مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال پنجم، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۹، صفحات ۷۴-۶۷

اثر جایگزینی نسبی کلرید سدیم با کلرید پتاسیم در آب نمک پنیرسازی بر ویژگی‌های پنیر سفید ایرانی

صدیقه درستی[۱]، علی بزمی[۲]، بابک قنبرزاده[۳]، علی ایاسه[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز پست الکترونیکی: bazmi@tabrizu.ac.ir
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۴- مربی گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۸۸/۷/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/۵/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: پنیر سفید ایرانی یکی از پنیرهای آب نمکی است که مرحله رسیدن را در آبِ حاوی غلظت‌های بالای نمک کلرید سدیم طی می‌کند. این نمک در آبگیری دلمه و افزایش ماندگاری پنیر مؤثر است، ولی به دلیل نقش آن در ایجاد شرایط مناسب برای بروز و تشدید بیماری‌های قلبی عروقی و کلیوی سعی می‌شود که از نمک‌های جایگزین مانند کلرید پتاسیم استفاده شود.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های پنیر سفید آب نمکی ایرانی با استفاده از شیر گاو پاستوریزه تهیه و در ترکیبات متفاوت آب نمک رسانده شدند. آب نمک‌های مورد استفاده شامل محلول‌های ۱۰٪ NaCl (نمونه شاهد) و مخلوط NaCl/KCl (به نسبت‌های ۱:۱ و ۳:۱) به عنوان نمونه آزمایشی بود. تأثیر جایگزینی نسبی NaCl با KCl روی ویژگی‌های شیمیایی، لیپولیز، پروتئولیز و ویژگی‌های فیزیکی نمونه‌های پنیر شامل سختی بافت در طول مدت رسیدگی ۵۶ روزه بررسی شد. لیپولیز به وسیله اندازه‌گیری عدد اسیدی در طول مدت رسیدگی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: پنیرهای تهیه شده با مخلوط NaCl/KCl تفاوت معنی‌داری از لحاظ ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی شیمیایی (ماده خشک، اسیدیته، pH و نمک) در مقایسه با نمونه شاهد نداشتند. ارزیابی پروتئولیز با استفاده از روش‌های کلدال و الکتروفورز اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد و نمونه آزمایشی طی روزهای مختلف رسیدگی نشان نداد. جایگزینی نسبی NaCl با KCl تأثیر معنی‌داری بر میزان عدد اسیدی و ویژگی‌های بافتی نمونه‌های آزمایشی نداشت.

نتیجه‌گیری: نتایج به دست آمده از آزمایشات نشان دادند تا ۵۰٪ کاهش کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر کیفیت پنیر ندارد. جایگزینی نسبی NaCl با KCl قادر به ایجاد تغییر قابل ملاحظه در عدد اسیدی و ویژگی‌های بافتی نمونه‌های پنیر نیست.

واژگان کلیدی: پنیر سفید ایرانی، کلرید پتاسیم، کلرید سدیم، پروتئولیز، لیپولیز، غلظت نمک

• مقدمه

پنیر عبارت است از فراورده تازه (Fresh) یا رسیده (Ripened) شیر که از انعقاد شیر و خروج سرم شیر از آن تولید می‌شود. در تهیه پنیر از شیر کامل، شیر چربی گرفته یا مخلوطی از این دو استفاده می‌شود. پنیر به صورت‌های نرم (Soft)، نیمه‌سخت (Semi-hard)، سخت (Hard) و خیلی سخت (Extra-hard) تولید می‌شود. پنیرهای سفید از دسته آب‌نمکی هستند که اساساً نرم بوده و در آب نمک، دوره رسیدن را طی کرده و نگهداری می‌شوند (۱). نمک مورد استفاده در تولید پنیرهای آب نمکی با جذب آب اضافی و تکمیل آبگیری دلمه باعث افزایش قوام واستحکام دلمه می‌شود (۲). در تولید برخی انواع پنیر مثل پنیر دومیاتی (Domiati) از نمک به صورت محلول در شیر مورد استفاده در تهیه پنیر استفاده می‌شود. از طرف دیگر، نمک با کاهش آب آزاد پنیر و در نتیجه، کاهش فعالیت آبی باعث افزایش زمان ماندگاری پنیر می‌شود (۳).

نمک طعام مورد استفاده در مواد غذایی منبعی برای تأمین سدیم مورد نیاز بدن است. به طور کلی، کمترین مقدار نیاز روزانه بدن به سدیم ۰/۲ گرم (معادل ۰/۵ گرم از NaCl) است. میانگین کلرید سدیم جذب شده در بدن از طریق رژیم‌های غذایی موجود در کشورهای پیشرفته ۱۰

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]

تا ۳۵ برابر بیشتر از نیاز روزانه بدن است. جذب ۱/۱ تا ۳/۳ گرم سدیم در روز برای سلامتی و نیاز روزانه بدن توصیه می‌شود (۵، ۴). طبق تحقیقات انجام شده، غلظت بالای یون‌های کلر در آب نمک برای سلامتی خطرناک بوده و موجب بیماری‌های قلبی عروقی و کلیوی می‌شود (۶). از طرف دیگر، علاوه بر همبستگی مثبت بین افزایش میزان مصرف نمک و فشار خون بالا، افزایش سدیم رژیم غذایی باعث افزایش دفع ادراری کلسیم می‌شود که به نوبه خود باعث کاهش کلسیم بدن می‌شود (۷، ۴).

به منظور حفظ سلامت مصرف کنندگان، استفاده از مواد غذایی کم نمک در رژیم‌های غذایی مهم است. راه حل دیگر جایگزین کردن کامل یا بخشی از کلرید سدیم با کلرید پتاسیم است. کلرید پتاسیم نه تنها باعث افزایش فشار خون نمی‌شود، بلکه یون‌های پتاسیم نقش تعدیل کننده فشار خون را نیز به عهده دارند. البته، مصرف بیش از حد پتاسیم (بیش از ۵۰۰۰mg در روز) باعث به هم خوردن تعادل این ماده معدنی در بدن می‌شود که به نوبه خود باعث ضعف عضلانی و کند شدن نبض می‌شود (۷).

با توجه به اثرات مثبت کلرید پتاسیم در بهبود کیفیت تغذیه‌ای غذاهای نمک‌دار، در این مطالعه سعی شد در تولید پنیر سفید ایرانی با کاهش سدیم و جایگزینی بخشی از آن با پتاسیم ارزش تغذیه‌ای این فراورده پروتئینی پر مصرف افزایش و خطرات آن روی سلامت کاهش داده شود. در ضمن اثرات جایگزینی نسبی NaCl با KCl بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، حسی و بافتی محصول نهایی مورد بررسی قرار گرفت.

• مواد و روش‌ها

روش تهیه پنیر : برای تهیه پنیر، شیرخام به مقدار مشخص به روش استفاده از دمای پایین و مدت زمان طولانی LTLT (Low temperature long time) توسط دستگاه ویسکوباتور پاستوریزه شد (63^oC، ۳۰ دقیقه). سپس به سرعت تا رسیدن به دمای حدود 35^oC خنک شد. در ادامه مقدار ۲٪ وزنی استارتر (Y 532 LYO و DM LYO 230، Hansen's laboratory، دانمارک) به آن افزوده و به خوبی مخلوط شد. مخلوط استارتر حاوی گونه‌های Streptococcus thermophilus و Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus و گونه‌های Lactococcus lactis subsp. lactis و Lactococcus lactis. subsp. ceremoris بود. پس از حدود نیم ساعت به آن مایه‌پنیر (Meito، شرکت Sangyo، ژاپن) افزوده و به آرامی هم زده شد. بعد از تشکیل لخته، عمل برش لخته انجام شد. سپس قطعات دلمه را به آرامی زیر و رو کرده و به مدت یک ساعت به حال خود باقی رها کردند. لخته‌ها را به داخل پارچه‌های مخصوص منتقل کردند و جهت تکمیل آبگیری، به مدت سه ساعت وزنه روی دلمه قرار داده شد. اندازه وزنه مورد استفاده ۰/۱ وزن شیر مورد استفاده بود. دلمه آبگیری شده به شکل بلوک‌هایی برش داده شد و بعد از توزین به داخل آب نمک اشباع (۲۲٪) منتقل شد که از قبل تهیه و پاستوریزه شده بود. پس از ۱۸ ساعت (دمای 20^oC) قالب‌های پنیر (هر کدام ۱۰۰ گرم) را به داخل ظروف ml ۲۰۰ منتقل کرده و پس از افزودن آب نمک با غلظت ۱۰٪ و ترکیب مورد نظر (۱۰۰٪NaCl، ۱:۱NaCl/KCl و ۳:۱ NaCl/KCl) توسط دستگاه دربند حرارتی توسط ورق آلومینیومی دربندی شدند. نسبت حجم آب نمک به وزن دلمه‌ها ml ۱۳۰ به ۱۰۰ گرم بود. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای 18^oC قرار گرفتند و سپس تا زمان تکمیل رسیدن در دمای یخچال (8^oC-۵) نگهداری شدند (۸). به منظور بررسی اثر تیمارهای اعمال شده روی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های پنیر، در روزهای ۳، ۷، ۱۴، ۲۸، ۴۲ و ۵۶ رسیدن از محصول، نمونه برداری و آزمایش‌های لازم انجام شد.

آزمون‌های شیمیایی: در طول زمان رسیدن، از پنیرها نمونه برداری شد و مقادیر رطوبت به روش آون در دمای 102^oC (۹)، نمک به روش موهر (۱۰)، اسیدیته به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال در حضور فنول فتالئین (۱۱) و pH با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد.

ارزیابی پروتئولیز: نیتروژن محلول SN (Soluble Nitrogen) در pH=۴/۶ و ازت محلول در تری کلرو استیک اسید و ازت غیرپروتئینی NPN (Non-protein Nitrogen) پنیر به روش Kuchroo و Fox اندازه‌گیری شد (۱۲). جهت اندازه‌گیری SN، نمونه‌های ۳۰ گرمی در آب مقطر همگن شد و pH نمونه‌ها با استفاده از محلول HCl (Merck، آلمان) و NaOH (Merck ، آلمان) ۲ نرمال در pH= ۴/۶ تنظیم شد. پس از نتظیم مجدد pH، نمونه‌ها در گرمخانه 40^oC به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده و سپس سانتریفوژ کردند (۳۵۰۰ ×g). نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ صاف شدند و SN به روش کلدال اندازه‌گیری شد. به ۲۰ml از محلول صاف شده 5ml محلول تری‌کلرواستیک اسید ۶۰٪ اضافه و پس از ۱۰ دقیقه سانتریفوژ در ۵۰۰۰×g محلول رویی صاف و مقدار ازت غیر پروتئینی به روش کلدال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ازت کل

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]

TN (Total Nitrogen) هم از روش کلدال استفاده شد (۱۳). درجه هیدرولیز سیستم کازئینی پنیر طی دوره رسیدن به روش Urea-PAGE (Urea poly-acrylamid gel electrophoresis) بررسی شد (۱۴).

ارزیابی لیپولیز: لیپولیز طی رسیدن پنیر با استفاده از اندازه‌گیری عدد اسیدی ADV (Acid degree value) مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۵). مقدار کل اسیدهای چرب پنیر با واحد میلی اکی والان در یک گرم بیان شد.

ارزیابی بافت: ارزیابی بافت پنیر با آزمون فشاری توسط دستگاه اینسترون مدل ۱۱۴۰ انجام گرفت. نمونه‌هایی به شکل مکعب مربع (cm ۲×۲×۲) تهیه شد. برای فشردن هر نمونه از لودسل ۲۰N و پروب cm ۱۵ استفاده شد. سرعت پایین آمدن پروب روی cm/min ۲۰ تنظیم شد. نیروی لازم برای فشردن نمونه به اندازه ۵۰٪ ضخامت اولیه نمونه پنیر و به عنوان شاخصی از سختی بافت در نظر گرفته شد (۱۶).

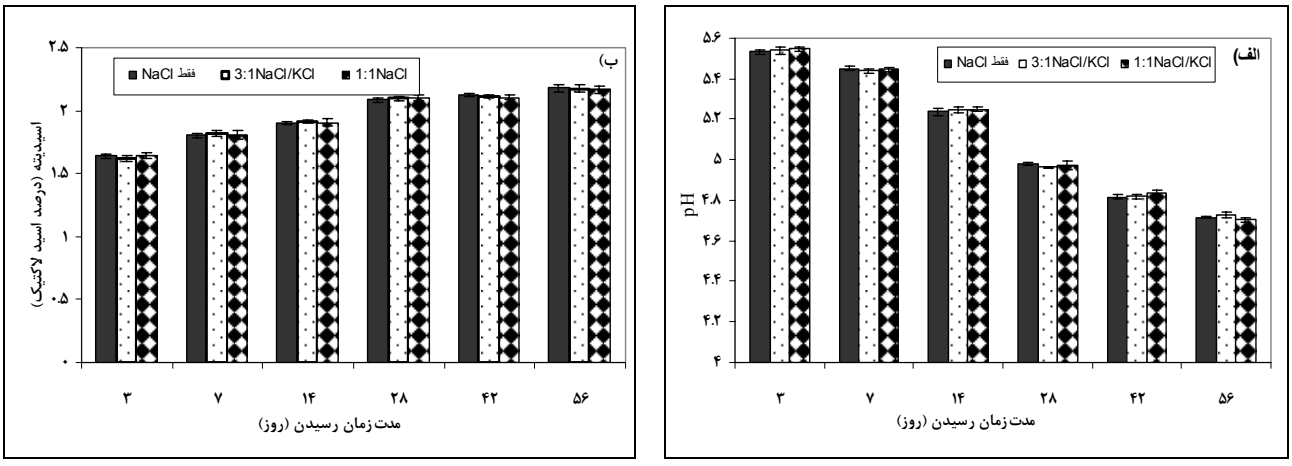
ارزیابی آماری: در این تحقیق از طرح آزمایشی پایه از نوع فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها به ترتیب با جداول ANOVA و دانکن، توسط نرم افزار $SPSS_{11.5}$ انجام شد.

• یافته‌ها

ترکیبات شیمیایی: به منظور بررسی اثر نوع تیمار (پنیر فراوری شده با آب نمک ۱۰٪ حاوی NaCl و نسبت‌های ۱:۱ و ۳:۱ از NaCl/KCl) و همچنین زمان رسیدن سه نوع پنیر طی مدت رسیدن ۵۶ روزه، مقادیر pH و اسیدیته ارزیابی شد. جایگزینی نسبی NaCl با KCl تأثیر معنی‌داری بر مقادیر pH نداشت، ولی طی دوره رسیدن از میزان pH کاسته شده و مقدار اسیدیته افزایش یافت (شکل۱). مقادیر pH در نمونه‌های غوطه‌ور در محلول ۱۰٪ NaCl و مخلوط ۱:۱ و ۳:۱ NaCl/KCl به ترتیب از ۵/۵۳±۰/۰۱۱، ۵/۵۴±۰/۰۱۱ و ۵/۵۴±۰/۰۱۷ طی ۳ روز اول رسیدن به ۴/۷۱±۰/۰۰۵، ۴/۶۹±۰/۰۱۱ و ۴/۷۲±۰/۰۱۵ پس از ۵۶ روز کاهش یافت. در شکل ۱-ب نشان می‌دهد که پس از روز بیست و هشتم رسیدن، با وجود کاهش pH میزان اسیدیته تغییر چندانی نکرده است.

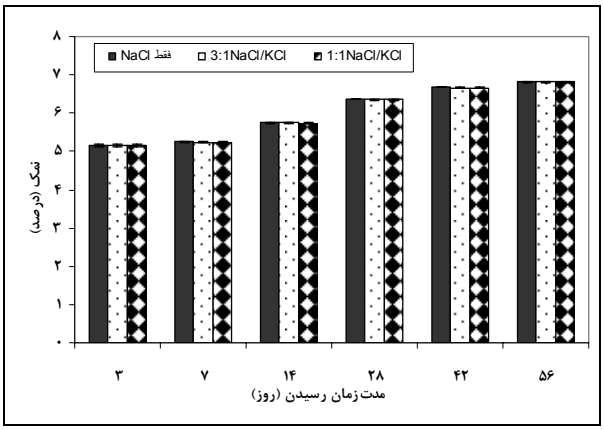
طی دوره رسیدن، با جذب نمک به داخل دلمه میزان نمک در پنیر افزایش یافت (شکل ۲). مقادیر نمک نمونه‌های پنیر رسانده شده در آب نمک ۱۰٪ محتوی مخلوط NaCl و KCl یا NaCl به تنهایی، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. مقادیر نمک در نمونه‌های غوطه‌ور در غلظت‌های ۱۰٪ NaCl و مخلوط‌های ۱:۱ و ۳:۱ NaCl/KCl در پایان دوره رسیدن به ترتیب ۶/۸۱۶±۰/۰۱۵، ۶/۸۱۳±۰/۰۱۵ و ۶/۸۱۶±۰/۰۱۵ درصد بود. این در حالی است که روز رسیدن تأثیر معنی‌داری بر میزان نمک پنیر داشت ($p<0/01$). به طوری که در نمونه‌های شاهد میزان نمک از ۵/۱۵±۰/۰۳۶ درصد در ۳ روز اول رسیدن به ۶/۸۱۶±۰/۰۱۵ درصد در پایان دوره رسید.

در این تحقیق، جایگزینی نسبی NaCl با KCl تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک نمونه‌های پنیر نداشت (شکل ۳).

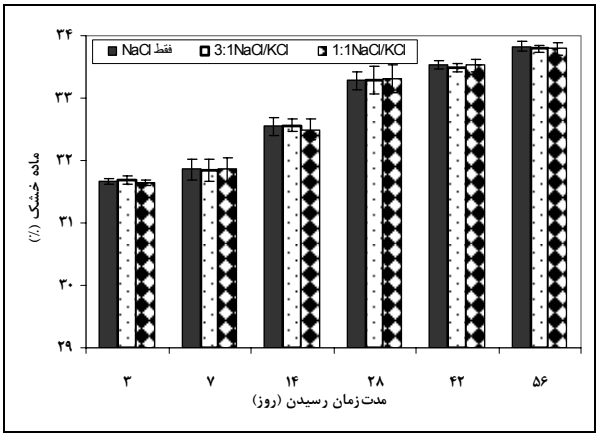


شکل۱ - (الف) تغییرات pH و (ب) تغییرات اسیدیته در نمونه‌های پنیر رسیده در محلولهای ۱۰٪ نمک طعام و نسبت‌های مختلف KCl/NaCl در طی دوره رسیدن

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]

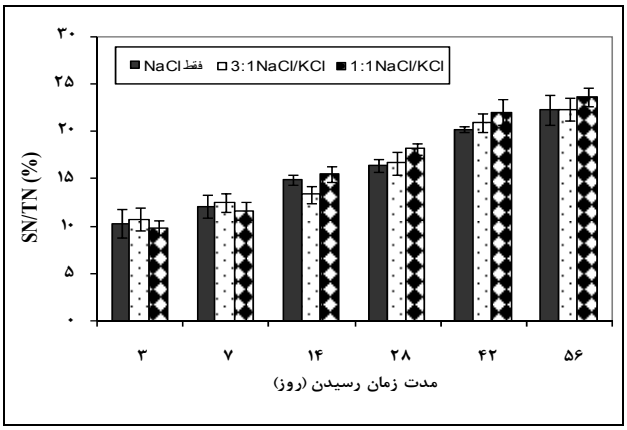


شکل۲ - تغییرات نمک در نمونه‌های پنیر رسیده در آب نمک ۱۰٪ حاوی نسبت‌های مختلف NaCl/KCl و NaCl به تنهایی طی دوره رسیدن



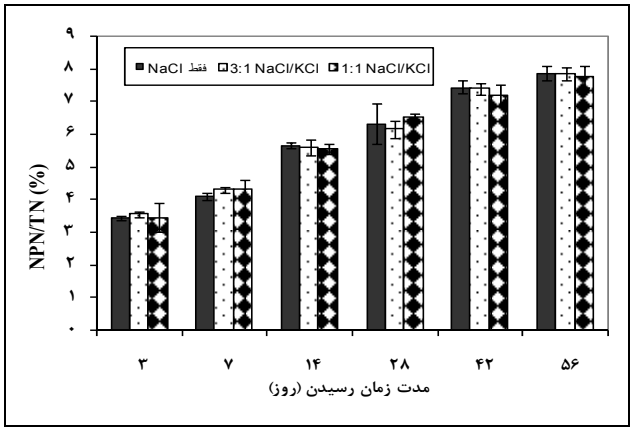
شکل۳ - تغییرات ماده خشک در نمونه‌های پنیر رسیده در نسبت‌های مختلف NaCl/KCl و NaCl به تنهایی طی دوره رسیدن

نتایج ارزیابی پروتئولیز: استفاده از KCl به جای NaCl در تولید پنیر سفید آب‌نمکی، تأثیر معنی‌داری بر مقدار SN/TN نداشت، ولی تفاوت معنی‌داری در دوره رسیدن پنیر مشاهده شد (شکل ۴). به عنوان مثال، در نمونه‌های غوطه‌ور در آب‌نمک ۱۰٪ NaCl میزان SN به TN از ۱/۵۵±۱۰/۳۱٪ در روز سوم رسیدن به ۱/۵۸±۲۲/۳۲٪ در پایان دوره افزایش یافت. مقادیر جزء SN در نمونه‌های شاهد (حاوی NaCl) و نمونه‌های آزمایشی (۱:۱ و ۳:۱ NaCl/KCl) تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. به طوری که مقدار آن در نمونه‌های غوطه‌ور در نمونه‌های شاهد و نمونه‌های آزمایشی پس از ۲۴۰ روز رسیدن به ترتیب ۰/۱±۲۲/۱، ۰/۷۴±۲۲/۹۶ و ۰/۸۵±۲۲/۶۸ درصد بود.



شکل۴ - تغییرات درصد ازت محلول به ازت کل در نمونه‌های پنیر رسیده در آب نمک ۱۰٪ محتوی NaCl یا نسبت‌های متفاوت NaCl/KCl طی دوره رسیدن

استفاده از KCl به جای NaCl در تولید پنیر تأثیر معنی‌داری بر مقادیر NPN ایجاد نکرد؛ در حالی که در طول مدت رسیدن تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۵). مقادیر نسبت NPN به TN در نمونه‌های غوطه‌ور در محلول NaCl به تنهایی و مخلوط ۱:۱ و ۳:۱ NaCl/KCl در پایان دوره رسیدن به ترتیب ۰/۲±۷/۸۶، ۰/۳۴±۷/۷۵ و ۰/۱۸±۷/۸۳ درصد بود.



شکل۵ - تغییرات درصد ازت غیرپروتئینی به ازت کل در نمونه‌های پنیر رسیده در آب نمک ۱۰٪ حاوی NaCl به تنهایی یا نسبت‌های متفاوت NaCl/KCl طی دوره رسیدن

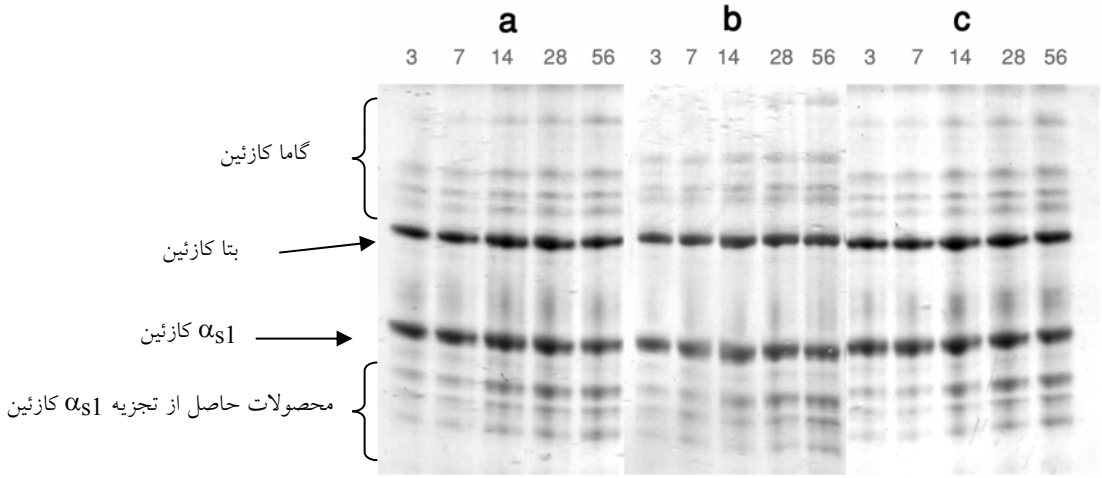
نتایج حاصل از ارزیابی پروتئولیز اولیه توسط الکتروفورز (شکل ۶) نشانگر عدم تأثیر نوع نمک بر سرعت شکستن کازئین‌ها در نمونه‌های شاهد و آزمایشی است. با این حال،

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]

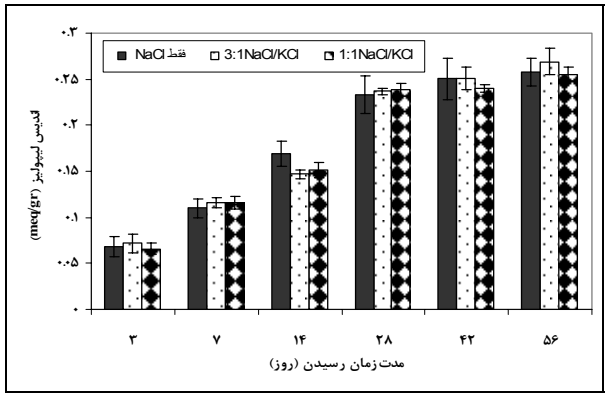
همان گونه که در الکتروفوروگرام مربوطه نیز مشخص است، میزان دانسیته رنگی مربوطه به باندهای تشکیل شده از تجزیه α_{s1} بیشتر شده است که افزایش میزان پروتئولیز در طول دوره رسیدن را نشان می‌دهد.

نتایج ارزیابی لیپولیز: نتایج ارزیابی پیشرفت لیپولیز در تیمارهای مختلف و طی رسیدن پنیر که با استفاده از اندازه‌گیری اندیس اسیدی صورت گرفت، در شکل ۷ آورده شده است. استفاده از KCl در تولید پنیر سفید ایرانی تأثیر معنی‌داری بر شدت لیپولیز نداشت؛ در حالی که روزهای رسیدن تأثیر معنی‌داری بر سطح ۱٪ روی لیپولیز داشتند. همان طور که در شکل ۷ نشان داده شده، سرعت افزایش لیپولیز در طی ماه اول رسیدن بیشتر بود و پس از آن، سرعتش کم شد. مقادیر اندیس لیپولیز در نمونه‌های پنیر غوطه‌ور در آب نمک ۱۰٪ NaCl یا مخلوط ۱:۱ و ۳:۱ NaCl/KCl در پایان دوره رسیدن به ترتیب ۰/۲۵۷±۰/۰۱۴ meq/gr، ۰/۲۵۵±۰/۰۰۷ و ۰/۲۶۹±۰/۰۱۴ بود.

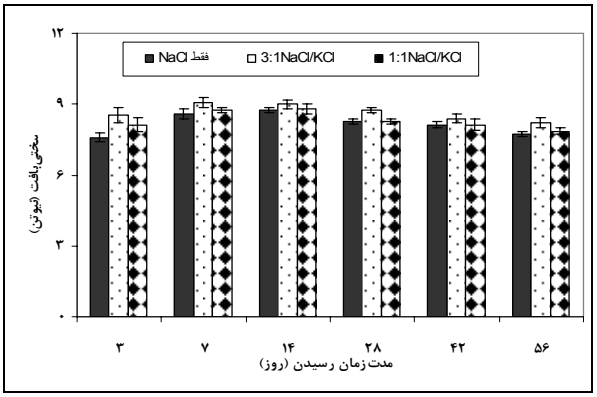
نتایج ارزیابی بافت: در این تحقیق برای ارزیابی سختی بافت پنیر از دستگاه اینسترون استفاده شد. نتایج به دست آمده در شکل ۸ آمده است. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها تفاوت معنی‌داری در میزان سختی بافت نمونه‌های پنیر در اثر جایگزینی KCl با NaCl مشاهده نشد. در خصوص اثر مدت زمان رسیدن بر سختی بافت، در روز چهاردهم میزان سختی بافت تا حدود ۹ نیوتن افزایش یافت. ولی پس از آن و تا اواخر دوره رسیدن بافت پنیر، نرم‌تر و تردتر شد و میزان سختی آن تا حدود ۷/۵ نیوتن کاهش یافت.



شکل۶ - الکتروفوروگرام مربوط به نمونه‌های پنیر تهیه شده در آب نمک ۱۰٪ حاوی نسبت‌های متفاوت NaCl/Kcl طی دوره رسیدن: a) نمونه پنیر رسیده در آب نمک حاوی نسبت‌های ۳:۱ NaCl/KCl، b) ۱:۱ NaCl/KCl و c) NaCl به تنهایی



شکل۷ - تغییرات اندیس لیپولیز در نمونه‌های پنیر رسیده در آب نمک ۱۰ ٪ حاوی NaCl یا نسبت‌های متفاوت NaCl/KCl طی دوره رسیدن



شکل۸ - تغییرات بافت در نمونه‌های پنیر رسیده در آب نمک ۱۰٪ حاوی NaCl یا نسبت‌های متفاوت NaCl/KCl طی دوره رسیدن

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]

• بحث

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که طی دوره رسیدن، در اثر تولید اسید لاکتیک توسط سوش‌های میکروبی لاکتیک، از میزان pH تیمارهای مورد مطالعه کاسته شده و مقدار اسیدیته آنها افزایش می‌یابد. با پیشرفت دوره رسیدن پنیر، با کاهش میزان لاکتوز و اثر بازدارندگی اسید لاکتیک روی فعالیت برخی سوش‌های لاکتیک میزان تولید اسید لاکتیک کاهش یافته و به دنبال آن، میزان اسیدیته قابل تیتر هم افزایش چندانی ندارد. این در حالی است که مقدار pH در طی رسیدن پنیر کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات *Lindsay* ، *Aly* و *Katsiari* روی پنیرهای چدار و پنیر فتای فراپالایش UF (Ultra Filtration) مشابه نتایج تحقیق حاضر است. این محققان علت بروز این پدیده را به پیشرفت پروتئولیز و لیپولیز و افزایش میزان اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب نسبت داده‌اند (۱۸، ۱۷، ۴).

جایگزینی نسبی NaCl با KCl تأثیر معنی‌داری بر مقادیر pH و درصد نمک نداشت این نتیجه، مشابه یافته‌های *Katsiari* است که روی پنیر کفالوگرویرا (Kefalograviera) تحقیق کرده بود. از آنجا که ترکیبات مختلف نمک مورد استفاده در آب نمک، فشار اسمزی محیط را چندان تحت تأثیر قرار نمی دهند، اثر معنی‌داری بر درصد نمک پنیر ندارند. در تحقیقات انجام گرفته روی پنیر کفالوگرویرا نتایج مشابهی به دست آمده است. به طوری که استفاده از نسبت‌های ۱:۱ و ۳:۱ NaCl/KCl تأثیر معنی‌داری بر درصد نمک پنیر نداشته و مقادیر نمک در نمونه‌های شاهد و آزمایشی پس از گذشت ۱۸۰ روز به ترتیب ۰/۰۵±۳/۵۱، ۰/۱۵±۳/۵۱ و ۰/۰۷±۳/۵۵ درصد است. محققان دیگر نظیر *Fitzgerald* و *Aly* نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند (۱۹، ۱۸). این نتایج با نتایج به دست آمده توسط محققان دیگر در مورد پنیرهای چدار، پاراتو و فتا از UF و دومیاتی هماهنگ است (۴).

پروتئولیز در پنیر به دو مرحله اولیه و ثانویه تقسیم می‌شود. برای ارزیابی پروتئولیز ثانویه طی رسیدن پنیر، مقادیر SN و NPN اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به عدم اثر قابل ملاحظه ترکیب نمک مورد استفاده مقدار SN/TN و اثر معنی‌دار مدت زمان رسیدن بر مقدار شاخص مذکور می‌توان نتیجه گرفت که عوامل مؤثر بر میزان پروتئولیز ثانویه که عمدتاً به آنزیم‌ها مربوط می‌شود، تحت تأثیر نوع نمک قرار نمی‌گیرند و فقط مدت زمان عمل آنزیم‌ها روی پروتئین‌ها می‌تواند میزان پروتئولیز را تحت تأثیر قرار دهد. به طوری که میزان پروتئولیز در طول مدت زمان رسیدن پنیر افزایش یافته و مقدار SN/TN افزایش می‌یابد. مطالعات صورت گرفته روی پنیر فتا (۲۰، ۱۸) در خصوص مقدار SN/TN نتایج مشابهی با نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد. همچنین، تحقیقات انجام شده توسط Martine و همکاران روی پنیر گودا نیز مؤید این مطلب است (۲۰). Fitzgerald و Buckley تفاوت معنی‌داری را در میزان SN بین نمونه‌های پنیر چدار نمک زنی شده با مخلوط NaCl و KCl مشاهده نکردند. به طوری که میزان SN به TN پس از گذشت ۱۶ هفته از رسیدن در نمونه‌های پنیر غوطه‌ور در آب نمک حاوی نسبت ۱:۱ NaCl/KCl و نمونه‌های حاوی کلرید سدیم به ترتیب ۲۹/۲ و ۳۲/۳ درصد بود (۱۹).

یکی دیگر از روش‌های متداول برای بررسی پروتئولیز ثانویه در پنیر، اندازه‌گیری پپتیدهای محلول در تری‌کلرواستیک اسید است. طی دوره رسیدن پنیر، پپتیدهایی که ملکول آنها متوسط یا بزرگ است، تحت تأثیر آنزیم‌های مایه‌پنیر و آغازگرها به اسیدهای آمینه و پپتیدهایی با وزن مولکولی کم شکسته می‌شوند و درصد NPN افزایش می‌یابد (۲۱). باکتری‌های لاکتیک و آغازگرها مهم‌ترین نقش را در تولید NPN دارند (۲۲، ۱۵). تحقیقی که سایر محققان روی نمونه‌های پنیر فتای نمک زنی شده با مخلوط NaCl و KCl انجام دادند، نشان می‌دهد که سطوح SN در تری‌کلرو استیک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با نمونه‌های شاهد حاوی نمک طعام ندارد (۱۷). این نتایج مشابه نتایج به دست آمده توسط Reddy و Marth (۱۹۹۳) در نمونه‌های پنیر چدار می‌باشد (۲۴، ۲۳).

پروتئولیز اولیه را می‌توان با آن دسته از تغییراتی که روی β، δ و αs کازئین‌ها، پپتیدها و سایر پیوندها اتفاق افتاده و به وسیله روش الکتروفورز روی ژل پلی‌آکریل‌آمید قابل شناسایی هستند، تعریف کرد. تحقیق حاضر نشان داد که طی رسیدگی پنیر، در نتیجه تأثیر رنین، پروتئازهای طبیعی شیر و پروتئازهای میکروبی، کازئین‌ها به اجزای β، δ و αs کازئین ها و سایر اجزاء تجزیه می‌شوند. همچنین مشاهده شد که میزان پروتئولیز اولیه تحت تأثیر نوع نمک قرار نمی‌گیرد. این مشاهدات مشابه نتایج گزارش شده از

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]

تحقیقات صورت گرفته روی پنیرهای فتا و کفالوگرویرا است (۲۴).

فرایند لیپولیز که طی آن، چربی‌ها به اسیدهای چرب و گلیسرول تجزیه می‌شوند. نقش مهمی در توسعه عطر و طعم پنیر دارد. ارزیابی شدت لیپولیز به وسیله اندازه‌گیری اندیس اسیدی نشان داد که این شاخص تحت تأثیر ترکیب نمک قرار ندارد، ولی مقدار آن در طول زمان رساندن افزایش می‌یابد. لیپولیز در پنیر تحت تأثیر لیپازهای طبیعی و میکروبی صورت می‌گیرد. در پنیرهای تهیه شده از شیرهای پاستوریزه با توجه به اینکه لیپاز طبیعی شیر به دلیل حساسیت به حرارت غیرفعال می‌شود، آنزیم‌های استارترها عامل اساسی لیپولیز می‌باشند (۲۵). به این ترتیب، با توجه به اینکه در تهیه پنیر سفید ایرانی نیز از فرایند پاستوریزاسیون استفاده می‌شود، انتظار می‌رود، فرایند لیپولیز، ناشی از آنزیم‌های استارترهای مورد استفاده باشد. طی رسیدن پنیر، در نتیجه تأثیر لیپازها، میزان اسیدهای چرب آزاد، افزایش یافته و موجب زیاد شدن مقدار اندیس اسیدی می‌شود. مطالعات سایر محققان نشان می‌دهد که در پنیر کفالوگرویرا سرعت و محتوی لیپولیز در نمونه‌های پنیر نمک زده شده با NaCl (۱/۸۴) و نمونه‌های آزمایشی نمک زده شده با مخلوط KCl و NaCl به نسبت ۱:۱ و ۳:۱ (به ترتیب ۱/۸۶ و ۱/۷۴) مشابه یکدیگر است. این نتایج با یافته‌های *Reddy* و *Marth* (۱۹۹۳) در مورد پنیر چدار مطابقت دارد (۲۴) در حالی که *Aly* و همکاران تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بین نمونه‌های شاهد و آزمایشی در پنیر فتای UF از لحاظ میزان اسیدهای چرب آزاد گزارش کردند (۱۸). ارزیابی لیپولیز به روش کروماتوگرافی گازی نشان داد که جایگزینی نسبی KCl با NaCl تأثیر معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بر لیپولیز ندارد. نتایج به دست آمده توسط *Fitzgerald* و *Buckley* نشان داده است که پروفایل اسیدهای چرب آزاد در پنیر چدار نمک زده شده با مخلوط ۱:۱ NaCl/KCl شباهت زیادی با پنیرِ شاهدِ تهیه شده از NaCl دارد (۱۹). این در حالی است که جایگزینی کامل KCl با NaCl باعث افزایش شدید لیپولیز می‌شود (۲۰).

ترکیب نمک بر خلاف طول مدت زمان رسیدن، اثر معنی‌داری بر سختی بافت نمونه های پنیر در مطالعه حاضر نداشت. به طور کلی، بافت پنیر از ویژگی‌های کیفی اساسی آن محسوب می‌شود که نقش مهمی در مطلوبیت پنیرهای رسیده دارد. از آنجا که ساختار پنیر متشکل از یک شبکه پروتئینی است که فاز چربی و فاز محلول را در بر می‌گیرد، پروتئولیز نقش مهمی در تغییرات سختی بافت پنیر طی رسیدن دارد. در پنیرهای آب‌نمکی در اوایل دوره رسیدن، در نتیجه پدیده انتشارِ ناشی از تفاوت غلظت نمک در دلمه پنیر با محیط آبی پیرامون، آب از دلمه خارج و نمک وارد دلمه می‌شود که در نتیجه، باعث افزایش سختی بافت پنیر می‌شود. ولی در اواخر دوره رسیدن، به دلیل پروتئولیز و شکستن پروتئین‌ها بافت پنیر، نرم‌تر و تردتر می‌شود. با توجه به اینکه نوع نمک مورد استفاده در این تحقیق، اثر قابل ملاحظه‌ای بر میزان فشار اسمزی محیط و فعالیت پروتئولیتیکی پنیر نداشت، اثر معنی‌داری روی سختی بافت هم ندارد. گزارش سایر محققان هم در مورد پنیر کفالوگرویرا نشان داده است که استفاده از KCl به جای بخشی از NaCl تفاوت معنی‌داری از لحاظ ویژگی‌های بافتی با نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند (۴).

به طور کلی نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می‌دهند که جایگزینی نسبی KCl به جای NaCl تأثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی نظیر ماده خشک، نمک، اسیدیته، pH و ویژگی‌های بافتی در پنیر سفید ایرانی ندارد. همچنین، ارزیابی لیپولیز و پروتئولیز طی رسیدن پنیر نشان داد که KCl تأثیر معنی‌داری بر میزان این ویژگی‌ها ندارد. بنابراین، با توجه به مضرات مصرف کلرید سدیم بر سلامتی انسان و در راستای کاهش این ماده در مواد غذایی، مطابق نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان میزان کلریدسدیم موجود در پنیر سفید ایرانی را بدون اثر منفی بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی آن تا ۵۰٪ کاهش داد. از آنجا که پنیر یکی از مواد غذایی پر مصرف در کشور ما است، با استفاده از کلرید پتاسیم می‌توان هم مضرات نمک متداول مورد استفاده را کاهش داد و هم به دلیل جایگزینی یون سدیم با یون پتاسیم به تعدیل فشار خون مصرف‌کنندگان کمک کرد.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]

• References

1. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Brined cheese specification & test methods. ISIRI no 2344-1. 1rd, Karaj: ISIRI; 1993 [in Persian].
2. Guillermo A, Susana E, Amelia C. Secondary proteolysis of Fynbo cheese salted with NaCl/KCl brine and ripened at various temperatures. Food Chem 2006; 96: 297-303.
3. Morris HA, Guinee TP, Fox PF. Salt diffusion in Chedar cheese. J Dairy Sci 1985; 68: 1851-1858.
4. Katsiari MC, Voutsinas LP, Alichanidis E, Roussis G. Manufacture of Kefalograviera cheese with less sodium by replacement of NaCl with KCl. Food Chem 1998; 61: 63-70.
5. Mutlag MA, Wibey RA. Effect of chymosin reduction and salt substitution on the properties of white salted cheese. Int Dairy J 2006; 16: 903-9.
6. Ponce De Leon-Gonzalez LP, Wendorff WL, Ingham BH, Jaeggi JJ, Houck KB. Influence of salting procedure on the composition of Muenster-type cheese. J Dairy Sci 2000; 83, 1396-1401.
7. Hemmatkhah F. Blood Pressure. 1nd ed, Tehran: Asre Ketab Pulication, 2005. 45-9 [in Persian].
8. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Guidance for the production of Iranian white cheese. ISIRI no 5772. 1rd, Karaj: ISIRI; 2002 [in Persian].
9. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Cheese and processed cheese – determination, (Reference method) - Test of total solids content method. ISIRI no 1753. 1 rd, Karaj: ISIRI; 2001 [in Persian].
10. Hosseini Z. Current methods in food stuff analysis. 3rd ed, Shiraz, Shiraz Univeresity Press, 1998; 52-53 [in Persian].
11. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Milk and milk products - Determination of titrable acidity and value pH –Test method. ISIRI no 2852. 1 rd, Karaj: ISIRI; 1995 [in Persian].
12. Kuchroo CN, Fox PF. Soluble nitrogen in cheddar cheese. Comparison of extraction procedures. Michwissenchaft 1982; 937:331-5.
13. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Determination of the protein content of processed cheese. ISIRI no 1811. 2rd, Karaj: ISIRI; 1998 [in Persian].
14. Shalabi SI, Fox PF. Electrophoretic analysis of cheese: comparison of methods. Irish J Food Sci and Tech 1987; 11: 135-51.
15. Fox PF, Guinee TP, McSweeney PLH. Fundamental of cheese science. 2 nd ed. Gaithersburg; Aspen Publisher, 2000. p. 85-96.
16. Erdem YK. Effect of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese. J Food Eng 2005; 71: 366-72.
17. Lindsay RC, Hargett SM, Bush CS. Effect of sodium/potassium (1:1) chloride and low sodium chloride concentrations on quality of Cheddar cheese. J Dairy Sci 1982; 65: 360-70.
18. Aly ME. An attempt for producing low-sodium Feta type cheese. Food Chem 1995; 52: 295-9.
19. Fitzgerald E, Buckley J. Effect of total and partial substitution of sodium chloride on the quality of Cheddar cheese. J Dairy Sci 1985; 68: 3127-34.
20. Katsiari MC, Voutsinas LP, Alichanidis E, Roussis G. Lipolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial substitution of NaCl by KCl. Int Dairy J 2000; 10: 369-73.
21. Silva SV, Malkata FX. Studies pertaining to coagulant and proteolytic activities of plant proteases from Cynara cardunculus, J Food Chemistry 2005; 89: 19-26.
22. Fox PF, McSweeney PLH. Proteolysis in cheese during ripening. Food Rev Int 1996; 12: 457-509.
23. Katsiari MC, Alichanidis E, Voutsinas LP, Roussis G. Proteolysis in reduced sodium Feta cheese made by partial replacement of NaCl with KCl. Int Dairy J 2000; 10: 635-46.
24. Katsiari MC, Alichanidis E, Voutsinas LP, Roussis G. Proteolysis in reduced sodium Kefalograviera cheese made by partial replacement of NaCl with KCl. Food Chem 2001; 73: 31-43.
25. Manolopoulou E, Sarantinopoulos P, Zoidou E, Aktypis A, Moschopoulou E, Kandarakis IG, et al. Evolution of microbial populations during traditional Feta cheese manufacture and ripening. Int J Food Micro 2003; 82: 153-61.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-09-16]