



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

نفیسه محرابی^۱، علیرضا شهاب لواسانی*^۲، آریا اشجع اردلان^۳

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

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

^۳گروه 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، پنییری سخت و تا حدی اسیدی و شورمرزه 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 مقاداری NaCl با KCl و گذشت زمان در طول دوره رسیدن (۵، ۴۵ و ۹۰ روز) بر میزان چربی و پراکسید تأثیر 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) تأثیری نداشت. به طوری که 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

مقدمه

پنیر یکی از مهم‌ترین محصولات شیری با ارزش غذایی بالا است. ویژگی‌های تغذیه‌ای و از سوی دیگر ویژگی‌های ارگانولپتیک خاص آن از جمله 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. از این رو، فلور طبیعی شیر خام منطقه یکی از مهم‌ترین عوامل رسیدن و تولید عطر و طعم خاص این پنیر هستند. نمک یکی از افزودنی‌های غذایی با ارزش از آغاز تمدن بشریت بوده است که تاریخچه آن به عنوان یک افزودنی به ۳۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد. نمک یک ترکیب شیمیایی شامل دو عنصر پایه‌ای، سدیم کاتیونی (Na^+) و کلرید آنیونی (Cl^-) می‌باشد که با یکدیگر برای تشکیل یک نمک هالید به نام کلرید سدیم (NaCl) واکنش می‌دهد. یون سدیم برای همه پستان داران از جمله انسان از جهت حفظ حجم خون و فشار اسمزی سلول و انتقال پیام‌های عصبی مورد نیاز می‌باشد. باین حال به دلیل ارتباط میزان دریافت سدیم با فشارخون، پوکی استخوان و تشکیل سنگ‌های کلیوی، نگرانی مصرف‌کنندگان به مصرف سدیم در مورد غذاهای فراوری شده روز به روز در حال افزایش است (۲). سدیم یک ماده معدنی ضروری است که نقش‌های مختلفی را در بدن به عهده دارد. پتاسیم، سدیم با هم در برقراری تعادل مایعات پایدار و تنظیم حمل و نقل 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. در نهایت، 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. در صورتی که غلظت نمک در پنیر کاهش یابد، خصوصیات شیمیایی، فیزیکی، حسی، رئولوژیکی و میکروبی ممکن است تحت تأثیر قرار گیرد. بدین منظور تلاش‌های زیادی توسط مجامع علمی و فراورده‌های لبنی برای رسیدن به یک پنیر کم‌نمک ذائقه پذیر با بکارگیری مخلوط‌های NaCl و KCl انجام شده است. نمک‌های متفاوتی به عنوان جایگزین برای کلرید سدیم ارزیابی و بررسی شده‌اند. این نمک‌ها شامل کلرید پتاسیم، کلرید منیزیم، کلرید آمونیم و کلرید لیتیم می‌باشد که هر کدام دارای معایب خاص خود می‌باشند. علی‌رغم طعم و مزه تلخ نمک به طور گسترده و موفقیت‌آمیزی به صورت جایگزین نسبی نمک کلرید سدیم بکار برده شده است. مطالعات زیادی نشان داده‌اند که افزایش دریافت پتاسیم از طریق رژیم غذایی می‌تواند اثر حفاظت‌کننده بر افراد دارای فشارخون بالا باشد. همچنین، افزایش دریافت پتاسیم باعث کاهش دفع کلسیم از طریق ادرار و در نتیجه کاهش احتمال ابتلا به پوکی استخوان می‌شود. بسیاری از افرادی که از رژیم‌های با میزان کم سدیم 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 فراوری شده 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 تر با 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 41°C گرم شد

GC انجام شد. مراحل کار به شرح زیر می‌باشد.

آماده‌سازی نمونه

مقدار ۲/۵ gr از نمونه پنیر با ۴ gr سدیم سولفات بی‌آب (Na₂SO₄) و پس از آن ۰/۴ ml اسیدسولفوریک (H₂SO₄) ۲/۵ M و ۱ ml محلول استاندارد داخلی حاوی (C_{17:0}, C_{13:0}) mg ۲/۵ در هر ۱ ml به آن اضافه شد. مقدار ۴ gr سدیم سولفات بی‌آب (Na₂SO₄) و پس از آن ۰/۴ ml اسیدسولفوریک (H₂SO₄) ۲/۵ M و ۱ ml محلول استاندارد داخلی حاوی (C_{17:0}, C_{13:0}) mg ۲/۵ در هر ۱ ml به آن اضافه شد. این مخلوط سه بار با ۳ ml دی اتیل اتر/ هپتان (۱:۱) استخراج شد. پس از هر بار نمونه‌گیری، این محلول با سانتریفیوژ (بکمن سانتریفیوژ، مدل ۶-TJ، USA) با ۲۰۰۰ rpm 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 (Na₂SO₄) منتقل شد. دی اتیل اتر/ هپتان جمع شده به یک پیش ستون (MEGA BOND ELUT NH₂) ۲/۸ ml، حاوی ۵۰۰ mg سیلیکا اصلاح شده 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 ۱ μl / ۰/۱ 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 ۲۱ BP- (طول ۳۰ m، قطر داخلی mm ۰/۵۳) 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

و سپس تا دمای حدود ۳۲ °C خنک شد. پس از گذشت ۳۰ min، مایه پنیر قارچی رنی لسه (شرکت دی اس ام، فرانسه) به میزان ۰/۰۱ گرم وزنی در لیتر به شیر افزوده شده و به خوبی هم زده و با گذشت زمان حدود ۴۵-۵۰ min با انعقاد شیر برای عمل آبگیری، ابتدا دلمه به قطعات تقریبی ۱×۱×۱ cm³ در دو جهت بریده شده و برای خروج هرچه بیشتر آب، دلمه به صورت 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 خارج شده و ۳ روز، هر روز 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 شمال غرب 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- تا ۱۰- در زیر خاک دفن شدند (۳).

آنالیز اسیدهای چرب آزاد

تجزیه و تحلیل 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

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^۱ 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).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایش به صورت 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 داده شده است.

اندازه‌گیری اسیدیته

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

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

نام تیمار	روزه	روزه ۴۵	روزه ۹۰
شاهد (C)	۱۶/۳۱±۰/۰۲ ^{Aa}	۱۶/۳۸±۰/۰۴ ^{Aa}	۱۶/۳۹±۰/۰۲ ^{Aa}
(NaCl % ۹+KCl % ۳)T ₁	۱۶/۱۹±۰/۰۴ ^{Aa}	۱۶/۳۴±۰/۰۱ ^{Aa}	۱۶/۴۴±۰/۰۲ ^{Aa}
(NaCl % ۶+KCl % ۶)T ₂	۱۶/۲۷±۰/۰۴ ^{Aa}	۱۶/۳۲±۰/۰۲ ^{Aa}	۱۶/۳۸±۰/۰۵ ^{Aa}
(NaCl % ۳+KCl % ۹)T ₃	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 گزارش شده است.

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

نام تیمار	روزه	روزه ۴۵	روزه ۹۰
شاهد (C)	۰/۹۴±۰/۰۴ ^{Aa}	۱/۵۷±۰/۰۱ ^{Ba}	۱/۹۸±۰/۰۱ ^{Ca}
(NaCl % ۹+KCl % ۳)T ₁	۰/۹۳±۰/۰۱ ^{Aa}	۱/۵۷±۰/۰۲ ^{Ba}	۱/۹۷±۰/۰۳ ^{Ca}
(NaCl % ۶+KCl % ۶)T ₂	۰/۹۴±۰/۰۴ ^{Aa}	۱/۵۸±۰/۰۱ ^{Ba}	۱/۹۸±۰/۰۱ ^{Ca}
(NaCl % ۳+KCl % ۹)T ₃	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 گزارش شده است.

² Hedonic Test

¹ Hedonic Test

Kamleh و همکاران (۲۰۱۴) به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها تأثیر جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl (۰، ۳۰ و ۷۰) در پنیر (Akkawi) مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند، اختلاف معنی‌داری بین میزان چربی تیمارهای تولید شده با نمونه شاهد مشاهده نشد ($p > 0.05$) و با گذشت 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 به دست آمده گزارش داد که اختلاف معنی‌داری بین میزان اسیدیته تیمارهای تولید شده با نمونه شاهد مشاهده نشد ($p < 0.05$)، اما با گذشت 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 پنیر فتای 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.

همچنین، با گذشت زمان در طول دوره رسیدن، میزان اسیدیته به صورت معنی‌دار در مقایسه با روز پنجم افزایش یافت ($p < 0.05$). اسیدیته در واقع مقدار اسیدهای چرب آزاد موجود در نمونه می‌باشد. با پیشرفت دوره رسیدن پنیر، تبدیل لاکتوز باقی مانده به اسیدلاکتیک و اسید استیک و اسید پروپیونیک و به دنبال آن افزایش میزان اسیدیته قابل تیترا 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 به دست آمده نشان داد، جایگزینی نمک کلرید سدیم با کلرید پتاسیم (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰٪) تأثیر معنی‌داری در میزان اسیدیته پنیرهای تولید شده نداشت ($p > 0.05$). در تأیید نتایج پژوهش فوق، درستی و همکاران به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها اثر جایگزینی نسبی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم در آب نمک پنیر سازی بر ویژگی‌های پنیر سفید ایرانی را بررسی و گزارش کردند پنیر سفید تهیه شده با مخلوط NaCl/KCl تفاوت معنی‌داری از لحاظ ویژگی‌های اسیدیته در مقایسه با نمونه شاهد نداشت و با افزایش دوره رسیدن میزان اسیدیته در نمونه‌ها افزایش یافت (۱۳).

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

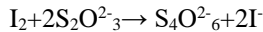
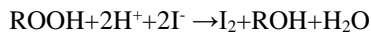
روز ۹۰	روز ۴۵	روز ۵	نام تیمار
1±0/02 ^{Aa}	1±0/12 ^{Aa}	0/9±0/05 ^{Aa}	شاهد (C)
1/2±0/06 ^{Aa}	1/1±0/01 ^{Aa}	1±0/01 ^{Aa}	(NaCl % 9+KCl % 3)T ₁
1/1±0/01 ^{Aa}	0/9±0/02 ^{Aa}	0/8±0/05 ^{Aa}	(NaCl % 6+KCl % 6)T ₂
1/2±0/02 ^{Aa}	1/1±0/06 ^{Aa}	0/9±0/01 ^{Aa}	(NaCl % 3+KCl % 9)T ₃

* 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 \pm انحراف معیار گزارش شده است.

یدومتری محتوی یدید پتاسیم در یک مخلوط اسید استیک - کلروفرم می‌باشد.

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

معادله این واکنش به صورت زیر می‌باشد:



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 به دست 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.

بر طبق نتایج به دست آمده، اختلاف معنی‌داری در میزان اسیدیته تیمارهای مختلف تولید شده با نمونه شاهد مشاهده نشد. اما با گذشت 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 تولید شده در جدول ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان پراکسید پنیر کوزه در جدول ۳ نشان می‌دهد، بین نمونه شاهد و سایر تیمارها از نظر مقدار اسیدیته اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p > 0.05$) و با گذشت 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

جدول ۴ 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 پالمیتیک (C _{16:0})	۷/۳۳±۰/۰۳ ^a	۷/۳۱±۰/۰۱ ^a	۷/۳۳±۰/۰۲ ^a	۷/۳۳±۰/۰۲ ^a
اسید استئاریک (C _{18:0})	۴/۵۲±۰/۰۳ ^a	۴/۵۵±۰/۰۴ ^a	۴/۵۷±۰/۰۲ ^a	۴/۵۳±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 لینولیک (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 گزارش شده است

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

غلظت آب نمک ۱۲٪ حاوی ۹٪ KCl؛ T₃ و NaCl

با گذشت 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 داده شده است.

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

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

T ₃	T ₂	T ₁	شاهد (C)	درصد اسیدهای چرب آزاد
۰/۴±۰/۰۳ ^a	۰/۳۳±۰/۰۵ ^a	۰/۴۳±۰/۰۱ ^a	۰/۳۷±۰/۰۱ ^a	اسید کاپروئیک (C _{6:0})
۰/۷۳±۰/۰۱ ^a	۰/۷۹±۰/۰۱۵ ^a	۰/۷۴±۰/۰۱ ^a	۰/۷۷±۰/۰۱ ^a	اسید کاپریلیک (C _{8:0})
۰/۵۲±۰/۰۲ ^a	۰/۵۲±۰/۰۱ ^a	۰/۵۲±۰/۰۱ ^a	۰/۵۰±۰/۰۱ ^a	اسید کاپریک (C _{10:0})
۲/۴۶±۰/۰۰۱ ^a	۲/۴۷±۰/۰۰۱ ^a	۲/۴۲±۰/۰۰۳ ^a	۲/۴۳±۰/۰۰۵ ^a	اسید لوریک (C _{12:0})
۶/۱۵±۰/۰۳ ^a	۶/۱۴±۰/۰۱ ^a	۶/۱۳±۰/۰۲ ^a	۶/۱۶±۰/۰۲ ^a	اسید میریستیک (C _{14:0})
۷/۳۳±۰/۰۵ ^a	۷/۳۴±۰/۰۱ ^a	۷/۳۳±۰/۰۲ ^a	۷/۳۳±۰/۰۲ ^a	اسید پالمیتیک (C _{16:0})
۱۰/۳۳±۰/۰۱ ^b	۸/۲۹±۰/۰۴ ^a	۸/۳۹±۰/۰۱ ^a	۸/۳±۰/۰۱ ^a	اسید استئاریک (C _{18:0})
۸/۸۱±۰/۰۱ ^a	۸/۸۱±۰/۰۳ ^a	۸/۸۲±۰/۰۲ ^a	۸/۸۰±۰/۰۱ ^a	اسید اولئیک (C _{18:1})
۲/۸۵±۰/۰۳ ^a	۲/۸۰±۰/۰۱ ^a	۲/۸۶±۰/۰۶ ^a	۲/۸۰±۰/۰۱ ^a	اسید لینولئیک (C _{18:2})

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین \pm 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٪ NaCl + ۳٪ KCl و T₃: غلظت آب نمک ۱۲٪ حاوی ۹٪ KCl + ۳٪ NaCl

جدول ۶ میانگین میزان پروفایل اسیدهای چرب اندازه‌گیری شده در پنیر کوزه* در روز چهارم و پنجم از دوره رسیدن** (درصد وزنی)

T ₃	T ₂	T ₁	شاهد (C)	درصد اسیدهای چرب آزاد
۰/۴±۰/۰۲ ^a	۰/۳۳±۰/۰۴ ^a	۰/۴۴±۰/۰۲ ^a	۰/۳۷±۰/۰۱ ^a	اسید کاپروئیک (C _{6:0})
۰/۸۳±۰/۰۳ ^a	۰/۸±۰/۰۵ ^a	۰/۸±۰/۰۵ ^a	۰/۸۳±۰/۰۲ ^a	اسید کاپریلیک (C _{8:0})
۰/۵۲±۰/۰۷ ^a	۰/۵۲±۰/۰۲ ^a	۰/۵۳±۰/۰۱ ^a	۰/۵۲±۰/۰۱ ^b	اسید کاپریک (C _{10:0})
۲/۴۷±۰/۰۰۱ ^a	۲/۴۹±۰/۰۰۱ ^a	۲/۴۸±۰/۰۰۳ ^a	۲/۴۷±۰/۰۰۱ ^a	اسید لوریک (C _{12:0})
۶/۱۵±۰/۰۲ ^a	۶/۱۴±۰/۰۱ ^a	۶/۱۴±۰/۰۱ ^a	۶/۱۶±۰/۰۱ ^a	اسید میریستیک (C _{14:0})
۷/۳۳±۰/۰۲ ^a	۷/۳۴±۰/۰۲ ^a	۷/۳۳±۰/۰۵ ^a	۷/۳۴±۰/۰۱ ^a	اسید پالمیتیک (C _{16:0})
۱۰/۷۶±۰/۰۳ ^b	۸/۷۲±۰/۰۱ ^a	۸/۷۶±۰/۰۶ ^a	۸/۷۴±۰/۰۱ ^a	اسید استئاریک (C _{18:0})
۸/۸۵±۰/۰۴ ^a	۸/۸۵±۰/۰۵ ^a	۸/۸۶±۰/۰۳ ^a	۸/۸۲±۰/۰۱ ^a	اسید اولئیک (C _{18:1})
۲/۸۵±۰/۰۱ ^a	۲/۸۳±۰/۰۲ ^a	۲/۸۶±۰/۰۳ ^a	۲/۸۲±۰/۰۲ ^a	اسید لینولئیک (C _{18:2})

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک تفاوت معنی‌دار ($p < 0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین \pm 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٪ NaCl + ۳٪ KCl و T₃: غلظت آب نمک ۱۲٪ حاوی ۹٪ KCl + ۳٪ NaCl

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

T ₃	T ₂	T ₁	شاهد (C)	درصد اسیدهای چرب آزاد
۰/۴±۰/۰۲ ^a	۰/۳۳±۰/۰۴ ^a	۰/۴۴±۰/۰۲ ^a	۰/۳۷±۰/۰۱ ^a	اسید کاپروئیک (C _{6:0})
۰/۸۳±۰/۰۳ ^{cd}	۰/۸±۰/۰۵ ^b	۰/۸±۰/۰۵ ^{cd}	۰/۸۳±۰/۰۲ ^d	اسید کاپریلیک (C _{8:0})
۰/۵۲±۰/۰۷ ^{ab}	۰/۵۲±۰/۰۲ ^a	۰/۵۳±۰/۰۱ ^a	۰/۵۲±۰/۰۱ ^b	اسید کاپریک (C _{10:0})
۲/۴۷±۰/۰۰۱ ^f	۲/۴۹±۰/۰۰۱ ^d	۲/۴۸±۰/۰۰۳ ^f	۲/۴۷±۰/۰۰۱ ^{ef}	اسید لوریک (C _{12:0})
۶/۱۵±۰/۰۰۲ ^h	۶/۱۴±۰/۰۰۱ ^f	۶/۱۴±۰/۰۰۱ ^h	۶/۱۶±۰/۰۰۱ ^h	اسید میریستیک (C _{14:0})
۷/۳۳±۰/۰۰۲ ⁱ	۷/۳۴±۰/۰۰۲ ^f	۷/۳۳±۰/۰۰۵ ⁱ	۷/۳۴±۰/۰۰۱ ^{ij}	اسید پالمیتیک (C _{16:0})
۱۰/۷۶±۰/۰۰۳ ^k	۸/۷۲±۰/۰۰۱ ^h	۸/۷۶±۰/۰۰۶ ^j	۸/۷۴±۰/۰۰۱ ^k	اسید استئاریک (C _{18:0})
۸/۸۵±۰/۰۰۴ ^j	۸/۸۵±۰/۰۰۵ ^h	۸/۸۶±۰/۰۰۳ ^j	۸/۸۲±۰/۰۰۱ ^k	اسید اولئیک (C _{18:1})
۲/۸۵±۰/۰۰۱ ^f	۲/۸۳±۰/۰۰۲ ^d	۲/۸۶±۰/۰۰۳ ^f	۲/۸۲±۰/۰۰۲ ^f	اسید لینولئیک (C _{18:2})

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف متفاوت با حروف کوچک تفاوت معنی‌دار ($p>0.05$) با یکدیگر دارند. مقادیر بر اساس میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده است
 ** C (تیمار شاهد): غلظت آب نمک حاوی ۱۲٪ کلرید سدیم؛ T1: غلظت آب نمک ۱۲٪ حاوی ۳٪ NaCl؛ T2: غلظت آب نمک ۱۲٪ حاوی ۶٪ KCl؛ T3 و NaCl: غلظت آب نمک ۱۲٪ حاوی ۹٪ KCl؛ NaCl

می‌باشد و در نتیجه 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 به دست آمده 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 پالمیتیک (C16)، اسید پالمیتولئیک (C16:1)، اسید هپتادکانوئیک (C17)، اسید لینولئیک (C18:2) با گذشت 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) با گذشت زمان در طول دوره رسیدن در

بر اساس نتایج اندازه‌گیری میزان پروفایل اسیدهای چرب آزاد، میزان اسید چرب C4 در تمامی تیمارهای تولید شده و نمونه شاهد و در طول دوره رسیدن (۵، ۴۵ و ۹۰ روز) شناسایی شد اما میزان آن بسیار ناچیز و قابل اندازه‌گیری نبود. جایگزینی نسبی نمک NaCl با KCl بر میزان پروفایل اسیدهای چرب آزاد به جز اسید استئاریک (C18) تأثیری نداشت. به طوری که تغییرات معنی‌داری در میزان تمامی اسیدهای چرب آزاد اندازه‌گیری شده در بین تیمارهای مختلف تولید شده مشاهده نشد ($p>0.05$). بنابراین، می‌توان چنین گفت که جایگزینی نمک کلرید پتاسیم به جای نمک کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر میزان لیپولیز پنیر ندارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تیمار T3 (۹٪ KCl + ۳٪ NaCl) به صورت معنی‌داری اسید استئاریک (C18) بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت، که علت آن فعالیت میکروبی و آنزیمی در این تیمار باشد. تیمار T3 دارای کمترین درصد سدیم کلرید نسبت به سایر تیمارها می‌باشد، بنابراین اثر بازدارندگی سدیم در این تیمار نسبت به سایر تیمارها کمتر

اولتیک 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 استرازهای ویژه‌ای هستند، حضور آن‌ها در فصل مشترک آب و چربی است. به‌طور کلی لیپولیز به‌صورت زیر گسترش می‌یابد.

تری گلیسیرید ← ۱،۲ یا ۳ گلیسیرید ← ۲-مونوگلیسیرید
پس از آن 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 تهیه شده است. در پنیر چدار تهیه شده 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 [۲۰ و ۲۱]. 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 لیپولیتیک ضعیفی می‌باشند و قادر به هیدرولیز تری گلیسیریدها 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

روزهای ۴۵ و ۹۰ با روز پنجم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p < 0.05$)، به‌طوری که 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 انجام شده 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 میکروارگانیزم‌های استراتر 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، به‌طوری که نمونه شاهد محتوی (۳/۵٪ نمک کلرید سدیم) و نمونه تولیدشده محتوی (۲/۶۳٪ کلرید پتاسیم + ۱/۱۷٪ کرید سدیم) بود [۸]. نتایج به‌دست آمده 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 استتاریک و در بین اسیدهای چرب غیراشباع اسید اولتیک بالاترین میزان را داشتند ($p < 0.05$). در تائید نتایج پژوهش فوق، شهاب لوسانی (۱۳۸۷) به نتایج مشابهی دست یافت، 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

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 پنی‌های هستند که فلور غالب آن‌ها را باکتری‌های لاکتیک تشکیل می‌دهد، آن‌ها عمل لیپاز طبیعی شیر را در پنی‌های تهیه‌شده از شیر خام تشدید می‌کنند [۲۲]. میکروارگانیسم‌های سرماگرا می‌توانند در فرایند رسیدن پنیر دخالت کنند. پاستوریزاسیون میکروارگانیسم‌ها را نابود می‌کند، اما برخی از لیپازهای آن‌ها مقاوم به حرارت هستند که در زمان رسیدن برخی از پنی‌ها مانند گرویر فعالیت می‌کنند [۲۲]. لیپولیز در پنی‌هایی که به شدت شور هستند ادامه پیدا می‌کند در صورتی که پروتئولیز متوقف می‌شود. لیپولیز عموماً به وسیله 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 پنی‌های تازه با پوشش قارچی، اسید بوتیریک بیشترین اسید چرب فرار را تشکیل می‌دهد. در پنیر امنتال، پروپیونیک عمده‌ترین اسید چرب می‌باشد. در طعم پنی‌های پخته پروپیونات کلسیم شرکت می‌کند. وجود اسید بوتیریک در مقادیر بالا تأثیر ناهنجاری روی طعم پنیر دارد، ولی باین‌حال وجود اندکی از آن برای تشکیل عطر ویژه خصوصاً در پنی‌های امنتال و کنته لازم است. مهم‌ترین نتیجه لیپولیز از دست دادن کیفیت ارگانولپتیک 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 پنی‌های 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 عطر و طعم 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 پنی‌ها 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 پالمیتیک (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 پالمیتیک (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 پنی‌های ساخته‌شده با نمک کلرید پتاسیم ممکن است باعث شود که لیپولیز تری گلیسیریدها در این نوع پنیرها شدیدتر

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 گزارش شده است (۳۷-۳۹٪) از کل اسیدهای چرب نشان داده شد که با افزودن نمک پتاسیم و مدت زمان رسانیدن، میزان اسیدهای چرب فرار نسبت به اسیدهای چرب متوسط زنجیر و بلند زنجیر به نحو چشمگیری افزایش می‌یابد [۲۹] و دلیل آن 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 داده شده است که لیپازهای پرگاستریک مقدار بسیار کمی C10:0 از 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، C18:2 - C14:0 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 میریستولین 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

باشد و اسیدهای چرب آزاد بیشتری را تولید کنند. علاوه بر این، فعالیت لیپولیتیک افزایش یافته 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 لیوپروتئینی موجود در شیر نسبت داده می‌شود. تشکیل اسیدهای چرب آزاد زنجیره کوتاه بیشتر به عمل اختصاصی لیپازهای لیوپروتئینی طبیعی و لیپازهای میکروفلورای طبیعی شیر خام روی اسیدهای چرب آزاد قرار گرفته در موقعیت ۱ و ۳ زنجیره تری 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 تشکیل شده 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 تبدلات 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]. عزیزاده 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 افزوده شده می‌باشد. در واقع با افزایش زمان رسانیدن و آنزیم لیپاز افزوده شده میزان درصد اسید کاپروئیک افزایش نشان داد با این حال، در مورد پنیر فتای

پالمیتیک تولید شده نسبت داده می‌شود. افزایش اسید پالمیتولین به دلیل فعالیت آنزیمی بیشتر و کاهش آن به دلیل تخریب این اسید می‌باشد. افزایش اسید استتاریک 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 افزایش یافته و از طرفی اسیدهای چرب آزاد شده 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 اسید لینولنیک تأثیر آنزیم لیپاز و مدت زمان رسانیدن و علت کاهش آن تجزیه و تبدیل و تخریب اسید لینولنیک در طی دوره 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 آب پنیر و همچنین فعالیت لیپولیتیکی در اواخر دوره رسیدن و تجزیه اسیدهای چرب آزاد شده 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 به‌دست آمده توسط Katsiari و همکاران (۲۰۰۰) است که نشان داد در بین اسیدهای چرب غیراشباع اسید اولئیک عمده‌ترین است [۳۴]. از آنجائی که، اسید استیک عامل اصلی عطر و آرومای پنیر فتا می‌باشد مقدار اسید استیک پژوهش حاضر بسیار کم می‌باشد که نتیجه پژوهش حاضر با نتایج به‌دست آمده 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 در نتیجه فعالیت لیپولیتیکی کم منحصراً از آنزیم لیپاز میکروفلورای طبیعی شیر می‌باشد که این نتیجه با نتایج Katsiari و همکاران (۲۰۰۰) مشابه بود [۳۴]. بنابراین، طعم رانسیت در پنیرها قابل توجه نبود که این نتیجه هم مشابه نتیجه Eftymiou (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 NaCl و KCl

نتایج آزمون ارزیابی حسی پنیر کوزه حاوی درصدهای متفاوت NaCl و KCl در جدول ۸ آورده شده است. امتیاز حسی پذیرش کلی برآوردی از ویژگی‌های حسی عطر و طعم، بافت و ظاهر می‌باشد بر مبنای 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 درصد بالای غلظت نمک پتاسیم از امتیازات کمتری برخوردار بودند و نمونه شاهد که فاقد نمک کلرید پتاسیم بود از امتیاز حسی بالایی برخوردار شد.

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

نام تیمار	روزه	روزه ۴۵	روزه ۹۰
شاهد (C)	۳/۷۳±۰/۰۰۲ ^{Abc}	۴/۴۱±۰/۵ ^{ABbc}	۴/۸۲±۰/۰۰۷ ^{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 \pm انحراف معیار گزارش شده است

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

منابع

- آقازاده مشگی مهزاد. ، بررسی پاره‌ای از خصوصیات میکروبیولوژیکی و شیمیایی پنیر کوزه در آذربایجان غربی، مجله‌ی علوم غذایی و تغذیه. ۱۳۸۶؛ ۴(۳): ۴۳-۵۴.
- شهاب لواسانی علیرضا، ابراهیم‌زاده موسوی محمد علی، احسانی محمدرضا. به بررسی اثرات جایگزینی نسبی نمک NaCl با نمک KCl بر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها. کپک . مخمر. کلی فرم. اسیدیته و خصوصیات ترکیبی در پنیر سفید UF. فصلنامه علوم و صنایع غذایی ایران . ۱۳۸۷. ۲: ۸۷-۸۱.
- سربازی محمد، حصاری جواد، آزاد مرد دمیچی صدیف، رأفت سید عباس. تأثیر پاستوریزاسیون و بسته‌بندی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی پنیر کوزه. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی. ۱۳۹۳. ۲۴(۶): ۵۱۵-۵۰۸.
- Shahab Lavasani AR, Aboulhassan Sherbaf F The effect of lipase enzyme addition on the lipolysis of Iranian White Brine Cheese. Journal of Annals of Biological Research. 2013; 4(9): 105-108.
- سازمان ملی استاندارد ایران. اندازه‌گیری چربی در شیر و فرآورده‌های آن - روش‌های آزمون. ۱۳۸۷؛ استاندارد شماره ۳۶۶.
- سازمان ملی استاندارد ایران. اندازه‌گیری پراکسید چربی استخراجی - روش‌های آزمون. ۱۳۸۶؛ استاندارد شماره ۴۱۷۹.
- سازمان ملی استاندارد ایران. اندازه‌گیری pH و اسیدیته در شیر و فرآورده‌های آن - روش‌های آزمون. ۱۳۸۵؛

امتیاز حسی پذیرش کلی با افزایش زمان ماندگاری در طی دوره رسیدن ۹۰ روزه به علت واکنش‌های بیوشیمیایی رسیدن نظیر پروتئولیز، لیپولیز و گلیکولیز افزایش یافت. با این حال، از نظر امتیاز حسی پذیرش کلی تفاوت معنی‌داری میان تیمار شاهد با تیمار حاوی ۹٪ NaCl + ۳٪ KCl 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 ۶۳٪ کلرید پتاسیم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($p > 0.05$) [۱۸].

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی 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 فیزیکی شیمیایی به میزان ۵۰٪ نمک NaCl را با KCl جایگزین کرد.

* Blue Cheese

- 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.
۲۴. خالق خواه الناز، عزت پناه حمید، مشهدی اکبر بوجار مسعود، گیویان راد محمد هادی، سیف هاشمی سعیده، معتمد روزبه. (تأثیر سطوح مختلف سلول‌های سو ماتیکی بر اسیدهای چرب اشباع شیر خام. مجله دانش و پژوهش علوم و دامی. ۱۳۹۲؛ ۱۲: ۶۳-۷۹.
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, Hamed 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.
8. Pataky A, Schoenfuss T. Sodium Reduction in Blue Cheese with and Without Replacement by KCl. In partial fulfillment of the requirements 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، بز می 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): ۶۷-۷۴.
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, Castela 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

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.

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

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

Nafiseh Mehrabi¹, Alireza Shahab Lavasani^{2*}, Aria Ashja Ardalan³

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