انتخاب بهترین نمک کلسیم دار برای غنی سازی شیر پاستوریزه معمولی

سونیا یاسینی [a] *، محمدرضا احسانی [b]، حمید عزت پناه [c]، محمد هادی گیویان راد [d]

[a] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
[b] استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
[c] دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
[d] استادیار گروه شیمی تجزیه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۸/۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۱۱/۶

چکیده

مقدمه: هدف از این مطالعه غنی سازی شیر پاستوریزه با نمک های کلسیم دار به منظور تولید محصولی با میزان کلسیم بالاتر، زمان انعقاد با رنت کمتر و نسبت کلسیم به فسفر بالاتر می باشد.

مواد و روش‌ها: شیر پاستوریزه، با ۴ نوع نمک کلسیم دار، کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات و تری کلسیم سیترات در غلظت ۳۶ میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر غنی سازی گردید. در هنگام اضافه نمودن نمک‌های کلسیم-دار، مقداری کاهش در pH نمونه ها ایجاد گردید و تعدیل pH نمونه ها توسط محلول آبی دی سدیم هیدروژن فسفات انجام پذیرفت. به منظور جلوگیری از رسوب کلسیم در ته ظروف بسته بندی نیز از تری پتاسیم سیترات و کاپاکاراگینان به طور همزمان استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نمک کلسیم لاکتوگلوکونات دارای بالاترین میزان کلسیم، کمترین میزان زمان انعقاد با رنت و خصوصیات ارگانولپتیک مشابه شیر پاستوریزه معمولی می باشد. در درجهٔ بعدی نمک‌های کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات قرار داشتند که خصوصیات مشابهی را دارا بودند.

نتیجه‌گیری: غنی سازی شیر پاستوریزه با نمک‌های کلسیم‌دار منجر به افزایش اندازهٔ میسل‌های کازئین و همچنین افزایش نسبت کلسیم به فسفر به سمت ۲ می گردد، که این امر می‌تواند سبب افزایش جذب کلسیم در بدن گردد.

واژه های کلیدی: *زمان انعقاد با رنت، شیر، غنی سازی، کلسیم، میسل کازئین*

* نویسنده مکاتبات مسئول email: yasini_sonia@yahoo.com

jftn.srbiau.ac.ir

مقدمه

ترکیب شیمیایی هر ماده غذایی راهنمای ارزش غذایی بالقوه آن فرآورده است. شیر از مهم ترین و کامل‌ترین غذاهاست به طوری که ۱۰٪ انرژی غذایی مصرف کنندگان را به راحتی فراهم می‌کند و نه تنها سهم عمده‌ای در تامین انرژی روزانه افراد دارد بلکه به دلیل دارا بودن محتوای پروتئینی با کیفیت خوب، تقریبا ۱۰ اسید آمینه ضروری بدن را در کنار تامین اسیدهای چرب ضروری بدن دارا می‌باشد (Fox and Mcsweeney, 2003) .

کلسیم مهم ترین عنصر استخوانی است و همچنین از عوامل مؤثر در پیشگیری از بیماری‌های مزمن، قلبی، فشارخون بالا و سرطان کولون است و عامل جلوگیری از پوکی استخوان می‌باشد. در استخوان انسان طبیعی، کلسیم و فسفر عمده ترین اجزای معدنی هستند. نسبت کلسیم به فسفر در شیر ۱/۳-۱/۲ به یک می‌باشد، در حالیکه این نسبت در استخوان ۲-۱/۹ به یک است (Sindhu and Sharma, 1986).

بنابراین با تاکید بر اینکه در بین غذاها بهترین نسبت کلسیم به فسفر در شیر وجود دارد اما در صورت افزایش این نسبت به نفع کلسیم، تطبیق بهتری با نیازهای انسان تامین می‌گردد و به همین لحاظ است که همواره موضوع غنی کردن شیر با کلسیم مطرح بوده است. تقریبا نیمی از تراکم مواد معدنی استخوان تحت تاثیر عادات غذایی و تغذیه مناسب است و تغذیه مناسب برای ایجاد بیشترین دانسیته استخوانی- اسکلتی در زمان رشد و نیز حفاظت اسکلت در مقابل کمبود کلسیم در دوران بلوغ، نقش مهمی به عهده دارد. بنابراین مساله مهم، گستردگی پوکی استخوان در ایران است که حدود نیمی از جمعیت از آن رنج می برند. در واقع آمارها در ایران نشان می‌دهد در طول یک سال، شاهد از دست دادن ۳۶ هزار و ۷۶۱ سال از عمر کل جامعه به علت این بیماری هستیم. پوکی استخوان از بیماری‌های شایع جوامع بشری است که روند آن بعد از ۳۵ سالگی آغاز می‌شود. مطالعه‌ای که چندی پیش توسط وزارت بهداشت انجام شده نشان می‌دهد، ۵۷٪ زنان و ۵۴٪ مردان بالای ۵۰ سال در ایـران دچـار کمبـود تراکـم استخوانی هستند و این درحالی است که آمارهای جهانی فاصلهٔ معنی داری با آمار کشور ما دارد (Abrams and stuff, 1997).

در این تحقیق و بررسی سعی داریم با انتخاب بهترین نمک کلسیم دار و بهترین میزان آن محصولی تولید نماییم که با استفاده از خواص تغذیه ای و درمانی چنین محصولی بتوانیم از پوکی استخوان جلوگیری نماییم.

مواد و روش ها

نمونه های شیر خام از دامداری دریافت گردید. نمک کلسیم لاکتوگلوکونات از شرکت ساز زیبا نمایندگی شرکت PURACAL اسپانیا خریداری شد. نمک‌های کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات و تری‌کلسیم سیترات نیز از شرکت اکبریه نمایندگی شرکت Dr. Paul lohmann آلمان خریداری گردید. تری پتاسیم سیترات، کاپاکاراگینان و دی سدیم هیدروژن فسفات از شرکت کاراگام خریداری گردیدند.

- ارزیابی حسی

برای ارزیابی حسی، نمونه ها با کدهای L, LG, P, Ci, G نشانه‌گذاری شدند و با استفاده از مقیاس ۱ تا ۹ توسط ۲۰ نفر ارزیاب آموزش ندیده و ۳ نفر از پنل های آموزش دیده مورد ارزیابی حسی قرار گرفتند. لازم به ذکر است که پس از ارزیابی هر نمونه، با نوشیدن آب و بوییدن قهوه اثر طعم و بوی نمونه قبلی حذف گردید (Ishler and Roberts, 1992).

- اندازه گیری زمان انعقاد با رنت[2]

– ۰/۱ گرم پودر مایه پنیر (رنت) با قدرت ۱/۱۰۰۰۰۰ را برداشته و به حجم ۲۵ میلی لیتر رسانده و سپس ۰/۵ میلی لیتر از محلول بدست آمده در یک لولهٔ آزمایش ریخته شد.

– ۱۰ میلی لیتر از نمونه (شیر پاستوریزه غنی سازی شده با نمک های کلسیم دار) را برداشته و در لوله های آزمایش دیگری ریخته شد.

– لوله های آزمایش حاوی نمونه ها و رنت به مدت ۵ دقیقه در بن ماری با دمای ۳۲ درجه سانتی گراد قرار گرفت.

[1] Rnennet Coagulation Time

jftn.srbiau.ac.ir

– در این مرحله نمونهٔ موجود در لولهٔ آزمایش بر روی رنت موجود در لولهٔ آزمایش دیگر ریخته شد و سپس لولهٔ آزمایش در بن ماری با دمای ۳۲ درجه سانتی گراد و با شیب ۳۰ درجه به صورت رفت و برگشت چرخانده شد، هنگامی که اولین ذرات منعقد شده بر روی لولهٔ آزمایش مشاهده شد، زمان نگه داشته شد، مدت زمان بدست آمده نشان دهندهٔ زمان انعقاد با رنت می‌باشد (Dalgleish, 1983).

– اندازه گیری کلسیم

۶ میلی لیتر شیر در بشری ریخته شد و ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک به آن افزوده شد و بمدت یک شبانه روز در دمای آزمایشگاه قرار گرفت. سپس بشر روی هیتر قرار داده شد تا زمانی که میزان کمی از نمونه در بشر باقی بماند، ۶ میلی لیتر پراکسید هیدروژن به آن افزوده شد و مجددا روی هیتر قرار داده شد، وقتی میزان کمی از نمونه در بشر باقی ماند، به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانیده شد و بعد از رقت‌سازی، توسط طیف سنجی جذب اتمی، میزان کلسیم نمونه‌ها تعیین شد (Pawel and Prusisz, 2006).

– اندازه گیری فسفر

میزان فسفر شیر بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۶۰ و مطابق با استانداردهای جهانی، توسط اسپکتروفتومتر انجام پذیرفت (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۰).

– بررسی میسل کازئین

چربی شیر خام توسط خامه گیر به ۰/۰۱ درصد کاهش پیدا کرد و سپس این شیر برای غنی‌سازی شیر پاستوریزه مورد استفاده قرار گرفت. سپس باقیمانده چربی نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با نمک‌های کلسیم دار، بوسیله سانتریفوژ آزمایشگاهی KOKUSAN و با اعمال شتابی در حدود ۶۱۹۰ برابر شتاب ثقل و به مدت ۳۰ دقیقه، باقیمانده چربی نمونه‌ها گرفته شد. سپس تمام نمونه‌ها در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲۰ دقیقه با سانتریفوژ آزمایشگاهی Beckman و با اعمال شتابی در حدود ۴۸۰۰۰ برابر شتاب ثقل، با هدف رسوب دادن و تغلیظ میسل‌های کازئینی در رسوب بدست آمده، سانتریفوژ شدند. رسوبات تهیه شده با جداکردن فاز سرمی بخش فوقانی آنها، از دیگر بخش های نمونه جدا شدند و سپس، ۲۰ دقیقه در گلوتارآلدهید ۲۵٪ تثبیت شدند. در این مرحله نسبت گلوتارآلدهید به نمونه ۱ به ۷ بود. در مرحلهٔ بعد، نمونه با کلرور کلسیم ۰/۰۱ مولار مخلوط و نسبت نمونه‌ها به کلرور کلسیم ۱ به ۵۰ در نظر گرفته شد. از روش رنگ‌آمیزی منفی و به ترتیب زیر برای آماده سازی نمونه‌ها جهت مطالعه با میکروسکوپ الکترونی گذاره استفاده شد. قطره‌ای از نمونه رقیق شده بر روی پولک مسی ویژه میکروسکوپ الکترونی گذاره گذاشته شد. پس از یک دقیقه، شیر اضافی بر روی پولک مسی، بوسیلهٔ لبهٔ کاغذ صافی خشک شد. در مرحلهٔ بعد یک قطره اسید فسفو تنگستیک ۲٪ بر روی پولک مسی حاوی نمونه گذاشته شد و پس از ۳۰ دقیقه، اسید مورد نظر با آب مقطر از سطح پولک مسی شستشو داده شد. نمونه‌ها در دمای هوا خشک شدند و با میکروسکوپ الکترونی گذاره در ولتاژ ۸۰ کیلو ولت مورد مطالعه و تصویربرداری قرارگرفتند (Mc Mahon and Mannus, 1998).

یافته ها

– ارزیابی حسی

در خصوص طعم، تفاوت معناداری بین نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی سازی شده با کلسیم لاکتوگلوکونات وجود دارد. اما این تفاوت از لحاظ آماری معنادار نمی‌باشد (α = ۰/۰۱). ویاس و همکاران نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافته بودند. در رابطه با نمونه‌های غنی سازی شده با نمک‌های کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات، تفاوت معناداری بین نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و آنها وجود دارد و این تفاوت از لحاظ آماری نیز معنادار است (α = ۰/۰۵). همانطور که در نمودار ۱ مشهود است، شیر پاستوریزه معمولی طعم مطلوب‌تری دارد (Vayas and Tong, 2004).

در رابطه با نمونهٔ غنی سازی شده با نمک تری کلسیم سیترات، تفاوت معناداری با نمونهٔ شیر پاستوریزه معمولی مشاهده می‌گردید، که این تفاوت از لحاظ آماری نیز معنادار می باشد (α = ۰/۰۵). همانطور که در نمودار ۱ مشهود است، میانگین طعم نمونهٔ شیر پاستوریزه معمولی از نمونهٔ غنی سازی شده با نمک تری کلسیم سیترات، بالاتر است،

ifn.srbiau.ac.ir

در رابطه با بافت، احساس دهانی و پذیرش عمومی نیز همین طور است (Goldscher and Edelstien, 1996).

- زمان انعقاد با رنت

در هنگامی که pH نمونه‌ها تعدیل نگردیده است میانگین زمان انعقاد با رنت نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با نمک های کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات متفاوت می‌باشد و این تفاوت از لحاظ آماری نیز معنادار می‌باشد (α = ۰/۰۱). همانطور که در نمودار ۲ مشهود است، میانگین زمان انعقاد با رنت نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی بالاتر از دیگر نمونه هاست و سپس نمونه‌های غنی‌سازی شده با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات قرار دارند (α = ۰/۰۱). جن و همکاران نیز بر روی غنی‌سازی شیر با نمک‌های کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات، کلسیم ساکارات مطالعاتی را انجام دادند، و نتایج بدست آمده در این قسمت با نتایج این دانشمندان مطابقت دارد (Jen and Ashworth, 1970).

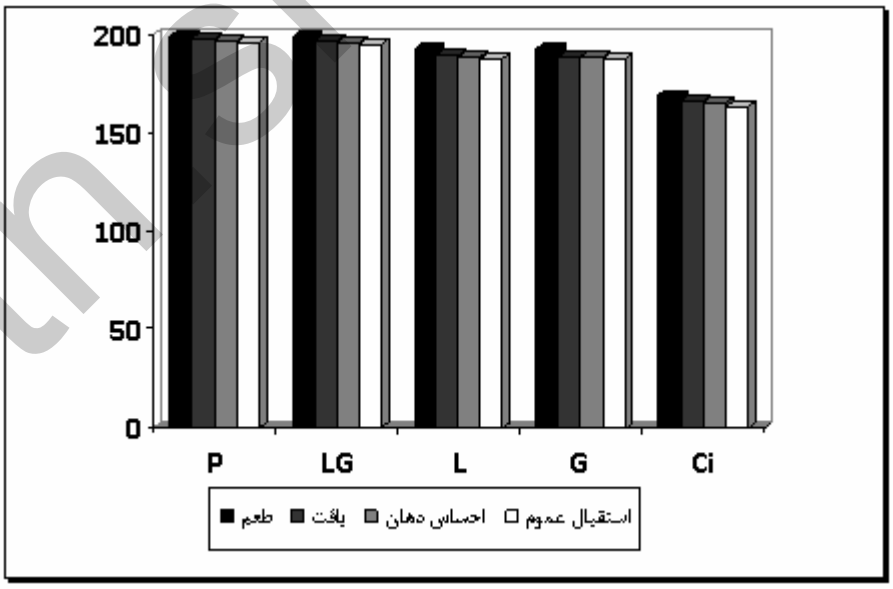
در هنگامی که pH نمونه‌ها تعدیل گردیده است، نیز میانگین زمان انعقاد با رنت نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با نمک‌های کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات متفاوت می‌باشد و این تفاوت از لحاظ آماری نیز معنادار می‌باشد (α = ۰/۰۱).

همانطور که در نمودار ۲ مشهود است، میانگین زمان انعقاد با رنت نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی بالاتر از دیگر نمونه‌هاست و سپس نمونه‌های غنی سازی شده با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات قرار دارند (α = ۰/۰۱).

جیرام و همکاران بر روی پایداری حرارتی شیرهای غنی‌سازی شده با نمک‌های کلسیم‌دار مختلف پژوهش‌هایی را انجام دادند و نتایج بدست آمده در رابطه با زمان انعقاد با رنت در این پروژه، تا حد زیادی مشابه نتایج این دانشمندان می‌باشد (Jairam *et al*., 1976).

- اندازه‌گیری کلسیم

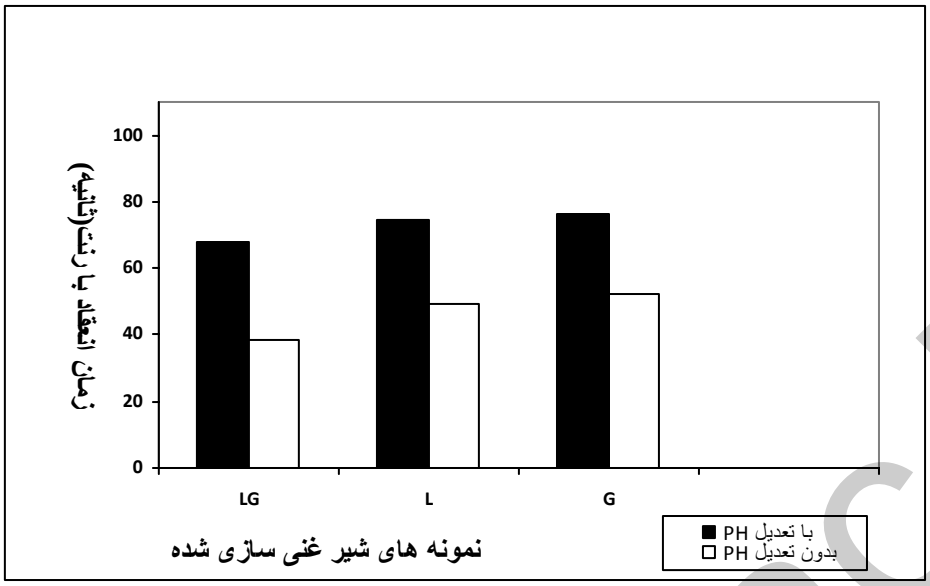
در زمانی که از پایدارکننده‌ها استفاده نگردیده است، میانگین کلسیم نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با نمک‌های کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات و تری کلسیم سیترات با هم متفاوت است و این تفاوت از لحاظ آماری نیز معنادار می‌باشد (α = ۰/۰۱).



نمودار ۱- ارزیابی حسی نمونه ها

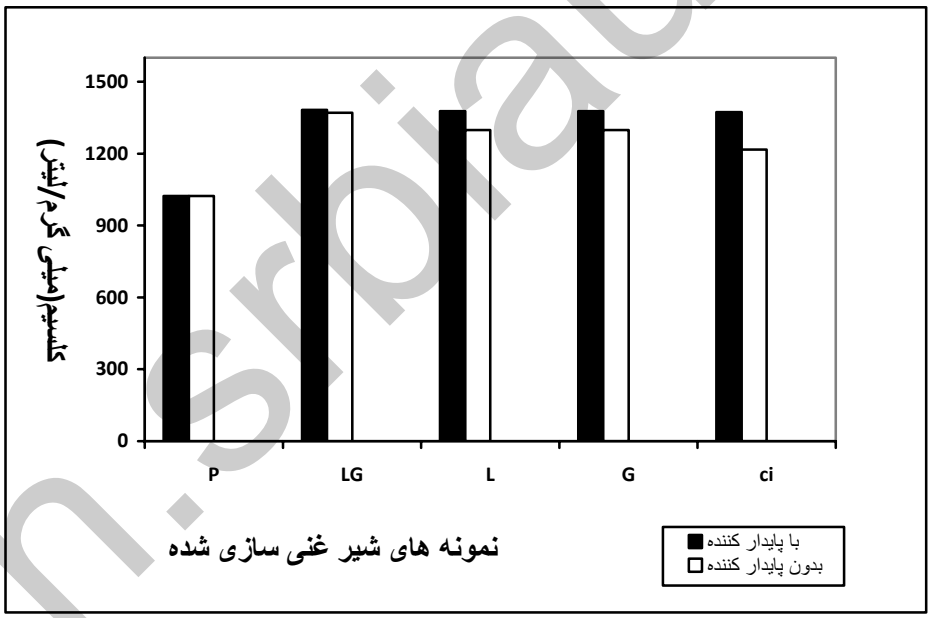
P: شیر پاستوریزه معمولی LG: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات L: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتات G: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم گلوکونات Ci: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک تری کلسیم سیترات

jftn.srbiau.ac.ir



نمودار۲- میانگین زمان انعقاد با رنت نمونه ها در RDA۳۰٪

LG: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات L: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتات
G: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم گلوکونات



نمودار۳- میانگین کلسیم نمونه ها در RDA۳۰٪

P: شیر پاستوریزه معمولی LG: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات L: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتات
G: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم گلوکونات Ci: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک تری کلسیم سیترات

همانطور که در نمودار ۳ مشهود است، میانگین کلسیم نمونه غنی‌سازی شده با کلسیم لاکتوگلوکونات از همه بیشتر می‌باشد و بعد به ترتیب نمونهٔ غنی‌سازی شده با کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات و سپس نمونهٔ شیر پاستوریزه معمولی ($\alpha = ۰/۰۱$) قرار دارند.

jftn.srbiau.ac.ir

در زمانی که از پایدارکننده‌ها استفاده گردیده است، میانگین کلسیم نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با نمک‌های کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات و تری کلسیم سیترات با هم متفاوت است و این تفاوت از لحاظ آماری نیز معنادار می باشد (α = ۰/۰۱).

- فسفر

میانگین فسفر در نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با نمک های کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات تفاوت دارد و این تفاوت از لحاظ آماری نیز معنادار می باشد (α = ۰/۰۱).

همانطور که در نمودار ۴ مشهود است، میانگین فسفر شیر پاستوریزه معمولی پایین‌تر از شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با نمک‌های کلسیم لاکتوگلوکونات می‌باشد و سپس به ترتیب نمونه‌های غنی‌سازی شده با کلسیم لاکتات، کلسیم گلوکونات (α = ۰/۰۱).

میانگین فسفر نمونهٔ غنی‌سازی شده با نمک‌تری کلسیم سیترات، دارای تفاوت با شیر پاستوریزه معمولی می‌باشد، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنادار نمی‌باشد (α = ۰/۰۱).

رکر و همکاران نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافته بودند. بدین ترتیب میانگین نسبت Ca/P در نمونه‌های شیر پاستوریزه معمولی و شیر پاستوریزه غنی‌سازی شده با انواع نمک‌های کلسیم دار متفاوت است و با افزودن نمک‌های کلسیم‌دار به شیر پاستوریزه، این نسبت به سمت ۲ میل خواهد نمود و همین امر می تواند موجب افزایش جذب کلسیم در بدن گردد (Recker and Heaney, 1985).

- بررسی میسل‌های کازئین شیر توسط میکروسکوپ الکترونی

شکل ۱ میسل‌های کازئینی شیر پاستوریزه معمولی را نشان می‌دهد. اندازهٔ میسل‌های کازئینی در این شکل به طور متوسط در حدود ۱۰۰ نانومتر می باشد.

همانطور که در شکل ۲ مشهود است افزودن نمک کلسیم لاکتوگلوکونات موجب افزایش اندازهٔ میسل‌های کازئینی می‌گردد و اندازهٔ میسل‌های کازئینی در این نمونه‌ها به طور متوسط در حدود ۳۰۰ نانومتر می باشد. این مطلب بیانگر این موضوع می‌باشد که با افزودن نمک کلسیم لاکتوگلوکونات به شیر پاستوریزه، میزان زیادی از کلسیم افزوده شده وارد فاز کلوئیدی می‌گردد (KOO and Weaver Neylan, 1993).

بحث

- ارزیابی حسی

حلالیت، اندازه ذرات و میزان کلسیم نمک ها، احتمالا می تواند در تغییر طعم، بافت و احساس دهانی ایجاد شده مؤثر باشد. به طوری که نمک های کلسیم لاکتوگلوکونات، کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات به خاطر حلالیت بالا و ذرات ریزتر و میزان کلسیم کمتر، دارای طعم بهتری بوده و طعم تقریبا مشابهی با شیر پاستوریزه معمولی دارند. اما نمک تری کلسیم سیترات به دلیل محتوای کلسیم بالاتر، ذرات درشت تر و حلالیت کمتر و همچنین حضور سیترات در ساختار آن ایجاد ته طعم سرکه ای در شیر می‌نماید که چندان مطلوب نمی‌باشد. در رابطه با بافت، احساس دهانی و پذیرش عمومی نیز همین طور است (Goldscher and Edelstien, 1996).

- زمان انعقاد با رنت

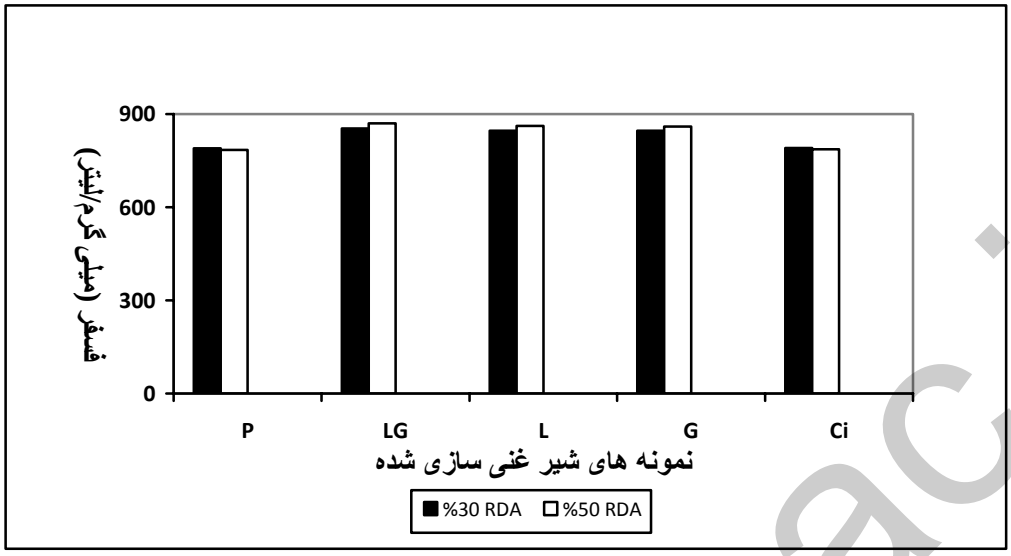
pH نقش مهمی در فاز دوم انعقاد آنزیمی دار است. به دلیل آن که نمک کلسیم لاکتوگلوکونات pH را به میزان بیشتری کاهش می‌دهد، زمان انعقاد حرارتی نیز به همان نسبت کاهش خواهد یافت و بعد نمک کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات.

در رابطه با نمک تری کلسیم سیترات، احتمالا، از آنجایی که pH محیط را تا حدود ۷ افزایش می‌دهد، زمان انعقاد با رنت به میزان بیشتری افزایش خواهد یافت و حتی در برخی موارد در اثر افزودن نمک تری کلسیم سیترات، لختهٔ پنیر ایجاد نخواهد شد و این امر احتمالا به دلیل افزایش pH شیر در رنج بالاتر از ۶/۶ می باشد.

همچنین اسیدی کردن شیر با سیترات، موجب می‌گردد که سیترات افزوده شده به محیط شیری، مانند یک کمپلکس دهنده عمل کرده و در نتیجهٔ امر، کمپلکس سیترات کلسیم به مراتب بسیار پایدارتر از کلسیم کربنات باشد. همین امر می‌تواند احتمالا موجب کاهش کلسیم فسفات کلوئیدی و به هم ربختن ساختار میسل کازئینی و

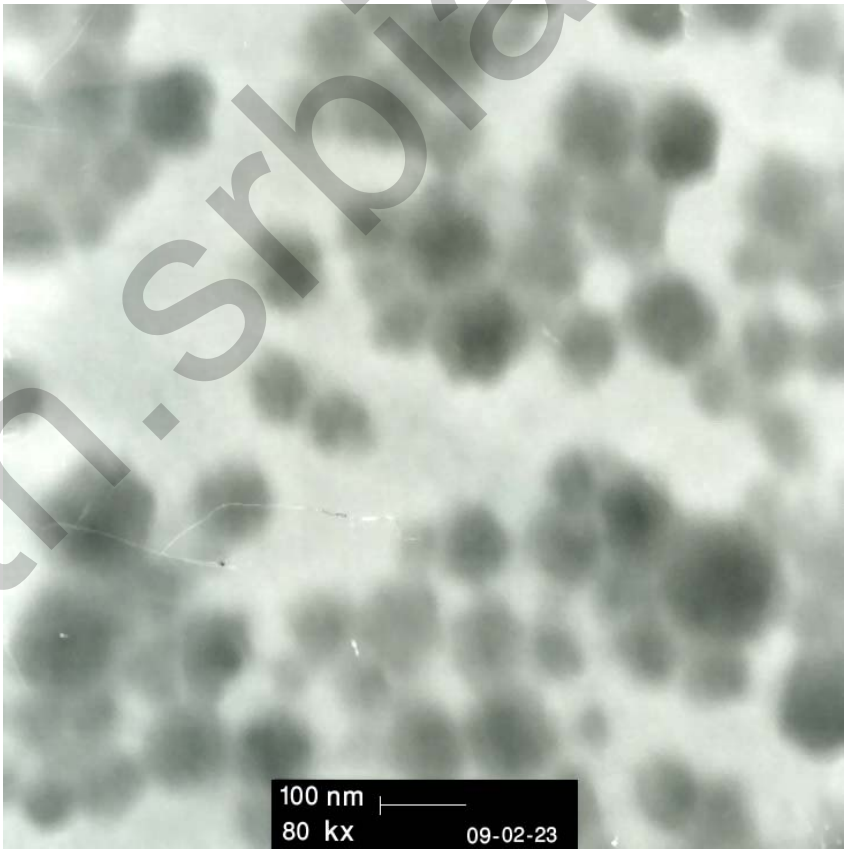
jftn.srbiau.ac.ir

افزایش زمان انعقاد با رنت گردد (Tordoff, 1996).



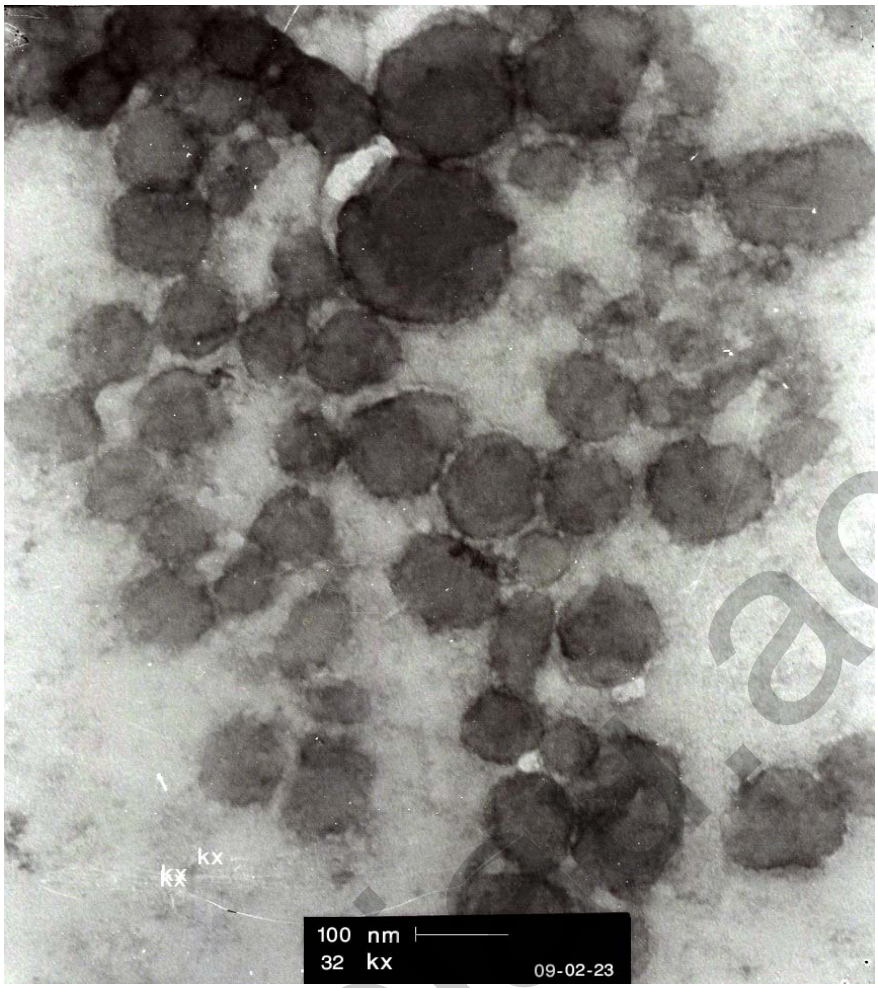
نمودار ٤- میانگین فسفر نمونه ها در ۳۰٪RDA

P: شیر پاستوریزه معمولی LG: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات L: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم لاکتات
G: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک کلسیم گلوکونات Ci: شیر پاستوریزه غنی شده با نمک تری کلسیم سیترات



شکل ۱- بررسی میسل های کازئین شیر پاستوریزه معمولی توسط میکروسکوپ الکترونی گذاره

jftn.srbiau.ac.ir



شکل ۲- بررسی میسل های کازئین شیر پاستوریزه غنی سازی شده با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات توسط میکروسکوپ الکترونی گذاره

- میزان کلسیم

به طور کلی تشکیل رسوب به خاطر ته نشینی املاح کم محلول یا نامحلول انجام می پذیرد. دما و pH دو متغیر اصلی در حلالیت و رسوب نمک های کلسیم دار می باشند. حلالیت نمک کلسیم لاکتوگلوکونات به دلیل pH کمتر آن، بیشتر از دیگر نمک ها می باشد و بعد به ترتیب نمک کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات دارای بیشترین حلالیت می باشند و همین امر سبب شده تا نمونهٔ غنی سازی شده با کلسیم لاکتوگلوکونات دارای بالاترین میزان کلسیم و کمترین میزان رسوب باشد (Weaver, 1998).

نمک تری کلسیم سیترات، به دلیل داشتن میزان کلسیم بالاتر (۳ مولکول کلسیم)، میزان یون مشترک در محیط افزایش بیشتری یافته و حلالیت نمک‌های کلسیم‌دار در محیط کاهش بیشتری می‌یابد و میزان رسوب نیز افزایش خواهد یافت. تری پتاسیم سیترات با یون‌های کلسیم در فاز محلول ترکیب شده و تشکیل کمپلکسی می-دهد که نقش محافظت از یونهای کلسیم را در برابر زنجیره های پروتئینی ایفا می نماید. از طرف دیگر بارهای منفی کاپاکاراگینان با بارهای مثبت کاپا کازئین موجود در سطح میسل کازئین باند شده و تشکیل شبکه‌ای احتمالا سست را می‌دهد که احتمالا با کاهش دانسیته، میسل‌های کازئین را در حالت معلق نگه می دارد (Satin and Raadsveld, 1969).

- میزان فسفر

به منظور تعدیل pH شیر، از دی سدیم هیدروژن فسفات استفاده نمودیم و این ماده حاوی فسفر می باشد، و هرچه میزان بیشتری از این ماده به منظور تعدیل pH شیر، مورد استفاده قرار گیرد، میزان فسفر نمونه‌ها افزایش بیشتری خواهد یافت. در رابطه با نمک کلسیم لاکتوگلوکونات، میزان فسفر آن، از دیگر نمونه‌ها بیشتر می‌باشد و این امر بدین علت می باشد که این نمک pH را

ift.srbiau.ac.ir

به میزان زیادی کاهش می دهد و برای تعدیل Hp محیط در حد طبیعی (۷-۶/۶)، نیاز به دی سدیم هیدروژن فسفات بیشتری داریم. در رابطه با نمونه‌های غنی‌سازی شده با نمک‌های کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات، احتمالا از آنجا که این دو نوع نمک pH را تقریبا به یک نسبت کاهش می‌دهند، میزان دی سدیم هیدروژن فسفات یکسانی برای تعدیل pH این نمونه‌ها لازم است. نمک تری کلسیم سیترات، بر عکس دیگر نمک‌ها، pH را تا حدی افزایش می‌دهد و pH ایجاد شده تقریبا برابر pH طبیعی شیر می باشد، بنابراین نیازی به تعدیل pH با دی سدیم هیدروژن فسفات نمی باشد. به همین دلیل pH نمونه غنی سازی شده با نمک تری کلسیم سیترات تقریبا برابر شیر پاستوریزه معمولی می باشد. (Recker and Heaney, 1985).

- میسل‌های کازئین شیر

احتمالا در اثر افزودن نمک کلسیم لاکتوگلوکونات به محیط، کلسیم افزوده شده وارد ساختار میسل کازئینی می‌گردد و به αs1 ، αs2 کازئین‌ها متصل می‌گردد و همین امر به نوبهٔ خود منجر به افزایش سایز میسل‌های کازئین می گردد.

نمک تری کلسیم سیترات، از آنجایی که این نمک دارای ۳ مولکول کلسیم است، میزان سیترات تولیدی کمتر از میزان یون کلسیم می‌باشد، احتمالا بیشتر سیترات با یون‌های کلسیم آزاد موجود در محیط شیری باند شده و فعالیت یون کلسیم را کاهش خواهد داد. با کاهش فعالیت یون‌های کلسیم و کاهش میزان کلسیم فسفات کلوئیدی، اندازه میسل‌های کازئین کاهش یافته و ساختار آن در هم فرو خواهد ریخت (KOO and Weaver Neylan, 1993).

نتیجه گیری

غنی‌سازی شیر پاستوریزه با انواع نمک‌های کلسیم‌دار ذکر شده و در غلظت ۳۶ میلی گرم در ۱۰۰ سی سی منجر به تولید محصولی با میزان کلسیم و فسفر بالاتر، نسبت aC/P بالاتر و زمان انعقاد با رنت کمتر می‌گردد. همچنین ارزیابی حسی نمونه‌ها نشانگر تولید محصولی مشابه شیر پاستوریزه معمولی می باشد.

در بین نمک‌های کلسیم‌دار مورد استفاده، بهترین نمک کلسیم لاکتوگلوکونات می‌باشد. نمک‌های کلسیم لاکتات و کلسیم گلوکونات نیز مناسب غنی‌سازی شیر پاستوریزه می-باشند و ویژگی‌های مشابهی را در محصول ایجاد می نمایند. نمک تری کلسیم سیترات، نمک مناسبی برای غنی سازی شیر پاستوریزه نمی‌باشد. زیرا میزان زیادی از کلسیم افزوده شده به محصول در ته ظروف بسته بندی رسوب می‌نماید، همچنین طعم نامطلوبی در محصول ایجاد می‌نماید و اضافه نمودن آن به شیر از بستن لخته جلوگیری به عمل می‌آورد و این امر می‌تواند موجب اختلال در صنعت پنیر سازی گردد.

منابع

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۸۰). روش تعیین فسفر به روش جذب مولکولی. شماره استاندارد ایران ۳۷۰. تجدید نظر دوم.

Abrams, S. A., Wen, J. & Stuff, J. E. (1997). Absorption of calcium, zinc and iron from breast milk by five-to seven – month – old infants. pediatric research, 41,384-390.

Dalgleish, D. G. (1983). Coagulation of renneted bovine casein micelles: dependence on temperature, calcium ion concentration and ionic strength. J. Dairy Res. 50: 331.

Fox, P. F. & Mcsweeney. P. L. H. (2003). Advanced Dairy Chemistry. Vol. 2. Proteins. Third edition part B. Kluwer Academic. New York/Boston

Goldscher, R. L. & Edelstien, S. (1996). Calcium citrate: A revised look at calcium fortification. Food Technology. 50. 96-98.

Ishler, V. & Roberts, B. (1992). Troubleshooting milk flavor problems. Department of Dairy and Animal Science, The pennysilvania state university 324 Henning building university park. Online available: http://www.das.Psu.edu/teamdairy.

Jairam, B. T., Vijaylaxami, B., Balakrishnan, C. R., Nair, K. G. S. & Nair, P. G. (1976). A study on heat stability of cow s milk using indigenous device. Indian Journal of Dairy science. 29, 222-226.

Jen, I. J. & Ashworth,U. S. (1970). Factors influencing the curd tension of rennet-coagulated milk. Salt balance. J. Dairy Sci. 53:1201.

jfn.srbiau.ac.ir

KOO, J., Weaver, C. M. & Neylan, M. J. (1993). Solubility of calcium salts and carrageenan used in infant formulas did not influence calcium absorption in rats. Journal of pediatric Gastroenterology and Nutrition. 17, 298-302.

Mc Mahon, D. J. & Mc Mannus, W. R. (1998). Rethinking Casein micelle structure using electron Microscopy. Journal of Dairy science, 81, 2985-2993.

Pohl, P. & Prusisz, B. (2006). Determination of Ca, Mg, Fe and Zn partitioning in UHT cow milks by two-column ion exchange and flame atomic absorption spectrometry detection. –Analytical Chemistry Division, Faculty of Chemistry, Wroclaw University of Technology, Wybrzeze Stanislawa Wyspianskiego 27, 50-370.

Pyne, G. T. (1955). The chemistry of casein: a review of the literature. Dairy Sci. Abstr. 17531.

Recker, R. R. & Heaney, R. P. (1985). The effect of milk supplement on calcium metabolism, bone metabolism and calcium balance. American Journal of Clinical Nutrition 41, 254-263.

Satin, H. S. & Raadsveld, C. W. (1969). The quality of Gouda cheese, made from milk enriched with calcium and phosphate. Neth. Milk Dairy I**.** 23276.

Sindhu, J. S. & Sharma, G. S. (1986). Restoration of pH and heat stability of acidic buffalo milk with the addition of disodium phosphate. Indian Journal of Dairy Science, 39, 434-438.

Tordoff, M. G. (1996). Some basic psychophysics of calcium salt solutions. Chemical senses, 21(4), 417-424.

Vayas, H. K. & Tong, P. S. (2004). Impact of source and level of calcium fortification on the heat stability of reconstituted skim milk powder.Journal of Dairy science. 87. 1177-1180.

Weaver, C. M. (1998). Calcium in food fortification strategies. International Dairy Journal, 8, 443-449.

jftn.srbiau.ac.ir