بررسی تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر ویژگی‌های اسید چرب آزاد پنیر کوزه

نفیسه محرابی[۱]، **علیرضاشهاب لواسانی*[۲]**، آریا اشجع اردلان[۳]

[۱]گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد ورامین –پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

[۳] گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۲۹

چکیده

پنیر کوزه، پنیری سخت وتا حدی اسیدی وشورمزه است که حالت گرانولی داشته و ظاهری خشک دارد. در این مطالعه تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ ٪) بر ویژگی‌های اسیدهای چرب آزاد، چربی، پراکسید و اسیدیته پنیر کوزه در طی مدت ماندگاری ۹۰ روزه بررسی شد. نتایج نشان داد، جایگزین کردن مقداری NaCl با KCl و گذشت زمان در طول دوره رسیدن (۵، ۴۵ و ۹۰ روز) بر میزان چربی و پراکسید تاثیر معنی‌داری نداشت($p>0.05$). مقدار اسیدیته در تیمارهای مختلف با جایگزینی نمک NaCl با KCl تغییر معنی‌داری نداشت. در طی دوره رسیدن، میزان اسیدیته صورت معنی‌دار افزایش یافت($p<0.05$). مطابق نتایج اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای چرب، میزان اسید چرب C4 در تمامی تیمارهای تولید شده و نمونه شاهد و در طول دوره رسیدن (۵، ۴۵ و ۹۰ روز) بسیار ناچیز بود و قابل اندازه‌گیری نبود و جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان پروفایل اسیدهای چرب آزاد به جز اسید استئاریک (C18) تاثیری نداشت. به طوری‌که تغییرات معنی‌داری در میزان تمامی اسیدهای چرب آزاد اندازه‌گیری شده در بین تیمارهای مختلف تولید شده مشاهده نشد ($p>0.05$). از نظر امتیاز حسی پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری میان تیمار شاهد با تیمار حاوی ۹ ٪ KCl + ۳ ٪ NaCl مشاهده شد. همچنین، نزدیکترین تیمار از نظر امتیاز حسی عطر و طعم، بافت، ظاهر و پذیرش کلی به تیمار شاهد، تیمار T1 حاوی ۳ ٪ KCl + ۹ ٪ NaCl مربوط بود. به‌طور کلی، نتایج به‌دست آمده در این مطالعه نشان داد می‌توان به میزان ۵۰ ٪ نمک NaCl را با KCl جایگزین کرد.

کلمات کلیدی: پنیر کوزه، اسید چرب آزاد، چربی، نمک، NaCl، KCl

* shahabam20@yahoo.com

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

مقدمه

پنیر یکی از مهم‌ترین محصولات شیری با ارزش غذایی بالا است. ویژگی‌های تغذیه‌ای و از سوی دیگر ویژگی‌های ارگانولپتیک خاص آن ازجمله عطر، بافت و غیره که خود تحت تأثیر مراحل تهیه شیر اولیه تا محصول کاملاً رسیده قرار دارد، موجب تمایز این محصول از سایر فراورده‌های شیری شده است(۱). در ایران، پنیر کوزه یکی از مشهورترین پنیرهای سنتی است که در مناطق شمال غربی کشور تولید می‌شود و به دلیل داشتن عطر و طعم مطلوب و قوی، بازارپسندی بالایی دارد. این نوع پنیر معمولاً از شیر خام گوسفند و بدون افزودن مایه آغازگر تهیه می‌شود. ازاین‌رو، فلور طبیعی شیر خام منطقه یکی از مهم‌ترین عوامل رسیدن و تولید عطروطعم خاص این پنیر هستند. نمک یکی از افزودنی‌های غذایی باارزش از آغاز تمدن بشریت بوده است که تاریخچه آن به‌عنوان یک افزودنی به ۳۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد. نمک یک ترکیب شیمیایی شامل دو عنصر پایه‌ای، سدیم کاتیونی (Na^+) و کلریدآنیونی (Cl^-) می‌باشد که با یکدیگر برای تشکیل یک نمک هالید به نام کلرید سدیم (NaCl) واکنش می‌دهد. یون سدیم برای همه پستان داران ازجمله انسان از جهت حفظ حجم خون و فشار اسمزی سلول و انتقال پیام‌های عصبی موردنیاز می‌باشد. بااین‌حال به دلیل ارتباط میزان دریافت سدیم با فشارخون، پوکی استخوان و تشکیل سنگ‌های کلیوی ، نگرانی مصرف‌کنندگان به مصرف سدیم در مورد غذاهای فراوری‌شده روزبه‌روز در حال افزایش است(۲). سدیم یک ماده معدنی ضروری است که نقش‌های مختلفی را در بدن به عهده دارد. پتاسیم، سدیم باهم در برقراری تعادل مایعات پایدار و تنظیم حمل‌ونقل مواد مغذی و سایر مولکول‌ها به داخل و خارج از سلول کمک می‌کند. علاوه بر این، نقش مهمی در انتقال ضربات عصبی و در انقباض عضلانی دارد. درنهایت، سدیم کمک می‌کند تا حفظ تعادل اسید و باز در بدن است. نمک رشد باکتری‌های نامطلوب را در پنیر به تعویق می‌اندازد. به غلبه فلور میکروبی مطلوب کمک می‌کند، باعث کنترل سرعت تخمیر اسیدلاکتیکی می‌شود و طعم پنیر را نیز طی دوره رسیدن بهبود می‌دهد. درصورتی‌که غلظت نمک در پنیر کاهش یابد، خصوصیات شیمیایی،فیزیکی،حسی،رئولوژیکی و میکروبی ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد. بدین منظور تلاش های زیادی توسط مجامع علمی و فراورده‌های لبنی برای رسیدن به یک پنیر کم‌نمک ذائقه پذیر با بکار گیری مخلوط‌های KCl و NaCl انجام شده است. نمک‌های متفاوتی به‌عنوان جایگزین برای کلرید سدیم ارزیابی و بررسی‌شده‌اند. این نمک‌ها شامل کلرید پتاسیم، کلرید منیزیم، کلرید آمونیم و کلرید لیتیم می‌باشد که هرکدام دارای معایب خاص خود می‌باشند. علی‌رغم طعم و مزه تلخ نمک به‌طور گسترده و موفقیت‌آمیزی به‌صورت جایگزین نسبی نمک کلرید سدیم بکار برده شده است. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که افزایش دریافت پتاسیم از طریق رژیم غذایی می‌تواند اثر حفاظت کننده بر افراد دارای فشارخون بالا باشد. همچنین، افزایش دریافت پتاسیم باعث کاهش دفع کلسیم از طریق ادرار و درنتیجه کاهش احتمال ابتلا به پوکی استخوان می‌شود. بسیاری از افرادی که از رژیم‌های با میزان کم‌سدیم به خاطر اثرات سلامت بخشی آن استفاده می‌کنند، از مصرف پنیرهای رسیده به دلیل مقدار سدیم بالای آن‌ها خودداری می‌کنند.بنابراین صنایع فراورده‌های لبنی راه‌هایی را برای کم کردن مقدار NaCl پنیرهای فراوری‌شده یا پنیر طبیعی که حاوی سدیم بیشتری از دیگر فراورده‌های لبنی هستند، جستجو می‌کنند. پروتئولیز، فعالیت آبی، اسیدیته و تلخی همگی افزایش می‌یابند و سفتی و شوری کاهش می‌یابند(۲). با توجه به اثرات مثبت کلرید پتاسیم در بهبود کیفیت تغذیه‌ای غذاهای نمک‌دار و تمایل تولیدکنندگان به تولید محصولات با تنوع بیشتر و تولید پنیر کم‌نمک تربا ارزش سلامت بخشی بیشتر، هدف از این پژوهش بررسی امکان‌سنجی جایگزینی KCl با NaCl در پنیر کوزه و ارزیابی ترکیب اسیدهای چرب آزاد آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

روش تهیه پنیر کوزه

برای تولید پنیر به روش سنتی، ابتدا شیر خام با ماده خشک ۸/۲۵ ٪ و چربی ۳/۱ ٪ تا دمای حدود ۴۱ °C گرم شد

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

و سپس تا دمای حدود ۳۲ °C خنک شد. پس از گذشت ۳۰ min، مایه‌پنیر قارچی رنی لسه (شرکت دی اس ام، فرانسه) به میزان ۰/۰۱ گرم وزنی در لیتر به شیر افزوده‌شده و به‌خوبی هم زده و باگذشت زمان حدود ۵۰ min–۴۵ با انعقاد شیر برای عمل آبگیری، ابتدا دلمه به قطعات تقریبی cm^3 ۱×۱×۱ در دو جهت بریده‌شده و برای خروج هرچه بیشتر آب، دلمه به‌صورت مورب با چاقوی تیز برش داده شد. سپس، برای پرس دلمه‌ها از وزنه‌هایی با وزن حدود ۰/۱ وزن شیر استفاده شد. این مرحله آبگیری حدود ۱ h طول کشید. لخته قالب‌گیری شده پنیر پس از توزین به آب نمک اشباع ۲۱ ٪ پاستوریزه منتقل شد و به مدت ۲۴ h در دمای ۲۰ °C باقی ماند. پس از گذشت ۲۴ h، قالب‌های پنیر از آب‌نمک اشباع خارج‌شده و ۳ روز، هرروز در دو نوبت صبح و عصر نمک خشک دانه‌درشت بر روی قالب‌ها پاشیده شد. قالب‌ها سروته شدند تا نمک خشک کاملاً سطح قالب‌های پنیر را بپوشاند. پس از گذشت ۳ روز، قالب‌های پنیر به مدت ۳ روز در آب‌نمک (سدیم کلرید) با غلظت‌های ۱۲ ٪ (نمونه شاهد) و آب‌نمک (پتاسیم کلرید) با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ ٪ جایگزین آب‌نمک (سدیم کلرید) قرار داده شد و آزمایشات موردنظر شامل اندازه‌گیری اسیدهای چرب آزاد، اسیدیته، چربی، پراکسید در فواصل زمانی ۵، ۴۵ و ۹۰ روز انجام شد.تحقیقات میدانی انجام گرفته از تولید کنندگان سنتی متعدد پنیرهای کوزه‌ای در شمال‌غرب کشور نشان داد برای رسیدن پنیر، پیش از پرکردن در کوزه به مدت حدود دو ماه در داخل آب نمک قرار می‌گیرد. پس از گذشت دو ماه قالب‌های پنیر از آب نمک خارج شدند و پس از خرد شدن، داخل کوزه‌های سفالی و ظروف پلی‌اتیلنی قرار گرفتند. سپس، در عمق ۱/۵ m زمین در دمای ۸ °C– تا۱۰– در زیر خاک دفن شدند (۳).

آنالیز اسیدهای چرب آزاد

تجزیه‌وتحلیل لیپولیز در نمونه‌های تولیدشده پنیر در فواصل زمانی ۵، ۴۵ و ۹۰ روزه با اندازه‌گیری مقدار اسید چرب آزاد (FFA) ارزیابی شد. گرفتن چربی پنیر و جداسازی از اسیدهای چرب آزاد (FFA) به کمک دستگاه GC انجام‌شد. مراحل کار به شرح زیر می‌باشد.

آماده‌سازی نمونه

مقدا ۲/۵ gr از نمونه پنیر با ۴ gr سدیم سولفات بی‌آب (Na_2So_4) و پس‌ازآن ۰/۴ ml اسیدسولفوریک (H_2So_4) M ۲/۵ و ۱ ml محلول استاندارد داخلی حاوی ($C_{13:0}$،$C_{17:0}$) mg ۰/۵ در هر ۱ ml به آن اضافه شد. مقدار ۴ gr سدیم سولفات بی‌آب (Na_2So_4) و پس از آن ۰/۴ ml اسیدسولفوریک (H_2So_4) ۲/۵ M و ۱ ml محلول استاندارد داخلی حاوی ($C_{13:0}$،$C_{17:0}$) ۰/۵ mg در هر ۱ ml به ۲/۵ gr از نمونه پنیر اضافه شد. این مخلوط سه بار با ۳ ml دی اتیل اتر/ هپتان (۱: ۱، V/V) استخراج شد. پس از هر بار نمونه‌گیری، این محلول با سانتریفیوژ (بکمن سانتریفیوژ، مدل۶– TJ، USA) با rpm ۲۰۰۰ به مدت ۵ min در دمای ۲۵ °C مخلوط شد و لایه حلال به یک لوله درب پیچ دار حاوی ۱ gr سولفات سدیم بی‌آب (Na_2So_4) منتقل شد. دی اتیل اتر/ هپتان جمع شده به یک پیش ستون (MEGA BOND ELUT NH_2) ml ۲/۸، حاوی ۵۰۰ mg سیلیکا اصلاح‌شده با گروه آمینو پروپیل، منتقل شد که با ۱۰ ml هپتان فعال شده بود. چربی‌های خنثی از ستون با ۱۰ ml کلروفرم / ۲–پروپانول (۲: ۱، V /V) شسته شدند. اسیدهای چرب آزاد (FFA) با ۱۰ ml دی اتیل اتر حاوی ۲ ٪ اسید فرمیک شسته شده و سپس اسیدهای چرب آزاد (FFA) در یک لوله درب پیچی جمع‌آوری شدند. برای اندازه‌گیری اسید چرب با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی، یک نمونه به حجم ۰/۱ µl از این محلول از هر نمونه پنیر برداشته شد. مدل کروماتوگرافی گازی ستاره ۳۴۰۰ مجهز به یک ستون تزریق کننده و یک نور یون یاب (FID) با یک ستون مویرگی BP ۲۱– (طول ۳۰ m، قطر داخلی ۰/۵۳ mm) استفاده شد (۴).

اندازه‌گیری چربی

چربی نمونه‌های پنیر کوزه مطابق روش استاندارد ملی ایران شماره ۳۶۶ انجام شد (۵).

اندازه‌گیری عدد پراکسید

برای اندازه‌گیری عدد پراکسید نمونه‌های پنیر کوزه از روش استاندارد ملی ایران شماره ۴۱۷۹ استفاده شد (۶).

اندازه‌گیری اسیدیته

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

برای اندازه‌گیری اسیدیته نمونه‌های پنیر کوزه از روش استاندارد ملی ایران شماره ۲۸۵۲ استفاده شد (۷).

آزمون ارزیابی حسی

این آزمون بر حسب ویژگی پذیرش کلی حاصل از ارزیابی‌های عطر و طعم، بافت و ظاهر نمونه‌های پنیر کوزه تولیدی با درصدهای متفاوت نمک KCl و NaCl توسط ده ارزیاب آموزش دیده و مجرب به روش هدونیک تست[1] [2] انجام شد. در این آزمون معیار ارزیابی، امتیازات حسی داده شده در دامنه ۱ تا ۵ است. امتیاز عددی ۱ به منزله نمونه بسیار ضعیف و امتیاز حسی ۵ به منزله بسیار خوب می‌باشد (۸).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای تشخیص معنی‌داری ($p< 0.05$) و عدم معنی‌داری ($p> 0.05$) تیمارها از تجزیه واریانس دوطرفه استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ انجام شد.

نتایج و بحث

آزمون‌های شیمیایی

اندازه‌گیری چربی

نتایج تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان چربی پنیرهای کوزه تولیدشده در جدول ۱ نشان داده‌شده است.

اندازه‌گیری اسیدیته

نتایج تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان اسیدیته پنیرهای کوزه تولیدشده در جدول ۲ نشان داده‌شده است. همان‌گونه که نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان اسیدیته پنیر کوزه در جدول۲ نشان می‌دهد، بین نمونه شاهد و سایر تیمارها ازنظر مقدار اسیدیته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p> 0.05$).

جدول ۱ میانگین میزان چربی اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه * (گرم در صد)

نام تیمار	روز۵	روز۴۵	روز ۹۰
شاهد (C)	۱۶/۳۱±۰/۰۲^{Aa}	۱۶/۳۸±۰/۰۴^{Aa}	۱۶/۳۹±۰/۰۲^{Aa}
T_1 (NaCl ٪ ۹+KCl ٪ ۳)	۱۶/۱۹±۰/۰۴^{Aa}	۱۶/۳۴±۰/۰۱^{Aa}	۱۶/۴۴±۰/۰۲^{Aa}
T_2 (NaCl ٪ ۶+KCl ٪ ۶)	۱۶/۲۷±۰/۰۴^{Aa}	۱۶/۳۲±۰/۰۲^{Aa}	۱۶/۳۸±۰/۰۵^{Aa}
T_3 (NaCl ٪ ۳+KCl ٪ ۹)	۱۶/۳۷±۰/۰۴^{Aa}	۱۶/۳۸±۰/۰۱^{Aa}	۱۶/۳۸±۰/۰۵^{Aa}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک و در هر سطر میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف بزرگ، تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش‌شده است

جدول ۲ میانگین میزان اسیدیته (گرم در صد برحسب اسیدلاکتیک) اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه*

نام تیمار	روز۵	روز۴۵	روز ۹۰
شاهد (C)	۰/۹۴±۰/۰۴^{Aa}	۱/۵۷±۰/۰۱ ^{Ba}	۱/۹۸±۰/۰۱^{Ca}
T_1 (NaCl ٪ ۹+KCl ٪ ۳)	۰/۹۳±۰/۰۱^{Aa}	۱/۵۷±۰/۰۲ ^{Ba}	۱/۹۷±۰/۰۳ ^{Ca}
T_2 (NaCl ٪ ۶+KCl ٪ ۶)	۰/۹۴±۰/۰۴^{Aa}	۱/۵۸±۰/۰۱ ^{Ba}	۱/۹۸±۰/۰۱ ^{Ca}
T_3 (NaCl ٪ ۳+KCl ٪ ۹)	۰/۹۵±۰/۰۲^{Aa}	۱/۵۹±۰/۰۵ ^{Ba}	۱/۹۹±۰/۰۲ ^{Ca}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک و در هر سطر میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف بزرگ، تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش‌شده است.

[1] Hedonic Test

[2] Hedonic Test

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

همچنین، با گذشت زمان در طول دوره رسیدن، میزان اسیدیته به‌صورت معنی‌دار در مقایسه با روز پنجم افزایش یافت ($p<0.05$). اسیدیته درواقع مقدار اسیدهای چرب آزاد موجود در نمونه می‌باشد. با پیشرفت دوره رسیدن پنیر، تبدیل لاکتوز باقی‌مانده به اسیدلاکتیک و اسید استیک و اسید پروپیونیک و به دنبال آن افزایش میزان اسیدیته قابل تیتر مشاهده می‌شود و مقدار اسیدیته در طی رسیدن پنیر افزایش می‌یابد. علت بروز این پدیده به پیشرفت پروتئولیز و لیپولیز و افزایش میزان اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب نسبت داده می‌شود(۹-۱۱). Soares و همکاران (۲۰۱۶) به نتایج مشابهی دست یافتند، آن‌ها تأثیر جایگزینی نمک کلرید سدیم با کلرید پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪) را در پنیر (São João) ایسلند طی دوره رسیدن ۴۰ روزه را مورد بررسی قرار دادند(۱۲). نتایج به‌دست آمده نشان داد، جایگزینی نمک کلرید سدیم با کلرید پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ٪) تأثیر معنی‌داری در میزان اسیدیته پنیرهای تولیدشده نداشت ($p>0.05$). در تائید نتایج پژوهش فوق، درستی و همکاران به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها اثر جایگزینی نسبی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم در آب‌نمک پنیر سازی بر ویژگی‌های پنیر سفید ایرانی را بررسی و گزارش کردند پنیر سفید تهیه‌شده با مخلوط NaCl/KCl تفاوت معنی‌داری ازلحاظ ویژگی‌های اسیدیته در مقایسه با نمونه شاهد نداشت و با افزایش دوره رسیدن میزان اسیدیته در نمونه‌ها افزایش یافت(۱۳). Kamleh و همکاران (۲۰۱۴) به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl (۰، ۳۰ و ۷۰) در پنیر (Akkawi) موردبررسی قراردادند و گزارش کردند، اختلاف معنی‌داری بین میزان چربی تیمارهای تولیدشده با نمونه شاهد مشاهده نشد ($p>0.05$) و باگذشت زمان میزان اسیدیته در تمامی تیمارها افزایش یافت ($p<0.05$) (۱۴). Nasr (۲۰۱۵)، تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl (۲۵، ۵۰ و ۷۵ ٪) در پنیر موزارلا را بررسی کرد و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده گزارش داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان اسیدیته تیمارهای تولیدشده با نمونه شاهد مشاهده نشد ($p<0.05$)، اما باگذشت زمان در طول دوره رسیدن ۵ ماهه، افزایش میزان اسیدیته در تمامی نمونه‌ها مشاهده شد (۱۵). McMahon و همکاران (۲۰۱۴) به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها تأثیر جایگزینی نمک سدیم با پتاسیم، کلسیم و منیزیم را بر ویژگی‌های پنیر چدار بررسی و گزارش کردند در پنیر چدار میزان اسیدیته نمونه‌ها در طول دوره نگهداری کاهش یافت(۱۶). در سال ۲۰۱۲ توسط Karimi و همکاران جایگزینی نسبی NaCl با KCl در پنیرفتای UF ایرانی بررسی شد و نتایج مشابهی ارائه شد. ۳ ٪(wt/wt) نمک با نسبت‌های متفاوت از NaCl:KCl (۱۰۰ ٪ کلرید سدیم، ۵۰ ٪ کلرید سدیم: ۵۰ ٪ کلرید پتاسیم، ۷۵ ٪ کلرید سدیم: ۲۵ ٪ کلرید پتاسیم ،۲۵ ٪ کلرید سدیم: ۷۵ ٪ کلرید پتاسیم) در فرمولاسیون پنیر استفاده شد.

جدول ۳ میانگین میزان پراکسید اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه* (meq/kg)

نام تیمار	روز۵	روز۴۵	روز ۹۰
شاهد (C)	۰/۹±۰/۰۵ ^{Aa}	۱±۰/۱۲ ^{Aa}	۱±۰/۰۲ ^{Aa}
T_1(NaCl ٪ ۹+KCl ٪ ۳)	۱±۰/۰۱ ^{Aa}	۱/۱±۰/۱ ^{Aa}	۱/۲±۰/۰۶ ^{Aa}
T_2(NaCl ٪ ۶+KCl ٪ ۶)	۰/۸±۰/۰۵^{Aa}	۰/۹±۰/۰۲^{Aa}	۱/۱±۰/۱^{Aa}
T_3(NaCl ٪ ۳+KCl ٪ ۹)	۰/۹±۰/۱ ^{Aa}	۱/۱±۰/۰۶ ^{Aa}	۱/۲±۰/۲ ^{Aa}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک و در هر سطر میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف بزرگ، تفاوت معنی‌دار ($p<0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش‌شده است.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

بر طبق نتایج به‌دست آمده، اختلاف معنی‌داری در میزان اسیدیته تیمارهای مختلف تولیدشده با نمونه شاهد مشاهده نشد. اما باگذشت زمان در طول دوره رسیدن میزان اسیدیته نمونه‌ها افزایش یافت(۱۷).

نتایج اندازه‌گیری پراکسید

نتایج تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان پراکسید پنیرهای کوزه تولیدشده در جدول ۳ نشان داده‌شده است. همان‌گونه که نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان پراکسید پنیر کوزه در جدول ۳ نشان می‌دهد، بین نمونه شاهد و سایر تیمارها ازنظر مقدار اسیدیته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p> 0.05$) و باگذشت زمان در طول دوره رسیدن، میزان پراکسید در مقایسه با روز پنجم افزایش یافت اما این افزایش میزان پراکسید معنی‌دار ارزیابی نشد($p>0.05$). پراکسید، مقدار موادی در نمونه است که با واژه اکسیژن فعال بیان می‌شود. روش کلاسیک برای تعیین مقدار هیدروپراکسیدها، اندازه‌گیری اندیس پراکسید می‌باشد. اندیس پراکسید هنوز رایج‌ترین روش شیمیایی اندازه‌گیری تخریب اکسیداتیو روغن‌ها و چربی‌ها است. روش سنتی اندازه‌گیری اندیس پراکسید شامل تیتراسیون یدومتری محتوی یدید پتاسیم در یک مخلوط اسید استیک-کلروفرم می‌باشد.

هیدروپراکسیدها یدید را به یدین اکسید می‌کنند. بنابراین، اساس این روش، تیتراسیون ید آزادشده از یدید پتاسیم به‌وسیله هیدروپراکسیدها، با یک محلول تیوسولفات سدیم می‌باشد.

معادله این واکنش به‌صورت زیر می‌باشد:

$$ROOH+2H^{+}+2I^{-} \rightarrow I_2+ROH+H_2O$$
$$I_2+2S_2O^{2-}_3 \rightarrow S_4O^{2-}_6+2I^{-}$$

هیدروپراکسیدها به مخلوطی از مواد فرار و غیر فرار تجزیه می‌شوند و نیز می‌توانند با اندوپراکسیدها و دیگر محصولات واکنش دهند. علاوه بر این، یک اندیس پراکسید بالا می‌تواند بیانگر افزایش تشکیل هیدروپراکسیدها و یا کاهش تخریب آن‌ها باشد.

بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده در طول دوره رسیدن پنیر، فرایند لیپولیز در پنیر انجام شده و موجب افزایش میزان اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب و در نتیجه موجب افزایش عدد پراکسید شد(۹-۱۱). در سال ۲۰۱۲ توسط Karimi و همکاران جایگزینی نسبی NaCl با KCl در پنیرفتای UF ایرانی بررسی شد و نتایج مشابهی ارائه شد.

جدول ٤ میانگین میزان پروفایل اسیدهای چرب اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه* در روز پنجم از دوره رسیدن (درصد وزنی)**

درصد اسیدهای چرب آزاد	شاهد (C)	T_1	T_2	T_3
اسید کاپروئیک ($C_{6:0}$)	۰/۳۶±۰/۰۳ ^{a}	۰/۴۱±۰/۰۱^{a}	۰/۳۲±۰/۰۱^{a}	۰/۳۹±۰/۰۵^{a}
اسید کاپریلیک ($C_{8:0}$)	۰/۳۶±۰/۰۱ ^{a}	۰/۳۳±۰/۰۳ ^{a}	۰/۳۸±۰/۰۰ ^{a}	۰/۳۶±۰/۰۳ ^{a}
اسید کاپریک ($C_{10:0}$)	۰/۵۰±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۲±۰/۰۲ ^{a}	۰/۵۱±۰/۰۲^{a}	۰/۵۱±۰/۰۱ ^{a}
اسید لوریک ($C_{12:0}$)	ناچیز	ناچیز	ناچیز	ناچیز
اسید میریستیک ($C_{14:0}$)	۶/۰۹±۰/۰۱ ^{a}	۶/۰۷±۰/۰۱ ^{a}	۶/۰۷±۰/۰۲^{a}	۶/۰۸±۰/۰۱ ^{a}
اسید پالمتیک ($C_{16:0}$)	۷/۳۳±۰/۰۳ ^{a}	۷/۳۱±۰/۰۱ ^{a}	۷/۳۳±۰/۰۲ ^{a}	۷/۳۳±۰/۰۲ ^{a}
اسید استاریک($C_{18:0}$)	۴/۵۲±۰/۰۳ ^{a}	۴/۵۵±۰/۰۴ ^{a}	۴/۵۷±۰/۰۲^{a}	۶/۵۳±۰/۰۳^{b}
اسید اولئیک($C_{18:1}$)	۵/۱۴±۰/۰۱ ^{a}	۵/۸۱±۰/۰۱ ^{a}	۵/۴۴±۰/۰۳ ^{a}	۵/۶۶±۰/۰۶ ^{a}
اسید لینولئیک($C_{18:2}$)	۲/۷۳±۰/۰۳ ^{a}	۲/۶۹±۰/۰۵ ^{a}	۲/۷±۰/۰۲^{a}	۲/۶۸±۰/۰۲ ^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش‌شده است

** C (تیمار شاهد): غلظت آب نمک حاوی ۱۲ ٪ کلرید سدیم؛ T1: غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۳ ٪ KCl+۹ ٪ NaCl؛ T2: غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۶ ٪ KCl+۶ ٪ NaCl و T3: غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۹ ٪ KCl+۳ ٪ NaCl

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

۳ ٪(wt/wt) نمک با نسبت‌های متفاوت از NaCl:KCl (۱۰۰ ٪ کلرید سدیم، ۵۰ ٪ کلرید سدیم: ۵۰ ٪ کلرید پتاسیم، ۷۵ ٪ کلرید سدیم: ۲۵ ٪ کلرید پتاسیم ،۲۵ ٪ کلرید سدیم: ۷۵ ٪ کلرید پتاسیم) در فرمولاسیون پنیر استفاده شد. بر طبق نتایج به‌دست‌آمده، اختلاف معنی‌داری در میزان پراکسید تیمارهای مختلف تولیدشده با نمونه شاهد مشاهده نشد، اما باگذشت زمان در طول دوره رسیدن میزان اسیدیته نمونه‌ها افزایش یافت(۱۷).

نتایج اندازه‌گیری میزان اسیدهای چرب آزاد

نتایج تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان اسیدهای چرب آزاد پنیرهای کوزه تولید شده در جدول ۴، ۵ ، ۶ و ۷ نشان داده‌شده است.

جدول ۵ میانگین میزان پروفایل اسیدهای چرب اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه* در روز پانزدهم از دوره رسیدن (درصد وزنی)**

درصد اسیدهای چرب آزاد	شاهد (C)	T_1	T_2	T_3
اسید کاپروئیک ($C_{6:0}$)	۰/۳۷±۰/۰۱ ^{a}	۰/۴۳±۰/۰۱^{a}	۰/۳۳±۰/۰۵^{a}	۰/۴±۰/۰۳^{a}
اسید کاپریلیک ($C_{8:0}$)	۰/۷۷±۰/۰۱ ^{a}	۰/۷۴±۰/۰۱ ^{a}	۰/۷۹±۰/۰۱۵ ^{a}	۰/۷۳±۰/۰۱ ^{a}
اسید کاپریک ($C_{10:0}$)	۰/۵۰±۰/۱ ^{a}	۰/۵۲±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۲±۰/۰۱^{a}	۰/۵۲±۰/۰۲ ^{a}
اسید لوریک ($C_{12:0}$)	۲/۴۳±۰/۰۵^{a}	۲/۴۲±۰/۰۳ ^{a}	۲/۴۷±۰/۰۰۱^{a}	۲/۴۶±۰/۰۰۱ ^{a}
اسید میریستیک ($C_{14:0}$)	۶/۱۶±۰/۰۲ ^{a}	۶/۱۳±۰/۰۲ ^{a}	۶/۱۴±۰/۰۱^{a}	۶/۱۵±۰/۰۳ ^{a}
اسید پالمتیک ($C_{16:0}$)	۷/۳۳±۰/۰۲^{a}	۷/۳۳±۰/۰۲ ^{a}	۷/۳۴±۰/۰۱ ^{a}	۷/۳۳±۰/۰۵ ^{a}
اسید استئاریک($C_{18:0}$)	۸/۳±۰/۰۱ ^{a}	۸/۳۹±۰/۰۱^{a}	۸/۲۹±۰/۰۴ ^{a}	۱۰/۳۳±۰/۰۱ ^{b}
اسید اولئیک($C_{18:1}$)	۸/۸۰±۰/۱ ^{a}	۸/۸۲±۰/۰۲ ^{a}	۸/۸۱±۰/۰۳ ^{a}	۸/۸۱±۰/۱ ^{a}
اسید لینولئیک($C_{18:2}$)	۲/۸۰±۰/۱ ^{a}	۲/۸۶±۰/۰۶ ^{a}	۲/۸۰±۰/۰۱^{a}	۲/۸۵±۰/۰۳ ^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش‌شده است

** C (تیمار شاهد): غلظت آب نمک حاوی ۱۲ ٪ کلرید سدیم؛T1 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۳ ٪ KCl+۹ ٪ NaCl؛ T2 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۶ ٪ KCl+۶ ٪ NaCl و T3 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۹ ٪ KCl+۳ ٪ NaCl

جدول ٦ میانگین میزان پروفایل اسیدهای چرب اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه* در روز چهل و پنجم از دوره رسیدن (درصد وزنی)**

درصد اسیدهای چرب آزاد	شاهد (C)	T_1	T_2	T_3
اسید کاپروئیک ($C_{6:0}$)	۰/۳۷±۰/۰۱ ^{a}	۰/۴۴±۰/۰۲^{a}	۰/۳۳±۰/۰۴^{a}	۰/۴±۰/۰۲^{a}
اسید کاپریلیک ($C_{8:0}$)	۰/۸۳±۰/۰۲ ^{a}	۰/۸±۰/۰۵ ^{a}	۰/۸±۰/۰۵ ^{a}	۰/۸۳±۰/۰۳ ^{a}
اسید کاپریک ($C_{10:0}$)	۰/۵۲±۰/۰۱ ^{b}	۰/۵۳±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۲±۰/۰۲^{a}	۰/۵۲±۰/۰۷ ^{a}
اسید لوریک ($C_{12:0}$)	۲/۴۷±۰/۰۱ ^{a}	۲/۴۸±۰/۰۳ ^{a}	۲/۴۹±۰/۰۰۱^{a}	۲/۴۷±۰/۰۰۱ ^{a}
اسید میریستیک ($C_{14:0}$)	۶/۱۶±۰/۰۱ ^{a}	۶/۱۴±۰/۰۱ ^{a}	۶/۱۴±۰/۰۱^{a}	۶/۱۵±۰/۰۲ ^{a}
اسید پالمتیک ($C_{16:0}$)	۷/۳۴±۰/۰۱^{a}	۷/۳۳±۰/۰۵ ^{a}	۷/۳۴±۰/۰۲ ^{a}	۷/۳۳±۰/۰۲ ^{a}
اسید استئاریک($C_{18:0}$)	۸/۷۴±۰/۰۱ ^{a}	۸/۷۶±۰/۰۶ ^{a}	۸/۷۲±۰/۰۱ ^{a}	۱۰/۷۶±۰/۰۳ ^{b}
اسید اولئیک($C_{18:1}$)	۸/۸۲±۰/۰۱ ^{a}	۸/۸۶±۰/۰۳ ^{a}	۸/۸۵±۰/۰۵ ^{a}	۸/۸۵±۰/۰۴ ^{a}
اسید لینولئیک($C_{18:2}$)	۲/۸۲±۰/۰۲ ^{a}	۲/۸۶±۰/۰۳ ^{a}	۲/۸۳±۰/۰۲^{a}	۲/۸۵±۰/۰۱ ^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک تفاوت معنی‌دار ($p< 0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش‌شده است

** C (تیمار شاهد): غلظت آب نمک حاوی ۱۲ ٪ کلرید سدیم؛T1 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۳ ٪ KCl+۹ ٪ NaCl ؛ T2 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۶ ٪ KCl+۶ ٪ NaCl و T3 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۹ ٪ KCl+۳ ٪ NaCl

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

جدول ۷ میانگین میزان پروفایل اسیدهای چرب اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه* در روز نودام از دوره رسیدن **(درصد وزنی)

درصد اسیدهای چرب آزاد	شاهد (C)	T_1	T_2	T_3
اسید کاپروئیک ($C_{6:0}$)	۰/۳۷±۰/۰۱ ^{a}	۰/۴۴±۰/۰۲^{a}	۰/۳۳±۰/۰۴^{a}	۰/۴±۰/۰۲^{a}
اسید کاپریلیک ($C_{8:0}$)	۰/۸۳±۰/۰۲ ^{d}	۰/۸±۰/۰۵ ^{cd}	۰/۸±۰/۰۵ ^{b}	۰/۸۳±۰/۰۳ ^{cd}
اسید کاپریک ($C_{10:0}$)	۰/۵۲±۰/۰۱ ^{b}	۰/۵۳±۰/۰۱ ^{a}	۰/۵۲±۰/۰۲^{a}	۰/۵۲±۰/۰۷ ^{ab}
اسید لوریک ($C_{12:0}$)	۲/۴۷±۰/۰۱ ^{ef}	۲/۴۸±۰/۰۳ ^{f}	۲/۴۹±۰/۰۰۱^{d}	۲/۴۷±۰/۰۰۱ ^{f}
اسید میریستیک ($C_{14:0}$)	۶/۱۶±۰/۰۱ ^{h}	۶/۱۴±۰/۰۱ ^{h}	۶/۱۴±۰/۰۱^{f}	۶/۱۵±۰/۰۲ ^{h}
اسید پالمتیک ($C_{16:0}$)	۷/۳۴±۰/۰۱ ^{ij}	۷/۳۳±۰/۰۵ ^{i}	۷/۳۴±۰/۰۲ ^{f}	۷/۳۳±۰/۰۲ ^{i}
اسید استئاریک($C_{18:0}$)	۸/۷۴±۰/۰۱ ^{k}	۸/۷۶±۰/۰۶ ^{j}	۸/۷۲±۰/۰۱ ^{h}	۱۰/۷۶±۰/۰۳ ^{k}
اسید اولئیک($C_{18:1}$)	۸/۸۲±۰/۰۱ ^{k}	۸/۸۶±۰/۰۳ ^{j}	۸/۸۵±۰/۰۵ ^{h}	۸/۸۵±۰/۰۴ ^{j}
اسید لینولئیک($C_{18:2}$)	۲/۸۲±۰/۰۲ ^{f}	۲/۸۶±۰/۰۳ ^{f}	۲/۸۳±۰/۰۲^{d}	۲/۸۵±۰/۰۱ ^{f}

*در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک تفاوت معنی‌دار ($p>0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش‌شده است

** C (تیمار شاهد): غلظت آب نمک حاوی ۱۲ ٪ کلرید سدیم؛T1: غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۳ ٪ KCl+۹ ٪ NaCl؛ T2: غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۶ ٪ KCl+۶ ٪ NaCl و T3: غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۹ ٪ KCl+۳ ٪ NaCl

بر اساس نتایج اندازه‌گیری میزان پروفایل اسیدهای چرب آزاد، میزان اسید چرب C4 در تمامی تیمارهای تولیدشده و نمونه شاهد و در طول دوره رسیدن (۵، ۴۵ و ۹۰ روز) شناسایی شد اما میزان آن بسیار ناچیز و قابل‌اندازه‌گیری نبود. جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان پروفایل اسیدهای چرب آزاد به‌جز اسید استئاریک (C18) تأثیری نداشت. به‌طوری‌که تغییرات معنی‌داری در میزان تمامی اسیدهای چرب آزاد اندازه‌گیری شده در بین تیمارهای مختلف تولیدشده مشاهده نشد ($p>0.05$). بنابراین، می‌توان چنین گفت که جایگزینی نمک کلرید پتاسیم به‌جای نمک کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر میزان لیپولیز پنیر ندارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تیمار T3 (۹ ٪ KCl+۳ ٪ NaCl) به‌صورت معنی‌داری اسید استئاریک (C18) بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت، که علت آن فعالیت میکروبی و آنزیمی در این تیمار باشد. تیمارT3 دارای کمترین درصد سدیم کلرید نسبت به سایر تیمارها می‌باشد، بنابراین اثر بازدارندگی سدیم در این تیمار نسبت به سایر تیمارها کمتر می‌باشد و درنتیجه فعالیت میکروبی و آنزیمی در آن بیشتر می‌باشد که موجب افزایش مقدار اسید استئاریک در این تیمار شده است. Zorilia و همکاران (۱۹۹۶) به نتایج مشابهی دست یافتند[۱۸] آن‌ها تأثیر جایگزینی نمک NaCl با KCl مقدار کلرید سدیم ۱۰۰ gr/l و کلرید پتاسیم نیز ۱۰۰ gr/l) را بر پنیر نیمه سخت Fynbo طی دوره رسیدن ۳۰ روزه بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده توسط آن‌ها نشان داد جایگزینی NaCl با KCl تأثیر معنی‌داری بر میزان لیپولیز پنیر نداشت. بر اساس نتایج مندرج در جدول ۴، میزان اسیدهای چرب آزاد، اسید کاپروئیک (C6)، اسید کاپریک (C10)، اسید تری‌دسیلیک (C13)، اسید میریستیک (C14)، اسید پالمتیک (C16)، اسید پالمیتولئیک (C16:1)، اسیدهپتادکانوئیک (C17)، اسید لینولئیک(C18:2) باگذشت زمان اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد($p> 0.05$). اما میزان اسیدهای چرب اسید کاپریلیک (C8)، اسید لوریک (C12). اسید میریستیک (C14:1)، اسید اوکتادکانوئیک (C18)، اسید اولئیک(C18:1) باگذشت زمان در طول دوره رسیدن در

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

روزهای ۴۵ و ۹۰ با روز پنجم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد($p< 0.05$)، به‌طوری‌که میزان اسیدهای چرب مذکور در روزهای ۴۵ و ۹۰ نسبت به روز پنجم به‌صورت معنی‌دار افزایش یافت($p< 0.05$)، اما بین روز ۴۵ و ۹۰ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد($p> 0.05$) [۱۸].

یکی از فرایندهای انجام‌شده در طول دوره رسیدن پنیر عمل لیپولیز است. عمل لیپولیز توسط آنزیم لیپاز طبیعی موجود در شیر و آنزیم‌های میکروبی انجام می‌شود. در اثر تجزیه چربی در پنیر، هیدرولیز روی می‌دهد که نتیجه آن تولید گلیسرول و اسید چرب آزاد خواهد بود. بنابراین، می‌توان گفت که گذشت زمان در طی دوره رسیدن موجب افزایش اسیدهای چرب مذکور از طریق هیدرولیز تری گلیسیریدها شده است [۴]. همچنین، نتایج حاصل از جدول ۴ نشان داد، میزان اسیدهای چرب کاپروئیک، کاپریلیک، و کاپریک در تمامی پنیرها کم بود که میزان پایین فعالیت لیپولیتیک ناشی از میکروارگانیسم‌های استارتر را نشان می‌دهد. Pataky و همکاران (۲۰۱۳)، تأثیر جایگزینی نمک کلرید سدیم با کلرید پتاسیم را در پنیر (blue cheese) طی دوره رسیدن (۵ ماه) بررسی کردند. در این مطالعه نمک کلرید پتاسیم به میزان ۷۵ ٪ جایگزین نمک کلرید سدیم شد، به‌طوری‌که نمونه شاهد محتوی (۳/۵ ٪ نمک کلرید سدیم) و نمونه تولیدشده محتوی (۲/۶۳ ٪ کلرید پتاسیم+ ۱/۱۷ ٪ کرید سدیم) بود[۸]. نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز پروفایل اسیدهای چرب نشان داد، میزان اسیدهای چرب کاپروئیک، میرستیک در طول دوره رسیدن اختلاف معنی‌داری ($p>0.05$) نداشتند، اما غلظت اسیدهای چرب میرستیک و اسید لوریک در نمونه شاهد بالاتر از تیمار تولیدشده ارزیابی شد[۸]. همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در بین اسیدهای چرب اشباع اسید استئاریک و در بین اسیدهای چرب غیراشباع اسید اولئیک بالاترین میزان را داشتند($p< 0.05$). در تائید نتایج پژوهش فوق، شهاب لواسانی (۱۳۸۷) به نتایج مشابهی دست‌یافت، او در بررسی تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان پروفایل اسیدهای چرب آزاد در پنیر UF ایرانی گزارش کرد، در بین اسیدهای چرب غیراشباع اسید اولئیک بالاترین مقدار را دارا بود[۲]. تری گلیسیریدهای غیر محلول در آب به گلیسیرید و اسیدهای چرب آزاد توسط لیپازها تجزیه می‌شوند .از مشخصات این آنزیم‌ها که استراز های ویژه‌ای هستند، حضور آن‌ها در فصل مشترک آب و چربی است. به‌طورکلی لیپولیز به‌صورت زیر گسترش می‌یابد.

تری گلیسیرید ←۲،۱ یا ۳ گلیسیرید ←۲-مونوگلیسیرید

پس ازآن لیپولیز می‌تواند تا تشکیل گلیسرول ادامه پیدا کند(Eck,1987).

عوامل مؤثر در لیپولیز

هیدرولیز مواد چربی نقش مهمی در تشکیل عطر و طعم پنیر بازی می‌کند، اما بر روی بافت آن تأثیر مهمی ندارد. لیپولیز، ناشی از عمل طبیعی لیپاز شیر باقی‌مانده در پنیری است که از شیر خام تهیه‌شده است. در پنیر چدار تهیه‌شده از شیر خام، لیپاز در مقایسه با فعالیت لیپولیتیک ضعیف استرپتوکوک‌های لاکتیکی، اسیدهای چرب آزاد زیادی تولید می‌کند. لیپاز طبیعی شیر در pH های پایین‌تر از ۶/۵ غیرفعال است و به‌راحتی در اثر حرارت حتی حرارت پاستوریزاسیون معمولی از بین می‌رود و به‌سرعت در حرارت‌های بالای 60° C دناتوره می‌شود .تمام میکرو ارگانیزم‌ها برحسب جنس و گونه لیپاز ترشح می‌کنند.در بین لیپازهای میکروبی، لیپازهای مقاوم به حرارت وجود دارد که حتی در شیر پاستوریزه شده در 76° C فعال باقی می‌ماند [۲۰و۲۱]. از میان میکروارگانیزم‌هایی که در پنیر سازی دخالت دارند، قارچ‌ها بیشترین فعالیت تجزیه مواد چربی را به عهده دارند. Penicillium camemberti مقدار زیادی لیپاز خارج سلولی ترشح می‌کند[۲۰-۲۲] که فعالیت آن بر روی تری بوتیرین در pH=۹ و در حرارت 35° C حداکثر می‌باشد و مهم‌ترین عامل لیپولیز پنیر کاممبرت محسوب می‌شود. باکتری‌های لاکتیک دارای فعالیت لیپولیتیکی ضعیفی می‌باشند و قادر به هیدرولیز تری‌گلیسیریدها نیستند.آن‌ها از مونو یا دی گلیسیرید اسید چرب آزاد تولید می‌کنند. اسیدهای چرب C4-C6 از اسیدهای آمینه به‌وسیله استرپتوکوک‌های لاکتیکی تولید می‌شوند که این مکانیسم به‌عنوان مهم‌ترین

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

منبع اسید چرب فرار در داخل پنیر می‌باشد. لاکتوباسیل‌ها و استرپتوکوکوس ترموفیلوس دارای فعالیت لیپولیتیکی ضعیفی هستند ولی استرپتوکوک‌های مزوفیل و لوکونوستوک‌ها نسبت به آن‌ها فعال‌تر می‌باشند. این میکروارگانیسم‌ها مسئول لیپولیز پنیرهایی هستند که فلور غالب آن‌ها را باکتری‌های لاکتیک تشکیل می‌دهد، آن‌ها عمل لیپاز طبیعی شیر را در پنیرهای تهیه‌شده از شیر خام تشدید می‌کنند[۲۲] میکروارگانیسم‌های سرماگرا می‌توانند در فرایند رسیدن پنیر دخالت کنند. پاستوریزاسیون میکروارگانیزم‌ها را نابود می‌کند، اما برخی از لیپازهای آن‌ها مقاوم به حرارت هستند که در زمان رسیدن برخی از پنیرها مانند گرویر فعالیت می‌کنند[۲۲]. لیپولیز در پنیرهایی که به‌شدت شور هستند ادامه پیدا می‌کند درصورتی‌که پروتئولیز متوقف می‌شود. لیپولیز عموماً به‌وسیله مقدار اسیدهای چرب آزاد اندازه‌گیری می‌شود. مقدار اسید کاپروئیک نشانه جالبی برای تعیین تقریبی درجه لیپولیز می‌باشد. اغلب اسیدهای چرب آزاد از لیپولیز ناشی می‌شوند و اسیدهای چرب کوتاه زنجیره تولیدشده از تجزیه لاکتوز و برخی از اسیدهای آمینه، تنها ۵ ٪ اسیدهای چرب کل را تشکیل می‌دهد. اسیدهای چرب آزاد در تشکیل عطر دخالت می‌کنند. اسیدهای چرب با وزن مولکولی بالا دارای عطر ضعیفی می‌باشند[۲۱-۲۳]. در پنیرهای تازه با پوشش قارچی، اسید بوتیریک بیشترین اسید چرب فرار را تشکیل می‌دهد. در پنیر امنتال ،پروپیونیک عمده‌ترین اسید چرب می‌باشد.در طعم پنیرهای پخته پروپیونات کلسیم شرکت می‌کند. وجود اسید بوتیریک در مقادیر بالا تأثیر ناهنجاری روی طعم پنیر دارد، ولی بااین‌حال وجود اندکی از آن برای تشکیل عطر ویژه خصوصاً در پنیرهای امنتال و کنته لازم است. مهم‌ترین نتیجه لیپولیز از دست دادن کیفیت ارگانولپتیکی است و رابطه‌ای میان تندی و مقدار اسیدهای چرب آزاد خصوصاً با چهار اتم کربن وجود دارد که این موضوع از اهمیت تکنولوژیکی و اقتصادی مهمی برخوردار است[۲۳]. اسید بوتیریک یکی از مهم‌ترین اسیدهای چرب زنجیر کوتاه می‌باشد که وجود آن به‌عنوان یکی از مؤثرترین ترکیبات تولید طعم در پنیر حائز اهمیت است. در طی دوره نگهداری مقدار آن تا حدودی افزایش پیدا کرد و در تیمارهای مختلف غلظت آن در نوسان بود. در پنیرهای آب نمکی وجود نمک دارای یک تأثیر بازدارنده بر روی فعالیت لیپاز می‌باشد. بنابراین، در اوایل دوره رسیدن به دلیل اینکه غلظت موجود در لخته به مقدار ماکزیمم خود هنوز نرسیده است فعالیت لیپولیتیک با سرعت بیشتری انجام می‌شود از یکسو تأثیر غلظت نمک و از سوی دیگر عامل تغییر و تبدیل اسیدهای چرب خصوصاً اسیدهای چرب زنجیر کوتاه به ترکیبات مؤثر در طعم، غلظت این اسیدهای چرب کاهش پیدا کرد. در حقیقت به دنبال تأثیر آنزیم لیپاز و چربی شیر، میزان اسید بوتیریک تا حدودی افزایش می‌یابد و طعم نامطبوعی در شیر و فراورده‌ها ایجاد می‌کند که شاخصه آن پدید آمدن طعم تندی است. اگرچه لیپاز طبیعی شیر طی فرایند پاستوریزاسیون HTST غیرفعال می‌شود، اما در شیر، لیپازهای مقاوم به حرارتی وجود دارند که در طی پاستوریزاسیون به‌طور کامل غیرفعال نمی‌شوند و موجب افزایش اسیدهای چرب آزاد و ایجاد عطروطعم نامطبوع در شیر و فرآورده‌ها خواهند شد. نتایج این پژوهش با نتایج Jaeggi و همکاران (۲۰۰۳) که بیان داشتند میزان اسید بوتیریک به‌طور معناداری در تمام پنیرها افزایش یافت مطابقت داشت[۲۴]. اسیدهای چرب اصلی مشاهده‌شده در طی دوره رسیدن اسید بوتیریک در میان اسیدهای چرب آزاد زنجیر کوتاه اسید (C10:0)، اسید میریستیک(C14:0) در میان اسیدهای چرب با زنجیره متوسط و اسید پالمتیک(C16:0)در میان اسیدهای چرب اشباع زنجیر بلند و اسید (C18:1) در میان اسیدهای چرب غیراشباع زنجیر بلند می‌باشد. فراوان‌ترین اسیدهای چرب آزاد در همه تیمارها با توجه دوره رسیدن اسید پالمتیک(C16:0)، اسید اولئیک (C18:1) و اسید میریستیک(C14:0)هست. اگرچه مقدار اسیدهای چرب زنجیر کوتاه در مقایسه با سایر اسیدهای چرب کمتر مشاهده شد، ولی آن‌ها بیشتر از اسیدهای چرب زنجیر بلند در طعم پنیر شرکت می‌کنند. مقدار رطوبت بالای پنیرهای ساخته‌شده با نمک کلرید پتاسیم ممکن است باعث شود که لیپولیز تری گلیسیریدها در این نوع پنیر ها شدیدتر

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

باشد و اسیدهای چرب آزاد بیشتری را تولید کنند. علاوه براین، فعالیت لیپولیتیک افزایش‌یافته در پنیرهای حاوی نمک پتاسیم بیشتر ممکن است باعث لیپولیز شدیدتری شود. در پنیرهای سفید آب نمکی لیپولیز به فعالیت میکروفلورای طبیعی شیر و لیپازهای لیپوپروتئینی موجود در شیر نسبت داده می‌شود. تشکیل اسیدهای چرب آزاد زنجیره کوتاه بیشتر به عمل اختصاصی لیپازهای لیپوپروتئینی طبیعی و لیپازهای میکروفلورای طبیعی شیر خام روی اسیدهای چرب آزاد قرارگرفته در موقعیت ۱و۳ زنجیره‌تری گلیسیرید و اسیدهای چرب آزاد زنجیر کوتاهی که غالباً در موقعیت ۳ زنجیره تری گلیسیرید استریفیه شده‌اند نسبت داده می‌شود. تمام اسیدهای چرب زنجیره متوسط با افزایش مقدار نمک پتاسیم و با افزایش زمان رسیدن مقدارشان افزایش یافت.خالق خواه و همکاران (۱۳۹۲)در مورد اثر سطوح مختلف سلول‌های سوماتیک بر اسیدهای زنجیر کوتاه و زنجیر متوسط بیان داشتند که مکانیسم دنوو مسیر اصلی سنتز اسیدهای چرب ۴ تا ۱۴ کربنه بوده که خود از مسیرهای پیچیده‌ای تشکیل‌شده است[۲۵]. از سوی دیگر، پیش از انتقال پیش سازهای این اسیدهای چرب (استات، بتا هیدروکسی بوتیرات) به غدد شیری،کبد به‌عنوان مهم‌ترین ارگان مؤثر در تبادلات سنتز مواد نقش مهمی را ایفا می‌کنند. یکی از دلایل وجود اسیدهای چرب بلند زنجیره تمایل آنزیم‌های میکروبی و غیر میکروبی به شکستن جایگاه Sn-1 و Sn-3 تری گلیسیریدها است. در پژوهشی Chen و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که میزان اسیدهای چرب بلند زنجیره در نمونه پنیرهای حاوی سلول‌های سوماتیک با گذشت زمان افزایش یافت[۲۶]. علیزاده و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که مدت زمان رسانیدن، مهم‌ترین عامل افزایش اسیدهای چرب در پنیر سفید آب نمکی بود[۲۷]. علت کاهش اسید کاپروئیک، تبدیل این اسید چرب کوتاه زنجیر به ترکیبات مؤثر در طعم و علت افزایش آن تأثیر انتخابی آنزیم لیپازهای طبیعی شیر و آنزیم لیپاز افزوده‌شده می‌باشد.درواقع با افزایش زمان رسانیدن و آنزیم لیپاز افزوده‌شده میزان درصد اسید کاپروئیک افزایش نشان داد بااین‌حال، در مورد پنیر فتای صنعتی رسیده مقادیر اسید کاپروئیک کمتری گزارش شده است[۲۸] در مورد اسید کاپریلیک نیز رفتار زمان و غلظت آنزیم به همین شکل بود. در مورد پنیر فتای صنعتی، مقدار خیلی کمی برای این اسید گزارش‌شده است (۳۹-۳۷ ٪) از کل اسیدهای چرب نشان داده شد که با افزودن نمک پتاسیم و مدت زمان رسانیدن، میزان اسیدهای چرب فرار نسبت به اسیدهای چرب متوسط‌زنجیر و بلند زنجیر به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد[۲۹] و دلیل ان اختصاصی بودن این آنزیم برای موقعیت Sn-3 تری گلیسیریدهای چربی بیشتر است[۳۰]. در واقع با افزایش زمان رسانیدن C10:0 افزایش یافت.به‌طور مشابهی نشان داده‌شده است که لیپازهای پرگاستریک مقدار بسیار کمی C10:0از چربی شیر گاو آزاد می‌کنند[۳۱]. در کل، به خاطر تخریب آهسته اسیدهای چرب با زنجیره طولانی و تجزیه سریع اسیدهای چرب کوتاه زنجیر و فرار طی اولین روزهای رسانیدن، C14:0 – C18:2 به نحو چشمگیری افزایش یافت. به دلیل آستانه حسی بالا، اسیدهای چرب زنجیر بلند(C12:0 و بالاتر از آن) نقش خیلی کمی در طعم پنیر دارند[۳۲]. نتایج نشان داد که اسیدهای چرب کوتاه زنجیر (اساساً C4:0 و C6:0) متغیرترین اسیدهای چرب طی اولین روزهای رسانیدن بوده‌اند. افزودن آنزیم باعث آزاد شدن سریع‌تر آن‌ها و مصرف سریع‌تر توسط باکتری‌های اسید لاکتیک می‌شود. در پژوهشی مشابه، نشان داده شد با افزودن آنزیم پرگاستریک لیپاز به پنیر سفید آب نمکی، میزان اسیدهای چرب آزاد فرار و میزان کلی اسیدهای چرب آزاد به نحو چشمگیری افزایش یافت[۳۳]. افزایش اسید میریستیک در اوایل دوره رسیدن به فعالیت آنزیم لیپاز نسبت داده می‌شود ولی تا پایان دوره رسیدن روند کاهشی اسید میریستیک به تخریب هر چه بیشتر این اسید به فعالیت آنزیم و تأثیر مدت زمان رسانیدن بر میزان این تخریب نسبت داده می‌شود.در اینجا نیز تخریب اسید میریستولئین دلیل کاهش مقدار آن می‌باشد که نتیجه فعالیت لیپاز و مدت زمان رسانیدن است. دلیل افزایش اسید پالمیتیک به تأثیر انتخابی آنزیم لیپاز خصوصاً بر اسیدهای چرب بلند زنجیر در موقعیت Sn-3 و دلیل کاهش اسید پالمیتیک تخریب و تجزیه اسید

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

پالمیتیک تولیدشده نسبت داده می‌شود. افزایش اسید پالمیتولئین به دلیل فعالیت آنزیمی بیشتر و کاهش آن به دلیل تخریب این اسید می‌باشد.افزایش اسید استئاریک به دلیل فعالیت لیپولیتیکی شدید می‌باشد ،خصوصاً غلظت نمک کم در لخته و حضور یون پتاسیم با فعالیت شیمیایی ضعیف که اجازه فعالیت بیشتر را به آنزیم لیپاز می‌دهد ولی در اوایل دوره رسیدن شدت فعالیت لیپولیتیکی به دلیل تاثیر غلظت نمک کاسته شده افزایش‌یافته و از طرفی اسیدهای چرب آزادشده به ترکیبات دیگر تجزیه می‌شوند.علت افزایش اسید اولئیک افزایش زمان رسانیدن، تأثیر غلظت آنزیم و خصوصاً فعالیت لیپولیتیکی شدیدتر در تیمارهای حاوی نمک پتاسیم بیشتر و علت کاهش تخریب و تجزیه آن به سایر ترکیبات مؤثر در طعم می‌باشد.کاهش اسید لینولئیک خصوصاً با دو پیوند دوگانه تأثیر غلظت آنزیم و تجزیه آن‌ها در طی دوره رسیدن می‌باشد و علت افزایش اسید لینولئیک نیز زمان رسیدن و فعالیت لیپولیتیکی بیشتر در تیمارهای حاوی نمک پتاسیم بیشتر می‌باشد. علت افزایش اسیدلینولنیک تأثیر آنزیم لیپاز و مدت زمان رسانیدن و علت کاهش آن تجزیه و تبدیل و تخریب اسید لینولنیک در طی دور ه رسیدن می‌باشد. تأثیر آنزیم لیپاز و زمان رسانیدن بر افزایش اسید آراشیدونیک علت افزایش آن می‌باشد و علت کاهش آن نیز تأثیر آنزیم‌های چربی شکن و تبدیل به ترکیبات آروما در اواخر دوره رسیدن می‌باشد. علت افزایش اسیدهای چرب تک غیراشباعی حضور نمک پتاسیم، فعالیت لیپولیتیکی شدید خصوصاً اثر هم‌افزایی آن‌ها با آنزیم لیپاز در پروسه ساخت پنیر و علت کاهش آن خروج اسیدهای چرب از داخل لخته به آب‌پنیر و همچنین فعالیت لیپولیتیکی در اواخر دوره رسیدن و تجزیه اسیدهای چرب آزادشده می‌باشد. علت این کاهش فعالیت شیمیایی ضعیف نمک پتاسیم به‌طور هم‌افزا با آنزیم لیپاز و تجزیه اسیدهای چرب چند غیراشباعی می‌باشد و علت افزایش فعالیت لیپولیتیکی آنزیم‌های چربی شکن و تولید اسیدهای چرب چند غیراشباعی از تری گلیسیریدها می‌باشد.در بین اسیدهای چرب غیراشباع تمامی تیمارها، اسید اولئیک عمده‌ترین اسید چرب غیراشباع است که این نتیجه موافق با نتیجه به‌دست‌آمده توسط Katsiari و همکاران (۲۰۰۰) است که نشان داد در بین اسیدهای چرب غیراشباع اسید اولئیک عمده‌ترین است [۳۴]. از آنجائی‌که، اسید استیک عامل اصلی عطر و آروما‌ی پنیر فتا می باشد مقدار اسید استیک پژوهش حاضر بسیار کم می‌باشد که نتیجه پژوهش حاضر با نتایج به‌دست‌آمده توسط Vafopoulou و همکاران (۱۹۸۹) مطابقت داشت[۳۵]. نقش اسیدهای چرب آزاد در تعیین کیفیت و شدت طعم در پنیر فتا غیر رانسیت نسبتاً محدود است و فاکتورهای دیگری نظیر اسیدیته کل، درجه تجزیه و شکست پروتئینی[۳۶] به علاوه اجزای فرار سرفضا عمدتاً اتانول، پروپان-۱-ال و بوتان-۲-ال و بوتان -۲-ان هم مهم می‌باشند[۳۷]. مقدار اسیدهای بوتیریک، کاپروئیک، کاپریلیک و کاپریک در تمامی پنیرها پایین بود و چون آنزیم لیپاز در طی ساخت پنیر اضافه نشده بود درنتیجه فعالیت لیپولیتیکی کم منحصراً از آنزیم لیپاز میکروفلورای طبیعی شیر می‌باشد که این نتیجه با نتایج Katsiari و همکارن (۲۰۰۰) مشابه بود[۳۴]. بنابراین، طعم رانسیت در پنیرها قابل‌توجه نبود که این نتیجه هم مشابه نتیجه Efthymiou (۱۹۷۶) بود که گزارش داد طعم رانسیت در پنیر فتا با اسیدهای چرب آزاد از C2 تا C10 مرتبط می‌شود[۳۶].

ارزیابی حسی نمونه‌های پنیر کوزه حاوی درصدهای متفاوت KCl و NaCl

نتایج آزمون ارزیابی حسی پنیر کوزه حاوی درصدهای متفاوت KCl و NaCl در جدول ۸ آوزده شده است. امتیاز حسی پذیرش کلی برآوردی از ویژگی های حسی عطر و طعم، بافت و ظاهر می باشد برمبنای نتایج حاصل از آزمون ارزیابی حسی با افزایش غلظت یون پتاسیم در نمونه‌های پنیر، امتیازات حسی نمونه‌ها کاهش یافت. با توجه به اندازه مولکول کاتیون پتاسیم پس مزه تلخی با افزایش غلظت توسط ارزیابان حسی احساس شد و نمونه‌های با درصدبالای غلظت نمک پتاسیم از امتیازات کمتری برخوردار بودند و نمونه شاهد که فاقد نمک کلرید پتاسیم بود از امتیاز حسی بالایی برخوردار شد.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

جدول ۸ ارزیابی حسی بر مبنای پذیرش کلی نمونه‌های پنیر* کوزه حاوی درصدهای متفاوت KCl و NaCl**

نام تیمار	روز۵	روز۴۵	روز ۹۰
شاهد (C)	۳/۷۳±۰/۰۰۲^{Abc}	۴/۴۱±۰/۵^{ABbc}	۴/۸۲±۰/۰۰۲^{BCcd}
(NaCl ٪ ۹+KCl ٪ ۳)T_1	۳/۵۴۴±۰/۵۱۷^{Ab}	۴/۲۵±۰/۰۰۵^{ABb}	۴/۵۰±۰/۵^{Bbc}
(NaCl ٪ ۶+KCl ٪ ۶)T_2	۳/۳۰±۰/۵^{Ab}	۳/۵۰±۰/۵^{Aab}	۴/۲±۰/۰۰۲^{ABab}
(NaCl ٪ ۳+KCl ٪ ۹)T_3	۲/۳۰±۰/۵^{Aa}	۳±۰/۰۰۰^{ABa}	۳/۲۹±۰/۵^{Ca}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک و در هر سطر میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف بزرگ، تفاوت معنی‌دار ($p>0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین ± انحراف معیار گزارش شده است

** C (تیمار شاهد): غلظت آب نمک حاوی ۱۲ ٪ کلرید سدیم؛T1 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۳ ٪ KCl+۹ ٪ NaCl؛ T2 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی ۶ ٪ KCl+۶ ٪ NaCl و T3 : غلظت آب نمک ۱۲ ٪ حاوی۹ ٪ KCl+۳ ٪ NaCl

امتیاز حسی پذیرش کلی با افزایش زمان ماندگاری در طی دوره رسیدن ۹۰ روزه به علت واکنش های بیوشیمیایی رسیدن نظیر پروتئولیز، لیپولیز و گلیکولیز افزایش یافت. با این‌حال، از نظر امتیاز حسی پذیرش کلی تفاوت معنی داری میان تیمار شاهد با تیمار حاوی ۹ ٪ KCl + ۳ ٪ NaCl مشاهده شد و نزدیکترین تیمار از نظر امتیاز حسی عطر و طعم، بافت، ظاهر و پذیرش کلی به تیمار شاهد، تیمار T1 حاوی ۳ ٪ KCl + ۹ ٪ NaCl بود. در پژوهشی میزان نمک کلرید پتاسیم پنیر آبی* تا سطح ۷۵ ٪ جایگزین نمک کلرید سدیم شد و نتایج نشان داد نیمار حاوی ۲/۶۳ ٪ کلرید پتاسیم با تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشت($p>0.05$) [۱۸].

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه نشان داد جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl تأثیر معنی‌داری بر لیپولیز نمونه‌های تولیدشده نداشت. با توجه به بالا بودن اسید چرب آزاد اسید استئاریک (C18) در تیمار T3(۹ ٪ KCl+۳ ٪ NaCl) نسبت به سایر نمونه‌ها که بیانگر بالا بودن فعالیت میکروبی و آنزیمی در این تیمار بود. بنابراین، با در نظر گرفتن مضرات مصرف کلرید سدیم بر سلامتی انسان و در راستای کاهش این ماده در مواد غذایی، مطابق نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌توان بدون اثر منفی بر ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی به میزان ۵۰ ٪ نمک NaCl را با KCl جایگزین کرد.

منابع

۱.آقازاده مشگی مهزاد. ، بررسی پاره‌ای از خصوصیات میکروبیولوژیکی و شیمیایی پنیر کوزه در آذربایجان غربی، مجله‌ی علوم غذایی و تغذیه. ۱۳۸۶؛ ۴(۳): ۵۴-۴۳ .

۲. شهاب لواسانی علیرضا، ابراهیم‌زاده موسوی محمد علی، احسانی محمدرضا. به بررسی اثرات جایگزینی نسبی نمک NaCl با نمک KCl برشمارش کلی میکروارگانیسم‌ها. کپک . مخمر. کلی فرم. اسیدیته و خصوصیات ترکیبی در پنیر سفید UF . فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران . ۱۳۸۷. ۲: ۸۷-۸۱.

۳.سربازی محمد.، حصاری جواد، آزادمرد دمیرچی صدیف، رأفت سید عباس. تأثیر پاستوریزاسیون و بسته¬بندی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی پنیر کوزه. نشریه پژوهش های صنایع غذایی. ۱۳۹۳. ۲۴(۶): ۵۱۵-۵۰۸.

4. Shahab Lavasani AR, Aboulhassan Sherbaf FThe effect of lipase enzyme addition on the lipolysis of Iranian White Brine Cheese. Journal of Annals of Biological Research. 2013; 4(9): 105-108.

۵. سازمان ملی استاندارد ایران. اندازه‌گیری چربی در شیر و فرآورده‌های آن- روش‌های آزمون. ۱۳۸۷؛ استانداردشماره ۳۶۶.

۶. سازمان ملی استاندارد ایران. اندازه‌گیری پراکسید چربی استخراجی- روش‌های آزمون. ۱۳۸۶؛ استانداردشماره۴۱۷۹.

۷.سازمان ملی استاندارد ایران. اندازه‌گیری pH و اسیدیته در شیر و فرآورده‌های آن- روش‌های آزمون. ۱۳۸۵؛

* Blue Cheese

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

استانداردشماره ۲۸۵۲.

8. Pataky A, Schoenfuss T. Sodium Reduction in Blue Cheese with and Without Replacement by KCl. In partial fulfillment of the requirments for the degree of Master of Science. 2013; PP 1-75.
9. Aly M.E. 1995. An attempt for producing low-sodium Feta-type cheese. Journal of Food chemistry; 52(3): 295-299.
10. Lindsay RC, Hargett SM, Bush CS. Effect of sodium/potassium (1:1) chloride and low sodium chloride concentrations on quality of Cheddar cheese. Journal of Dairy Science. 1982; 65: 360-370.
11. Katsiari MC. Reduction of sodium content in Feta cheese by partial substitution of NaCl by KCl. International Dairy Journal. 1998;7(6–7): 465–472.
12. Soares C, Fernando A, Alvarenga N, António P, Martins L. Substitution of sodium chloride by potassium chloride in São João cheese of Pico Island. Journal of Dairy Science and Technology. 2016; 96:637–655.
۱۳. درستی صدیقه.، بزمی علی، قنبرزاده بابک، ایاسه علی. اثر جایگزینی نسبی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم در آب نمک پنیرسازی بر ویژگی های پنیر سفید ایرانی. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران. ۱۳۸۹؛۵(۳): ۷۴-۶۷.
14. Kamleh R, Olabi A, Toufeili I, Daroub H, Younisa T, Ajiba R. The effect of partial substitute on of NaCl with KCl on the physicochemical, microbiological and sensory properties of Akkawi cheese. Journal of the Science of Food and Agriculture.2015;95(9): 1-9.
15. Nasr WIA. Effect OF Potassium chloride as a salt replaced on the quality of buffalus's mozzarella cheese. Journal of Food and Dairy Sciences. 2015; 6(12): 697 – 712.
16. McMahon DJ, Oberg CJ, Drake MA, Farkye N, Moyes LV, Arnold MR, Ganesan B, Steele J, Broadbent JR. Effect of sodium, potassium, magnesium, and calcium salt cations on pH, proteolysis, organic acids, and microbial populations during storage of full-fat Cheddar cheese. Journal of Dairy Science. 2014; 97:4780–4798.
17. Karimi R, Mortazavian AM, Karami M. Incorporation of the Lactobacillus Casei in Iranian Ultrafiltered Feta cheese made by partial replacement of NaCl with KCl. Journal of Dairy Science. 2012; 95:4209-4222.
18. Zorilla SE, Castelao EL, de Piante D, Rubiolo AC. Proteolysis during ripening of low-fat Fynbo cheese salted with a mixture of NaCl and KCl. Australian Journal of Dairy Technology. 1996; 51 (4): 6-7.
19. Alais C. 1984. Science du lait:Principes des techniques laitieres. SEIPAC, Paris, France.
20. Gripon J. C. 1987. Cheese: chemistry, physics and microbiology In: Fox, P. F. (ed.), major cheese groups, Vol. 2. Elsevier Applied Science, London, UK. P. 121.
21. Eck A. 1987. Le fromage. 2 ed, Tec et Doc, Paris, France.
22. Meyer LH. Food chemistry. C. B. C. publishers and distributors, India, 1987; P.306.
23. Jaeggi JJ, Govindasamy-Lucey S, Berger YM, Johnson ME, Mckusick BC, Thomas DL, Wendorff WL. Hard Ewe s milk cheese manufactured from milk of three different groups of somatic cell counts. Journal of Dairy Science. 2003; 86:3082-3089.
۲٤. خالق خواه الناز.، عزت پناه حمید.، مشهدی اکبر بوجار مسعود.، گیویان راد محمد هادی.، سیف هاشمی سعیده، معتمد روزبه. (تأثیر سطوح مختلف سلول‌های سو ماتیک بر اسیدهای چرب اشباع شیر خام. مجله دانش و پژوهش علوم و دامی.۱۳۹۲؛۱۲: ۷۹-۶۳.
25. Chen SX, Wang JZ, Van kessel JS, Ren FZ, Zeng SS. Effect of somatic cell count in goat milk on yield, sensory quality and fatty acid profile of semi soft cheese. Journal of Dairy Science. 2010; 93: 1345-1354.
26. Alizadeh M, Hamedi M, Khosroshahi A. Modeling of proteolysis and lipolysis in Iranian white brine cheese. Journal of Food chemistry. 2006;97: 294-301.
27. Kandarakis I, Moatsou G, Georgala AIK, Kaminarides S, Anifantakis E. Effect of draining temperature on the biochemical characteristics of Feta cheese. Journal of Food chemistry. 2001;72: 369-378.
28. Kondyli E, Katsiari MC, Massouras T, Voutsinas LP. Free fatty acids and volatile compound of low-fat Feta- type cheese made with a commercial adjunct culture. Journal of Food Chemistry. 2002;79: 199-205.
29. Yilmaz G, Ayar A, Akin N. The effect of microbial lipase on the lipolysis during the ripening of Tulum cheese. Journal of Food Engineering. 2004; 22: 205-207.
30. Ha JK, Lindsay R C. Release of volatile branched-chain and other fatty acids from ruminant milk fats by various lipases. Journal of Dairy Science, 1993; 76, 677-690.
31. Molimard P, Spinnler HE. Review: Compounds involved in the flavor of surface mould-ripened cheeses: origins and properties. Journal of Dairy Science. 1996; 79: 169-184.
32. Akin N, Aydemir S, Kocak C, Yildiz M A. Changes of free fatty acid contents and sensory properties of white pickled cheese during ripening. Journal of Food chemistry. 2003; 80: 77-83.
33. Katsiari MC, Voutsinas LP, Alichanidis E, Roussis IG. Lipolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. International Dairy Journal. 2000; 10:365-373.
34. Vafopoulou A, Alichanidis E, Zerfiridis G.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

Accelerated ripening of Feta cheese, with heat shocked cultures or microbial proteinases. Journal of Dairy Research. 1989; 56: 285-296.
35. Efthymiou C. Major free fatty acids of Feta cheese. Journal of Dairy Science. 1976; 50: 20-24.
36. Horwood JF. Lloyd GT, Stark W. Some flavour components of Feta cheese. Australian Journal of Dairy Technology. 1981; 36: 34-37.

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]

Effect of partial substitution of NaCl by KCl on free fatty acids composition of jar cheese

Nafiseh Mehrabi[1], Alireza Shahab Lavasani[2*], Aria Ashja Ardalan[3]

1. Department of Food Science and Technology, Islamic Azad University North Tehran Branch
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
3. Department of Marine Biology, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University North Tehran Branch

Abstract

Jar cheese is a hard, slightly acidic and sweet pungent that has a granular state and has a dry appearance. In this study, the effect of relative substitution of NaCl salt with KCl (0.25, 50 and 75%) on the characteristics of free fatty acids, fat, peroxide and acidity of Jar cheese was investigated. The results showed that replacing NaCl with KCl and ripening time (5, 45 and 90) did not have a significant effect on fat and peroxide levels (p> 0.05). The acidity content in different treatments did not change significantly with the replacement of NaCl with KCl, Acidity content was increased significantly during ripening period (p <0.05). The results of measurement of fatty acid profiles showed that butyric acid was detected in all treatments and its quantification was in lowest amount within specific days of ripening period (5, 45 and 90). partial replacement of NaCl with KCl did not affect the free fatty acid profile except for stearic acid (C18), and also no significant changes were observed in total amount of free fatty acids measured among all treatments (p> 0.05). In terms of the overall acceptance sensory score, a significant difference was observed between the control treatment and the treatment containing (9% KCl + 3% NaCl) and the closest treatment to the control treatment in terms of the sensory score of flavor, texture, appearance and overall acceptance is the T1 treatment containing (3% KCl + 9% NaCl). In general, the results of this study showed that 50% NaCl can be substituted with KCl.

Keywords: Jar cheese, free fatty acids, NaCl, KCl

* shahabam20@yahoo.com

[Downloaded from mail.amfi.ir on 2026-06-09]