

بررسی خواص شیمیایی و حسی پنیر سفید UF غنی شده با آهن

حسین امرایی^۱، *محمدحسین عزیزی^۲، محسن برزگر^۲ و حسن احمدی گاولیقی^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی،

^۲دانشگاه تربیت مدرس، آرمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۵/۳/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱/۱۸

چکیده

پنیر سفید UF با افزودن ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm از دو ترکیب آهن ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ و FeCl_3) به رینتیت غنی سازی شد. ویژگی‌های شیمیایی و حسی محصول با گروه کنترل (پنیر فاقد آهن) مقایسه شد. خصوصیات شیمیایی شامل: درصد چربی، ماده خشک، pH، اسیدیته، رطوبت و میزان آهن در زمان‌های ۱، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روز پس از تولید اندازه‌گیری و مورد مطالعه قرار گرفت. ارزیابی حسی پنیرها شامل طعم، رنگ و بافت بود که به کمک یک گروه ۲۵ نفری از مصرف‌کنندگان آموزش دیده انجام شد. غلظت‌های مختلف آهن هیچ‌گونه اثری بر خواص شیمیایی محصول نداشت. نتایج آماری نشان داد که افزودن ۴۰ ppm سولفات آهن آبدار و ۶۰ ppm کلرید آهن تأثیری بر طعم محصول نداشته اما پنیر غنی شده با ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن آبدار دارای اختلاف معنی‌دار بود. هیچ‌گونه اختلاف معنی‌دار بین رنگ نمونه‌ها پس از ۶۰ روز نگهداری مشاهده نشد. به علاوه، نتایج نشان داد که بافت پنیرهای غنی شده با ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن آبدار دارای اختلاف معنی‌دار ولی بر اثر افزودن ۴۰ و ۶۰ ppm کلرید آهن اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در نهایت نتایج نشان داد که افزودن ۶۰ ppm از FeCl_3 یا ۴۰ ppm از $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ تأثیری بر خواص حسی محصول ندارد.

واژه‌های کلیدی: پنیر سفید UF، آهن، غنی‌سازی، خواص حسی

مقدمه

و این غنی‌سازی می‌تواند به‌طور عمومی صورت گیرد که در آن غذاهایی نظیر غلات، شیر، و چاشنی‌ها غنی‌سازی می‌شوند. این‌گونه غذاها مصرف عمومی داشته و توسط جوامع خطرپذیر و نیز افرادی که نیاز کمتری به آهن اضافی دارند و یا اصلاً نیازی ندارند مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در کشورهای در حال توسعه راه جلوگیری از فقر آهن، غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی با آهن می‌باشد. جلوگیری از

آهن یکی از ریزمغذی‌های مهم در تغذیه انسان می‌باشد و کمبود آن عوارضی نظیر کم‌خونی، که حدود ۳۰ درصد جمعیت جهان به‌ویژه زنان و نوجوانان به آن مبتلایند، عقب‌ماندگی ذهنی و کاهش مصونیت در برابر امراض را به دنبال دارد.

غنی‌سازی غذاها اغلب به‌عنوان اثر بخش‌ترین راه‌حل جهت جلوگیری از شیوع فقر آهن مد نظر قرار گرفته است

* - مسئول مکاتبه: azizit_m@modares@modares.ac.ir

تغییرات ناخوشایند در طعم و رنگ فرآورده‌های غنی‌سازی شده با آهن و همچنین حفاظت آهن از بازدارنده‌های جذب آن در غذاهای غنی‌سازی شده از مهمترین نکات در این روش می‌باشند (ریچارد، ۱۹۹۷).

روش دیگر، غنی‌سازی هدفمند است که در آن یک محصول غذایی که بیشتر توسط یکی از گروه‌های ریسک‌پذیر مصرف می‌شود جهت غنی‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (کک و روسر، ۱۹۸۳).

غنی‌سازی شیر و فرآورده‌های آن با آهن به‌عنوان یک راهکار مناسب جهت فایق آمدن بر این مشکلات می‌باشد. این دسته از مواد غذایی حاوی اکثر مواد مورد نیاز بدن بوده و با فقر شدید آهن مواجهند در صورتی که نقیصه فقر آهن در آنها تعدیل گردد، گام مهمی در راستای تأمین امنیت غذایی به‌ویژه در مناطق محروم برداشته خواهد شد.

در سال ۱۹۹۱ غنی‌سازی پنیر چدار توسط زانگ (زانگ و ماهونی، ۱۹۹۱) صورت گرفت و نتایج نشان داد که کلرید آهن، سیترات، کازئینات و سولفات آهن ترکیبات مناسبی برای غنی‌سازی بوده و میزان ۴۰ ppm از این ترکیبات را می‌توان به پنیر اضافه نمود. یک گروه ارزیاب حسی آموزش دیده نیز بهترین طعم را به نمونه‌های حاوی کلرید آهن و کازئینات نسبت دادند.

در سال ۱۹۹۵، الساماراجی پنیر سفید تهیه شده از شیر گاو میش را با سه مقدار ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm از دو ترکیب کلرید آهن و سولفات آهن غنی نموده و با نمونه شاهد مقایسه نمود. نتایج نشان داد که پنیر را می‌توان با ۸۰ میلی‌گرم آهن به ازای هر کیلوگرم لخته غنی نمود بدون این که تغییر قابل توجهی در خواص حسی آن ایجاد گردد.

در سال ۱۹۹۲، جکسون و لی جهت غنی‌سازی پنیر از آهن و کلسیم کپسوله^۱ استفاده نمود تا علاوه بر غنی‌سازی پنیر، از ایجاد طعم تلخ ناشی از کلسیم جلوگیری کند. وی توانست آهن را به میزان ۲/۶۷ میلی‌گرم در ۲۸ گرم به پنیر اضافه نماید. نتایج نشان داد اگرچه آهن کپسوله خواص حسی محصول را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد اما کلسیم افزوده شده بافت محصول را خراب می‌کند.

در سال ۱۹۹۷، السید آهن، کلرید آهن و گلوکونات آهن را در سه مقدار ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ ppm به پنیر اضافه نمود و خواص شیمیایی (خاکستر، رطوبت، اسیدیته و پراکسید) آن را مورد بررسی قرارداد و نشان داد که پنیر را می‌توان تا مقدار ۸۰ ppm با آهن غنی‌سازی نمود بدون این که خواص فیزیکی و حسی آهن تغییر نماید. البته بهترین نمونه حاوی ۴۰ میلی‌گرم گلوکونات آهن بود.

در سال ۱۹۹۸، هاوس رایس و همکاران پنیر مازارلا^۲ را با دو مقدار ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم از دو ترکیب $FeCl_3$ و کمپلکس آهن - کازئین غنی نمودند. نتایج نشان داد افزودن هرکدام از ترکیبات به مقدار ۲۵ میلی‌گرم از هر ترکیب به پنیر اثری بر خواص حسی و فیزیکی آن ایجاد نمی‌کند و حتی پس از عمل طبخ نیز کیفیت پنیر غنی‌شده کاملاً شبیه نمونه شاهد است. در سال ۲۰۰۳ واک و همکارانش با افزودن سولفات آمونیوم فریک کپسوله و سولفات آمونیوم فریک در پنیر چدار آن را غنی‌سازی نمودند. نتایج نشان داد که پنیر حاوی سولفات آمونیوم فریک دارای طعم تلخ‌تری نسبت به نمونه کپسوله بود. تحقیق دیگری نیز توسط مانگوریا و همکارانش در سال ۲۰۰۲ روی نوعی پنیر برزیلی کم چرب غنی شده با سولفات آمونیوم آهن انجام شد. نتایج ارزیابی پانلیست‌ها نشان داد که پنیر غنی شده دارای طعم، بافت و رنگ بهتری از نمونه شاهد بود. با این توصیف، غنی‌سازی غذاها مستلزم انتخاب روش دقیق در مورد ماده غذایی حامل و ترکیب مورد استفاده برای غنی‌سازی می‌باشد. کاملاً واضح است که میزان ترکیب آهن‌دار ابتدا بایستی با در نظر گرفتن قابلیت دسترسی نسبی بدن به آن در ماده غذایی بهینه‌سازی شود اما اگر ماده غذایی حامل دارای ترکیبات بازدارنده جذب آهن باشد، آهن افزوده شده همانند آهن طبیعی غذا خیلی کم جذب شده و بر میزان مصرف آهن مصرف‌کننده تأثیری نداشته و یا تأثیر بسیار جزئی خواهد داشت. بنابراین موفقیت یک برنامه غنی‌سازی غذا، به میزان زیادی به قابلیت جذب آهن افزوده شده و محافظت از آن در برابر بازدارنده‌های عمده جذب آهن وابسته است (تیلور، ۱۹۸۶).

با توجه به موارد بالا و افزایش روزافزون بیماری‌های ناشی از فقر آهن، غنی‌سازی غذاها و مخصوصاً غذاهای با مصرف عمومی نظیر پنیرسفید UF ضروری به نظر می‌رسد.

در نتیجه اهدافی که به‌طور کلی در این تحقیق مورد نظر قرار گرفتند به‌شرح ذیل می‌باشد:

۱- غنی‌سازی پنیر UF با دو ترکیب آهن‌دار $FeCl_3$ و $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ به‌طور جداگانه و در مقادیر ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm.

۲- تعیین میزان آهن موجود در پنیر غنی‌سازی شده در مقاطع زمانی ۱، ۱۵، ۳۰ و ۶۰ روز پس از تولید و بررسی تغییرات میزان آهن.

۳- مقایسه ویژگی‌های شیمیایی نظیر pH، اسیدیته، درصد چربی، درصد رطوبت و درصد ماده‌خشک تیمارهای مختلف پنیر غنی‌سازی شده با ویژگی‌های شیمیایی نمونه شاهد.

۴- مقایسه ویژگی‌های حسی پنیرهای غنی‌سازی شده شامل، رنگ و طعم با ویژگی‌های حسی نمونه شاهد.

۵- معرفی نوع و مقدار مناسب ترکیب آهن‌دار جهت غنی‌سازی پنیرسفید UF.

مواد و روش‌ها

دو ترکیب آهن‌دار $FeCl_3$ و $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ از نمایندگی شرکت مرک^۱ آلمان خریداری شد. ریتنتیت^۲ مورد نیاز از کارخانه پگاه لرستان تأمین گردید. برای استارتر زنی از استارتر بالک تهیه شده از استارترهای لیوفیلیزه^۳ G3 و 709 از فرآورده‌های شرکت کریستین هسن دانمارک و برای ایجاد لخته پنیر از مایه پنیر لیوفیلیزه^۴ کیموژن استفاده شد. شیر مورد استفاده نیز از کارخانه پگاه لرستان تهیه گردید.

روش تهیه پنیر سفید ایرانی: مراحل تولید پنیرسفید UF به‌ترتیب شامل: دریافت شیر، خنک‌سازی، ذخیره‌سازی و میکروفیلتراسیون شیرخام - استانداردسازی چربی شیر -

پاستوریزاسیون حرارتی شیر - فرآیند اولترافیلتراسیون شیر و تولید پیش‌پنیر - افزودن استارتر به ریتنتیت - انتقال ریتنتیت استارترزنی شده جهت بسته‌بندی - فرآیند مایه‌زنی و بسته‌بندی ریتنتیت در لیوان‌های مخصوص در دستگاه پرکن - طی زمان انعقاد در تونل انعقاد جهت تشکیل لخته - نمک‌زنی و درب‌بندی لیوان‌های پنیر در دستگاه روتامین^۵ - کارتن‌گذاری لیوان‌ها در دستگاه بسته‌بندی در کارتن^۶ - گرم‌خانه‌گذاری پنیر - نگهداری پنیرها در سردخانه می‌باشد.

آزمایش‌های شیمیایی: برای اندازه‌گیری میزان ماده‌خشک پنیر از دستگاه سارتریوس^۷ و برای اندازه‌گیری میزان چربی آن از روش حجمی ژربر استفاده شد و درصد رطوبت با کم‌کردن درصد ماده‌خشک از ۱۰۰ محاسبه گردید. اندازه‌گیری pH پنیر، به کمک دستگاه pH متر دیجیتال صورت گرفت (استاندارد ملی شماره ۲۸۵۲). اسیدیته پنیر به‌وسیله تعیین مقدار اسیدلاکتیک قابل سنجش به‌وسیله تیتراژ کردن پنیر (محلول رقیق شده پنیر) با یک محلول قلیایی استاندارد (سود N/9 است) اندازه‌گیری شد و از فل‌فتالین به‌عنوان معرف استفاده گردید (استاندارد ملی شماره ۲۸۵۲). مقدار آهن در پنیر نیز به‌وسیله طیف سنج جذب اتمی با استفاده از خاکستر اندازه‌گیری شد. (دستگاه جذب اتمی GBC مدل 903، 6-7mA شدت جریان مورد استفاده ۷ mA نوع شعله، استیلن - هوا، طول موج ۲۴۸/۳ nm، پهنای شکاف ۰/۲nm، حساسیت ۰/۰۵ ppm) بود.

آزمایش‌های حسی: برای بررسی و مقایسه بافت، طعم و رنگ نمونه‌های پنیر غنی‌سازی شده و نمونه شاهد از یک گروه ۲۵ نفری از مصرف‌کنندگان پنیر استفاده شد. بدین صورت که نیم‌ساعت قبل از مصرف پنیرها توسط داوران، پنیر محتوی هر کاپ به‌صورت منظم برش‌داده شد و در بشقاب‌های جداگانه قرار گرفت. به این ترتیب پنیرهای تولیدی با پنج فرمولاسیون غنی‌سازی شده و یک نمونه شاهد در بشقاب‌های جداگانه روی یک میز چیده و سپس از داوران خواسته شد که ابتدا یکی یکی به محل نمونه‌ها

- 5- Rotamin
- 6- Box Packaging
- 7- Sarterious

- 1- Merck
- 2- Retentate
- 3- Liophilized
- 4- Chimogen

وارد شده و با مشاهده رنگ نمونه‌ها برای هر کدام از نمونه‌ها در فرم طراحی شده برای ارزیابی رنگ پنیر که شامل توضیحاتی کوتاه در مورد نحوه قضاوت داوران و همچنین ۶ محور افقی درجه‌بندی شده از ۱ تا ۱۰ براساس کمینه و بیشینه نامطلوب و مطلوب بود با گذاشتن خطوط عمودی روی محورها نظر خود را در رابطه با میزان مطلوبیت رنگ نمونه‌ها اعلام نمایند.

پس از ارزیابی رنگ بار دیگر از داوران خواسته شد همانند روش ارزیابی رنگ اما این بار با چشیدن هر کدام از نمونه‌ها و شستن دهانشان در فواصل مصرف نمونه‌های مختلف در فرم‌های مشابه فرم ارزیابی رنگ، نظرشان را در مورد بافت و طعم نمونه‌ها اعلام نمایند.

طراحی آزمایش‌ها و تجزیه و تحلیل آماری: کلرید آهن و سولفات آهن برای تولید پنیر سفید UF غنی‌سازی با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm آهن مورد استفاده قرار گرفتند. به نمونه‌های شاهد آهن افزوده نشد. با در نظر گرفتن روش تولید پنیر فتا و نتایج تحقیقات انجام شده توسط محققین مختلف، بهترین روش برای افزودن ترکیبات آهن‌دار به محصول افزودن این ترکیبات به محلول مایه پنیر بود که این کار با در نظر گرفتن این نکته که نسبت افزودن ترکیب آهن‌دار به مایه پنیر طوری باشد که با مصرف حجم مورد نظر رنت برای هر لیوان که حدود ۱۵ سی‌سی در هر لیوان پنیر است، میزان مورد انتظار از ترکیب آهن‌دار به ریتتیتیت افزوده شود.

با تهیه غلظت‌های ذکر شده از ترکیبات آهن‌دار در محلول‌های رنت مصرفی مقادیر مشخصی از ریتتیتیت استارترزنی شده به ظروف استیل ضدعفونی شده منتقل و به آنها مقدار لازم از محلول رنت و ترکیب آهن‌دار اضافه‌گردید. با استفاده از محلول‌های رنت و ترکیبات آهن‌دار آماده‌شده برای تیمارهای مورد نظر، شش تیمار مختلف (دو ترکیب آهن‌دار در سه مقدار ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm و یک تیمار بدون استفاده از ترکیب آهن‌دار صورت گرفت. محتویات ظروف استیل سپس به میزان مشخص (۴۶۸ گرم در هر لیوان پنیر) در لیوان‌های پنیر دژ گردید و زمان لازم جهت تشکیل لخته پنیر لحاظ گردید. ضمناً با توجه به محدودیت زمان ایجاد لخته در خط تولید پنیر

سفید UF (حداکثر ۲۰ دقیقه)، زمان تشکیل لخته در مورد همگی تیمارها و نمونه شاهد اندازه‌گیری شد که در این میان با توجه به این که مقدار ۸۰ ppm کلرید آهن سه‌طرفیتی، زمان تشکیل لخته را خیلی (بیش از ۴۰ دقیقه) به تأخیر انداخت عملاً انجام این تیمار در تولید صنعتی پنیر سفید UF امکان‌پذیر نبوده و بنابراین از لیست تیمارها حذف گردید.

پس از تشکیل لخته نمونه‌ها جهت دوزینگ نمک و دربندی به دستگاه روتامین منتقل شدند و بدین ترتیب نمونه‌های غنی‌شده با تیمارهای مختلف حاصل شد. در ضمن به‌عنوان نمونه شاهد، یک تیمار بدون افزودن آهن به رنت مصرفی تولید شد. از این مرحله به بعد طبق روال عادی تولید با نمونه‌ها رفتار شد و نمونه‌ها پس از تاریخ‌زنی و چیدن در کارتن به گرمخانه منتقل شدند و پس از گذشت ۲۴-۱۲ ساعت pH نمونه‌ها کنترل شدند و با حصول pH مناسب، یعنی رسیدن آن به حدود ۴/۷ به سردخانه انتقال داده‌شدند. در این زمان چگونگی نزول pH تیمارهای مختلف ثبت و مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ضمن ارزیابی و مقایسه دیگر مشخصات شیمیایی تیمارها نظیر، اسیدیته، درصد ماده خشک، درصد چربی، درصد رطوبت، درصد نمک لخته با نمونه شاهد، نمونه‌هایی جهت اندازه‌گیری میزان آهن تهیه شد و این آزمایش‌ها در مقاطع زمانی یک روز، پانزده روز، یک ماه و دو ماه پس از تولید روی نمونه‌ها به‌عمل آمد و تغییرات میزان آهن و مشخصات شیمیایی تیمارهای مختلف در طی زمان نگهداری و مقاطع زمانی مشخص شده از نظر آماری مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. علاوه‌بر این در این مقاطع زمانی، رنگ و بافت ظاهری و عطر و طعم تیمارها که به‌طورکلی نشان‌دهنده میزان پذیرش آنها از سوی مصرف‌کنندگان می‌باشد، در مقایسه با نمونه شاهد به کمک یک گروه ۲۵ نفری از مصرف‌کنندگان مورد بررسی و نتایج بررسی مورد ارزیابی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

برای مقایسه مشخصات شیمیایی نمونه‌ها با نمونه شاهد از آزمون مقایسه میانگین‌ها و آزمون LSD با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های شیمیایی پنی‌ر: با توجه به نتایج مربوط به اندازه‌گیری درصد چربی تیمارهای مختلف (نمونه شاهد b، غنی‌سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به‌ترتیب با کدهای S₁، S₂، S₃، ۴۰ و ۶۰ ppm کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂) و در مقاطع زمانی یک، پانزده، سی و شصت روز و تجزیه واریانس انجام شده در قسمت تجزیه آماری تغییرات میزان درصد چربی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد که این موضوع با نتایج تحقیق زانگ مطابقت دارد (جدول ۱).

طبق نتایج حاصل از آزمایش‌های اندازه‌گیری ماده‌خشک تیمارهای مختلف و در مقاطع زمانی یک، پانزده، سی و شصت روز و تجزیه واریانس انجام شده در قسمت تجزیه آماری نوع و مقدار ترکیب آهن‌دار در دژهای استفاده شده از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را در میزان درصد ماده‌خشک پنی‌ر ایجاد نمی‌کند (جدول ۲). اندازه‌گیری pH تیمارهای مختلف در مقاطع زمانی یک، پانزده، سی و شصت روز و تجزیه واریانس انجام شده در قسمت تجزیه آماری بیانگر آن است که نوع و

مقدار ترکیب آهن‌دار در دژهای استفاده شده از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را در میزان pH پنی‌ر در مقایسه با نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند اما با گذشت زمان نگهداری میزان F تا حدودی به F جدول نزدیک شده که این پدیده می‌تواند در نتیجه افزایش پروتئولیز در طی دوره رسیدن پنی‌ر به دلیل اثر تحریک‌کنندگی ریزمغذی‌ها بر باکتری‌های تولیدکننده اسید باشد که باعث می‌شوند pH نمونه‌های غنی‌سازی شده با گذشت زمان نگهداری تا حدودی پایین‌تر از نمونه شاهد باشد که این مطلب با نتایج تحقیقات دیق‌دی (دیق‌دی، ۱۹۹۶) در بررسی غنی‌سازی پنی‌ر ادام مطابقت دارد (جدول ۳).

با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار آهن در نمونه شاهد و پنی‌رهای غنی‌سازی شده در مقاطع زمانی یک، پانزده، سی و شصت روز و تجزیه واریانس نتایج حاصل از آزمایش‌ها در قسمت تجزیه آماری، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که تغییرات مقدار آهن در طی زمان نگهداری از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۴) که این نتیجه با نتایج تحقیقات هاوس هم‌خوانی دارد (هاوس رایس و همکاران، ۱۹۹۸).

جدول ۱- اثر نوع و مقدار ترکیب آهن‌دار بر تغییرات درصد چربی.

میانگین (روز)	b	S1	S2	S3	C1	C2
۱	۱۶,۸۷ ^a	۱۶,۷۷ ^a	۱۶,۷۳ ^a	۱۶,۷۰ ^a	۱۶,۹۰ ^a	۱۶,۷۰ ^a
۱۵	۱۶,۸۳ ^a	۱۶,۷۰ ^a	۱۶,۷۷ ^a	۱۶,۷۷ ^a	۱۶,۷۷ ^a	۱۶,۷۳ ^a
۳۰	۱۶,۷۳ ^a	۱۶,۶۷ ^a	۱۶,۷۷ ^a	۱۶,۸۳ ^a	۱۶,۸۰ ^a	۱۶,۸۳ ^a
۶۰	۱۶,۸۰ ^a	۱۶,۷۳ ^a	۱۶,۸۰ ^a	۱۶,۷۷ ^a	۱۶,۸۳ ^a	۱۶,۷۳ ^a

حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰ و ۵ درصد برپایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن است. b: نمونه شاهد و غنی‌سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به‌ترتیب با کدهای S₁، S₂ و S₃ و ۴۰ و ۶۰ ppm کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂.

جدول ۲- اثر نوع و مقدار ترکیب آهن‌دار بر تغییرات درصد ماده خشک.

میانگین (روز)	b	S1	S2	S3	C1	C2
۱	۳۶,۵۳	۳۶,۵۰	۳۶,۳۳	۳۶,۲۷	۳۶,۵۷	۳۶,۴۳
۱۵	۳۶,۷۳	۳۷,۱۷	۳۷,۱۰	۳۶,۹۳	۳۷,۱۳	۳۶,۹۳
۳۰	۳۶,۶۷	۳۶,۷۳	۳۶,۷۰	۳۶,۵۷	۳۶,۷۰	۳۶,۵۰
۶۰	۳۶,۵۷	۳۶,۸۷	۳۶,۷۳	۳۶,۵۷	۳۶,۸۰	۳۶,۶۷

حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰ و ۵ درصد برپایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن است. b: نمونه شاهد و غنی‌سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به‌ترتیب با کدهای S₁، S₂ و S₃ و ۴۰ و ۶۰ ppm کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂.

جدول ۳- اثر نوع و مقدار ترکیب آهن دار بر تغییرات pH

C2	C1	S3	S2	S1	b	میانگین (روز)
۴/۵۹ ^a	۴/۶۳ ^a	۴/۵۹ ^a	۴/۶۲ ^a	۴/۶۵ ^a	۴/۶۲ ^a	۱
۴/۴۳ ^a	۴/۴۶ ^a	۴/۴۱ ^a	۴/۴۲ ^a	۴/۴۴ ^a	۴/۴۳ ^a	۱۵
۴/۴۲ ^a	۴/۴۳ ^a	۴/۴۰ ^a	۴/۴۱ ^a	۴/۴۳ ^a	۴/۴۳ ^a	۳۰
۴/۴۱ ^a	۴/۴۲ ^a	۴/۳۹ ^a	۴/۴۱ ^a	۴/۴۲ ^a	۴/۴۲ ^a	۶۰

حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰ و ۵ درصد برپایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.
b: نمونه شاهد و غنی‌سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به ترتیب با کدهای S₁، S₂ و S₃ و ۴۰ و ۶۰ کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂.

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان تغییرات آهن پنیر در طی مدت زمان نگهداری.

C2	C1	S3	S2	S1	b	میانگین (روز)
۶۰ ^a	۳۹ ^a	۷۸ ^a	۶۱ ^a	۳۹ ^a	۲/۳۳ ^a	۱
۵۹ ^a	۳۹/۶۷ ^a	۷۹ ^a	۶۰/۸۳ ^a	۳۷/۶۷ ^a	۲/۳۳ ^a	۱۵
۵۸/۳۳ ^a	۳۹/۳۳ ^a	۷۷/۶۷ ^a	۶۰ ^a	۳۹/۶۷ ^a	۲/۳۳ ^a	۳۰
۵۸/۶۷ ^a	۳۹/۳۳ ^a	۷۸/۶۷ ^a	۵۹ ^a	۳۸/۶۷ ^a	۲/۶۷ ^a	۶۰

حروف مشابه در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱۰ و ۵ درصد برپایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.
b: نمونه شاهد و غنی‌سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به ترتیب با کدهای S₁، S₂ و S₃ و ۴۰ و ۶۰ کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂.

نتایج این آزمون‌ها با نتایج تحقیقات هاریل (۱۹۹۲) مطابقت دارد.

ارزیابی رنگ تیمارهای مختلف پنیر در مقاطع زمانی یک، پانزده، سی و شصت روز توسط ۲۵ نفر از مصرف‌کنندگان و بررسی آماری نظرات آنان (Line scale) با کمک تجزیه واریانس در قسمت تجزیه آماری مشخص نمود که مقدار و نوع ترکیب آهن‌دار بر رنگ پنیر اثر معنی‌دار داشته و استفاده از آزمون LSD نشان داد که در پنیر یک روزه رنگ پنیر غنی‌سازی شده با ۸۰ ppm سولفات آهن آبدار با نمونه شاهد اختلاف معنی‌دار دارد در حالی که در پنیرهای پانزده، سی و شصت روزه علاوه بر تیمار ذکر شده تیمار ۶۰ ppm سولفات آهن آبدار نیز رنگش با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری دارد و با توجه به نتایج به دست آمده از ارزیابی‌ها چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با گذشت زمان نگهداری اختلاف‌ها در رنگ معنی‌دارتر می‌شود که این می‌تواند ناشی از اثر مصرف سولفات با دژ بالا در ایجاد ترکیبات رنگی باشد (جدول ۶).

ارزیابی حسی: نتایج حاصل از ارزیابی طعم تیمارهای مختلف پنیر و در مقاطع زمانی یک، پانزده، سی و شصت روز توسط ۲۵ نفر از مصرف‌کنندگان و بررسی آماری نظرات آنان (Line scale) با کمک تجزیه واریانس در قسمت تجزیه آماری مشخص نمود که مقدار و نوع ترکیب آهن‌دار بر طعم پنیر اثر معنی‌دار داشته و استفاده از آزمون LSD نشان داد که استفاده از ۴۰ ppm سولفات آهن و یا ۶۰ ppm کلرید آهن در غنی‌سازی پنیر اختلاف معنی‌داری در طعم پنیر نسبت به نمونه شاهد ایجاد نمی‌کند اما اختلاف طعم پنیر غنی‌سازی شده با ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن آبدار با نمونه شاهد در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵) و نیز چنین نتیجه‌گیری می‌شود که با گذشت زمان نگهداری این اختلاف بیشتر شده و این پدیده می‌تواند به دلیل تأثیر دژ مصرفی بالای سولفات آهن آبدار در ایجاد طعم فلزی و اکسیداسیون چربی‌ها در طی زمان نگهداری پنیر باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین میزان تغییرات طعم پنیر غنی‌سازی شده در طی مدت زمان نگهداری.

میانگین (روز)	b	S1	S2	S3	C1	C2
۱	۷	۶,۵ns	۵,۶۰**	۵,۱۷**	۶,۸۳ns	۶,۳۳ns
۱۵	۷,۱۰	۶,۶۷ns	۵,۸۷**	۵,۱۷**	۶,۸۰ns	۶,۴۳ns
۳۰	۷,۱۳	۶,۸۰ns	۵,۹۰**	۵,۱۳**	۶,۸۳ns	۶,۸۰ns
۶۰	۶,۸۷	۶,۷۰ns	۵,۸۳**	۵,۲۰**	۶,۷۳ns	۶,۷۰ns

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ و ۵ درصد و ns: بدون اثر معنی‌دار

b: نمونه شاهد و غنی‌سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به ترتیب با کدهای S₁, S₂ و S₃ و ۴۰ و ۶۰ کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂.

جدول ۶- مقایسه میانگین میزان تغییرات بافت پنیر غنی‌سازی شده در طی مدت زمان نگهداری.

میانگین (روز)	b	S1	S2	S3	C1	C2
۱	۶,۸۰	۶,۷۳	۶,۷۰	۶,۶۷	۶,۷۷	۶,۷۳
۱۵	۶,۸۰	۶,۷۰ns	۶,۵۳ns	۶,۳۳**	۶,۷۳ns	۶,۶۷ns
۳۰	۶,۷۷	۶,۷۰ns	۶,۶۰*	۶,۴۳**	۶,۷۷ns	۶,۶۷ns
۶۰	۶,۶۰	۶,۵۳ns	۶,۴۳*	۶,۲۷**	۶,۵۳ns	۶,۴۷ns

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰ و ۵ درصد و ns: بدون اثر معنی‌دار

b: نمونه شاهد و غنی‌سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به ترتیب با کدهای S₁, S₂ و S₃ و ۴۰ و ۶۰ کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂.

به‌کارگیری دژهای مورد آزمون از دو ترکیب سولفات آهن (FeSO₄.7H₂O) و کلرور فریک (FeCl₃) برای غنی‌سازی پنیر از نظر شیمیایی مشکلی ایجاد نمی‌نماید. بنابراین در تعیین دژ و نوع ترکیب مورد استفاده برای غنی‌سازی، نتایج آزمون‌های حسی حائز اهمیت بیشتری است که با توجه به این نتایج مشخص می‌شود که غنی‌سازی پنیر سفید UF با ۴۰ ppm سولفات آهن آبدار یا ۶۰ ppm کلرید آهن تأثیری بر کاهش مطلوبیت این محصول از نظر مصرف‌کنندگان ندارد. اما نکته قابل ذکر در این بحث آن است که در ارزیابی رنگ، طعم و بافت نمونه‌ها، مطلوبیت نمونه‌های حاوی ۶۰ ppm کلرید آهن تا حدودی نزدیک به مقدار LSD می‌باشد اما با توجه به ضرورت افزایش میزان آهن جیره غذایی، در نهایت غنی‌سازی پنیر فتا با ۶۰ ppm کلرید آهن توصیه می‌شود.

ارزیابی بافت تیمارهای مختلف پنیر در مقاطع زمانی یک، پانزده، سی و شصت روز توسط ۲۵ نفر از مصرف‌کنندگان و بررسی آماری نظرات آنان (Line scale) با کمک تجزیه واریانس در قسمت تجزیه آماری مشخص نمود که مقدار و نوع ترکیب آهن‌دار به‌جز در مورد پنیر یک روزه در سایر مقاطع زمانی در بافت پنیر غنی‌سازی شده نسبت به نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد می‌کند و بررسی دقیق‌تر با استفاده از آزمون LSD نشان داد که به‌کارگیری دژهای ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن آبدار در غنی‌سازی پنیر در مقاطع زمانی پانزده، سی و شصت روزه باعث ایجاد کاهش معنی‌داری در میزان مطلوبیت بافت پنیر می‌گردد درحالی‌که ۴۰ ppm سولفات آهن آبدار و ۴۰ و ۶۰ ppm کلرید آهن تأثیر معنی‌داری بر مطلوبیت بافت پنیر در مقایسه با نمونه شاهد ندارد (جدول ۷).

با توجه به نتایج آزمایش‌ها و تجزیه آماری آنها به نتایجی رسیدیم که در این قسمت به آنها اشاره می‌شود.

جدول ۷- مقایسه میانگین میزان تغییرات رنگ پنیر غنی سازی شده در طی مدت زمان نگهداری.

C2	C1	S3	S2	S1	b	میانگین (روز)
۷,۰۷ns	۷,۱۳ns	۶,۸۷**	۷,۰۷ns	۷,۱۰ns	۷,۲۰	۱
۷,۱۷ns	۷,۲۳ns	۶,۹۰**	۷,۱۳**	۷,۱۷ns	۷,۲۷	۱۵
۷,۲۰ns	۷,۲۳ns	۶,۹۳**	۷,۱۷**	۷,۲۰ns	۷,۲۷	۳۰
۷,۰۳ns	۷,۰۷ns	۶,۸۰**	۶,۹۰**	۷,۰۷ns	۷,۱۷	۶۰

** و ***: به ترتیب معنی داری در سطح ۱۰ و ۵ درصد و NS: بدون اثر معنی دار

b: نمونه شاهد و غنی سازی شده با ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm سولفات آهن به ترتیب با کدهای S₁، S₂ و S₃ و ۴۰ و ۶۰ ppm کلرید آهن با کدهای C₁ و C₂.

منابع

1. Cook, J.D., and Reusser, M. 1983. Iron fortification: an update. *Am. J. Clin. Nutr.* 38:648-659.
2. Degheidi, M.A. 1996. Effect of iron fortification on the quality of Edam cheese. *Egypt. J. Food Sci.* 24:167-181.
3. El-Samaragy, Y.A. 1995. Iron fortification of processed soft cheese. *J. Dairy Sci.* 78: 289-298.
4. El-Sayed, M.M. 1997. Iron fortification of processed Ras cheese. *Egypt. J. Dairy Sci.* 25:289-298.
5. Haws Rice, W., Donald J., and Macmahon, 1998. Chemical, physical and sensory characteristics of Mozzarella Cheese fortified using ferric chloride. *J. Dairy Sci.* 2:318-326.
6. Hurrell, R.F. 1992. Prospects of improving the iron fortification of foods. In: Fomons, Zlotkins. Eds. *Nutritional anemia*. New York: Raven press: 193-208.
7. Jackson, S., and Lee, K. 1992. Fortification of Cheese with Microencapsulated Iron. *Cultu. Dairy Prod. J.* 27:4-7.
8. Khosroshahi-Asl A. 1997. The chemical analysis of food. (Translation). Publications Center of University Urmia. p.314.
9. Kwak, H.S., Ju, Y.S., Ahn, H.J., Ahn, J., and Lee, S. 2003. Microencapsulated iron fortification and flavor development in Cheddar cheese. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences.* 16(8): 1205-1211.
10. Manguiera, T.F.B., Travassos, A.E.R., and Moreira, R.T. 2002. Sensory acceptability test of Brazilian commercial 'coalho' cheese with low fat content and enriched with iron. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos.* 20(2): 279-290.
11. Rechar, F. 1997. Preventing Iron Deficiency Through Food Fortification. *Nutr. Rev.* 55: 6. 1049-1053.
12. Taylor, P.G., Martinez-Torres, C., Romano, E.L., and Layrisse, M. 1986. The effect of cysteine-containing peptides released during meat digestion on iron absorption in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 43:68-71.
13. The Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2006. National Standard No 2852.
14. Valyzadeh, M. 2002. Experimental designs in agriculture. Publications of Parivar. Tabriz. p. 395.
15. Zhang, D., and Mahoney, A.W. 1991. Iron Fortification of Process Cheddar Cheese. *J. Dairy Sci.* 74:353-358.

Chemical and sensory characteristics of UF white cheese fortified with iron

H. Amraei¹, M.H. Azizi², M. Barzegar² and H. Ahmadi Ghavlighi³

¹Former M.Sc. student Dept, of Food Science and Technology, Tarbiat Modarres University, Iran, ²Associate Prof. Dept. of Food Science and Technology, Tarbiat Modarres University, Iran and ³Instructor, Dept. of Food Science and Technology, Tarbiat Modarres University, Iran

Abstract

UF white cheese was enrichment by addition of, 40, 60 and 80 ppm of two chemical forms of iron (FeCl_3 and $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), into retentate. Chemical and sensory characteristics of products were compared with control cheese. Chemical properties such as fat content, dry matter, pH, acidity, moisture, and iron were determined in 1, 15, 30 and 60 days after production. Organoleptical properties involving flavor, color and texture was evaluated by 25 consumer sensory panelists. Iron concentrations had no obvious effect on chemical properties. Statistical results showed that addition of 40 ppm $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ and 60 ppm of FeCl_3 had no significant effect on flavor of products but in fortified samples cheese with 60 and 80 ppm $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ significant differences was observed. There were no significant differences between samples color after 60 days. In addition, results showed that texture of fortified cheese using 60 and 80 ppm of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ had significant, but 40 and 60 ppm of FeCl_3 had no significant difference. Finally, results indicated that fortification of UF white cheese with 60 ppm of FeCl_3 or 40 ppm of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ had no effect on sensory characteristics of products.

Keywords: UF white cheese; Iron; Enrichment; Sensory evaluation