



پروفایل اسید آمینه آزاد، ویژگی‌های بافتی و حسی پنیر فتای بدون آب پنیر

*سیدمعین نظری^۱، جواد حصاری^۲، سیده‌های پیغمبردوست^۳ و صدیف آزادمرد^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۲دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۱۰

چکیده

سابقه و هدف: پنیر یک محصول لبنی است که به دلیل ارزش غذایی بالا در برنامه غذایی بسیاری از ملت‌ها جایگاه ویژه‌ای دارد. تولید این محصول با ویژگی‌های قابل قبول و نیز فرآیند ساده‌تر منجر به افزایش راندمان و کاهش هزینه تولید می‌شود. هدف از این تحقیق تولید پنیر فتای بدون آب پنیر با ویژگی‌های بافتی و حسی مطلوب و قابل رقابت با پنیر فتای فرآپالایش از طریق افزودن پروتئین آب پنیر و پروتئین شیری تغلیظ شده، بدون فرآیند فرآپالایش بود.

مواد و روش‌ها: پنیر بدون آب پنیر تولید شده (نوعی پنیر فتا) به‌عنوان جایگزین پنیر فرآپالایش در نظر گرفته شد. در این روش، از مخلوط پروتئین آب پنیر تغلیظ شده یا پروتئین شیری تغلیظ شده در درون خامه، رتنتیت به‌کار رفته در پنیر اولترافیلتراسیون شبیه‌سازی شد. سپس ادامه مراحل تولید، مشابه پنیر فرآپالایش انجام گردید. دو نمونه پنیر با نسبت‌های مختلف پروتئین آب پنیر به کازئین تولید گردید: اولین نمونه از مخلوط پروتئین شیری تغلیظ شده و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده با نسبت پروتئین آب پنیر به کازئین ۳۰ به ۷۰ (تیمار ۱) و دیگری، از مخلوط پروتئین شیری تغلیظ شده با نسبت پروتئین آب پنیر به کازئین ۲۰ به ۸۰ (تیمار ۲). سپس در پنیرهای تولید شده، پروفایل اسید آمینه آزاد در روز ۳۰ رسیدگی، ویژگی بافتی در روزهای اول، ۳۰ و ۶۰ رسیدگی و ویژگی حسی در روزهای ۳۰ و ۶۰ رسیدگی مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: غلظت اسید آمینه‌های آزاد کل (میکرو مول در لیتر) در پنیر شاهد به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده بود. نتایج

*نویسنده مسئول: seyyedmoeinnzr525@gmail.com

سیدمعین نظری و همکاران

حاصل از تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر متقابل زمان رسیدن و نوع پنیر بر ویژگی‌های بافتی و حسی معنی‌دار بود ($P < 0/05$). از لحاظ بافتی و حسی تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده مطلوب و قابل رقابت با نمونه شاهد بود.

نتیجه‌گیری: غلظت اسیدآمینه های آزاد کل (میکرومول در لیتر) در پنیر شاهد، به دلیل فعالیت بالای پروتئینازها، به طور قابل ملاحظه بیشتر از تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده بود. از لحاظ بافت، تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده تا روز ۳۰ رسیدگی بالاترین سفتی را داشت، اما در پایان روز ۶۰ رسیدگی، تیمار شاهد سفتی بیشتری نشان داد. از لحاظ حسی نیز بیشترین مطلوبیت کلی در روز ۳۰ و ۶۰ رسیدگی مربوط به تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و کمترین مطلوبیت کلی مربوط به تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده بود. به طور کلی، با توجه به نتایج بافتی، حسی و هزینه پایین تولید، تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده می‌تواند به عنوان تیمار مناسب جهت جایگزینی با پنیر فتای فراپالایش انتخاب شود.

واژه‌های کلیدی: پنیرفتای بدون آب پنیر، فراپالایش، پروتئین شیری تغلیظ شده، پروتئین آب پنیر تغلیظ شده، اسیدآمینه آزاد.

مقدمه

پنیر یک محصول لبنی است که قرن‌ها نقش مهمی در تغذیه انسان داشته است. تنوع و گوناگونی پنیرهای تولیدی دنیای امروز و ارزش بالای غذایی آنها موجب شده است که پنیر در برنامه غذایی بسیاری از ملت‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد (۴). منشاء واقعی پنیر به حدود ۸۰۰۰ سال پیش در طی انقلاب کشاورزی در مکان حاصل‌خیزی بین رود دجله و فرات بر می‌گردد (۸). پنیر فتا جزء پنیرهای آب نمکی است که به دو روش سنتی و صنعتی (فراپالایش) تولید می‌شود. پنیر فراپالایش از پنیرهای مشهور در ناحیه مدیترانه‌ای است که به‌طور معمول به‌صورت پنیر با چربی کامل تولید می‌شود (۹). کاربرد فراپالایش جهت تولید پنیر فتا به‌طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است (۱۱). روش فراپالایش به‌دلیل مزایای زیاد از جمله راندمان بالای تولید، به‌تدریج جایگزین روش سنتی گردیده است. با این وجود، این روش دارای معایبی از جمله هزینه بالای تکنولوژی، وابستگی به کشورهای سازنده غشاهای اولترافیلتراسیون و ایجاد آرومای ضعیف و طعم تلخ در پنیر است (۴). استفاده از پروتئین‌های آب پنیر تغلیظ شده باعث بهبود خواص رئولوژیکی پنیر خواهد شد (۱۳)، ولی از لحاظ حسی باعث ایجاد طعم غیرمعمولی در آن می‌شود (۱). از سوی دیگر الحاق پروتئین‌های شیر تغلیظ شده جهت تولید پنیر باعث کاهش میزان تلخی می‌شود (۱۴). استفاده از عصاره پروتئین شیر تغلیظ شده برای تولید پنیر آب نمکی نشان داد که یک روش جایگزین برای اولترافیلتراسیون، به‌ویژه برای کشورهای توسعه نیافته و کشورهای با تولید کم شیر، مناسب است (۹). هدف از این تحقیق، تولید پنیر فتا با ویژگی‌های رئولوژیکی و طعم درحد نمونه شاهد (پنیر فراپالایش معمولی) با فرآیند تولید ساده تر از آن است، که با بررسی پروفایل اسید آمینه آزاد، ارزیابی بافتی و حسی نمونه‌های تولید شده مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

شیر تازه گاو و خامه غیرپاستوریزه بدون مواد نگهدارنده (۳۰ درصد چربی) از کارخانه شیر پگاه همدان تهیه گردید. پودر پروتئین شیری تغلیظ شده^۱ از شرکت پگاه مشهد تهیه شد. این پودر از شیر گاو به طریق اولترافیلتراسیون و سپس خشک کردن پاششی تهیه شده بود و هیچ‌گونه تغییری در نسبت

1. Milk protein concentrate (MPC)

کازئین به پروتئین آب پنیر ایجاد نشده بود. پودر پروتئین آب پنیر تغلیظ شده^۱ محصول شرکت DMV DMV هلند بود که از آب پنیر طی فرآیند اولترافیلتراسیون و خشک کردن پاششی تهیه شده بود و حاوی ۸۰ درصد پروتئین بود.

آغازگر مورد استفاده با مارک تجاری *RST744* (ساخت شرکت کریستین هسن دانمارک) مخلوطی از گونه‌های ترموفیل لاکتوباسیلوس بولگاریکوس (yoghurtv۰۹) و گونه‌های مزوفیل لاکتوکوکوس کرموریس و لاکتوکوکوس لاکتیس (*G₃ mix6* و *G₃ mix7*) و استرپتوکوکوس ترموفیلوس بود که به اندازه ۳ درصد مورد استفاده قرار گرفت. این استارتر با مارک تجاری *RST744* و ساخت شرکت کریستین هسن دانمارک بود. آنزیم رنت مورد استفاده نیز از نوع میکروبی (ریزوپوس ماکور و ریزوپوس میهی) و ساخت شرکت *DSM* فرانسه با مارک تجاری *FRAMASE* بود. کلیه مواد شیمیایی مورد استفاده در این پروژه ساخت کارخانه مرک آلمان با درجه خلوص تجزیه‌ای بودند.

تولید پنیر: سه نمونه پنیر فتا در خط تولید پنیر فراپالایش کارخانه شیر پاستوریزه پگاه همدان به شرح ذیل تولید گردید:

- ۱- پنیر فتای حاصل از پیش پنیر تولید شده از مخلوط پودر کنسانتره پروتئین‌های شیر و کنسانتره پروتئین‌های آب پنیر به نسبت ۷۰ به ۳۰ (تیمار ۱).
- ۲- پنیر فتای حاصل از پیش پنیر تهیه شده از پودر پروتئین‌های شیر که نسبت کازئین به پروتئین‌های آب پنیر ۸۰ به ۲۰ بود (تیمار ۲).
- ۳- پنیر فتای اولترافیلتراسیون به‌عنوان نمونه شاهد.

ابتدا از مخلوط شیر و خامه غلیظ خامه ۱۹ درصد چربی تهیه شد، سپس این خامه تا دمای ۴۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد تا در ادامه ترکیبات پودری به نحو مطلوبی حل شوند (۱۲). سپس مطابق جدول ۱ و براساس نسبت کازئین به پروتئین آب پنیر ۸۰ به ۲۰ یا ۷۰ به ۳۰، در تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده، پودر *MPC* و *WPC* به‌صورت تدریجی به‌ترتیب به‌میزان ۱/۷۸ و ۱۲/۲ درصد و در تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده به‌میزان ۱۴ درصد *MPC* طی فرآیند چرخش اضافه گردید. عمل مخلوط کردن در حدود ۲۰ دقیقه طول کشید، سپس پیش پنیر بازساخته که از لحاظ

1. Whey protein concentrate (WPC)

ترکیب شیمیایی تقریباً مشابه رنتیت^۱ پنیر فراپالایش بود در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد وارد دستگاه هموژنایزر با فشار ۵۰ بار گردید تا مخلوط تهیه شده به‌طور کامل همگن گردد، سپس ادامه روند تولید یعنی پاستوریزاسیون (دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ ثانیه)، افزودن استارتر مزوفیل (در دمای ۳۶ درجه سانتی‌گراد به مقدار ۳ درصد) و افزودن رنت (دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد به مقدار ۱۴ میلی‌لیتر در هر ظرف ۴۰۰ گرمی با رقت ۹۰ لیتر آب در ۱۰۰ گرم رنت) مشابه روش فراپالایش انجام شد. البته غلظت رنت به‌کار رفته در تیمار ۱ و ۲ نسبت به نمونه شاهد (۱۰۰ لیتر آب در ۱۰۰ گرم رنت) غلیظتر بود. این کار به دلیل پایین بودن خواص انعقادی در این تیمارها بود (۱۵). سپس این مخلوط در فنجانک‌های پلاستیکی ریخته شد و بعد از عمل انعقاد (حدود ۲۰ دقیقه در دمای ۳۴ درجه سانتی‌گراد) بسته بندی پنیر تکمیل گردید. پنیر تولید شده تا رسیدن به pH کمتر از ۴/۸ در گرم‌خانه‌ای با دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و پس از آن جهت نگهداری وارد سردخانه با دمای ۸ درجه سانتی‌گراد گردید. در ضمن پنیر فراپالایش به‌عنوان نمونه شاهد تولید شد.

جدول ۱- فرمولاسیون تیمارهای ۱ و ۲ جهت تولید رنتیت بازساخته

Table 1. Formulation of treatments 1 and 2 for production of tailor retentate

تیمار (treatment)		ترکیبات (درصد) (Composition)
(80 : 20)2	(70 : 30)1	
86	86	خامه با ۱۹ درصد چربی (Cream with 19% fat)
14	12.2	پروتئین شیر تغلیظ شده (MPC)
0	1.78	پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (WPC)

اندازه‌گیری اسیدآمینه آزاد: جهت بررسی پروفیل اسیدهای آمینه آزاد از مایع حاوی ازت محلول در pH= ۴/۶ استفاده گردید و این عمل توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا انجام گرفت. برای این منظور از ستون HALO(C₁₈) به ابعاد ۲۵۰×۴/۶ میلی‌متر که اندازه ذرات آن ۲/۷ میکرومتر بود، با سرعت جریان ۱ میلی‌متر در دقیقه استفاده شد. طول موج مورد استفاده ۳۳۰ نانومتر بود. فاز

1. Retentate

متحرک دستگاه آب- متانول (۸۵:۱۵) بود (۱۶).

ارزیابی بافت: ارزیابی بافت پنیر با آزمون فشاری توسط دستگاه اینسترون مدل ۱۱۴۰ انجام گرفت. برای آزمایش پروپ مخصوص به پیشانی جلورونده دستگاه متصل گردید. نمونه‌های پنیر به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر تهیه شدند. برای فشردن هر نمونه از لودسل ۵ نیوتن با سرعت ۱۰۰ میلی‌متر در دقیقه و پروپ ۳۶ میلی‌متر استفاده شد. نیروی لازم برای فشردن نمونه به اندازه ۵۰ درصد ضخامت اولیه نمونه پنیر و به‌عنوان شاخصی برای اندازه‌گیری سفتی و تنش حداکثر در نظر گرفته شد (۲).

ارزیابی حسی: ارزیابی ویژگی‌های حسی شامل عطر، طعم شوری و تلخی، بافت، رنگ و ظاهر پنیر با استفاده از آزمون پانل نیمه ماهر به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای و بر اساس استاندارد ملی ایران انجام گرفت (۷).

طرح آماری و نرم‌افزارهای مورد استفاده: داده‌های حاصل از آزمایش‌ها بر اساس مدل اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی آنالیز شدند. آزمون مقایسه میانگین‌ها نیز با روش حداقل تفاوت معنی دار^۱ در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها و مقایسه میانگین تیمارها توسط نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل صورت گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات اسیدآمینه آزاد: پروفایل پپتیدی در روز ۳۰ رسیدگی توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا بررسی شد. طبق جدول ۲ و شکل ۱ غلظت اسیدآمینه‌های آزاد کل (میکرو مول/لیتر) در پنیر شاهد به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده بود. در تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده تفاوت کمتری وجود داشت و غلظت اسیدآمینه‌های آزاد کل در تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده کمی بیشتر از تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده بود. در بین اسیدآمینه‌های مختلف، اسید آمینه آلانین به دلیل مقدار بالای آن در تیمارهای مختلف مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفت و مشخص شد که تیمار حاوی پروتئین

1. Least Significant Difference (LSD)

شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده دارای بیشترین مقدار آلانین بود، درحالی که تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده و شاهد تفاوت چندانی در این اسیدآمینها نداشتند.

در تولید اسیدآمینهای آزاد، ابتدا رنت و بعد پروتئیناز موجود در استارتر نقش اصلی ایفا می‌کنند نه باکتری‌های لاکتیکی غیراستارتری^۱، با این حال آنزیم‌های آغازگر تاثیر بیشتری نسبت به آنزیم‌های منعقد کننده در رهاسازی اسیدهای آمینه آزاد طی پروتئولیز ثانویه دارند (۱۰). محققان در بررسی پنیر چدار کم چرب معمولی با پنیر چدار کم چربی که حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده بود، به این نتیجه رسیدند که غلظت اسیدآمینهای آزاد در پنیر معمولی به‌طور قابل توجهی بیشتر از پنیر حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده می‌باشد، که به دلیل فعالیت پپتیدازی بالا در استارتر موجود در پنیر معمولی می‌باشد (۱۴). این نتایج با نتایج به‌دست آمده در تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده مطابقت داشت.

جدول ۲- مقادیر اسیدآمینهای مختلف (میکرومول/لیتر) در انواع تیمارها در روز ۳۰ رسیدگی

Table 2. Amino acid contents ($\mu\text{mol} / \text{L}$) in different treatments in 30th day of ripening

تیمار ۱ (Treatment)	شاهد (Control)	تیمار ۲ (Treatment 2)	اسیدآمینها (Amino acid)
65.832	51.475	72.586	آسپارتیک اسید (Asp) Aspartic acid (Asp)
63.712	75.094	53.760	گلوتامیک اسید (Glu) Glutamic acid (Glu)
73.484	152.308	60.510	آسپارژین (Asn) Asparagine (Asn)
60.420	89.151	95.522	سرین (Ser) Serine (Ser)
19.415	96.482	62.199	ال-گلوتامین (Gln) L-glutamine (Gln)
48.951	25.794	33.190	هیستیدین (His) Histidine (His)
27.867	50.041	98.111	گلیسین (Gly) Glycine (Gly)
40.790	68.713	50.963	ترئونین (Thr) Threonine (Thr)

1. Non-starter lactic acid bacteria (NSLAB)

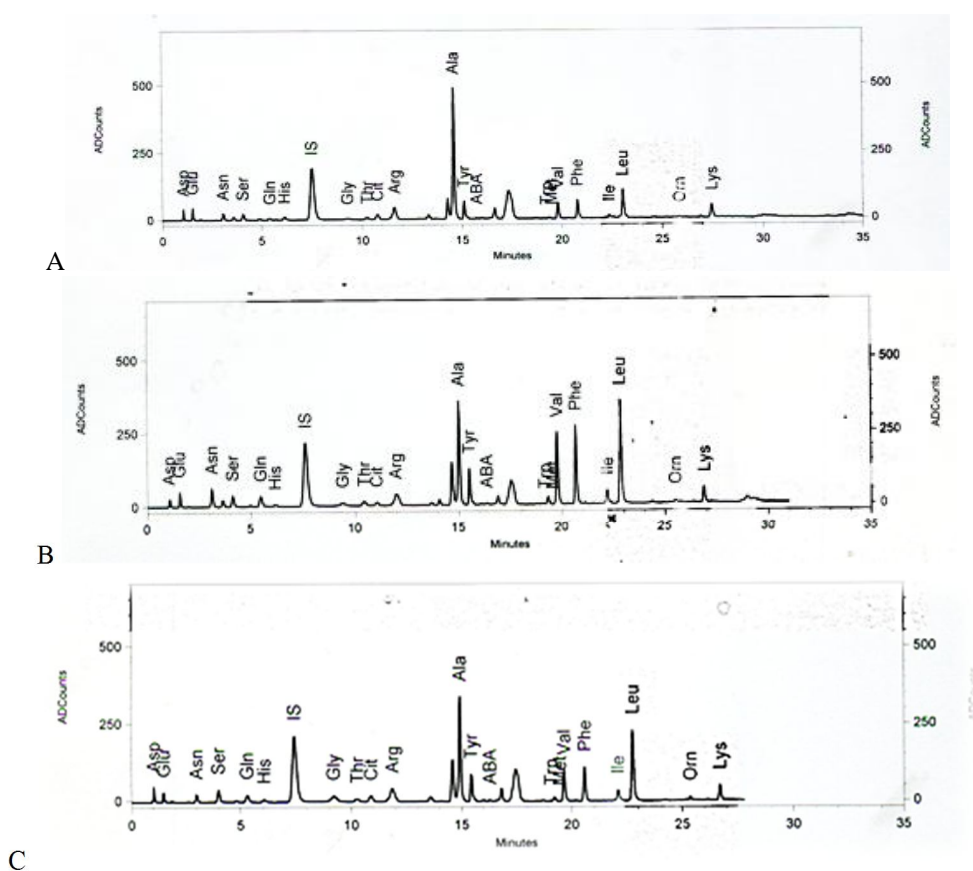
سیدمعین نظری و همکاران

55.081	32.119	54.991	سیترولین (Cit) Citrulline (Cit)
140.818	142.718	144.504	آرژینین (Arg) Arginine (Arg)
863.458	543.942	523.423	آلانین (Ala) Alanine (Ala)
140.025	204.720	160.809	تیروزین (Tyr) Tyrosine (Tyr)
5.710	9.072	6.431	آمینو بوتیریک اسید (ABA) Amino-Butyric Acid (ABA)
16.741	68.860	36.279	تریپتوفان (Trp) Tryptophan (Trp)
3.659	16.342	9.939	متیونین (Met) Methionine (Met)
105.966	368.477	148.368	والین (Val) Valine (Val)
175.631	539.639	230.043	فنیل آلانین (Phe) Phenylalanine (Phe)
24.148	77.936	54.850	ایزولوسین (Ile) Isoleucine (Ile)
245.817	624.876	398.682	لوسین (Leu) Leucine (Leu)
99.914	155.373	134.105	اورنیتین (Orn) Ornithine (Orn)
209.067	178.688	142.505	لیزین (Lys) Lysine (Lys)
2487.506	3572.820	2572.770	جمع کل Total

Asp = aspartic acid, Glu = glutamic acid, Asn = asparagine, Ser = serine, Gln = L – glutamine, His = histidine, Gly = glycine, Thr = threonine, Cit = Citrulline, Arg = arginine, Ala = alanine, Tyr = tyrosine, ABA = Amino-Butyric Acid, Trp = tryptophan, Met =methionine, Val = valine, Phe = phenylalanine, Ile = isoleucine, Leu = leucine, Orn = ornithine, Lys = lysine

پروفایل پپتیدی حاصل از دستگاه کروماتوگرافی مایع فاز معکوس با کارایی بالا در پنیر سفید کم چرب شورایی حاصل از شیر گاو و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده نشان داد که پروتئین آب پنیر تغلیظ شده تاثیر چندانی در میزان تولید اسیدآمینه آزاد نداشت (۱۳)، ولی در یک بررسی دیگر تاثیر پروتئین های آب پنیر بر فعالیت پپتیدازی مطالعه شد و مشخص گردید که پروتئین های آب پنیر باعث مهار

اکثر پپتیدازها و در نهایت کاهش اسید آمینه‌های آزاد کل گردید (۵ و ۶). نتایج به‌دست آمده در تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده با نتایج این محققان مطابقت داشت. حصاری و همکاران (۲۰۰۶) تاثیر پروتئین های آب پنیر روی فعالیت پپتیداز موجود در باکتری لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس *AMI* را بررسی و نشان دادند که افزودن پروتئین‌های آب پنیر، علی‌رغم کاهش اسید آمینه آزاد کل باعث افزایش فعالیت برخی از پپتیدازها گردید که می‌تواند دلیلی بر حداکثر مقدار اسید آمینه آلانین حاصل از تیمار حاوی WPC (تیمار ۱) قلمداد گردد (۵).



شکل ۱- پروفایل اسید آمینه های آزاد مختلف (میکرومول در لیتر) در انواع تیمارها در روز ۳۰ رسیدگی. تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (A)، نمونه شاهد (B) و تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده (C)

Figure 1. Free amino acids profile (MicroMol/L) in different treatments at day 30 of ripening. Treatment containing MPC and WPC (A), control sample (B) and treatment containing MPC (C)

تغییرات بافت پنیر: همان‌طوری که در جدول (۳) می‌شود زمان، نوع تیمار و تاثیر متقابل این دو فاکتور بر

سیدمعین نظری و همکاران

بافت پنیر معنی‌دار ($P < 0.05$) بود. با بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین سفتی بافت مربوط به تیمار ۱ (حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده) در روز ۳۰ رسیدگی و کمترین سفتی مربوط به تیمار ۲ (حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده) در روز اول رسیدگی بود.

جدول ۳- اثر متقابل تیمار و زمان بر بافت پنیرها به روش LSD

Table 3. Interaction effect of treatment and time on cheeses texture (LSD method)

میانگین سفتی بافت (average hardness of texture)	زمان (Time)	تیمار (Treatment)
0.151 ^c	1	تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (Treatment containing MPC and WPC)
0.198 ^a	30	تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (Treatment containing MPC and WPC)
0.073 ^e	60	تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (Treatment containing MPC and WPC)
0.152 ^c	1	شاهد Control
0.171 ^{bc}	30	شاهد Control
0.132 ^c	60	شاهد (ontro)
غیر قابل تشخیص (Unrecognizable)	1	تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده (Treatment containing MPC)
0.079 ^{de}	30	تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده (Treatment containing MPC)
0.099 ^d	60	تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده (Treatment containing MPC)

a-e: تفاوت معنی‌دار میانگین‌ها در سطح احتمال ۵٪ را نشان می‌دهد.

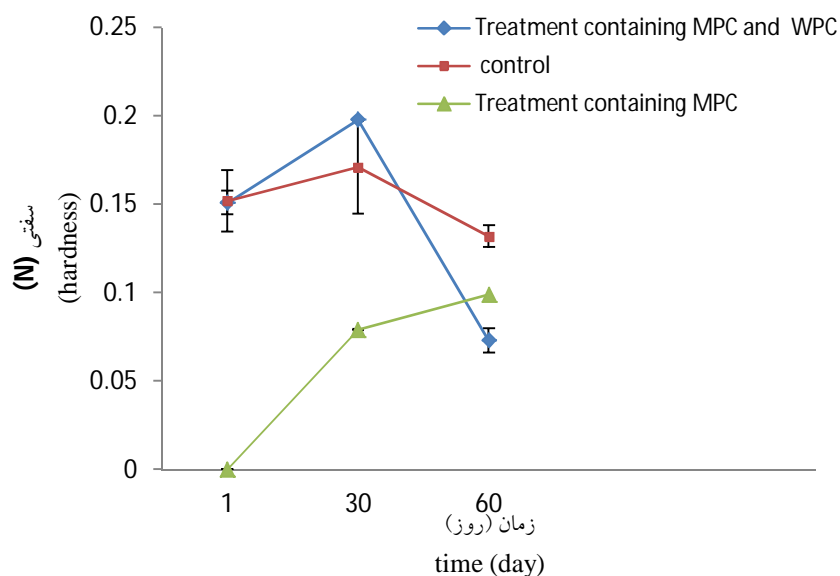
a-e: Shows significant difference of the mean values ($p \leq 0.05$).

LSD: Least Significant Difference = 0.0147

همان‌طوری که در شکل ۲ نشان داده شده است افزایش سفتی در تمامی تیمارها در روز سی‌ام از رسیدگی نسبت به روز اول مشاهده شد. که این پدیده را می‌توان به کاهش رطوبت پنیرها نسبت داد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج فاکس و همکاران (۲۰۰۰) مطابقت داشت (۳). روند سفتی پنیرها بعد از روز سی‌ام متفاوت مشاهده شد، بدین‌صورت که در تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و نمونه شاهد تا روز شصت‌ام از رسیدگی سفتی بافت کاهش یافت که این پدیده به

سبب افزایش پروتئولیز و لیپولیز نسبت به روز سی ام رسیدگی بود. هم چنین نتایج نشان داد که کاهش سفتی بافت پنیر حاوی پروتئین آب پنیر تغلیظ شده بیش از تیمار شاهد بود، که از این حیث با نتایج حاصل از رومیه و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت داشت. روند سفتی بافت در تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده اندکی صعودی بود که دلیل وقوع این پدیده را می توان به کاهش بیشتر مقدار چربی نسبت به سایر تیمارها نسبت داد. چربی عامل جدایی بستر پروتئینی است که با ایفای نقش روان کننده گی بافتی نرم و یکنواخت ایجاد می نماید (۱۳).

همان طور که در شکل ۲ مشاهده می شود، سفتی بافت تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده در روز اول صفر نشان داده شده است. در حقیقت این عدد معیاری از غیر قابل تشخیص بودن سفتی توسط دستگاه اینستران تلقی می گردد.



شکل ۲- تغییرات سفتی بافت در تیمارهای مختلف طی رسیدن

(نتایج به صورت میانگین سه تیمار متفاوت نشان داده شده است)

Figure 2. Changes in the texture of different treatments during ripening (Results are shown as the mean of three different treatments)

ارزیابی حسی

مطلوب بودن عطر، طعم و بافت: براساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل زمان رسیدن (روزهای سی ام و شصت ام) و نوع تیمار تأثیر معنی داری بر ویژگی های حسی پنیرها داشت ($P < 0.05$) (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه اثر متقابل تیمار و زمان بر خواص حسی پنیرهای مختلف

Table 4. Interaction effect of treatment and time on the sensory properties of different cheese samples

ارزیابی کلی (Overall acceptability)	بافت (Texture)	عدم طعم تلخی و شوری (Lack of bitter and salty taste)	عطر (Aroma)	زمان رسیدن (Time of ripening)	تیمار (Treatment)
4.3 ^a	4.33 ^a	4.16 ^a	3.33 ^{ab}	30	تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده Treatment containing MPC and WPC
4.13 ^b	3.83 ^a	3.66 ^b	3.33 ^{ab}	60	تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (Treatment containing MPC and WPC)
3.71 ^c	4.16 ^a	3.66 ^b	3.33 ^{ab}	30	شاهد control
3.85 ^c	3.83 ^a	2.83 ^c	3.66 ^a	60	شاهد control
3 ^e	2.17 ^c	3.33 ^b	3 ^b	30	تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده Treatment containing MPC
3.26 ^d	3.16 ^b	2.83 ^c	3.83 ^a	60	تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده Treatment containing MPC
0.1579	0.623	0.4709	0.5265		LSD

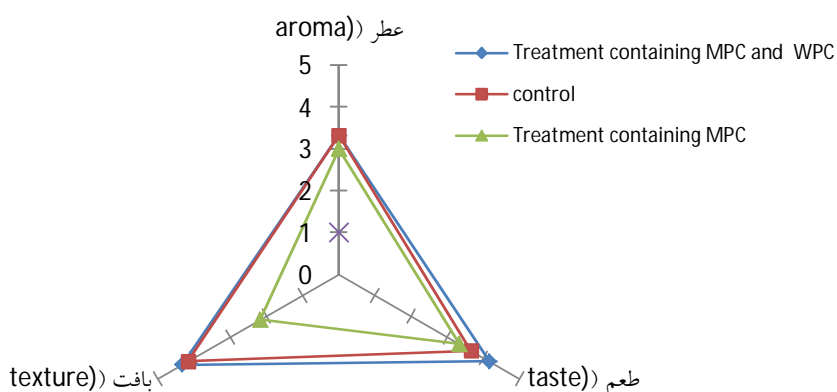
a-e: تفاوت معنی دار میانگین ها در سطح احتمال ۵٪ را نشان می دهد.

a-e: Shows significant difference of the mean values ($p \leq 0.05$).

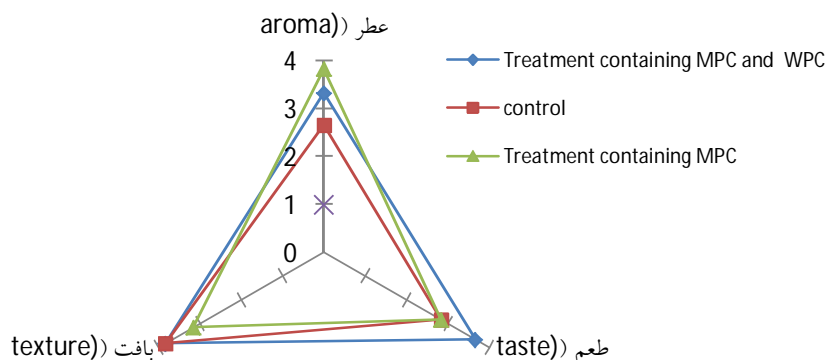
همان طوری که مشاهده می شود با گذشت زمان از روز سی ام به شصت ام عدم طعم تلخی، شوری و نیز مقبولیت بافت در کلیه نمونه ها به استثنای تیمار ۲ (حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده) کاهش یافت. از لحاظ عطر نمونه کنترل، تیمار ۱ (حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده) و تیمار ۲ (حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده) به ترتیب با گذشت زمان روند نزولی، بدون تغییر و

افزایشی داشتند. اسیدهای آمینه و اسیدهای چرب آزاد از مهم‌ترین ترکیبات ایجاد کننده عطر و طعم پنیرها هستند. فرآیند پروتئولیز و تجزیه پروتئین‌های پنیر طی رسیدگی منجر به تولید اسید آمینه‌های آزاد و پپتیدهای کوچک تحت تأثیر فعالیت مایه پنیر و پپتیدازهای میکروبی می‌شود که این ترکیبات به‌عنوان مهم‌ترین عوامل ایجاد کننده عطر و طعم در پنیر محسوب می‌شوند، هم‌چنین اسیدهای چرب فرار حاصل از لیپولیز چربی‌های شیر طی فرآیند رسیدن پنیرها در عطر و طعم پنیر دخالت دارند. غلظت این ترکیبات به تدریج طی دوره رسیدگی افزایش می‌یابد (۳).

مقایسه عطر و طعم تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده با سایر تیمارها در روز سی‌ام و شصت‌ام رسیدگی نشان داد که عطر در تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده در روز شصت‌ام نسبت به سایر تیمارها بهبود یافت (شکل ۳). هم‌چنین اختلاف کیفیت طعمی در تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده در این روز نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت. دلیل این پدیده را می‌توان به سرعت پایین پروتئولیز در تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده نسبت به سایر تیمارها نسبت داد.



(الف)



(ب)

شکل ۳- ارزیابی حسی نمونه‌های مختلف پنیر در طی رسیدن: الف) روز سی‌ام*

رسیدگی ب) روز شصت‌ام رسیدگی

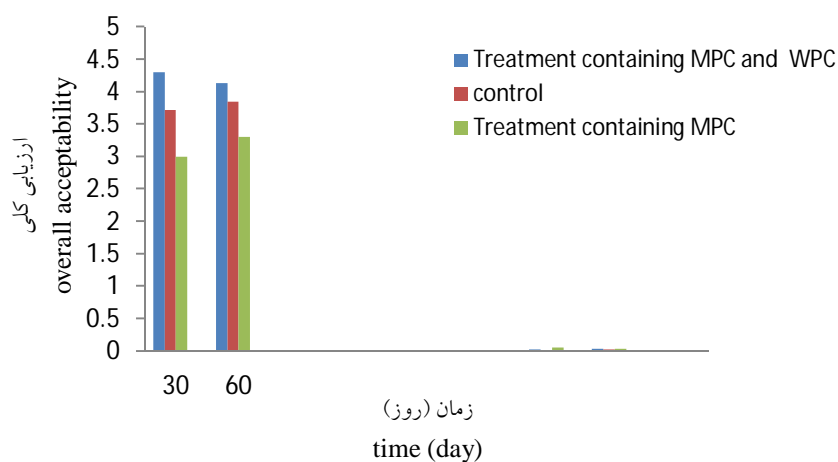
(نتایج به صورت میانگین سه تیمار متفاوت نشان داده شده است)

Figure 3. Sensory evaluation of the different treatments during ripening (Results are shown as the mean of three different treatments)

مطلوبیت کلی: پنیر شاهد و نمونه حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده (تیمار ۲) از لحاظ ارزیابی کلی در فاصله زمانی روز ۳۰ تا ۶۰ نسبت به تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده روند صعودی از خود نشان دادند، درحالی‌که نمونه پنیر حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده (تیمار ۱) در روز شصت‌ام نسبت به روز سی‌ام افت نشان داد که دلیل این امر می‌تواند پروتئولیز بیشتر نسبت به سایر تیمارها باشد. در مجموع تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده تا روز شصت‌ام رسیدن از مقبولیت بیشتری نسبت به دو تیمار دیگر برخوردار بود (شکل ۴). تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده به دلیل خواص ارگانولپتیکی پایین از قبیل بافت نامناسب و نرم، عطر و طعم ضعیف‌تر نسبت به سایر تیمارها از امتیاز کمتری برخوردار بود که با نتایج به‌دست آمده توسط شکیل و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت داشت (۱۴). تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده با بافتی نرم، یکنواخت و منسجم، همراه با عطر و طعم مناسب و نیز رنگ و ظاهر

مطلوب بالاترین امتیاز حتی نسبت به نمونه شاهد را به خود اختصاص داد، نتایج به دست آمده از این تحقیق با نتایج توسط رومیه و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت داشت (۱۳).

در مجموع در ارزیابی کلی، بیشترین امتیاز در هر دو زمان (سی ام و شصت ام) مربوط به تیمار ۱ بود. در مقایسه بین هر سه تیمار، نیز بیشترین مقبولیت کلی پس از شصت روز رسیدگی به ترتیب مربوط به تیمار ۱، نمونه شاهد و تیمار ۲ بود (شکل ۴).



شکل ۴- ارزیابی کلی نمونه‌های مختلف پنیر در طی رسیدن (نتایج به صورت میانگین سه تیمار متفاوت نشان داده شده است)

Figure 4. Overall acceptability evaluation of different treatments during ripening (Results are shown as the mean of three different treatments)

نتیجه‌گیری

غلظت اسیدآمینه‌های آزاد کل (میکرومول در لیتر) در پنیر شاهد به‌طور قابل ملاحظه‌ای بیش از تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده بود، که نشان دهنده فعالیت بالای پروتئینازها در این تیمار بود، از لحاظ بافتی، در روز اول تولید تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و نمونه کنترل بیشترین سفتی را داشتند. در روز سی ام تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده بالاترین سفتی را داشت و در پایان ۶۰ روز رسیدگی پنیر شاهد بیشترین سفتی را داشت. تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده نیز در طی زمان رسیدگی از سفتی کمی برخوردار بود. این تغییرات بافتی نشان دهنده این است که پروتئین

آب پنیر تغلیظ شده و پروتئین شیری تغلیظ شده در کنار هم با رعایت نسبت ۳۰ به ۷۰ پروتئین آب پنیر به کازئین تا روز ۳۰ باعث بهبود بافت پنیر می شوند، ولی در روز ۶۰ رسیدگی این پنیر از بقیه تیمارها نرمتر بود. از لحاظ ویژگی‌های حسی، تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده بالاترین امتیاز را در مقبولیت کلی به خود اختصاص داد که نشان دهنده بهبود ویژگی‌های حسی این پنیر بعنوان جایگزین پنیر فراپالایش بود، ولی تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده مقبولیت کمتری از پنیر شاهد داشت. در مجموع در بین دو تیمار مورد بررسی جهت جایگزینی پنیر فراپالایش، تیمار حاوی پروتئین شیری و پروتئین آب پنیر تغلیظ شده که در آن نسبت پروتئین آب پنیر به کازئین ۳۰ به ۷۰ بود در مقایسه با تیمار حاوی پروتئین شیری تغلیظ شده که در آن نسبت پروتئین آب پنیر به کازئین ۲۰ به ۸۰ بود، نتیجه بهتری داد. بکارگیری روش فرمولاسیون در این تحقیق، بدلیل ساده بودن فرآیند، حذف سیستم فیلتراسیون و به تبع آن کاهش هزینه های تکنولوژی و تولید و همچنین تولید محصولی با قابلیت رقابت با پنیر فراپالایش و حتی بهتر از آن، می تواند بعنوان روش جایگزین استفاده گردد، که منجر به افزایش مصرف این محصول در سطح جامعه خواهد شد.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از کارخانه پگاه همدان به دلیل حمایت مالی و نیز همکاری در اجرای این طرح به عمل می آورند.

منابع

1. Baldwin, K.A., Baer, R.J., Parsons, J.G., Seas, S.W., Spurgeon R., and Torrey, G.S. 1985. Evaluation of yield and quality of cheddar cheese manufactured milk with added whey protein concentrate. *Journal of Dairy science*, 69: 2543-2550.
2. Erdem, Y.K. 2005. Effect of ultrafiltration, fat reduction and salting on textural properties of white brined cheese. *Journal of Food Engineering*, 71: 366-72.
3. Fox, P.F., Guinee, T.P., and McSweeney, P.L.H. 2000. *Fundamental of cheese science*. Aspen Publisher Inc, Gaithersburg, America, 657p.
4. Ghoddsi, H.B., Habibi Najafi, M.B., Mazaheri Tehrani, M., and Razavi, M.A. 2004. *Feta and related cheeses*. Second edition. Mashhad University Press, pp. 157-155. (In Persian).
5. Hesari, J., Ehsani, M.R., and McSweeney, P.L.H. 2006. The influence of whey proteins on peptidase activities of *Lactococcus lactis* spp *Cremoris* AM1. *Milchwissenschaft.*, 61: 316-318.

6. Hesari, J., Ehsani, M.R., Mosavi, M.A.E., and McSweeney, P.L.H. 2007. Proteolysis in ultra-filtered and conventional Iranian white cheese during ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 60: 211-220.
7. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1999. Standard No. 4938, cheese-cheese sensory evaluation. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, karaj.
8. International Dairy Federation. 2008. The World Dairy Situation, 2008. Bulletin 432. International Dairy Federation, Brussels.
9. Jelena, M., Predrag, P., Zorica, R., Vladimir, P., Zorana, M., Mira, R., and Dušanka, P. 2011. Development of low fat UF cheese technology. *Mljekarstvo*, 61: 33-44.
10. Mallato, H., Pappa, E.C., and Boumba, V.A. 2004. Proteolysis in Teleme cheese made from ewe's, goat's or a mixture of ewe's and goat's milk. *International Dairy Journal*, 14: 977-987.
11. Mistry, V.V., and Maubios, J.L. 1993. Application of membrane separation technology to cheese production. In P. F. Fox (Ed.). *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, 1: 493-522.
12. Mistry, V.V., and Pulgar, J.B. 1996. Use of high milk protein powder in the manufacture of Gouda cheese. *International Dairy Journal*, 6: 205-216.
13. Romeih, E.A., Michaelidou, A., Biliaderis, C.G., and Zerfiridis, G.K. 2002. Low-fat White-brined cheese made from bovine milk and two commercial fat mimetics: chemical, physical and sensory attributes. *International Dairy Journal*, 12: 525-540.
14. Shakeel-Ur-Rehman, Farkye, N.Y., Considine, T., Schaffner, A., and Drake, M.A. 2003. Effects of standardization of whole milk with dry milk protein concentrate on the yield and ripening of reduced-fat Cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 86: 1608-1615.
15. Steffl, A., Schreiber, R., Hafenmair, M. and Gerhard Kessler, H. 1999. Influence of whey protein aggregates on the renneting properties of milk. *International Dairy Journal*, 9: 403-404.
16. Sousa, M.J., Ardo, Y., and Sweeney, P.L.H. 2001. Advances in the study of proteolysis during cheese ripening. *International Dairy Journal*, 11: 327-345.



Free amino acid profile and textural and sensory characteristics of whey less feta cheese

*S.M. Nazari¹, J. Hesari², S.H. Peighambaroust² and S. Azadmard²

¹Former M.Sc. student, Dept. of Food Science and Technology, Aras Pardis of University of Tabriz, Tabriz, Iran

²Associate Prof, Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 2015/02/2; Accepted: 2015/11/1

Abstract

Background and objectives: Cheese is a dairy product that has a special position in the diet of many nations due to its high nutritional value. Production of cheese (with reasonable properties) with simpler process results in increased production yield and reduced production cost. The aim of this work was to produce whey less feta cheese with acceptable textural and sensory properties but comparable with ultrafiltration feta cheese by adding whey protein (WPC) and milk protein concentrate (MPC), without ultrafiltration processing.

Materials and methods: In this study, produced wheyless cheese (a kind of feta cheese) was considered as a substitution for UF cheese. In this method, by mixing whey protein concentrate or milk protein concentrate in cream, a retentate similar to that which is used in UF cheese, was obtained. Then, the process was followed similar to that of UF cheese production. Two experimental samples with different whey protein / casein ratio were produced: treatment 1 was produced by mixing whey protein concentrate and milk protein concentrate (whey protein to casein ratio of 30: 70) and treatment 2 was produced by mixing milk protein concentrate (with the whey protein to casein ratio of 20:80). Then, free amino acid profile at 30th day of ripening, textural properties at 1th, 30th and 60th days of ripening and sensory property at days 30 and 60 of ripening were evaluated in the produced cheeses.

* Corresponding author; seyyedmoeinnzr525@gmail.com

Results: The concentration of free amino acids in the control cheese was significantly more than treatment 1 (containing MPC and WPC) and treatment 2 (containing MPC). Results of statistical analysis showed that the interaction effect of treatment and storage had significant effects on textural and sensory properties ($P<0.05$). Considering texture and sensory properties, treatment containing MPC and WPC was acceptable and competitive with control cheese.

Conclusion: Based on these results, total free amino acids concentration (micromoles per liter) in the control cheese, was significantly higher than treatment containing MPC and WPC and treatment containing MPC, because of the high proteinase activity. Considering texture, up to 30th day of ripening, treatment containing MPC and WPC had the highest hardness, but the control cheese had the highest hardness at the end of storage period (day 60). Regarding sensory properties, treatment 1 had the highest level and treatment 2 containing MPC had the lowest level of overall acceptability at 30th and 60th days of ripening. In overall, according to textural and sensory results and low cost of production, treatment containing MPC and WPC can be selected as suitable replacement with ultrafiltration cheese.

Keywords: Whey less feta cheese, UF, Milk protein concentrate, Whey protein concentrate, Free amino acid.

