (۶۰ روزه) روند افزایشی معنی‌داری را ($P < 0.01$) (در شکل ۳- a) نشان داده است. شکل ۳- b، اثر تیمارهای مختلف پنیر فتا را بر روی متغیر درصد چربی نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود این تاثیر نیز معنی‌دار ($P < 0.01$) می‌باشد. بررسی یافته‌ها، حکایت از آن داشت در بین تیمارهای مختلف پنیر، میزان چربی تیمار ۱ (۲۱٪/۷۷ درصد) به گونه معنی‌داری ($p \leq 0.01$) از سایر تیمارها بیشتر بود و پس از آن بیشترین چربی مربوط به تیمارهای ۳ و ۵ بود که تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.01$) با سایر تیمارها داشت و کمترین میزان چربی نیز مربوط به تیمار ۲ و ۴ بود. البته مابین تیمارهای ۲ و ۴ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد در حالی که این دو تیمار، تفاوت معنی‌داری ($p \leq 0.01$) با سایر تیمارها داشتند. اثر متقابل زمان در تیمارهای مختلف پنیر در شکل ۳- c، نشان داده

نتایج نشان داد که روند افزایش اسیدیته در نمونه‌های پنیر مشابه روند کاهش pH بود. اسیدیته و pH رابطه معکوس دارند و در طول زمان نگهداری به دلیل تولید اسیدلاکتیک و یون هیدروژن، اسیدیته افزایش و pH نیز کاهش می‌یابد. مقادیر اسیدیته قابل تیتراسیون و pH پنیر به سبب تاثیر آن‌ها بر رشد میکروارگانیسم‌ها و فعالیت آنزیمی در طول مرحله رسیدن پنیر و همچنین خصوصیات رئولوژیکی پنیر و ارزیابی حسی از اهمیت بالایی برخوردار هستند [۲۷]. در تطابق با نتایج این پژوهش، کندیلی^۶ و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که با افزایش زمان نگهداری میزان اسیدیته پنیر کاشار به علت تولید اسید لاکتیک و کاهش pH، افزایش می‌یابد [۲۸]. همچنین صادقی و ناطقی (۲۰۲۰) نیز گزارش کرد که طی دوره رسیدن با فعالیت باکتری‌ها میزان اسیدیته پنیر سفید آب نمکی افزایش پیدا می‌کند [۲۹]. در همین راستا غلام‌حسین‌پور و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که در طی زمان رسیدن میزان اسیدیته نمونه‌های پنیر فتا حاوی آغازگرهای تجاری مختلف (SafeIT 2، FRC-65 و R-704) افزایش پیدا می‌کند [۲۲]. این محققین افزایش اسیدیته را به تشکیل لاکتات و همچنین تولید اسیدهای چرب آزاد و اسیدهای آمینه طی به ترتیب طی واکنش‌های لیپولیز و پروتئولیز نسبت دادند. در پژوهشی دیگر منتزورانی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که با افزایش زمان نگهداری میزان اسیدیته پنیر فتا حاوی لاکتوباسیلوس پاراکاژی جدا شده از کفیر و نمونه شاهد افزایش می‌یابد [۲۳]. بر طبق بخش دیگری از نتایج، تیمار پنیر حاوی لاکتوباسیلوس دلبروکی، لاکتوباسیلوس لاکتیس و استریپتوکوکوس ترموفیلوس در طی دوره رسیدن اسیدیته بالاتری از سایر تیمارها داشت که این موضوع احتمالاً می‌تواند به دلیل تولید بیشتر اسید لاکتیک و همچنین پیشرفت بیشتر واکنش‌های لیپولیز و پروتئولیز توسط میکروارگانیسم‌های ذکر شده باشد (این موضوع در تطابق با یافته‌های حاصل از آزمون لیپولیز و پروتئولیز بود که در ادامه پژوهش به آن‌ها اشاره خواهد شد). در این رابطه هایال

شده است. همانطور که مشاهده می شود، تیمار ۱ روند افزایشی، کاهشی و بعد افزایشی را نشان داد. تیمارهای ۲ و ۳ روند افزایشی پیوسته، تیمار ۴ ابتدا کاهش اندک و سپس افزایش نشان داد.

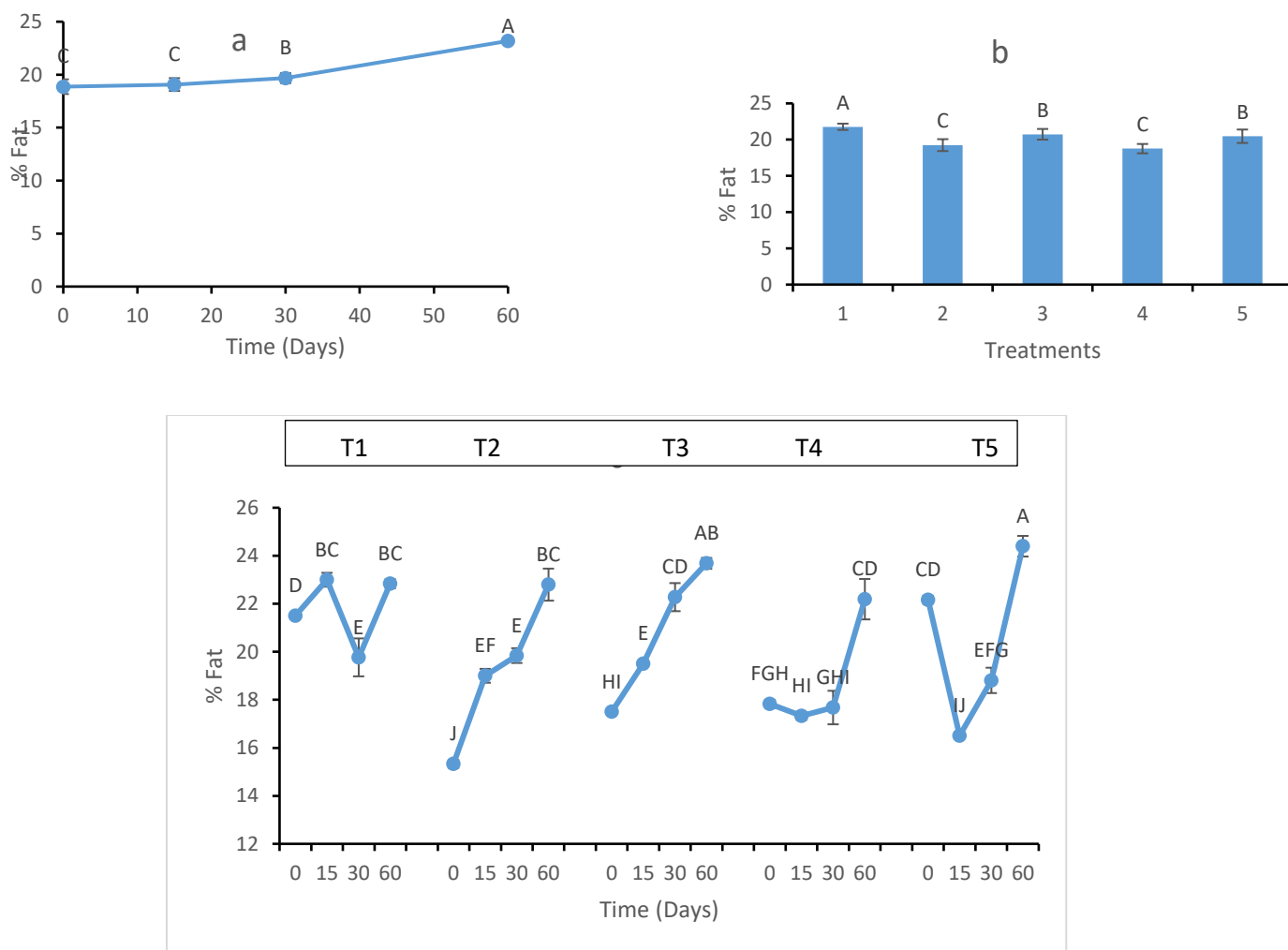


Figure 3. Effects of different treatments on % Fat of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2):*Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3):*Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on % Fat of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on % Fat of Feta cheese (c).

(۲۰۰۵) و Shahab Lavasani و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده کردند که با پیشرفت زمان رسیدگی، میزان چربی نمونه های پنیر کاهش داشت که دلیل این کاهش، عمدتاً به هیدرولیز چربی به اسیدهای چرب آزاد و ترکیبات فرار ارتباط دارد [۳۲ و ۳۳]. در مقابل، Aly (۱۹۹۵) مشاهده کرد که میزان چربی پنیر فتا، در طی دوره رسیدگی افزایش داشته است و

دلیل کاهش چربی در طی دوره نگهداری در تیمار ۴ (حاوی لاکتوباسیلوس پلانتروم - انتروکوکوس فاسیوم) و نمونه شاهد را می توان به پیشرفت واکنش های لیپولیز و هیدرولیز چربی به اسیدهای چرب آزاد نسبت داد [۲۲]. نتایج مختلفی همچنین درباره تغییرات غلظت چربی در پنیرهای مختلف در طول دوره رسیدگی گزارش شده اند. Milci و همکاران

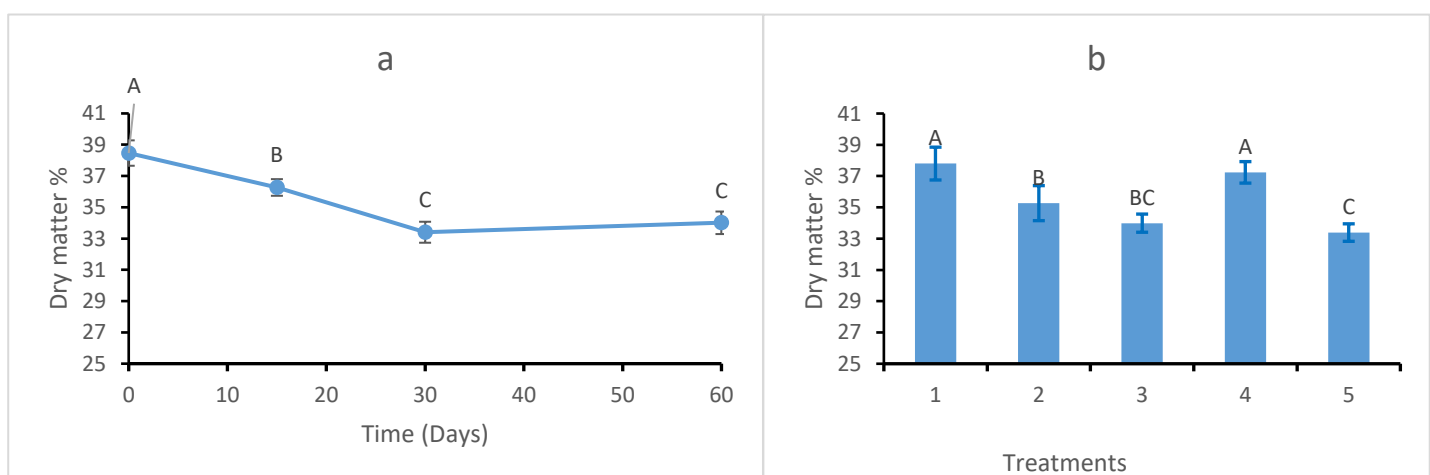
درصد ماده خشک طی زمان نگهداری پنیر فتا که روند کاهشی معنی داری ($P < 0.01$) دارد، را نشان می دهد. شکل (۴-ب) نتایج تجزیه واریانس داده های حاصل از اندازه گیری درصد ماده خشک تیمارهای مختلف پنیر در مقایسه با نمونه شاهد را به تصویر کشیده است. مقایسه میانگین ها موید این بود که بیشترین درصد ماده خشک (۳۷/۷۹٪) در تیمار ۱ و کمترین درصد (۳۳/۳۸٪) مربوط به تیمار ۵ بود. شکل (۴-ج)، اثر متقابل زمان و تیمارهای مختلف پنیر فتا را نشان می دهد. با افزایش زمان نگهداری میزان ماده خشک تمامی تیمارها دارای روند کاهشی بودند، به استثنای تیمارهای ۱ و ۳ که تا روز ۳۰ روند کاهشی و سپس از روز ۳۰ تا روز ۶۰ روند افزایشی اندکی را تجربه کردند. البته که این

کاهش در تیمارهای مختلف از نقطه نظر آماری به گونه متفاوتی رقم خورد. مقایسه تیمارهای مختلف در روز صفر نگهداری نشان داد که میزان ماده خشک تیمار ۱ به گونه معنی داری ($p \leq 0.01$) از سایر تیمارها بیشتر بود و بین سایر تیمارها و نمونه شاهد اختلاف معنی داری ($p \leq 0.01$) مشاهده گردید. در روز ۱۵م نگهداری نیز میزان ماده خشک تیمارهای ۱، ۲ و ۴ بر خلاف تیمار ۳ بیشتر از نمونه شاهد بود.

بیان کردند که کاهش در میزان رطوبت با گذشت زمان دلیل این پدیده بوده است [۳۴]. افزایش رطوبت منجر به کاهش میزان چربی در طی دوره نگهداری می گردد، به عبارت دیگر می توان بیان کرد رطوبت و چربی رابطه معکوس دارند. در همین رابطه صادقی و ناطقی (۲۰۲۰) گزارش کردند که با افزایش رطوبت پنیر فتا در طی دوره نگهداری میزان چربی و پروتئین کاهش یافته و رطوبت با چربی رابطه عکس دارد [۲۹]. در پژوهشی دیگر و در تشابه با بخشی از نتایج این پژوهش، Milci و همکاران (۲۰۰۵) و لواسانی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش زمان رسیدن موجب کاهش میزان چربی خواهد شد [۳۲ و ۳۳]. در تشابه با نتایج این پژوهش غلام حسین پور و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که پنیر فتا حاوی آغازگرهای مختلف در طی دوره رسیدن الگوی متفاوتی از خود نشان داده و در بعضی از تیمارها میزان چربی کاهش در حالی که در بعضی دیگر افزایش یافت که البته این تغییرات از نظر آماری قابل توجه نبود [۲۲].

درصد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار (انواع مختلف کمک استارترها)، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر ماده خشک معنی دار بود ($P < 0.01$). شکل ۴ - a، تغییرات



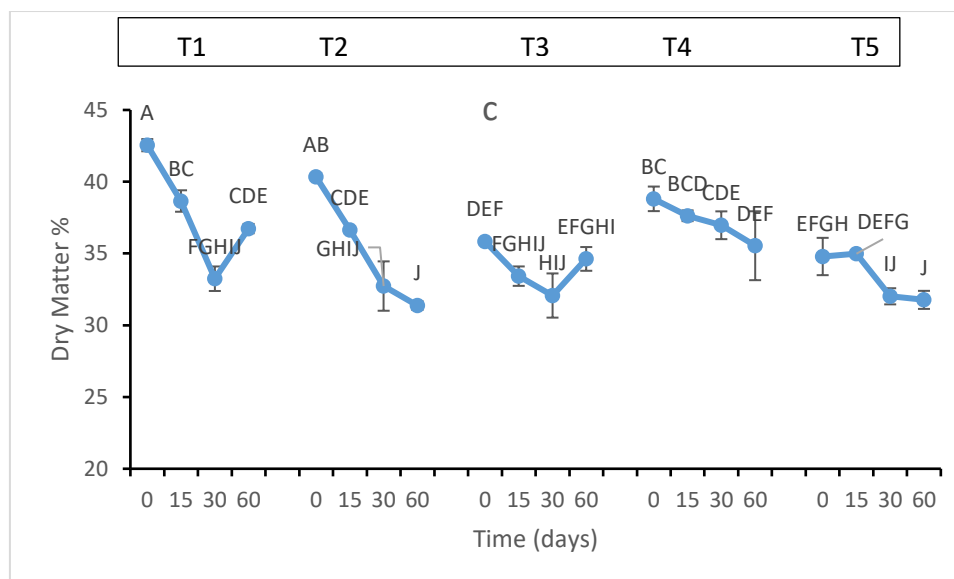


Figure 4. Effects of different treatments on % Dry Matter of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2):*Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3):*Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on % Dry Matter of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on % Dry Matter of Feta cheese (c).

پژوهش لواسانی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر لبقوان گزارش کردند که میزان ماده خشک پنیر در طول زمان رسیدن کم شده و در برخی مواقع ثابت می‌ماند [۳۳]. در طول دوره نگهداری تیمار حاوی لاکتوباسیلوس پلانتروم-لاکتوباسیلوس هلویتیکوس (تیمار ۱) میزان ماده خشک بیشتری (رطوبت کمتری) از سایر تیمارها داشت که این موضوع احتمالاً می‌تواند به دلیل عملکرد ضعیف‌تر باکتری‌های لاکتوباسیلوس پلانتروم-لاکتوباسیلوس هلویتیکوس در حفظ و نگهداری آب در شبکه کازئینی باشد که در چنین حالتی آب‌اندازی بیشتری رخ داده است. در پژوهشی صبحی سرابی و همکاران (۱۳۹۳) در تطابق با بخشی از نتایج این پژوهش اعلام داشتند که تفاوت معنی‌داری در میزان ماده خشک پنیر گوسفندی با افزودن سویه‌های لاکتوباسیلوس کازئی-لاکتوباسیلوس پلانتروم جداسازی شده از پنیر سنتی لبقوان وجود نداشت [۳۸]. غلامحسین پور و همکاران (۲۰۲۲) نیز گزارش کردند که نوع آغازگر اثر معنی‌دار بر میزان ماده خشک پنیر فتا

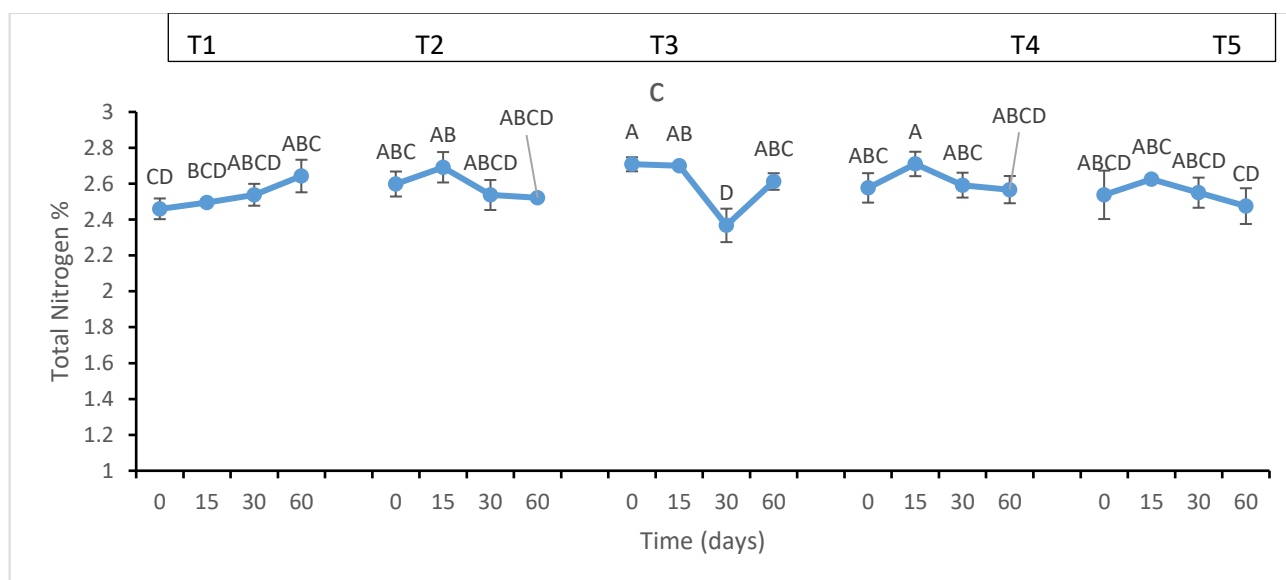
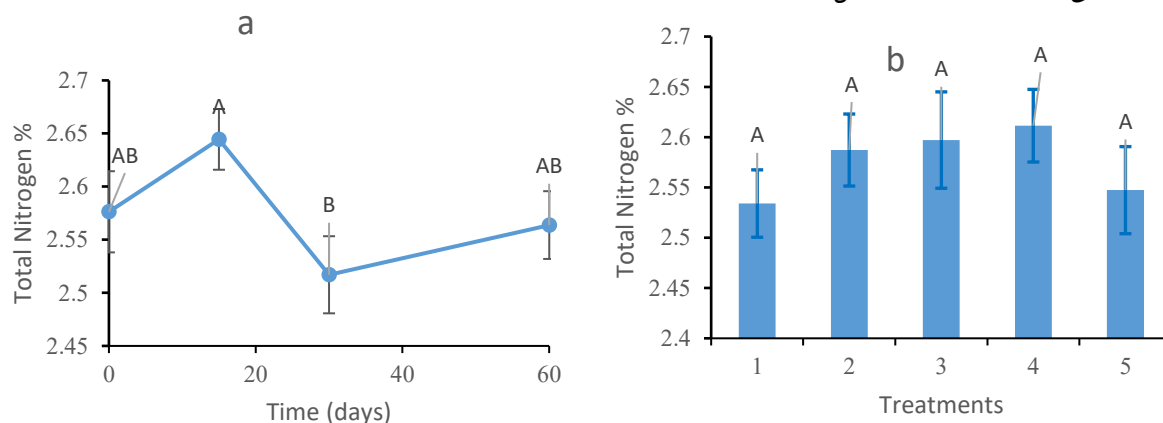
همانگونه که ذکر گردید با افزایش زمان نگهداری میزان ماده خشک تیمارهای مختلف کاهش پیدا کرد که این کاهش در تعدادی از نمونه‌ها معنی‌دار بود. گزارشات متناقضی در مورد اثر زمان نگهداری بر روی میزان مواد جامد پنیر در وارسته های مختلف پنیر وجود دارد. Aly (۱۹۹۵) و Azarnia و همکاران (۱۹۹۷)، Al-Otaibi and Wilbey (۲۰۰۴) و Lopez و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با افزایش زمان رسیدگی، میزان مواد جامد افزایش می‌یابد [۳۴-۳۷]. آنها بیان کردند که دمای بالای نگهداری دلمه، که بر روی هیدراسیون کازئین اثر می‌گذارد، منجر به افزایش درجه و شدت سینرسیس به دلیل افزایش غلظت نمک در دلمه می‌شود، تبخیر آب در طول نگهداری و جذب اندک آب در پنیرهای با pH پایین، می‌تواند دلیل این افزایش باشد. برعکس، Milci و همکاران (۲۰۰۵) و Shahab Lavasani و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کاهش در میزان مواد جامد پنیر در طول نگهداری را دادند [۳۲-۳۳]. مهاجرت پروتئین‌های محلول در آب و پپتیدها از دلمه به محیط آب نمک اطراف، لیپولیز و انتقال و مهاجرت اسیدهای چرب آزاد از قالب پنیر به آب نمک، به عنوان مهم‌ترین عوامل این کاهش ماده خشک پنیر، پیشنهاد شده اند [۲۲]. در تطابق با نتایج این

افزایش زمان نگهداری میزان پروتئین نمونه ۱ روند افزایشی پیوسته دارد و نمونه های ۲، ۴ و ۵ روند مشابهی را نشان می دهند بطوریکه ابتدا افزایش تا روز ۱۵ و سپس روند کاهشی تا روز ۶۰ نشان می دهند. در روز صفر نگهداری میزان پروتئین تیمارهای ۳ و ۲ و ۴ بیشتر از نمونه شاهد بود در حالی که تفاوت معنی داری ($p \leq 0.01$) مشاهده نشد. ولی نمونه تیمار ۱، در روز صفر به طور معنی داری کمتر بود. همچنین در روز ۱۵ نگهداری میزان پروتئین تمامی تیمارها اختلاف معنی داری ($p \leq 0.05$) با یکدیگر نداشتند.

فرآپالایش ندارد [۲۲]. همچنین هاینس^۸ و همکاران (۲۰۰۳) و هایا اوغلو و همکاران (۲۰۰۵) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند [۳۹ و ۳۰].

پروتئین (ازت کل)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار (انواع مختلف کمک استارترها)، زمان و اثر متقابل تیمار در زمان بر میزان ازت کل معنی دار نبود. یافته های آماری بررسی تغییرات میزان پروتئین تیمارهای مختلف پنیر در مقایسه با نمونه شاهد طی دوره نگهداری در شکل (۵) ارائه شده است. با



⁸ Hynes

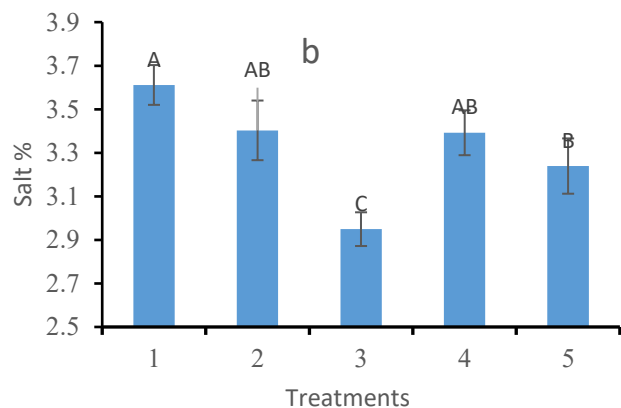
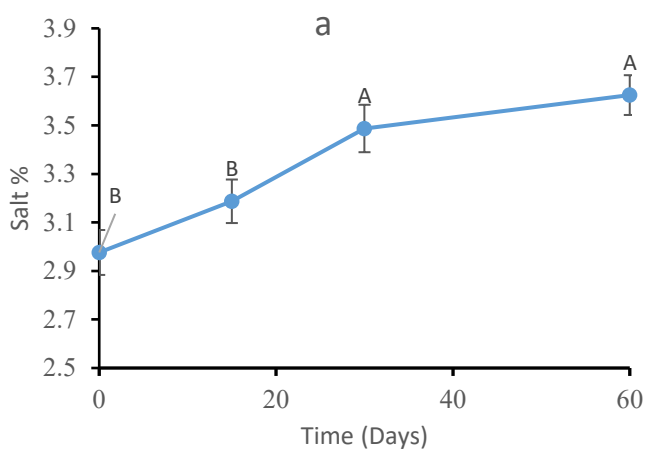
Figure 5. Effects of different treatments on % Total Nitrogen of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2):*Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3):*Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on % Total Nitrogen of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on % Total Nitrogen of Feta cheese(c).

تاثیر تیمار نشان داد که بطور کلی این متغیر در بین تیمارها در محدوده ۳/۶۱ (در تیمار ۱) تا ۲/۷۱ (در تیمار ۳) قرار داشت (شکل - ۶- b). اثر زمان بر میزان نمک در شکل ۶- a، مشخص است که با افزایش زمان نگهداری، میزان نمک افزایش پیدا می کند. یافته‌های آماری ارزیابی میزان نمک تیمارهای مختلف پنیر طی دوره نگهداری در شکل (۶- c) نشان داده شده است. میزان نمک تیمار ۱ (T1) در روز صفر نگهداری به گونه معنی داری ($P < 0.01$) بیشتر از تیمارهای مورد بررسی بود و مابین تیمارها نیز بیشترین و کمترین میزان نمک به ترتیب مربوط به تیمار ۱ و تیمار ۳ بود (شکل ۶- b). در روز ۱۵م نگهداری بیشترین میزان نمک مربوط به تیمار ۱ بود و مابین سایر تیمارها و نمونه شاهد اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

همانگونه که ذکر گردید با افزایش زمان نگهداری، میزان پروتئین تمامی تیمارها و نمونه شاهد روند متفاوتی را از خود نشان دادند. (شکل ۴- C). در این زمینه غلامحسین پور و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که میزان پروتئین طی دوره رسیدن در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا روز ۴۰ کاهش و پس از آن تا انتهای دوره رسیدن افزایش می‌یابد [۲۲]. کاهش اولیه پروتئین در ابتدای دوره نگهداری می‌تواند ناشی از واکنش‌های پروتئولیز باشد در حالی که افزایش مشاهده شده احتمالاً به دلیل افزایش ماده خشک می‌باشد. در روز صفر نگهداری در مقایسه تیمارهای مختلف، تیمار پنیر سوم، بیشترین و تیمار اول کمترین میزان پروتئین را دارا بود. در حالی در روز ۱۵م تیمار چهارم میزان پروتئین بیشتری از سایر تیمارها داشت هر چند که این اختلاف معنی دار نبود (شکل ۴- C)، که این موضوع احتمالاً می‌توان به دلیل جذب آب کمتر این تیمار نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی طی دوره نگهداری باشد.

درصد نمک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار (انواع مختلف کمک استارترها)، و اثر زمان بر درصد نمک، معنی دار شده است ($P < 0.01$). در حالیکه اثر متقابل تیمار در زمان بر درصد نمک معنی دار نمی باشد. مقایسه میانگین میزان نمک تحت



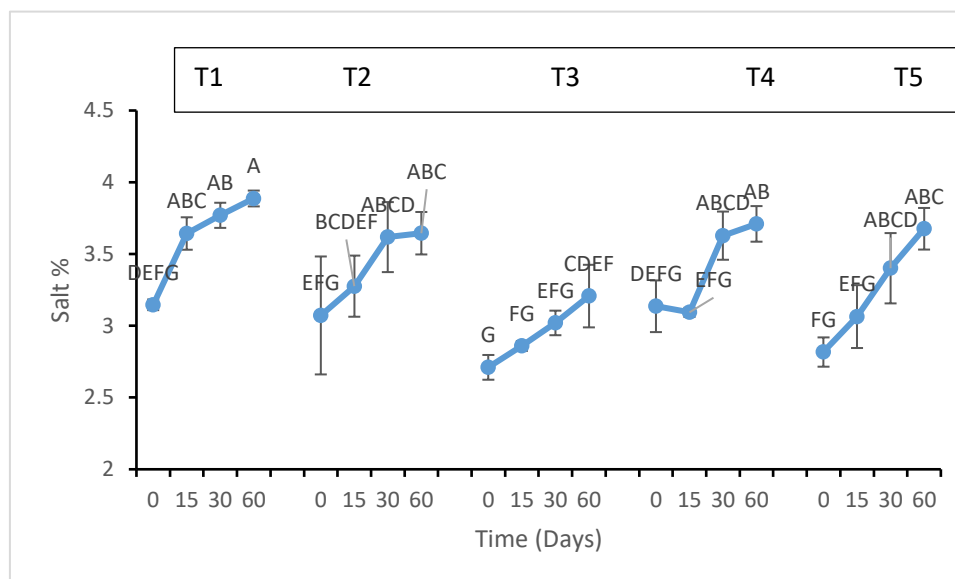


Figure 6. Effects of different treatments on % Salt of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2): *Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3): *Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on % Salt of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on % Salt of Feta cheese (c).

همانگونه که ذکر گردید در طول دوره نگهداری تفاوت معنی داری مابین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید، یعنی همانطور که در بالا ذکر شد اثر متقابل زمان در تیمار بر روی درصد نمک، معنی دار نشده است. افزایش زمان نگهداری موجب افزایش میزان نمک در برخی از تیمارها شد که البته این افزایش تنها در تیمار (T1)، حاوی لاکتوباسیلوس پلانتروم- لاکتوباسیلوس هلوتیکوس معنی دار بود. Azarnia و همکاران (۱۹۹۷) بیان کردند که این افزایش ممکن است به دلیل از دست رفتن آب و نفوذ تدریجی نمک از آب نمک به داخل قالب پنیر در طول نگهداری پنیر باشد [۳۵]. در تشابه با نتایج این پژوهش، غلامحسین پور و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که در طی دوره رسیدن میزان نمک نمونه‌های مختلف پنیر فتا فراپالایش حاوی آغازگرهای مختلف افزایش پیدا می‌کند که این موضوع احتمالاً می‌تواند به دلیل نفوذ تدریجی نمک از آب نمک اطراف پنیر به داخل بافت پنیر در طول رسیدن باشد [۲۲]. به گفته برخی از محققین (Hynes et al., 2003 و Muir et al. 1996) اثر آغازگر بر میزان نمک پنیرهای مختلف معنی دار نبود [۳۹ و ۴۰]. در حالی که

Hayaloglu et al. (2013) اثر معنی دار نوع آغازگر را بر میزان نمک پنیر Gokceada گزارش کردند [۳۱]. نتایج مختلفی در مورد تغییرات در میزان غلظت نمک در طی دوره رسیدگی پنیر گزارش شده است. هیچ افزایش قابل توجهی بوسیله Azarnia و همکاران (۱۹۹۷) و همکاران (۲۰۱۲) در میزان نمک در طی دوره رسیدگی پنیر مشاهده نشد [۳۳ و ۳۵]. اما Karimi و همکاران (۲۰۱۲) یک کاهش غیر معنی داری در میزان نمک مشاهده کردند [۴۱].

نسبت نیتروژن محلول به نیتروژن کل نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار (انواع مختلف کمک استارترها)، و زمان و اثر متقابل تیمار در زمان برنسبت نیتروژن محلول به نیتروژن کل معنی دار بود ($P < 0.01$). نسبت نیتروژن محلول به نیتروژن کل تیمارهای مختلف پنیر در مقایسه با نمونه شاهد طی دوره نگهداری در شکل (۷) ارائه شده است. با افزایش زمان نگهداری، اندیس پروتئولیز تمامی تیمارها و نمونه شاهد به گونه معنی دار ($p \leq 0.05$) افزایش پیدا کرد، که بیانگر پیشرفت واکنش‌های پروتئولیز

بود. اثر کمک آغازگر و آغازگر، بر روی نسبت ازت محلول به ازت کل، مربوط به نوع سویه و ماهیت ترموفیل بودن یا مزوفیل بودن آن سویه، می باشد. افزایش در نسبت ازت محلول به ازت کل، در طول رسیدگی پنیر فتای فراپالایش در مطالعات پیشین هم مشاهده شده است. [۴۲، ۴۳ و ۴۴].

می‌باشد. در روز صفر نگهداری تمامی تیمارها شاخص پروتئولیز کمتری از نمونه شاهد داشتند و در بین تیمارها نیز بیشترین و کمترین میزان این اندیس به ترتیب مربوط به تیمار ۳ و تیمار ۱ بود. در روز پانزدهم نگهداری، تیمارهای ۳ و ۴ اندیس پروتئولیز بیشتری از نمونه شاهد داشتند در حالی که میزان این اندیس در تیمارهای ۱ و ۲ کمتر از نمونه شاهد

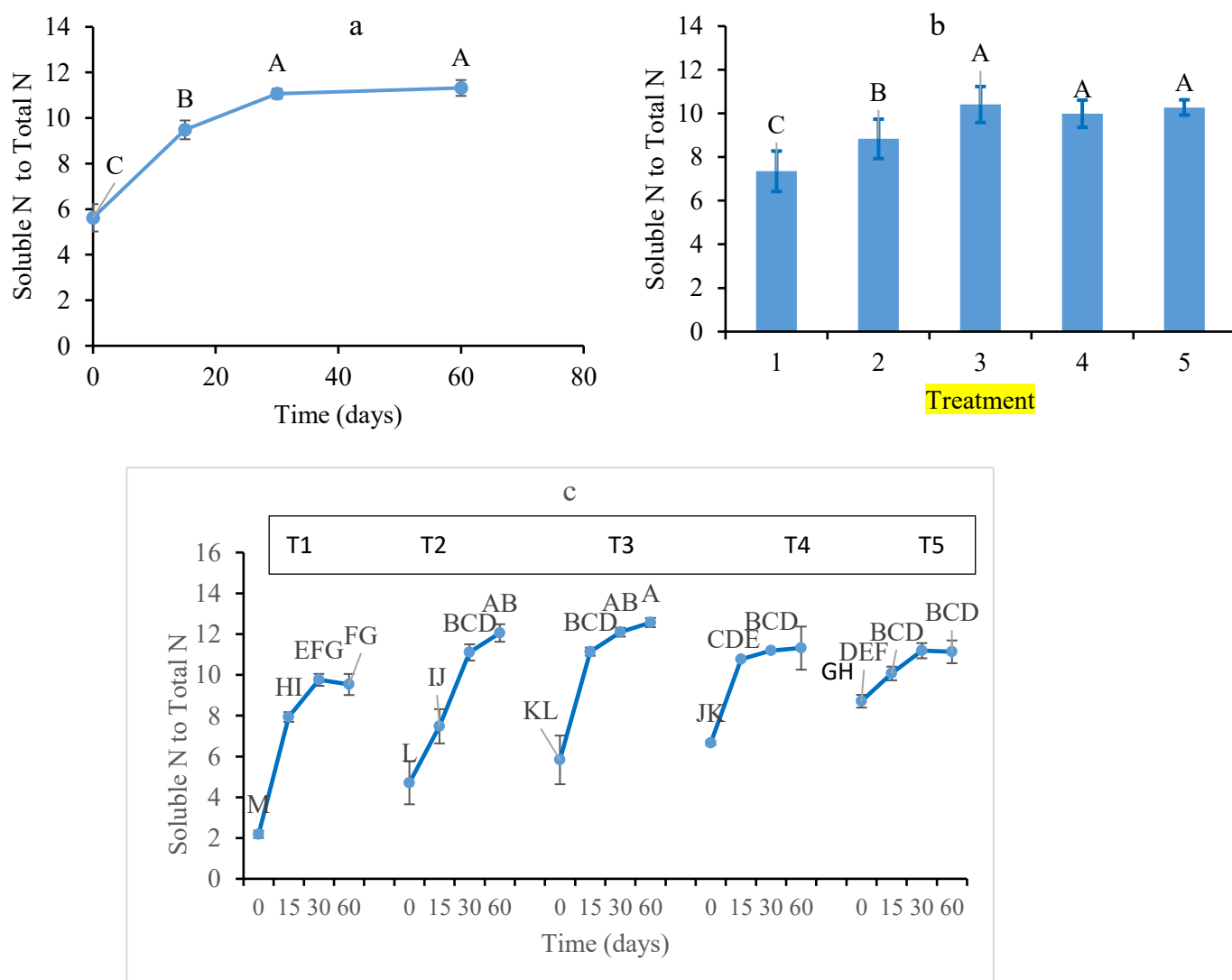


Figure 7. Effects of different treatments on % Soluble N to Total N of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2):*Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3):*Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on % Soluble N to Total N of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on % Soluble N to Total N of Feta cheese (c).

همکاران (۲۰۰۶) در بررسی اثر لاکتوباسیل‌های مزوفیل بر میزان پروتئولیز پنیر کاکيوتا بیان داشتند که اگرچه باکتری‌های لاکتیکی غیر آغازگری در پروتئولیز اولیه به میزان زیادی شرکت نمی‌کنند اما پیتیدازهای این کشت‌ها با تأثیر بر پیتیدهای حاصله از پروتئولیز اولیه، نقش عمده‌ای در پروتئولیز ثانویه دارند [۵۱]. هاینس و همکاران (۲۰۰۲) نیز در بررسی استفاده از آغازگرهای مختلف و لاکتوباسیلوس‌های الحاقی بر رسیدن پنیر دلمه شسته بعد از ۲۸ روز رسیدگی گزارش کردند که میزان ازت محلول در نمونه‌های حاوی کمک آغازگر برابر یا کمی بیشتر از نمونه شاهد بود [۵۲]. پروتئولیز ثانویه بالاتر در پنیر چدار حاوی لاکتوباسیلوس‌های الحاقی توسط اوانگ^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۷) و سیوسیا و همکاران (۲۰۱۳) نیز به اثبات رسیده است که این محققین افزایش مشاهده شده را به فعالیت پیتیداز بالاتر پنیر ساخته شده با کشت الحاقی نسبت داده‌اند [۲۵ و ۵۳] مشخص شد که درصد ازت محلول به ازت کل در طی زمان نگهداری افزایش یافت که در تشابه با نتایج فرانکو^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۱)، آتاسوی^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۸) و غلامحسین‌پور و همکاران (۲۰۲۲) بود [۲۲ و ۵۴ و ۵۵].

میزان ازت محلول تنها اطلاعاتی درباره شدت پروتئولیز اولیه نشان می‌دهد و جزئیات مربوط به ترکیب ازت محلول را در اختیار نمی‌گذارد. بنابراین ممکن است مقدار کل ازت محلول در نمونه‌های مختلف مشابه باشد ولی به دلیل ایجاد محصولات متفاوت حاصل از پروتئولیز، عطر و طعم متنوع در آن‌ها ایجاد شود [۴۵]. پروتئولیز ابتدایی پروتئین‌های پنیر عمدتاً نتیجه فعالیت باقی‌مانده مایه پنیر و پروتئینازهای درونی است در عین حال کمپلکس سیستم‌های پروتئولیتیک و پیتیدولیتیک میکروارگانیسم‌های آغازگری و غیرآغازگری پروتئولیز ثانویه را نتیجه می‌دهد [۴۶]. انتروکوکوس‌ها از طریق تجزیه کازئین بواسطه فعالیت‌های پروتئولیتیک و پیتیدولیتیک نقش مهمی را در رسیدگی پنیر ایفا می‌کنند. در این زمینه فعالیت پروتئولیتیک برای انتروکوکوس فیکالیس، انتروکوکوس فاسیوم و انتروکوکوس دورانس جداسازی شده از انواع مختلف پنیر گزارش شده است. شایان ذکر است که انتروکوکوس‌ها فعالیت پروتئولیتیک قوی‌تری نسبت به سایر باکتری‌های لاکتیک دارند که این امر در رسیدگی پنیر اهمیت دارد [۴۷]. لاکتوباسیلوس‌ها به عنوان گونه‌های غالب در پنیرهای تهیه شده با شیر خام گزارش شده‌اند، زیرا این ارگانیسم‌ها قادرند که تحت شرایط انتخابی شدید نیز به رشد ادامه دهند و به دلیل ویژگی‌های پروتئولیتیک عالی، نقش اساسی در ایجاد خصوصیات حسی محصول از خود نشان دهند [۴۸]. همانگونه که ذکر گردید در ابتدای زمان نگهداری تیمارهای پنیر، میزان پروتئین محلول کمتری از نمونه شاهد داشتند در حالی که در پایان زمان نگهداری نتایج به گونه دیگر رقم خورد. در همین راستا لان و فاکس^۹ (۱۹۹۶) بیان داشتند افزودن باکتری‌های لاکتیکی غیرآغازگری نقش مهمی در شکستن کازئین‌ها ایفا نمی‌کند [۴۹] و توانایی پروتئولیتیک اولیه باکتری‌های لاکتیکی غیرآغازگری عموماً ضعیف و متغیر است. [۵۰] در پژوهشی دیگر دیکاگنو^{۱۰} و

12 -Franco

13 -Atasoy

9 -Lane & Fox

10- Di Cagno

11- Ong

شکل (۸) میزان اندیس لیپولیز تیمارهای مختلف پنیر در مقایسه با نمونه شاهد را طی دوره نگهداری ارائه کرده است. با افزایش زمان نگهداری میزان اندیس لیپولیز به گونه معنی‌داری ($p \leq 0.05$) در تمامی تیمارها و نمونه شاهد افزایش پیدا کرد. در روز صفر نگهداری تیمارهای ۳ و ۴ بر ترتیب مربوط به تیمار ۳ و ۵ بود.

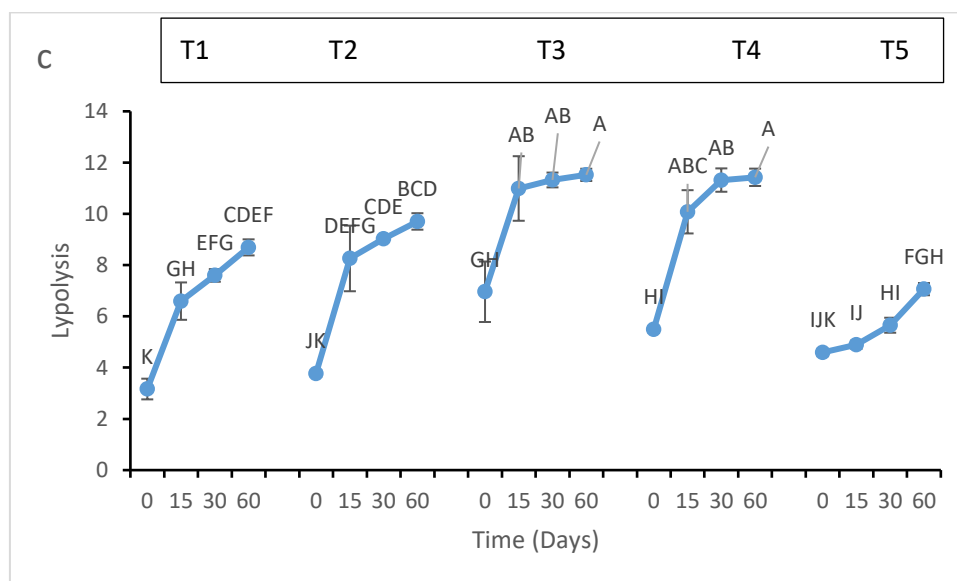
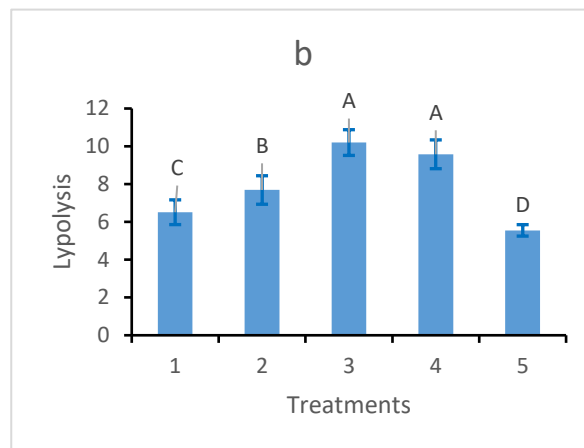
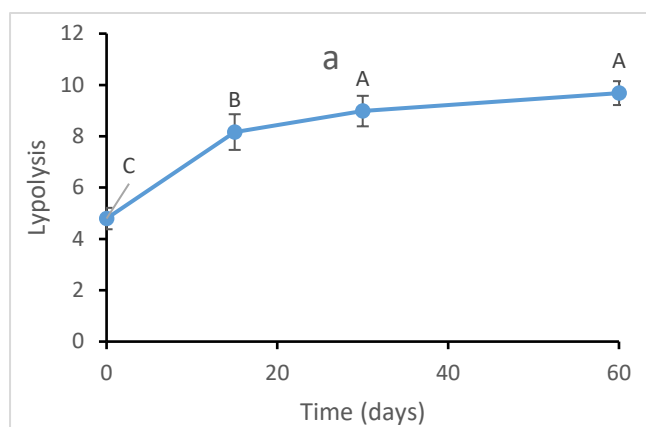


Figure 8. Effects of different treatments on Lypolysis of Feta cheese (a). Treatment 1(T1): *Lb.plantarum* & *Lb.helveticus*, Treatment 2(T2): *Ent.faecium* & *Lb.helveticus*; Treatment 3(T3): *Lb.delbrueckii* & *Str.thermophilus*, Treatment 4(T4): *Lb.plantarum* & *Ent.faecium*, Treatment 5(T5): Control. Effects of ripening period on Lypolysis of Feta cheese (b). Effect of interaction of treatments and ripening period on Lypolysis of Feta cheese ©.

سایکروتروف می باشد. لیپولیز نقش مهمی را در رسیدن پنیر ایفا می کند. لیپولیز موجب تشکیل اسیدهای چرب آزاد شده که این اسیدها موجب ایجاد طعم و ترکیبات پیش طعم‌زا

هیدرولیز چربی شیر در طول تولید و رسیدگی پنیر به دلیل لیپاز اندوژن شیر، آنزیم های لیپولیتیک باکتری های آغازگر و غیر آغازگر، و لیپازهای حاصل از باکتری های

هلویتیکوس و تیمار (۵) نمونه شاهد بود. بررسی میزان ماده خشک حکایت از آن داشت که با افزایش زمان نگهداری میزان ماده خشک نمونه شاهد و تمامی تیمارها کاهش پیدا کرد و همچنین بیشترین میزان ماده خشک، در انتهای دوره رسیدن، مربوط به تیمار (۱) حاوی لاکتوباسیلوس پلانتراروم-لاکتوباسیلوس هلویتیکوس بود. همچنین بیشترین میزان ازت کل، و بیشترین میزان نمک در انتهای دوره رسیدن مربوط به تیمار ۱ بود. که شاید از این جهت میزان نمک بیشتر در انتهای روز ۶۰، یک عامل بازدارنده از رشد میکروب های عامل فساد در پنیر باشد. یافته های اندازه گیری شاخص پروتئولیز و لیپولیز تیمارهای مختلف و نمونه شاهد در طی زمان نگهداری نشان داد که بیشترین میزان این شاخص ها در انتهای زمان نگهداری مربوط به تیمار (۳) حاوی لاکتوباسیلوس دلبروکی- لاکتوباسیلوس لاکتیس-استریپتوکوکوس ترموفیلوس بود. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که با افزودن جدایه لاکتیکی لاکتوباسیلوس پلانتراروم-لاکتوباسیلوس هلویتیکوس به فرمولاسیون پنیر فتا می توان محصولی با ویژگی های فیزیکی و شیمیایی مطلوب تولید کرد.

۵-تشریح و قدردانی

نگارندگان مقاله مراتب سپاس خود را از معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل کمک و حمایت مالی ابراز می دارد. تحقیق نویسنده مسئول از حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد با کد طرح پژوهشی (۵۷۹۰۲/ ۳) برخوردار بوده است. همچنین از کارخانه لبنیات آستان قدس رضوی، کارخانه لبنیات پگاه خراسان رضوی به دلیل همکاری در تولید نمونه های پنیر، و نیز آزمایشگاه مرکزی و آزمایشگاه بیوتکنولوژی مولکولی دانشگاه فردوسی مشهد بدلیل همکاری در انجام آزمایشات این مقاله و پایان نامه تشکر و قدردانی مینمایند.

مانند متیل کتون، الکل ها و لاکتون می گردد. از فاکتورهای عمده موثر بر میزان لیپولیز می توان به نوع و کیفیت شیر، دمای پاستوریزاسیون شیر پنی سازی، آغازگر مورد استفاده، دمای نگهداری و رسیدن، غلظت آب نمک و لیپاز شیر اشاره کرد [۴۵]. لیپاز در پنیر از شش منبع سرچشمه می گیرد: شیر، رنت، آغازگر، کشت های الحاقی، باکتری های غیر آغازگر و لیپازهای خارجی در صورت استفاده [۵۶]. مشخص شده است که وقتی مقادیر باکتری های لاکتیکی غیر آغازگری در پنیر به میزان زیادی افزایش می یابد، این باکتری ها ممکن است فعالیت های لیپازی و استرازی را متعادل کنند و به خروج اسیدهای چرب آزاد طی رسیدن کمک کنند [۵۱]. هاینس و همکاران (۲۰۰۲) تاثیر استفاده از آغازگرهای مختلف و لاکتوباسیلوس های الحاقی (۵ سویه لاکتوباسیلوس پلانتراروم، ۱ سویه لاکتوباسیلوس پنتوسوس و ۴ سویه لاکتوباسیلوس کازئی) را بر رسیدن پنیر دلمه شسته بررسی نمودند [۵۲]. آن ها بیان کردند صرف نظر از نوع آغازگر تجاری به کار رفته بعد از ۲۸ روز رسیدگی میزان لیپولیز و سطوح اسیدهای چرب در همه انواع پنیرهای حاوی کشت الحاقی بیشتر از نمونه شاهد بود که این یافته ها در توافق با نتایج این پژوهش بود. همانگونه که ذکر گردید در تمامی تیمارها میزان لیپولیز در طول دوره نگهداری افزایش پیدا کرد که که مطابق با نتایج زانتوپولوس و همکاران (۲۰۰۰)، آتاسوی و همکاران (۲۰۰۸) و لواسانی (۲۰۱۱) بود [۵۷ و ۵۵].

۴-نتیجه گیری کلی

در این پژوهش اثر جدایه های لاکتیکی مختلف (ایزوله شده از دلمه، پنیر تازه و پنیر رسیده لیقوان و ماست) در قالب ۵ تیمار مختلف، بر ویژگی های فیزیکی و شیمیایی پنیر فتا تهیه شده به روش سنتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، pH روند کاهشی را تجربه کرد، در حالی که اسیدیته روند افزایشی را نشان داد، که در این میان بیشترین و کمترین میزان pH به ترتیب مربوط به تیمار (۱) حاوی لاکتوباسیلوس پلانتراروم-لاکتوباسیلوس

۵-منابع

- [1]. López-Expósito, I., Amigo, L., & Recio, I. (2012). A mini-review on health and nutritional aspects of cheese with a focus on bioactive peptides.
- [2]. Ghoddosi, H., B. Habibi Najafi, M. B. Mazaheri Tehrani, M. and Razavi, M. A. 2004. Production of Feta Cheese by Industrial and Traditional Methods. Ferdowsi University of Mashhad Publications.
- [3]. Ahmed, M. E., Rathnakumar, K., Awasti, N., Elfaruk, M. S., & Hammam, A. R. (2021). Influence of probiotic adjunct cultures on the characteristics of low-fat Feta cheese. *Food Science & Nutrition*, 9(3), 1512-1520.
- [4]. Hamdy, A. M., Ahmed, M. E., Mehta, D., Elfaruk, M. S., Hammam, A. R. A., & El-erwy, Y. M. A. (2020). Enhancement of low-fat Feta cheese characteristics using probiotic bacteria. *Food Science & Nutrition*, 8(11), fsn3.1889. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1889>.
- [5]. Bintsis, T., & Robinson, R. (2004). A study of the effects of adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese. *Food Chemistry*, 88(3), 435-441. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.057>
- [6]. W.C. Meijer, H.B. Brandsma: Application of Lactic Acid Bacteria in Dairy Starters. In: *Food Fermentation*, R.M.J. Nout, W.M. de Vos, M.H. Zweitering (Eds.), Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands (2005) pp. 61-67.
- [7]. Leboš Pavunc, A., Beganović, J., Kos, B., Uroić, K., Blažić, M., & Šušković, J. (2012). Characterization and application of autochthonous starter cultures for fresh cheese production. *Food Technol Biotechnol*, 50(2), 141-51.
- [8]. Edalatian, M. R., Najafi, M. B. H., Mortazavi, S. A., Alegria, Á., Nassiri, M. R., Bassami, M. R., & Mayo, B. (2012). Microbial diversity of the traditional Iranian cheeses Lighvan and Koozeh, as revealed by polyphasic culturing and culture-independent approaches. *Dairy science & technology*, 92, 75-90.
- [9]. Hajimohammadi Farimani, R., Habibi Najafi, M. B., Fazly Bazzaz, B. S., Edalatian, M. R., Bahrami, A. R., Flórez, A. B., & Mayo, B. (2016). Identification, typing and functional characterization of dominant lactic acid bacteria strains from Iranian traditional yoghurt. *European Food Research and Technology*, 242, 517-526.
- [10]. Iran Standard no. 2344 (1402)., Brined Cheese. Specification and test methods. *National Standards Authority of Iran, Tehran, Iran*.
- [11]. Iran Standard no. 1753 (1398)., Cheese and processed cheese products: Determination of Total solids. Specification and test methods. *National Standards Authority of Iran, Tehran, Iran*.
- [12]. Iran Standard no.2852. (1401) Milk and milk products. Determination of titrable acidity and pH - Test method. *National Standards Authority of Iran, Tehran, Iran*.
- [13]. Iran Standard no.1809. (1399). Determination of chloride content. *National Standards Authority of Iran, Tehran, Iran*.
- [14]. Iran Standard no.8785. Cheese – Determination of fat content. *National Standards Authority of Iran, Tehran, Iran*.
- [15]. Iran Standard no 9188-1. (1394). Milk and milk products — Determination of nitrogen content —Part 1: Kjeldahl principle and crude protein calculation. *National Standards Authority of Iran, Tehran, Iran*.
- [16]. Kuchroo, C.N., and Fox, P.F. (1982). Soluble nitrogen in cheddar cheese. comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 937, 331-335.
- [17]. Marshal, R.T. (1992). Standard methods for the examination of dairy products. pp: 271-272.
- [18]. 1. Fox, P. F., Mc. Sweeney, P. L., Cogan, T. M., and Guinee, T. P. (Eds.), 2004. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: General Aspects (Vol. 1). Academic Press.
- [19]. Sarantinopoulos, P., Kalantzopoulos, G., & Tsakalidou, E. (2002). Effect of Enterococcus faecium on microbiological, physicochemical and sensory characteristics of Greek Feta cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 76(1-2), 93-105.
- [20]. Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia, S. (2007). Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. *Journal of dairy science*, 90(9), 4058-4070.
- [21]. Khosrowshahi, A., Madadlou, A., zadeh Mousavi, M. E., & 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.
- [22]. Gholamhosseinpour, A., & Zare, S. (2024). Investigating the effect of Persian gum on physicochemical, textural and rheological

- characteristics of UF white brined cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 155, 105952.
- [23]. Mantzourani, I., Terpou, A., Alexopoulos, A., Chondrou, P., Galanis, A., Bekatorou, A.,... & Plessas, S. (2018). Application of a novel potential probiotic lactobacillus paracasei strain isolated from kefir grains in the production of feta-type cheese. *Microorganisms*, 6(4), 121.
- [24]. Terzić-Vidojević, A., Veljović, K., Popović, N., Tolinački, M., & Golić, N. (2021). Enterococci from raw-milk cheeses: current knowledge on safety, technological, and probiotic concerns. *Foods*, 10(11), 2753.
- [25]. Ciocia, F., McSweeney, P. L., Piraino, P., & Parente, E. (2013). Use of dairy and non-dairy Lactobacillus plantarum, Lactobacillus paraplantarum and Lactobacillus pentosus strains as adjuncts in cheddar cheese. *Dairy Science & Technology*, 93, 623-640.
- [26]. Kayagil, F. (2006). Effect of traditional starter cultures on quality of cheese (Master's thesis, Middle East Technical University).
- [27]. Nelson, B. K., & Barbano, D. M. (2004). Reduced-fat Cheddar cheese manufactured using a novel fat removal process. *Journal of dairy science*, 87(4), 841-853.
- [28]. Kondyli, E., Katsiari, M. C., Masouras, T., & Voutsinas, L. P. (2002). Free fatty acids and volatile compounds of low-fat Feta-type cheese made with a commercial adjunct culture. *Food Chemistry*, 79(2), 199-205.
- [29]. Sadeghi, F. and Nateghi, L. (2020). Investigating the sensory properties and antimicrobial effect of frankincense and shallots essential oil on *Listeria monocytogenes* bacteria in white brined cheese. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(4), 343-356. doi: 10.22067/ifstrj.v16i4.80935
- [30]. Hayaloglu, A., Guven, M., Fox, P. & McSweeney, P. (2005). Influence of starters on chemical, biochemical, and sensory changes in Turkish white-brined cheese during ripening. *Journal of Dairy Science*, 88, 3460-3474.
- [31]. Hayaloglu, A., Tolu, C. & Yasar, K. (2013). Influence of goat breeds and starter culture systems on gross composition and proteolysis in Gokceada goat cheese during ripening. *Small Ruminant Research*, 113, 231-238.
- [32]. Milci, S., Goncu, A., AlpKent, Z. A. F. E. R., & Yaygin, H. (2005). Chemical, microbiological and sensory characterization of Halloumi cheese produced from ovine, caprine and bovine milk. *International Dairy Journal*, 15(6-9), 625-630.
- [33]. SHAHAB LAVASANI, A. R., Ehsani, M. R., Mirdamadi, S., & EBRAHIM ZADEH MOUSAVI, M. A. (2012). Changes in physicochemical and organoleptic properties of traditional Iranian cheese Lighvan during ripening. *International journal of dairy technology*, 65(1), 64-70.
- [34]. Aly, M. E. (1995). An attempt for producing low-sodium Feta-type cheese. *Food chemistry*, 52(3), 295-299.
- [35]. Azarnia, S., Ehsani, M. R., & Mirhadi, S. A. (1997). Evaluation of the physico-chemical characteristics of the curd during the ripening of Iranian brine cheese. *International Dairy Journal*, 7(6-7), 473-478.
- [36]. Al-Otaibi, M. M., & Wilbey, R. A. (2004). Effect of temperature and salt on the maturation of white-salted cheese. *International journal of dairy technology*, 57(1), 57-63.
- [37]. Lopez, C., Camier, B., & Gassi, J. Y. (2007). Development of the milk fat microstructure during the manufacture and ripening of Emmental cheese observed by confocal laser scanning microscopy. *International Dairy Journal*, 17(3), 235-247.
- [38]. Sobhi Sarabi, Y., Hesari, J., Peyghamdoost, S. H. and Raft, A. (2014). Physicochemical and sensory properties of pasteurized sheep cheese with the addition of Lactobacillus casei and Lactobacillus plantarum strains isolated from traditional Lighvan cheese. *Food Industry Research (Agricultural Science)*, 24(3): 413-423.
- [39]. Hynes, E., Ogier, J. C., Son, O., & Delacroix-Buchet, A. (2003). Influence of starter and adjunct lactobacilli culture on ripening of miniature washed-curd cheeses. *Le Lait*, 83(1), 17-29.
- [40]. Muir, D. D., Banks, J. M., & Hunter, E. A. (1996). Sensory properties of Cheddar cheese: effect of starter type and adjunct. *International Dairy Journal*, 6(4), 407-423.
- [41]. Karimi, R., Mortazavian, A. M., & Karami, M. (2012). Incorporation of Lactobacillus casei in Iranian ultrafiltered Feta cheese made by partial replacement of NaCl with KCl. *Journal of dairy science*, 95(8), 4209-4222.
- [42]. Karami, M., Ehsani, M., Mousavi, S., Rezaei, K. & Safari, M. (2009b). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food chemistry*, 112, 539-544.
- [43]. Fathollahi, I., Hesari, J., Azadmard, S., & Oustan, S. (2010). Influence of proteolysis and soluble calcium levels on textural changes in the interior and exterior of Iranian UF white cheese during ripening. *World Acad. Sci. Eng. Technol*, 66, 844-849.
- [44]. Miočinović J. Puđa, P., Radulović, Z., Pavlović, V., Miloradović, Z., Radovanović, M., & Paunović, D. (2011). Development of low fat UF cheese technology. *Mljekarstvo*, 61(1), 33.
- [45]. De Wit, M., Osthoff, G., Viljoen, B. C., & Hugo, A. (2005). A comparative study of lipolysis and proteolysis in Cheddar cheese and yeast-inoculated Cheddar cheeses during ripening. *Enzyme and Microbial Technology*, 37(6), 606-616.
- [46]. Hesari, J., Ehsani, M. R., Khosroshahi, A., & McSweeney, P. L. (2006). Contribution of rennet and

- starter to proteolysis in Iranian UF white cheese. *Le Lait*, 86(4), 291-302.
- [47]. Franz, C. M., Holzapfel, W. H., & Stiles, M. E. (1999). Enterococci at the crossroads of food safety?. *International journal of food microbiology*, 47(1-2), 1-24.
- [48]. Torres-Llanez, M. J., Vallejo-Cordoba, B. , Díaz-Cinco, M. E. , Mazorra-Manzano, M. A. , & González-Córdova, A. F. (2006). Characterization of the natural microflora of artisanal Mexican Fresco cheese. *Food control*, 17(9), 683-690.
- [49]. Lane, C. N. , & Fox, P. F. (1996). Contribution of starter and adjunct lactobacilli to proteolysis in Cheddar cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 6(7), 715-728.
- [50]. Swearingen, P. A. , O'sullivan, D. J. , & Warthesen, J. J. (2001). Isolation, characterization, and influence of native, nonstarter lactic acid bacteria on Cheddar cheese quality. *Journal of Dairy Science*, 84(1), 50-59.
- [51]. Di Cagno, R., Quinto, M., Corsetti, A., Minervini, F., & Gobbetti, M. (2006). Assessing the proteolytic and lipolytic activities of single strains of mesophilic lactobacilli as adjunct cultures using a Caciotta cheese model system. *International Dairy Journal*, 16(2), 119-130.
- [52]. Hynes, E. , Ogier, J. C. , Lamberet, G. , & Delacroix-Buchet, A. (2002). The influence of starter and adjunct lactobacilli culture on the ripening of washed curd cheeses. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 19, 397-402.
- [53]. Ong, L., Henriksson, A., & Shah, N. P. (2007). Proteolytic pattern and organic acid profiles of probiotic Cheddar cheese as influenced by probiotic strains of *Lactobacillus acidophilus*, *Lb. paracasei*, *Lb. casei* or *Bifidobacterium* sp. *International Dairy Journal*, 17(1), 67-78.
- [54]. Franco, I., Prieto, B., Urdiales, R., Fresno, J. M., & Carballo, J. (2001). Study of the biochemical changes during ripening of Ahumado de Aliva cheese: a Spanish traditional variety. *Food Chemistry*, 74(4), 463-469.
- [55]. Atasoy, A. F., & Türkoğlu, H. (2008). Changes of composition and free fatty acid contents of Urfa cheeses (a white-brined Turkish cheese) during ripening: Effects of heat treatments and starter cultures. *Food Chemistry*, 110(3), 598-604.
- [56]. Holland, R. , Liu, S. Q. , Crow, V. L. , Delabre, M. L. , Lubbers, M. , Bennett, M. , & Norris, G. (2005). Esterases of lactic acid bacteria and cheese flavour: Milk fat hydrolysis, alcoholysis and esterification. *International Dairy Journal*, 15(6-9), 711-718.
- [57]. Xanthopoulos, V. , Polychroniadou, A. , Litopoulou-Tzanetaki, E. , & Tzanetakis, N. (2000). Characteristics of Anevato cheese made from raw or heat-treated goat milk inoculated with a lactic starter. *LWT-Food Science and Technology*, 33(7), 483-488.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Evaluation the impact of lactic isolates from local dairy products as adjunct culture and ripening period on physico-chemical properties of Feta cheese

Fatemeh Khosravi¹, Mohammad Reza Edalatian Dovom², Mohammad Bagher Habibi Najafi³, Leila yousefi⁴

- 1- Former MSc Student of Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad.
- 2- Associate Professor, Faculty member of Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad.
- 3- Retired Full Professor, Faculty member of Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad.
- 4- Former PhD Student of Food Science and Technology Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 2025/06/23

Accepted: 2025/08/20

Keywords:

Feta cheese,

Lactic acid isolate,

Local dairy products.

DOI: 10.48311/fsct.2025.84052.0.

*Corresponding Author E-

edalatian@um.ac.ir.

ABSTRACT

In this research, the effect of five different treatments as adjunct culture, including different combinations of lactic acid bacteria strains (isolated from cheese curd, fresh cheese, Lighvan ripened cheese, and yogurt) on the physicochemical parameters (% dry matter, % acidity, pH, % salt, % fat, % total nitrogen, proteolysis (% soluble N to total N), and lipolysis of feta cheese prepared by the traditional methods were investigated during 60 days. Five Treatments in this study include: T1: *Lactiplantibacillus plantarum*+*Lb. helveticus*, T2: *Enterococcus faecium* + *Lb. helveticus*, T3: *Lactococcus lactis* + *Streptococcus thermophilus* + *Lb. delbruckeii*, T4: *Lb. plantarum*+*Ent. faecium* and T5: (control): *Lac. lactis* ssp *lactis*+ *Lac. lactis* ssp *cremoris*. The results showed that as the storage time progressed, the pH of all treatments decreased (from 6.3 to 5.9) and the acidity increased (from 0.27 to 0.66) significantly ($p < 0.01$). Among treatments, the highest pH belonged to T1 (6.21) and the lowest pH, belonged to T5 (5.94). Also dry matter of all treatments experienced declining trend (from 38.46 to 34.008) significantly ($p < 0.01$) with storage time. The highest amount of % dry matter, % total N and % salt, was related to T1 on day 60. The measurement of the proteolysis and lipolysis indices showed that the highest amount at the end of the storage period was related to the T3, 10.40 and 10.199, respectively. In general, the outcomes of this research showed that with the help of T1, (*Lb. plantarum* and *Lb. helveticus*) to feta cheese formulation, a product with desirable physicochemical characteristics can be produced.