sمجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال هفتم، شماره ۵، ویژه‌نامه زمستان ۱۳۹۱، صفحات ۹۰۸-۸۹۷

مقاله مروری

بهبود خواص فیزیکی و حسی محصولات لبنی با بهره‌گیری بهینه از خواص کاری پروتئین‌های آب پنیر

سجاد عبدی[۱]، نوید میر[۲]، مصطفی دهقان نیری[۲]

۱- نویسنده مسئول: کمیته تحقیقات دانشجویان، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. پست الکترونیکی: abdiran@yahoo.com
۲- کمیته تحقیقات دانشجویان، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

امروزه، افزایش و گسترش تولیدات لبنی در کارخانه‌ها سبب شده است که مقادیر قابل توجهی آب‌پنیر به عنوان محصول جانبی تولید شود. و بالا بودن BOD و مشکلات زیست محیطی مربوط به آن، باعث شده که در چند دهه‌ی اخیر توجه ویژه‌ای به فرآوری آب پنیر و استفاده از آن در محصولات غذایی شود. با توجه به پیشرفت‌های صنایع غذایی ثابت شده که ترکیبات پروتئینی جدا شده از آب پنیر و محصولاتی از این دست هر دو ویژگی و مزیت تغذیه‌ای و کاربردی را دارا است. بنابراین در این مقاله خواص کاری پروتئین‌های آب پنیر، تأثیر آن‌ها بر خصوصیات فیزیکی و حسی محصولات لبنی و نیز موارد استفاده‌ی محصولات پروتئینی حاصل از آب پنیر (از جمله WPC، FWPC و WPI) در محصولات لبنی را مرور خواهیم کرد.

واژگان کلیدی: WPC، FWPC، WPI

مقدمه

پروتئین‌های شیر دو دسته اند: دسته‌ی اول و عمده که کازئین‌ها هستند و ۸۰-۷۵ درصد کل پروتئین‌های شیر را تشکیل می‌دهند. دسته‌ی دوم پروتئین‌های محلول در سرم شیر یا پروتئین‌های آب پنیر (Whey protein) نام دارند. پروتئین‌های محلول در سرم شیر نسبت به کازئین دارای ترکیب و ساختمان متفاوتی هستند. این پروتئین‌ها در سرم شیر به صورت محلول می‌باشند و به‌طور متوسط ٪۲۵ کل پروتئین‌های موجود در شیر گاو را شامل می‌شوند. ترکیب این پروتئین‌ها متشکل از ۱۲-۷ درصد بتالاکتوگلوبولین، ۵-۲ درصد آلفالاکتالبومین، ۴-۲ درصد پروتئوزپپتون، ۳/۳-۱/۹ درصد ایمونوگلوبولین، ۱/۳-۰/۷ درصد سرم آلبومین، و به مقدار کم شامل سایر انواع پروتئین از قبیل لاکتوفرین می‌باشد. پروتئین‌های محلول در سرم شیر در برابر محلول‌های اسیدی مقاومت خوبی نشان می‌دهد، اما در برابر حرارت حساس هستند که به دلیل وجود ساختمان‌های دوم و سوم قابل دناتوره شدن می‌باشد (۱۷، ۱۶، ۲، ۱). البته گاهی پروتئوزپپتون و پروتئین‌های موجود در غشای گویچه‌های چربی نیز در گروه پروتئین‌های آب پنیر طبقه‌بندی می‌شود.

به علت خواص کاری پروتئین‌های آب پنیر، امروزه از این پروتئین ها در سطح وسیعی برای بهبود کیفیت فیزیکی و حسی محصولات غذایی استفاده می‌شود. ضمن اینکه امروزه با استفاده از روش‌های مختلف از جمله فناوری‌های غشایی، از آب پنیر، ترکیبات غلیظ شده‌ای مثل کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر تولید می‌کنند که کاربرد پروتئین‌های آب‌پنیر را در محصولات غذایی تسهیل می‌کند. در این مقاله بر خواص کاری پروتئین‌های آب پنیر و موارد استفاده پروتئین‌های آب‌پنیر به خصوص WPC در صنایع لبنی مروری خواهیم کرد.

خواص کاری پروتئین‌های آب‌پنیر: افزودن WPC به محصولات غذایی به جهت بهبود برخی ویژگی‌های عملیاتی و تغذیه‌ای صورت می‌گیرد. در ادامه مهم‌ترین ویژگی‌های عملیاتی کنسانتره پروتئین آب‌پنیر ذکر شده است:

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

جذب آب: در واقع جذب آب توسط پروتئین‌ها شرط لازم بروز بسیاری از ویژگی‌های کاربردی آن‌ها می‌باشد. پس از جذب آب و آب‌گیری است که ویژگی‌هایی نظیر تورم، ژله‌ای شدن و حلالیت رخ می‌دهد. میزان جذب آب به صورت ظرفیت نگهداری آب پروتئین بیان می‌شود.

مقدار جذب آب توسط پروتئین‌های آب‌پنیر نسبت به بسیاری از انواع پروتئین‌ها کم‌تر است. نتایج بررسی درصد انجام شده بر روی جذب آب با استفاده از فارینوگراف نشان داده است که مقدار آب اتصال یافته با نمونه کنسانتره پروتئین آب‌پنیر ۶٪ بوده است، در حالیکه این مقدار برای آلبومین تخم مرغ، شیرخشک بدون چربی و کازئینات سدیم به ترتیب ۴۰، ۵۲ و ۱۱۸ درصد بوده است.

نکته قابل توجه در مورد کنسانتره پروتئین آب‌پنیر این است که دناتوره شدن باعث کاهش شدید حلالیت و افزایش جذب آب می‌شود (۴، ۳).

امولسیون کنندگی: پروتئین‌های آب‌پنیر خواص امولسیون‌کنندگی ضعیفی دارند، چرا که به دلیل توالی خاص اسیدهای آمینه پروتئین‌های آن، توازن نسبتاً نامناسبی بین گروه‌های آب دوست و آب‌گریز برقرار است. ظرفیت امولسیون کنندگی (گرم روغن ذرت امولسیون شده توسط ۱۰۰ سی‌سی محلول کلرید سدیم ۱ مولار دارای ۱٪ پروتئین آب‌پنیر) WPC تولید شده به روش فراپالایش ۴۹-۳۶ است (۱).

افزایش دهنده‌ی ویسکوزیته: محلول کنسانتره پروتئین آب‌پنیر تا غلظت ۴۵٪، ویسکوزیته کمی دارد. علت این امر جذب آب کم کنسانتره پروتئین آب‌پنیر می‌باشد. فرایندهای صورت گرفته‌ی قبلی نیز بر ویسکوزیته کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر موثر است (۱).

افزایش قابلیت زدن و کف کردن (Whipping ability Foaming): کنسانتره‌های پروتئینی آب پنیر قابلیت تشکیل کف همانند آنچه در سفیده تخم مرغ روی می‌دهد را ندارند. عواملی‌که بر نسبت افزایش حجم و ثبات کف کنسانتره پروتئین آب‌پنیر موثر است، شامل وجود شکر، باقی‌مانده چربی، زمان زدن، مقدار ماده جامد، pH، دناتوره شدن حرارتی، قدرت یونی، عوامل فعال سطح و پتانسیل اکسیداسیون و احیاء می‌باشد (۱۷). بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش میزان چربی در WPC-80 تا حدودی این خاصیت را بهبود دهد (۳، ۱).

تشکیل ژل: کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر قادر است پس از دناتوره شدن آب را در ساختار خود نگه دارد. خاصیت تشکیل ژل کنسانتره پروتئین آب پنیر در بهبود قوام مواد غذایی بسیار موثر است، که در نتیجه تشکیل ژل حین فرایند حرارتی غذا می‌باشد. شرط اصلی تشکیل ژل، انحلال پروتئین در آب و اعمال دمای مطلوب (۷۵ °C) می‌باشد. به طور معمول تشکیل ژل در غلظت بیش از ۱۰٪ صورت می‌گیرد (با مصرف پروتئین دارای حداقل ۵۰٪ ماده خشک). غلظت مطلوب برای تشکیل ژل ۱۵٪ می‌باشد. ژل‌های سفت در pH خنثی و قلیایی شکل می‌گیرند. هم‌چنین تشکیل ژل توسط دما و pH قابل برگشت نمی‌باشد (۱).

طبق بررسی‌های صورت گرفته در میان پروتئین‌های آب‌پنیر، بتالاکتوگلوبولین بیشترین اهمّیت را در تشکیل ژل دارد، اما سایر پروتئین‌ها نیز در تشکیل ژل نقش دارند (۲).

تشکیل ژل توسط کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر بستگی به ترکیب آن، دما، pH و فرایند تولید دارد. هر چه درصد پروتئین کنسانتره بیشتر باشد، تشکیل ژل بهتر صورت می‌گیرد. وجود مقادیر بالای لاکتوز و چربی مانعی در برابر ژله‌ای شدن به شمار می‌آید. وجود مقادیر کمی کلرورکلسیم و کلریدسدیم باعث تشکیل ژل قوی‌تر می‌شود. pH اسیدی باعث تشکیل ژل ضعیف می‌شود. علت این امر تجمع و رسوب پروتئین‌ها می‌باشد (۳-۱).

در نهایت باید به این نکته توجه داشت که انتخاب یک کنسانتره پروتئین در فرمولاسیون غذایی بستگی به ویژگی‌های موردنظر در محصول نهایی دارد. در یک فرآورده‌ی غذایی ممکن است به کنسانتره پروتئین با ویژگی تشکیل ژل قوی و در فرآورده‌ای دیگر به کنسانتره پروتئین با ویژگی تشکیل ژل ضعیف‌تر نیاز باشد تا ویژگی‌های بافتی موردپسند مصرف کننده نهایی حاصل شود (۴۵، ۱).

کاربرد پروتئین آب پنیر غلیظ‌شده در محصولات لبنی

در این بخش به موارد استفاده و اثرات کنسانتره پروتئینی آب پنیر در پنیر، ماست و بستنی پرداخته می‌شود.

پنیر: تحقیقات دامنه داری در زمینه استفاده از کنسانتره پروتئینی تخمیری یا غیر تخمیری آب پنیر در پنیرهای مختلفی نظیر موزارلا (رودان و همکاران۱۹۹۸)، دمیاتی (ال-شیخ و همکاران ۲۰۰۱)، هاوارتی (لو و باستیون ۱۹۹۸) و مانچگو (لباتو-کالرس و همکاران ۲۰۰۱) صورت پذیرفته است که نتایج اکثر آن‌ها افزایش راندمان تولید و بهبود طعم و بافت محصول بوده است (۳۴- ۳۱).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

تحقیقات جوینده در مورد تأثیر افزودن کنسانتره تخمیری پروتئین آب پنیر (FWPC) (Fermented Whey Protein Concentrate) قبل و بعد از تشکیل لخته بیانگر این حقیقت است که چنانچه FWPC قبل از تشکیل لخته به محصول اضافه شود راندمان واقعی (به طور کلی، راندمان عبارت است از وزن پنیر به دست آمده تقسیم بر وزن شیر مورد استفاده در پنیرسازی. در این تحقیق راندمان پنیر با وزن کردن پنیر قبل از قرار دادن در آب نمک تعیین گردید. مقدار راندمان پنیر سفید ایرانی بر حسب درصد به دو روش بیان می‌گردد: ۱) بر اساس رطوبت موجود در پنیر که تحت عنوان راندمان حقیقی نامیده می‌شود و ۲) بر مبنای محاسبه ۵۵٪ رطوبت در تمامی نمونه‌های پنیر (رابینسون و تمیم ۱۹۹۱). راندمان حقیقی پنیر نیز با تقسیم وزن پنیر بر وزن شیر یا مخلوط شیر و FWPC محاسبه گردیده) بالاتر از زمانی است که FWPC بعد از تشکیل لخته و قبل از پرس کردن به محصول اضافه شود (۲۱).

افزودن FWPC به شیر بطور معنی‌داری سبب افزایش راندمان پنیر (کیلوگرم پنیر بدست آمده به ازای هر کیلوگرم شیر) می‌شود که این موضوع می‌تواند مربوط به بهبود ظرفیت جذب نگهداری آب توسط FWPC باشد (۲۱). این نتایج مطابق با نتایج بدست آمده توسط دونس و همکاران (۱۹۸۱) است که در آن مقدار راندمان بیشتری در پنیر چدار و کاتیج در اثر افزودن کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر دناتوره شده گزارش شد (۲۰). سانتورو (۱۹۹۴) نیز راندمان پنیر بالاتری در اثر افزودن کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر دناتوره شده در دمای ۹۰°C به مدت ۵ دقیقه گزارش کرد (۳۵). لو و باستون (۱۹۹۸) نیز مشاهده نمودند که با به کارگیری WPC در تولید پنیر هاواتی راندمان افزایش می‌یابد و از WPC به خوبی می‌توان به عنوان جایگزین چربی در تولید پنیر کم چرب استفاده نمود (۳۳). در تحقیقی تقریباً مشابه، بانکس و همکاران وی در طی تهیه پنیر چدار به روش سنتی با استفاده از WPC مشاهده کردند که در هنگام افزودن WPC پس از خروج آب‌پنیر از دلمه پنیر راندمان از ۹/۹۶ درصد به ۱۰/۳۱ درصد و در صورت اضافه کردن WPC به شیر (همزمان با افزودن سوش‌های آغازگر) به ۱۱/۲۱ درصد افزایش می‌یافت (۲۱).

مقادیر بازیافت پروتئین و چربی عوامل مهمی در صنعت پنیر به شمار می‌روند چرا که کاهش آن‌ها سبب کاهش راندمان پنیر می‌گردد. مطابق مطالعات جوینده (۲۰۰۸) افزایش درصد جایگزینی FWPC چه قبل از تشکیل لخته و چه بعد از تشکیل لخته منجر به کاهش متقابل مقادیر بازیافت پروتئین و چربی می‌شود. علت کاهش بازیافت پروتئین در پنیرهای سفید ایرانی هم‌گام با افزایش میزان FWPC می‌تواند به مقدار کم‌تر کازئین در نمونه‌های پنیر حاوی FWPC مربوط باشد. اگرچه FWPC دارای مقدار پروتئین بیشتری از شیر بود (۴/۳۴ در برابر ۳/۱۷ درصد)، کاهش متوالی بازیافت پروتئین در نمونه‌های حاوی FWPC ثابت کرد پروتئین‌های موجود در FWPC نمی‌توانند دقیقاً همان نقش کازئین را در تشکیل شبکه پروتئینی ایفا کنند (۲۱). در تأیید این نتایج دایبینگ و اسمیت (۱۹۹۸) نیز نشان دادند که افزودن محلول‌های تیمار شده پروتئین‌های آب پنیر سبب کاهش مقدار بازیافت پروتئین می‌شود (۳۶).

افزایش مقدار جایگزینی FWPC سبب کاهش بازیافت چربی می‌شود (۲۱). مددلو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کرده‌اند که هر چقدر مقدار چربی شیر کاهش یابد مقدار بازیافت چربی به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (۳۷). هرچند که جایاپراشکا و بروکنر (۱۹۹۹) در تحقیقی گزارش نموده‌اند که افزودن WPC در تولید پنیر تقلیدی (Imitation cheese) (۳۸). کاهش بازیافت چربی در نمونه‌های پنیر حاوی FWPC ممکن است به دلیل اسیدیته بالاتر FWPC در مقایسه با WPC مربوط باشد. در طی فرایند پنیرسازی، کلریدکلسیم برهم‌کنش میان میسل‌های کازئین را افزایش می‌دهد که این موجب تشکیل شبکه پروتئینی مستحکم‌تر می‌شود که می‌تواند گلبول‌های چربی بیشتری را در داخل بافت لخته به دام بیاندازد (اوستونل و هیکس ۱۹۹۰). در مقابل، افزایش اسیدیته یا پیش اسیدی کردن شیر پنیرسازی، برای مثال با افزودن FWPC، مقدار کلسیم پنیر را کاهش می‌دهد (زیسو و شاه ۲۰۰۵) و این سبب کاهش به دام افتادن چربی در لخته پنیر می‌شود (۳۷، ۲۱، ۱۹، ۱۸).

نتایج کلی اکثر تحقیقاتی که در زمینه کاربرد پروتئین‌های آب پنیر بر خواص رئولوژیکی پنیر موزارلا درصد انجام شده موید این واقعیت است که در نمونه‌های هموژن قابلیت ذوب بیشتر و خروج روغن آزاد، سفتی و قابلیت کشسانی کم‌تر از تیمارهای هموژن بود. با اینکه چربی با خواص رئولوژیکی مرتبط است، اما با جایگزینی چربی با کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر رطوبت بالا می‌رود که این مسئله

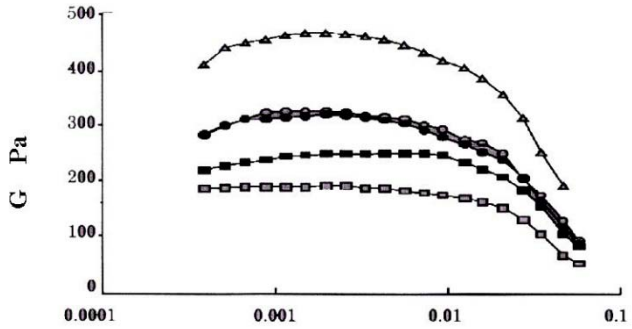
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

می‌تواند تا حد زیادی سبب بهبود خواص رئولوژیکی و در بعضی موارد، حتی بهتر از نمونه پرچرب شود.

وقتی کشسانی پنیر در اندازه‌گیری با چنگال برابر ۳ اینچ یا ۷/۶ سانتی متر باشد، گفته می‌شود که پنیر، کشسانی مطلوبی دارد. و نمونه‌هایی که در تحقیقات به آن‌ها WPC بین ۲-۱ درصد با خلوص مختلف افزوده شده بود مقدار کشسانی‌شان در همین دامنه بود (۲۴، ۲۳). از طرفی نتایج نشان داده که تیمارهای غیرهموژن، قابلیت کشسانی بالاتر از تیمارهای هموژن بود. در این زمینه، تحقیقات زیادی صورت نگرفته است، اما ممکن است دلیل این امر، پروتئولیز بیشتر در تیمارهای هموژن باشد (۲۷- ۲۳).

گرچه پروتئین‌های آب پنیر که به صورت WPC به پنیر موزارلای کم چرب اضافه می‌شوند در بهبود خواص رئولوژیکی محصول، نقش تعیین کننده‌ای دارند، اما به نظر می‌رسد که رطوبت علت مهم‌تری در قابلیت ذوب باشد. در این رابطه ممکن است علت، گرمای ویژه آب باشد. پروتئین‌های آب‌پنیر به دلیل به دام انداختن رطوبت در شبکه پروتئینی باعث بهبود خواص رئولوژیکی می‌شوند. در این زمینه بین تیمارهای هموژن و غیرهموژن، تفاوت چندانی وجود نداشت، اما سرعت ذوب شدن در تیمارهای هموژن، بالاتر از تیمارهای غیرهموژن بود. هم‌چنین با گذشت زمان نگهداری قابلیت ذوب در تمام نمونه ها افزایش یافت (۲۸، ۲۶، ۲۲)

ماست: ماست متداول‌ترین و با ارزش‌ترین فرآورده تخمیری شیر می‌باشد که به لحاظ خواص تغذیه‌ای (ارزش غذایی برابر با شیر) و هم‌چنین سلامت این فرآورده و هضم آسان در رژیم غذایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. مهم‌ترین عامل در افزایش مصرف این محصول ارتقا و بهبود کیفیت آن مطابق با سلیقه و ذائقه مشتری می‌باشد. در تولید ماست بررسی خواصی نظیر خواص رئولوژیکی که عمدتاً عبارت از ویسکوزیته، سفتی، بافت و ظاهرآن و خاصیت سینرسیس (syneresis) که درواقع همان خاصیت آب انداختن ماست می‌باشد بسیار ضروری است. این خواص خود وابسته به چند عامل مهم از جمله میزان مواد جامد ماست، میزان چربی، میزان پروتئین‌های موجود، نوع و نسبت پروتئین‌ها، نوع و غلظت ثبات دهنده‌ها و یا قوام دهنده‌های مورد استفاده و شرایط فرآیندی نظیر عملیات حرارتی می‌باشد. لذا ترکیب اجزاء شیر مورد استفاده برای تولید ماست یکی از مهم‌ترین پارامترهاست. برای تولید ماست کم چرب، استفاده از شیر کم چربی (skim) مشکلاتی درکیفیت محصول ایجاد می‌کند. چرا که بطور سنتی چربی شیر یک منبع بسیار خوب جهت بخشیدن طعم عالی و شکل مناسب به ماست است. به همین جهت با پایین رفتن میزان چربی، مشکلات عدیده‌ای ظهور می‌کند. کاهش میزان چربی منجر به کاهش ویسکوزیته و سفتی ماست و به طور کلی سبب نامناسب شدن بافت ماست و افزایش میزان آب انداختن این فرآورده می‌شود و هم‌چنین کاهش میزان چربی سبب افزایش نسبت کازئین به پروتئین‌های آب پنیر درشیر شده که این امر علاوه بر مشکلات فوق الذکر سبب گسترش دیر هنگام اسیدیته و درنتیجه انعقاد دیرتر شیر می‌شود، ضمن آنکه پس از انعقاد، ماست کم چرب زودتر ترش می‌شود. برعکس افزایش میزان چربی کیفیت محصول را از نظر نکات یاد شده بسیار بهبود می‌بخشد. برای مثال افزایش میزان چربی از ۰/۳۷ به حدود ۴ ٪ در حالی‌که میزان پروتئین ثابت است سبب افزایش مدول الاستیسیته و ویسکوزیته ظاهری می‌شود. شکل (۱) چگونگی افزایش این پارامترها را با افزایش میزان چربی نشان می‌دهد (۱۵). استفاده از برخی از محصولات آب پنیر درفرمولاسیون این محصول سبب کاهش مشکلات ناشی از کاهش میزان چربی دراین محصول می‌باشد. بطورکلی محصولات آب پنیر از جنبه‌های زیر سبب بهبود کیفیت ماست می‌شوند.



شکل۱. تأثیر افزایش چربی بر افزایش مدول الاستیسیته و ویسکوزیته ظاهری (برگرفته از منبع ۱۵).

بهبود طعم ماست: از آن‌جا که پروتئین‌های آب پنیر دارای طعم شیرین ملایمی می‌باشند درمقایسه با کازئین موجود در شیر کم چرب این‌گونه پروتئین‌ها تمایل کم‌تری به پوشاندن سایر طعم‌ها دارند. برای مثال در فرآیند تولید ماست‌های میوه‌ای چنان‌چه کنسانتره پروتئینی آب پنیر به مقدار اندکی به شیرکم چرب افزوده شود طعم میوه‌ای ماست بیشتر احساس می‌شود و یا هنگامی که به‌جای نشاسته و یاسایر

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

قوام دهنده‌ها از پروتئین‌های آب پنیر جهت قوام بخشیدن به ماست استفاده شود بهبود بیش‌تری درطعم ماست حاصل می‌شود که این امر به دلیل افزایش غلظت اسید لاکتیک، استالدوئید و دی استیل می‌باشد (۱۵).

در تحقیقی که توسط حسن کاکویی و همکارانش انجام شد، با افزایش درصد جایگزینی کنسانتره پروتئینی آب پنیر به جای شیر خشک در شیر ماست سازی به ترتیب در نمونه‌های A (۰/۵٪ WPC و ۱/۵٪ Solid Milk (SMP(Powder)، B (۱٪ WPC و ۱٪ SMP)، C (۱/۵٪ و ۰/۵٪ SMP) و D (۲٪ WPC)، مقادیر دی استیل در روزهای اول و چهاردهم نسبت به نمونه شاهد F (۲٪ SMP) افزایش یافته و علت آن حضور سیترات بیشتر به عنوان پیش ساز دی استیل در کنسانتره پروتئینی آب پنیر نسبت به شیر خشک بوده که مکانیسم عمل به شرح زیر می‌باشد

ابتدا سیترات در حضور یون منیزیوم یا منگنز یک مولکول استات از دست داده و به اگزالواستات تبدیل می‌شود سپس اگزالواستات در حضور آنزیم دکربوکسیلاز با از دست دادن یک مولکول CO_2 به پیروات تبدیل می‌شود. پیروات در حضور تیامین پیروفسفات با از دست دادن یک مولکول CO_2 دیگر به کمپلکس تیامین پیروفسفات- استالدئید تبدیل می‌شود. کمپلکس فوق در حضور استیل کوا و آنزیم دی استیل سنتتاز با از دست دادن تیامین پیروفسفات-استالدئید و ترکیب CoA-SH به دی استیل تبدیل می‌شود. (۳۹).

دی استیل در طول دوره ی ماندگاری محصول نقش کلیدی در عطر و طعم و پذیرش مصرف کننده ایفاء می‌کند. نتایج ارزیابی حسی تحقیقات کاکوئی و همکاران نشان دهنده‌ی این حقیقت است که با جایگزینی کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر به جای شیرخشک در فرمول‌های A، B و C هیچ گونه عطر و طعم آب‌پنیری و عطر و طعم غیرطبیعی توسط ارزیاب‌ها احساس نشد و این به دلیل بالا بودن مقادیر دی‌استیل و اسیدیته نمونه‌های فوق نسبت به نمونه شاهد F در طول دوره نگهداری و نقش غالب‌تر اسیدیته نسبت به ترکیبات معطر در احساس عطر و طعم می‌باشد. هم‌چنین دی‌استیل در مقادیر بسیار کم باعث دلپذیر بودن و خوشمزه بودن ماست می‌شود که بر روی پذیرش کلی اثر می‌گذارد. (۳۹).

درصورت استفاده ازکنسانتره آب پنیر و یا پودر آب پنیر در فرمولاسیون بایستی حتما" از ترکیبات کانی‌زدایی شده استفاده شود چرا که تجمع نمک‌های محلول در آب پنیر می‌تواند سبب از بین رفتن طعم‌های دیگر شود بنابراین ضروری است با استفاده از روش‌هایی مانند الکترودیالیز، و یا فرآیند تعویض یونی، آب پنیر بدون املاح تولید نمود (۱۵).

بهبود ظاهر و بافت ماست: ظاهر و بافت ماست شدیداً تحت تاثیر میزان پروتئین‌های موجود آن و نسبت آن‌ها به‌هم می‌باشد. تقویت شیر با استفاده از کنسانتره آب پنیر، غلظت بتالاکتوگلوبولین را بطور فزاینده‌ای از غلظت آلفاکازئین بیشتر می‌کند که این امر سبب ثبات و پایداری بافت ماست می‌شود (۱۵).

برای مثال افزایش میزان پروتئین درحدود ۵/۵-۳/۵ ٪ در حالی‌که چربی درحدود ۰/۳۷ درصد ثابت باشد باعث افزایش خطی در مدول الاستیسته (G) و ویسکوزیته ظاهری می‌شود. هم‌چنین کاهش نسبت کازئین به پروتئین آب پنیر درحالی‌که میزان کل پروتئین ثابت باشد سبب افزایش آشکاری در مدول الاستیسته (G) و ویسکوزیته می‌شود. از طرفی پایین بودن این نسبت سبب انعقاد سریع‌تر محصول و کاهش زمان تولید ماست می‌شود (۱۵).

با توجه تحقیق کاکوئی و همکاران، کنسانتره پروتئینی آب پنیر به جای شیرخشک در تهیه ماست به دلیل خاصیت هیدروفیلی بیشتر پروتئین‌های سرمی نسبت به کازئین باعث خامه‌ای شدن بافت ماست در نمونه C شد و این بافت از نظر اکثر مصرف‌کنندگان مطلوب بوده و احساس دهانی مطبوع ایجاد می‌کند. لذا در طول دوره نگهداری ماست غنی سازی شده با کنسانتره پروتئینی آب پنیر به دلیل تولید بیشتر دی استیل و اسیدیته نسبت به نمونه شاهد و هم‌چنین بهبود ساختمان ژل و قوام ماست خامه‌ای شده، پذیرش کلی محصول بهبود یافته و به نمونه شاهد (F) نزدیک‌تر شد (۴۴، ۴۲، ۳۹).

کاهش آب انداختن (Syneresis) ماست

یکی از قابل توجه‌ترین مزایای استفاده از کنسانتره آب پنیر، تاثیر آن برروی جداسازی آب ماست، در زمان انبار داری و نگهداری آن می‌باشد. هنگامی که شیر تحت عملیات حرارتی مناسب قرار گیرد، ماست‌های فرموله شده با کنسانتره آب پنیر، دارای ویسکوزیته بالاتر و خواص نگهداری آب بهتری می‌شوند. جدول (۱) تاثیرافزودن کنسانتره آب پنیر ۳۴٪ پروتئین (WPC34) و پودر شیرکم چرب بر روی ویسکوزیته و جداسازی آب درون ماست را نشان می‌دهد. می‌توان گفت درصورت استفاده از (WPC34) در

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

فرمولاسیون فرآیند جداشدن آب در نیمه متوقف می‌شود (۱۵).

جدول۱. تاثیرافزودن کنسانتره آب پنیر ۳۴٪ پروتئین (WPC34) و پودر شیرکم چرب بر ویسکوزیته و آب‌اندازی ماست

نوع ماده اولیه	ویسکوزیته (Centipoise)	آب جدا شده (میلی‌لیتر)
شیر	۵۷/۵	۲۲
شیر با ٪۲ پودر شیر کم‌چرب اضافه	۹۴/۵	۱۷
شیر با ٪۲ WPC34	۱۱۷	۷

در تحقیق آقای کاکوئی و همکاران در نمونه‌هایی که قبلاً ذکر شد، با افزایش درصد جایگزینی WPC به جای SMP ضمن کاهش مقدار سینرزیس در نمونه‌های A، B و C، قوام و استحکام ماست در طول دوره نگهداری بهبود یافته و نمونه C بهترین و نزدیک‌ترین قوام را نسبت به قوام ماست نمونه شاهد (F) را داشته و علت آن تشکیل بیشتر و محکم‌تر کمپلکس‌های پروتئین‌های سرمی با کازئین، افزایش بیشتر املاح و خاصیت هیدروفیلی بیشتر پروتئین‌های سرمی نسبت به کازئین می‌باشد ولی نمونه D قوام، استحکام بافت به دلیل فزونی نسبت پروتئین‌های سرمی به کازئین، افزایش بیش از حد املاح و به هم خوردن تعادل الکترولیت‌ها، عدم تشکیل شبکه ژلی مستحکم، منظم و کاهش هیدراتاسیون پروتئین‌ها، آسیب دیده و آبکی بود (۴۴-۴۲، ۴۰، ۳۸).

درصورت استفاده از کنسانتره آب پنیر ۸۰ ٪ پروتئین (WPC80) تاثیر مثبت زیادتری در بافت وشکل ظاهری ماست مشاهده می‌شود. افزایش ویسکوزیته جهت توانایی در معلق نگهداشتن تکه‌های میوه، بهبود یکنواختی سطح، افزایش بافت خامه‌ای، جلوگیری ازجداشدن آب در زمان انبارداری وتوزیع ماست، همه فاکتورهایی هستند که بهبود بخشیدن آنها با استفاده از کنسانتره پروتئین آب پنیر امکان‌پذیر می‌باشد (۱۵).

استفاده از کنسانتره پروتئینی آب پنیر و یا پودر آب پنیر در فرمولاسیون تولید ماست علاوه بر موارد فوق سبب افزایش ارزش تغذیه‌ای این محصول نیز می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که استفاده از این محصولات در ترکیب ماست هیچ‌گونه تاثیری برفرآیند تخمیر ماست ندارد و مزاحمت نمک‌های معدنی باتوجه به اینکه از محصولات کانی زدائی شده استفاده می‌شود نیز وجود ندارند (۳-۱، ۱۵).

بستنی: بطور سنتی چربی شیر به عنوان یک منبع بسیار خوب جهت بخشیدن طعم عالی و شکل مناسب به بستنی مورد استفاده بوده است. اغلب بستنی‌ها شامل ۱۰٪ چربی شیر می‌باشند و البته انواع پرچرب آن تا ۱۶ ٪ چربی هم دارند. تجربه نشان می‌دهد که هرچه میزان چربی درون بستنی بیش‌تر باشد به همان اندازه میزان کمتری ازمواد پایدار کننده و امولسیون کننده مورد نیاز است (۱۵).

با پایین آمدن میزان چربی، مشکلات زیادی در فرآیند تولید ونگهداری بستنی ایجاد می‌شود. غلبه کردن برمشکلاتی نظیر زود آب شدن بستنی، تشکیل کریستال‌های یخ و یا ایجاد ظاهر شفاف وآبکی در بستنی‌های کم چرب از جمله مواردی است که نیاز به اندیشیدن تدابیر مناسب در جهت بهبود کیفیت دارد. برخی از تولیدکنندگان برای غلبه براین مشکلات روی به استفاده از ترکیبات غیر لبنی می‌آورند، استفاده از مواد صمغی یا ترکیبات دیگری که دارای ظاهر و طعم طبیعی نیستند، منجر به تولید محصولاتی با کیفیت پایین می‌شود که جاذبه کمی در بازار فروش دارند (۱۵).

استفاده از پروتئین تغلیظ شده آب پنیر از نوع بتالاکتوگلوبولین، این امکان را فراهم می‌آورد که تولید بستنی در دمای بالاتر درصد انجام شود و در نتیجه رشد اولیه کریستال‌های آب کاهش یافته و پایداری بستنی را طی زمان انبارداری افزایش می‌دهد. این ویژگی در تولید انواع متنوعی از بستنی‌های کم چرب بسیار مورد توجه می‌باشد (۱۵).

بهبود طعم بستنی: وجود مقادیر متناسب ترکیبات لبنی درون بستنی، میزان یکنواختی سطح و خوشمزگی آن را تعیین می‌کند. استفاده از پروتئین‌های آب پنیر به‌دلیل خواص عالی و طعم شیرین ملایم آنها سبب خوش طعم ماندن بستنی شده و از پوشاندن طعم‌های مطلوب افزودنی‌ها نظیر وانیل، کاکائو و میوه‌ها پیشگیری می‌شود (۱۵). مجدداً لازم به ذکر است که درصورت استفاده از پودر آب پنیر بایستی حتماً از ترکیبات کانی زدائی شده استفاده شود چرا که تجمع نمک‌ها منجر به از بین رفتن طعم طبیعی می‌شود (۱۵).

در پژوهشی در سال ۱۹۸۵، آب پنیر شیرین خشک (Dried Sweet Whey) (DSW)، سدیم کازئینات و WPC به عنوان جایگزین شیر خشک بدون چربی در فرمولاسیون مخلوط بستنی مورد استفاده قرار گرفتند. آب‌پنیر شیرین

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

خشک در بستنی معمولاً در سطوح پایین مصرف با موفقیت استفاده شده است. استفاده از این ترکیب باعث بهبود طعم محصول و قابلیت هم‌زدن آن می‌شود. اما مقادیر زیاد DSW در فرمولاسیون نهایی باعث تشدید حالت شنی در بستنی نهایی می‌شود. محققین گزارش کرده‌اند که ۳۰-۲۵٪ از MSNF مخلوط را بدون خطر تشدید حالت شنی در بستنی می‌توان با DSW جایگزین نمود (۱۴).

پروتئین‌های آب‌پنیر، پروتئین‌هایی با وزن مولکولی بالا می‌باشند که قادرند با ترکیبات شیمیایی مختلف نظیر آلدئیدهای آلیفاتیک و متیل کتون‌ها واکنش دهند. وانیل یک ماده‌ی طعم‌دهنده و آلدئید آلیفاتیک است. در حضور WPC در مخلوط بستنی، پروتئین‌های آب‌پنیر موجود در آن با طعم‌دهنده وانیل افزوده شده واکنش داده، دریافت طعم وانیل توسط سیستم چشایی را کاهش می‌دهند. هر چه میزان پروتئین‌های آب‌پنیر در مخلوط بیشتر باشد، تأثیر آن بر کاهش دریافت طعم توسط سیستم چشایی شدیدتر خواهد بود. ترکیب اسیدهای آمینه و میزان دناتوراسیون پروتئین نیز بر میزان کاهش دریافتی طعم موثر می باشد. هانسن و هینیس هم‌چنین با بررسی تأثیر سدیم کزئینات و WPC بر کاهش طعم وانیلین در محلول‌های آبکی نشان دادند که با افزایش سدیم کازئینات و WPC، شدت طعم کازئین و پروتئین آب‌پنیر افزایش و شدت طعم وانیلین کاهش می‌یابد. این دو محقق در مقلات خود بیان نمودند که در صورت استفاده از این پروتئین‌ها به عنوان جایگزین چربی در دسرهای منجمد کم چرب، شدت طعم تا حد غیر قابل قبول برای مصرف کننده کاهش می‌یابد (۷). لی و وایت با بررسی تأثیر سطوح مختلف جایگزینی WPC و فاز تغلیظ شده UF بر کیفیت بستنی نشان دادند که با افزایش نسبت جایگزینی WPC از ۲۵ تا ۱۰۰٪ امتیاز طعم کاهش می‌یابد (۱۳).

بهبود ظاهر و بافت: ویسکوزیته مخلوط بستنی عمدتاً به ترکیب مخلوط، نوع پایدارکننده، مدت زمان رسانیدن و بستگی دارد. در میان ترکیبات مخلوط معمولاً پروتئین‌ها مهم‌ترین نقش را در ویسکوزیته مخلوط ایفا می‌کنند. در تحقیقی که توسط آقای اسدنژاد و همکاران انجام شد کنسانتره پروتئین آب پنیر حاصل از دو روش ترسیب با کربوکسی متیل سلولز (CMC-WPC) و تغلیظ با فرایند اولترافیلتراسیون (UF-WPC) برای جایگزینی در سطوح مختلف مواد جامد غیر چربی شیر (MSNF) در تهیه بستنی با طعم وانیلی به کار برده شد. با اندازه‌گیری مقدار پروتئین به روش میکروکلدال مشخص شد که میزان پروتئین موجود در UF-WPC (در حدود ٪۳۵-۳۴) می‌باشد. به علاوه همان‌طور که قبلاً گفته شد، در فرایند تولید CMC-WPC از کربوکسی متیل سلولز که خود نوعی صمغ و ترکیبی بسیار آب دوست است استفاده می‌شود. بنابراین افزایش ویسکوزیته مخلوط‌های حاوی CMC-WPC نسبت به مخلوط‌های حاوی UF-WPC احتمالاً ناشی از این امر می‌باشد. نمونه‌های حاوی UF-WPC دارای ضریب افزایش حجم بیشتری از نمونه‌های حاوی CMC-WPC بودند. با افزایش نسبت جایگزینی ضریب افزایش حجم به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (۴۷).

نتایج تحقیقات لی و وایت (۱۹۹۱) نشان داد که با افزایش نسبت جایگزینی WPC از ۲۵ تا ۱۰۰٪ امتیاز بافت کاهش می‌یابد. این محققین علت این امر را به افزایش میزان لاکتوز در ستنی در سطوح بالاتر جایگزینی و در نتیجه کریستالیزاسیون آن و ایجاد بافت شنی نامطلوب نسبت دادند. این امر در مورد UF-WPC صادق می‌باشد، اما از آن‌جا که در ترکیب CMC-WPC لاکتوز وجود ندارد، کاهش امتیاز بافت این نمونه ها را می توان با کاهش ضریب افزایش حجم در سطوح بالاتر جایگزینی و در نتیجه ایجاد بافتی سنگین و زبر مرتبط دانست(۴۷، ۱۳).

پروتئین‌های آب‌پنیر خواص کف‌کنندگی و افزایش حجم خوبی دارند. عواملی نظیر میزان دناتوراسیون، زمان زدن، دما، pH، غلظت پروتئین و مواد جامد کل، حضور قندهای افزوده شده و میزان چربی باقی‌مانده بر خواص ایجاد کف و ضریب افزایش حجم WPC موثر می‌باشند. طبیعت هیدروفیل یا هیدروفوب زنجیرهای جانبی اسیدهای آمینه در مولکول پروتئین آب پنیر، چگونگی قرار گرفتن آن در سطح مشترک هوا و چربی را معین می‌کند. عوامل فوق نظیر حرارت دهی (مرحله پاستوریزاسیون مخلوط) با باز کردن مولکول پروتئین و آشکارسازی گروه‌های مخفی هیدروفوب، توازن هیدروفیل-هیدروفوب (HLB) مولکول را تغییر داده، باعث تشدید ورود هوا و بهبود خواص زدن و کف‌کنندگی آن می‌گردند. اما چربی‌های باقی‌مانده با ایجاد کمپلکس با پروتئین‌ها مانع از تغییر HLB و کف‌کنندگی مناسب می‌شوند. به منظور رسیدن به کف با ثبات مناسب می‌بایست ویسکوزیته و فرمولاسیون مخلوط (غلظت قند، پروتئین و

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

دیگر اجزاء) در حد مطلوب بوده، میزان مواد جامد WPC حدود ۲۵٪ باشد (۶۲، ۴۷).

در پژوهش اسدی نژاد و همکاران نیز بیشترین میزان افزایش حجم را مخلوط‌های حاوی UF-WPC در سطح جایگزینی ٪۲۵ به وجود آوردند. با افزایش نسبت جایگزینی به ۵۰٪ میزان افزایش حجم کاهش یافته و به نمونه‌های شاهد نزدیک‌تر شده است. اما مخلوط‌های حاوی CMC-WPC همان‌طور که گفته شد، به دلیل حضور صمغ بسیار آب دوست CMC و در نتیجه تشدید تأثیر پایدارکننده‌های موجود، ویسکوزتر از مخلوط‌های حاوی UF-WPC بوده، در نتیجه با سفت شدن بیش از حد بافت در حین فرایند زدن و انجماد، هوا نمی‌تواند به طور مناسب وارد بافت شده، ضریب افزایش حجم کاهش می‌یابد. با افزایش نسبت جایگزینی تأثیر عوامل فوق در کاهش ضریب افزایش حجم تشدید می‌شود. نتایج فوق با نتایج به دست آمده توسط تامپسون و همکاران (۱۹۸۹) مطابقت دارد. این محققین در مقاله ی خود بیان کرده‌اند که با افزایش نسبت جایگزینی پروتئین‌های آب‌پنیر، ویسکوزیته افزایش و ضریب افزایش حجم کاهش می‌یابد (۴۷). مقاومت به ذوب با CMC-WPC بیشتر از UF-WPC افزایش یافت. این اختلاف آشکار و در حدود ۱۲٪ بود (۴۷).

به طور کلی پایداری امولسیون بستنی به مقاومت پروتئین‌ها در برابر جدا شدن از سرم و فولیکول سازی چربی در اثر جداشدن از فاز امولسیون بستگی دارد. نتایج تحقیقات ژیراد و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که کمپلکس CMC با پروتئین‌های آب‌پنیر لایه‌ی ضخیمی را در اطراف قطرات روغن ایجاد کرده و آن‌ها را در برابر لخته شدن و فولیکول سازی بیش از حد محافظت می نماید. به علاوه با استفاده از این کمپلکس‌ها می‌توان دافعه‌ی بین پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدهای آنیونی در امولسیون‌های غذایی با pH خنثی (نظیر امولسیون بستنی) جلوگیری نموده و ثبات امولسیون را افزایش داد. بطور کلی مقاومت به ذوب با افزایش نسبت جایگزینی WPC به طور معنی‌داری کاهش یافت. همان‌طور که در بخش‌های بعدی خواهد آمد، با افزایش نسبت جایگزینی WPC، pH کاهش یافته و از آن‌جا که تغییر pH و اسیدیته در برهم خوردن ثبات امولسیون و فاز کلوئیدی بسیار حائز اهمّیت می‌باشد، کاهش مقاومت به ذوب نیز دور از انتظار نمی‌باشد (۴۷).

ردی و خلفلا در مقالات خود بیان می‌کنند که با افزایش نسبت جایگزینی مواد جامد آب‌پنیر در مخلوط، زمان لازم برای ذوب کاهش می‌یابد (۶۱، ۴۶). هرچند افزایش سطوح جایگزینی باعث کاهش مقاومت به ذوب نمونه‌ها می‌شود، اما این اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد (۶).

نتایج تحقیقات نشان دادند که در اثر حرارت مرحله پاستوریزاسیون مخلوط ممکن است بخشی از پروتئین‌های موجود در WPC دناتوره شده، ظرفیت اتصال با آب آن‌ها افزایش یافته و در نتیجه در نسبت‌های بالاتر جایگزینی ویسکوزیته مخلوط نیز افزایش می‌یابد (۴۹).

گاف وکینسلا (۱۹۸۹) با بررسی تأثیر ترکیبات مختلف پروتئین آب پنیر نظیر WPI (Whey Protein Isolate) و WPC بر روی ثبات امولسیون بستنی نشان دادند که با افزایش میزان پروتئین‌های آب‌پنیر در سطح گلبول‌های چربی در اثر هموژنیزاسیون و یا در اثر افزودن WPC به مخلوط، کشش بین سطحی فازهای چربی و سرم کاهش و فولیکول سازی چربی و ویسکوزیته مخلوط افزایش می‌یابد (۵۰).

تامپسون و همکاران (۱۹۸۳) گزارش کردند که جایگزینی NFDM با WPC در سطوح پایین (۱۰٪) باعث کاهش ویسکوزیته می‌شود، اما با افزایش میزان‌جایگزینی به ۳۰٪ ویسکوزیته افزایش می‌یابد (۴۷). تحقیقات لی و وایت (۱۹۹۱) نیز نشان داد که WPC در سطوح جایگزینی ۲۵ و ۵۰٪ باعث افزایش ویسکوزیته مخلوط شده، اما در سطوح بالاتر مصرف (۱۰۰-۷۵ درصد) ویسکوزیته کاهش می‌یابد (۱۳).

پروتئین‌ها که درهنگام عملیات هموژنیزاسیون خود را به گلبول‌های چربی متصل می‌کنند، درفرآیند همزدن و یخ زدن بستنی، به حباب‌های هوای ایجاد شده می‌چسبند. دراین حالت پروتئین‌ها تعدادی بالون‌های میکروسکوپی هم‌اندازه، ایجاد می‌کنند. این بالون‌های پروتئینی چربی و هوای موجود درون مخلوط را به دام انداخته و جدا می‌کنند. این رفتار که فعالیت سطحی ((surface active نامیده می‌شود، به فرآیند امولسیون سازی، همزنی و کف‌سازی کمک می‌کند (۱۵).

به‌طورکلی پروتئین‌ها به پایداری بدنه یخ زده بستنی، بافت بستنی، بهبود اختلاط اجزا، نقطه انجماد و مقاومت آن دربرابر شوکهای حرارتی کمک می‌کنند و خواص فیزیکی امولسیون را بهبود می‌بخشند، خواص فیزیکی امولسیون

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

همان چیزهایی هستند که به پایداری شکل بستنی کمک کرده و میزان چکه‌کردن بستنی در روزهای گرم تابستان در مواجهه با هوای گرم را کاهش می‌دهد. پایداری شکل بستنی هنگام خروج از قالب امری مهم و ضروری است. از دیگر مزایای استفاده از پروتئین‌های آب پنیر می‌توان به افزایش بهبود خواصی نظیر گاز زدن بستنی، جویدن و زمان ماندگاری آن اشاره کرد (۱۵).

جدول (۲) یک نمونه فرمولاسیون بستنی را ارائه می کند (۵). فرمولاسیون ارائه شده دارای حدود ۴۰ ٪ ماده جامد است در حالی‌که فقط ۱۰ ٪ چربی دارد وکیفیت آن معادل بستنی‌هایی با حدود ۲۰-۱۶ ٪ چربی است.

جدول۲. یک نمونه بستنی حاوی پودر آب پنیر

اجزاء	پودر شیرخشک (۲۸٪)	چربی شیر	شیرخشک بدون چربی	پودر آب‌پنیر	شربت ذرت (DE36)	شکر	قوام دهنده	آب
٪	۷	۸	۱/۶۱	۲/۵۸	۷/۵۴	۱۲	۰/۳	۶۱

References

1. Rashidi, H. Principles of cheese and whey products manufacture. 1nd ed. Mashhad: Pajohesh tous press 2006: pp. 106-155.
2. APV Alfa Laval. Invensys APV Dairy technology 2004; Denmark.
3. Robinson, R.K. Modern dairy technology. Vol. 2. Elsevier Applied Science publishers LTD 1986.
4. Tetra Pack. Dairy processing handbook. Tetra Pack processing systems. AB, Lund, Sweden 1995.
5. Gopalu, N.P, T.J. Rao, M.P. Ali, and P.M. Sastri. Effect of utilization of whey in ice cream. Indian J. Dairy Science 1986; 39 (1): 94-95.
6. Guy, E.J. Partial replacement of non-fat milk solid cane sugar in ice cream with lactose hydrolyzed sweet whey solids. J. Food Sci 1980; 45: 129-133.
7. Hansen, A.P., and. J.J. Heinis. Decrease of vanillin flavor perception in the presence of casein and whey proteins .J. Dairy Sci. 1991; 74 (9): 2936-2940.
8. Hansen, P.M.T., J. Hidalgo, and I.A. Gould. Reclamation of whey proteins with carboxymethylcellulose .J. Dairy Sci1971; 54 (6): 830.
9. Hidalgo, J. Interaction of whey proteins with carboxymethylcellulose. J. Dairy Sci1969; 52 (6): 885
10. Hidalgo, J., and P.M.T. Hansen. Selective precipitation of whey proteins with carboxymethylcellulose. J. Dairy Sci1971; 54 (9): 1270-1274.
11. Khalafalla, S.M., and G.A. Mahran. The Use of whey solids in ice cream. Egyptian J. Dairy Sci1975; 3 (1): 43-50
12. Kinsella, J.E. Milk Proteins: Physicochemical and functional proteins. CRC Critical Reviews in Food Sci. and Nutrition1984. 21 (3): 197-262
13. Lee, F.Y., and C.H. White. Effect of ultrafiltration retentates and whey protein concentrates on ice cream quality storage. J. Dairy Sci1991. 74 (4): 1170-1180.
14. Parsons, j.G., S.T., Dybing, D.S, Coder, K.R., Spurgeon, and S.W. Seas. Acceptability of ice cream made with processed whey and sodium caseinate .J. Dairy Sci1985; 68 (11): 2880-2885.
15. SH.Farshadfar, P.Ranjbari, SH. Javadian, M.Ghaderi. Quality Improvement of Dairy and Meat Products by Whey Products. Fars engineering research center2003; P.B.71555-414 [in Persian].
16. Webb, B.H., A.H. Johnson and J.A. Alford. Fundamentals of dairy chemistry. 2nd ed. CBS publishers and distributors1987.
17. Mortazavi A., Dezyani R., Ezzati R., Arab H., Azizi R., production and application of whey in food

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

industry. 1nd ed. Tabriz: Parivar press: 2007; p. 30-45 [in Persian]

18. Ustunol Z. and C.L. Hicks. Effect of calcium addition on yield of cheese manufactured with Endothia parasitica Protease. J Dairy Sci1990; 88 (6): 1937-1985.

19. Zisu B. and N.P. Shah. Low-fat mozzarella as influenced by microbial exopolysaccharides, preacidification, and whey protein concentrate. J. Dairy Sci2005; 88 (6): 1973-1985.

20. Downes T.E.H., D.S. Muller, N.L. van-der Merwe and J.C. Pelster. The uses of denatured whey protein concentrate. South African J Dairy Technol1981; 3 (4): 101-104.

21. Joyandeh, M, Effect of addition of fermented whey protein concentrate (FWPC) on cheese yield and fat and protein recoveries of Feta cheese, 18th National Congress on Food Technology, Mashhad. I.R.Iran, 15-16 Oct. 2008.

22. Zalazar, C.A., Zalazar, C.S., Bertola, N., Bevilacqa, A. and Zartzky. N. Effect of size by homogenization on composition, proteolysis, functionality and appearance of reduced fat Mozzarella cheese. J Dairy Sci.1998; 82: 61-672.

23. United States Department of agriculture USDA. USDA Specification for Mozzarella Cheese. 1980; 7:4.

24. Hinrichs, J. Incorporation of whey protein in cheese. Int Dairy J2001; 11:495-503.

25. Kindstedt, P. S. and Rippe, J. K. Rapid quantitive test for free oil (oiling off) in Melted Cheese. J Dairy Sci1989; 73:867-873.

26. McMahon. D. J., Alleyene, M.C, Fife, RL. And Oberg, C. J. Use of fat replacer in low fat Mozzarella cheese. J. Dairy Sci1996; 79: 1911-1912.

27. Mistry, V. Low fat cheese technology. International Dairy J. 2001; 11: 413-422.

28. Rudan. M. A., Barbbano. D. M., Yun. J. and kindstedt. P. S. Effect the modification of fat particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality and appearance of reduced fat Mozzarella cheese. J Dairy Sci1899; 81: 2065-2067

29. Rowney, M.K., Roupas, p., Hickey, M. W. and Everett, D. W. The effect of composition Stretching and cooking tempreture on free oil formation in Mozzarella curd.J Dairy Sci. 2003; 86:449-456.

30. Sheehan, J.J. and Guinee,T. P. Effect of pH and calcium level on the biochemical, texture and Functional properties of reduced-fat Mozzarella cheese. Int Dairy J2004; 14: 161-172.

31. Rudan M.A., D.M. Barbano and P.S. Kindstedt. Effect of fat replacer on chemical composition, proteolysis, functionality, and yield of reduced fat Mozzarella cheese. J Dairy Sci. 1998; 81 :2077-2088

32. El-Sheikh M.M., A.F. Farrag, N.M. Shahein and S. El-Shibiny. Low fat Domiati cheese with particulated whey protein concentrate. Egyptian J Dairy Sci2001; 29:331-342.

33. Lo C.G. and E.D. Bastion. Incorporation of natured and denatured whey protein into cheese curd for manufacture of reduced fat. J Dairy Sci. 1998; 81: 16-24.

34. Lobato-Calleros C., J.C. Robles-Martinez, J.F. Caballero-Perez and E. Aguirre-Mandujano. Fat replacers in low-fat Mexican Manchego cheese. J Texture Studies. 2001; 32: 1-14

35. Santoro M. Cheese with added whey protein concentrate. I. Production technology. Rivista di Scienza dell'Alimentazione1994; 23 (3): 347-353.

36. Dybing S.T. and D.E. Smith. The ability of phosphates or kappa-carrageenan to coagulate whey proteins and the possible uses of coagula in cheese manufacture. J Dairy Sci. 1998; 81 (2):309-317.

37. Madadlou A., A. Khosroshahi and M.E. Mousavi. Rheology, microstructure, and functionality of low-fat Iranian white cheese made with different concentrations of rennet. J Dairy Sci2005; 88 (9): 3052-3062.

38. Jayaprakasha H.M. and H. Brueckner. Whey protein concentrate: A potential functional ingredient for food industry. J Food Sci. Technol1999; 36 (3): 189-204

39. Kakoei,H. ,Ehsani,M.R. ,Mazlomi,M.T. Survey on Diacetyl Changes and Sensory Characteristics in Yoghurt Fortified with Whey Protein Concentrate Instead of Milk Powder. IJFST 2007; Vol. 4, No.2: 31-37 [in Persian].

40. Abdel Salam M, Shibiny EL, Safinaz. Preparation of whey protein concentrates from salted whey and its uses in yoghurt. J Dairy Research, 1996; 58: 503-510.

41. Baig M, Velre P. Effects of incorporation of cottage cheese whey solid and bifidobacterium in freshly made yoghurt. J. Dairy Research, 1996; 63: 467-473.

42. Boumerdassi, Monnet B. Effect of citrate on production of diacetyl and acetoin by lactococus lactis ssp. Lactis CNRZ 483 Cultivated in the presence of oxygen. J Dairy Science, 1997; 80: 634-639.

43. Bozanic RA, Fay LB. The influence of whey protein concentrates addition on the viscosity and

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

microbiological quality of yoghurt during storage. J Dairy Research, 2000; 71: 635-639.

44. Brabander A, Effects of process conditions on the pH development during yoghurt fermentation. J Food Engineering, 1999; 41:221-227.
45. Zadow J. G. Whey and lactose processing. London. Elsevier science publication. 1992.
46. Reddy, V.P. Studies of value of Channa whey solids in the preparation of ice cream in partial replacement of milk non-fat of mix. Indian J. Dairy Sci1987; 40 (1): 128-131
47. Sh. Asadinejad, M.B. Habibi Najafi, M.A. Razavi, M. Nasiri Mahalati. Effect of whey protein concentrates on physicochemical and organoleptic properties of ice cream. Agric. Sci. Natur. Resour2005; Vol. 11 (4): 95-105 [in Persian].
48. Dr. Alan Hugunin, Whey product in yogurt and fermented Dairy products, 1999; California. USA
49. Girard, M., S.L. Turgeon, and P. Paquin. Emulsifying properties of whey protein carboxymethylcellulose complexes. J. Food Sci. 2002; 67 (1): 113-119.
50. Goff, H.D., and J.E. Kinsella. Influence of various milk protein isolates on ice cream emulsion stability J. Dairy Sci1989; 72 (2): 385-397.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]

Improvement of physical and sensory properties of dairy products using functional valuability of whey proteins

Abdi S[1], Mir N[2], Dehghan Niri M[2]*

1. *Corresponding author: Students' Research Committee, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail: abdiran@yahoo.com*
2. *Students' Research Committee, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran*

Abstract

Today, by increase in production capacity of dairy manufactures, high amounts of whey is produced as a by product of cheese production. In recent decays, high amount of whey production sometimes up to 8 times more than produced cheese-, its high BOD and its environmental problems caused in particular attention to whey processing and its usage in food products. According to promotions occurred in food industries it is proved that protein compounds isolated from whey have both nutritional and functional values. So, in this article we will review functional properties of whey proteins and their effect on physical and sensory properties of dairy products, as well as applications of whey-derived protein products (e.g. WPC, FWPC, WPI) in dairy products.

Keyword: WPC ،FWPC ،WPI

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2025-07-21]