# اثر مکمل‌های کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر و کازئین هیدرولیز شده روی برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی ماست

شهرام بیرقی طوسی[۱]، منیر السادات شاکری[*۱]، سید علی مرتضوی[۲]

۱- عضو هیات علمی گروه پژوهشی صنایع غذایی جهاد دانشگاهی مشهد

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

## چکیده

در این پژوهش، اثرات غنی‌سازی شیر با کنسانتره پروتئینی آب پنیر (WPC) و کازئین هیدرولیز شده (CH) بر ویژگی‌های شیمیایی (pH و اسیدیته)، فیزیکی (قوام و آب‌اندازی) و حسی ماستهای تهیه شده با آغازگر تجاری V2 (مخلوط *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* و *استرپتوکوکوس ترموفیلوس*) مورد مطالعه قرار گرفت. به این منظور پودر شیر پس چرخ با ماده جامد ۱۰ درصد بازسازی گردید سپس تیمارهای غنی‌کردن با WPC، CH و مخلوط WPC و CH (به نسبت برابر) به میزان ۱ و ۲ درصد، اعمال شد. برای مقایسه، از شیر پس چرخ بازسازی شده با ماده جامد ۱۱ و ۱۲ درصد به عنوان نمونه‌های شاهد استفاده گردید. پس از تلقیح آغازگر و گرمخانه‌گذاری، تخمیر در pH=٤/٦ متوقف شد و ماستها به مدت ۲۱ روز در یخچال با دمای ٤°C نگهداری شدند. طبق نتایج به دست آمده، ماست‌های غنی شده با WPC دارای کمترین مقدار pH بودند. تغییرات pH انواع ماستها در این مدت معنی‌دار نبود. اسیدیته ماست‌های غنی شده با مکمل‌ها در مدت ۲۱ روز نگهداری تا مقدار ۰/۱۸٪ افزایش یافت. نمونه‌های ماست غنی شده با مخلوط WPC و CH کمترین مقدار آب‌اندازی را داشتند. همچنین آب‌اندازی ماست غنی شده با مخلوط WPC و CH در مدت ۲۱ روز نگهداری با سرعت کمتری افزایش یافت. به طور کلی قوام ماست‌های غنی شده با مکمل‌ها بیشتر از ماست شاهد بود. قوام ماست‌های غنی شده با مکمل‌ها در طول زمان نگهداری نسبت به نمونه شاهد با سرعت کمتری کاهش یافت. با توجه به امتیاز پذیرش کلی مطلوبترین نمونه‌ها، ماست‌های غنی شده با مخلوط WPC و CH بودند.

**کلید واژگان:** ماست، کنسانتره پروتئینی آب پنیر(WPC)، کازئین هیدرولیز شده (CH) .

## ۱-مقدمه

ماست یکی از پر مصرف‌ترین فراورده‌های تخمیری شیر می‌باشد که به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا و تاثیر مثبت در سلامتی انسان اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد. در سالهای اخیر میزان تولید ماست بسته‌بندی در کشور حدود سه برابر افزایش یافته است به طوری که از حدود ۲٦ هزار تن در سال ۱۳۷٦ به ۸۷ هزار تن در سال ۱۳۸۲ رسید [۱].

پودرشیر پس چرخ به طورگسترده برای غنی‌سازی شیر

* مسئول مکاتبات: shakeri@acecr.ac.ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

مورد نیاز در تولید ماست استفاده می‌گردد [۲]. البته توسعه تکنولوژی‌های جدید باعث تولید انواع زیادی از پودرهای مختلف لبنی از جمله کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر (WPC)[1] و کازئینات‌ها شده است. این پودرها خواص متفاوتی دارند و می‌توانند به طور جداگانه یا مخلوط به عنوان جایگزین پودر شیر پس چرخ در تولید ماست استفاده شوند [۲].

در حال حاضر استفاده از WPC به علت ارزش تغذیه‌ای بالا، اثرات مثبت در بافت و کاهش آب‌اندازی ماست و همچنین تاثیر مثبت آن بر بهبود رشد و زنده ماندن آغازگرهای ماست بویژه باکتری‌های پروبیوتیک در مدت نگهداری، اهمیت زیادی یافته است [۳]. WPC حاوی پروتئین‌های طبیعی با کیفیت و ضریب هضم بالا می‌باشد [٤]. دو اسید آمینه مهم در WPCها سیستئین و سیستین می‌باشند که باعث خنثی‌سازی سموم در بدن شده، همچنین پیش ساز قوی‌ترین آنتی اکسیدان بدن یعنی گلوتاتیون می‌باشند که مهم‌ترین ترکیب دفاعی بدن در برابر ایجاد آب مروارید، سرطان و بیماریهای حاصل از کهولت سن نظیر آلزایمر، بیماری پارکینسون و تصلب شرائین محسوب می‌شود [٥].

در سال‌های اخیر پروتئین‌های هیدرولیز شده در مواد غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از کازئین هیدرولیز شده (CH)[2] در تهیه فراورده‌های گوشتی، کنسرو برنج، کنسرو لوبیا، نوشیدنی‌ها و نیز در تهیه محیط کشت باکتری‌ها استفاده می‌شود [٦]. به طور کلی کازئین هیدرولیز شده به عنوان یک ترکیب دارای خواص عمل‌کنندگی در مواد غذایی، همچنین در غذاهای کودک، مکمل‌های غذایی و داروها استفاده می‌شود [۷].

تحقیقات زیادی در مورد استفاده از WPC در تولید ماست انجام شده است از جمله مودلر و کالاب (۱۹۸۳) با بررسی ساختمان میکروسکوپی ماست غنی شده با سه نوع WPC تجاری و کازئین نشان دادند غنی‌کردن شیر با WPC، ماستی با بافت و قوام بهتر ایجاد می‌کند [۸]. مطالعات گزمان-گنزالز و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد ماست غنی‌شده با WPC نسبت به پودر شیر پس چرخ، بافت نرمتر و آب‌اندازی کمتری دارد [۹]. اگوستین و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان دادند رابطه خطی بین آب‌اندازی و پروتئین‌های آب‌پنیر دناتوره شده وجود دارد و مقدار پروتئین آب‌پنیر دناتوره شده اثر مهمی بر مقاومت ماست‌ها به آب‌اندازی دارد [۱۰]. همچنین پاوانتیران و همکاران (۲۰۰۲) در آزمایشات خود به این نتیجه رسیدند چنانچه نسبت کازئین به پروتئین آب‌پنیر کاهش یابد حداکثر مقاومت ژل ماست افزایش و آب‌اندازی کاهش می‌یابد [۱۱]. تحقیقاتی نیز در مورد استفاده از کازئین هیدرولیز شده در ماست انجام شده است. دیو و شا (۱۹۹۸b) نشان دادند استفاده از کازئین هیدرولیز شده در ماست باعث افزایش گرانروی می‌گردد [۱۲]. سودینی و همکاران (۲۰۰۵) نیز اثر سه نوع کازئین هیدرولیز شده را بر ساختار و خواص فیزیکی ماست‌های پروبیوتیکی بررسی نمودند، مطالعات آنها نشان داد غنی‌کردن شیر با کازئین هیدرولیز شده به تنهایی، می‌تواند اثر منفی بر بافت ماست داشته باشد [۱۳]. اما در مورد افزودن مخلوط WPC و CH در ماست گزارشی ارائه نشده است هر چند که اثر افزودن مخلوط WPC و کازئیناتها بر خواص فیزیکی ماست توسط رموف و همکاران (۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفته است [۲]. نتایج آنها نشان داد افزودن مخلوط WPC و کازئینات به شیر می‌تواند گرانروی ماست را بهبود دهد بدون آنکه در بافت ماست حالت دانه‌ای شدن[3] بوجود آید.

به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالای WPCها و نیز اثرات مثبت WPC و CH بر ویژگی‌های ماست و اهمیت تولید فراورده‌هایی با قوام بهتر و آب‌اندازی کمتر، این تحقیق با هدف مطالعه اثر غنی‌سازی شیر با WPC و CH به صورت جداگانه و مخلوط، بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی ماست انجام شد.

1.Whey protein concentrate
2.Casein hydrolysate
3.Graininess



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

## ۲-مواد و روشها

**۲-۱-مواد اولیه:** برای تهیه شیر مورد نیاز برای تولید ماست از پودر شیر پس چرخ (SMP)[1] تولیدی شرکت گلشاد مشهد و برای غنی‌سازی شیر پس چرخ از WPC865 و کازئین هیدرولیز شده Vitalarmor902 تولیدی شرکت فرانسوی Armorproteines استفاده گردید [۱٤]. مشخصات این پودرها در جدول ۱، نشان داده شده است. لازم به ذکر است کازئین هیدرولیز شده مورد استفاده در این پژوهش از نوع غیر تلخ بود.

**جدول ۱** مشخصات پودرهای مورد استفاده در این تحقیق (برحسب درصد)

| ترکیبات | WPC | CH | SMP |
|---|---|---|---|
| پروتئین | ۸٤ | ۸۸ | ۳٤-۳۲ |
| چربی | ۰/۸ | - | ۰/۱ |
| لاکتوز | ۱ | - | ۳۸ |
| پتاسیم | ۱/۷ | -۰/۲ ۰/۱ | - |
| کلسیم | ۰/۳۵ | -۰/۳ ۰/۲ | - |
| سدیم | ۱/۳ | -۱/۷ ۱/۳ | - |
| حلالیت | ۹۹ | ۹۸ | - |

آغازگر معمولی ماست با کد Yoghurt V2 از شرکت Danisco Niebull GmbH تهیه شد. این کشت گرمادوست و ترکیبی از لاکتوباسیلوس بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس می‌باشد که به مقدار زیاد اسید تولید می‌کند. از این آغازگر برای تولید فراورده‌های لبنی مانند ماست، پودر ماست و پنیر فتا استفاده می‌شود [۱۵]. آغازگر طبق دستورالعمل شرکت سازنده در شرایط سترون فعال و آماده تلقیح گردید. به منظور فعال سازی آغازگر از شیر پس چرخ بازسازی شده با ۱۰ درصد ماده جامد که در دمای ۹۵°C-۹۰ به مدت ٤۵ دقیقه حرارت دیده بود، استفاده گردید [۱٦، ۱۷].

**۲-۲-تولید ماست:** ابتدا شیر پس چرخ با مادهٔ جامد ۱۰ درصد بازسازی گردید. سپس تیمارهای غنی‌کردن با ۱ و ۲ درصد WPC، کازئین هیدرولیز شده و مخلوط WPC و کازئین هیدرولیز شده (به نسبت برابر)، انجام شد. درصدها به صورت وزنی - وزنی محاسبه شدند. برای مقایسه، از شیر پس چرخ بازسازی شده با ماده جامد ۱۱ و ۱۲ درصد به عنوان نمونه‌های شاهد استفاده گردید. پس از حل شدن کامل پودرها، مخلوط‌ها در دمای ۸۵°C به مدت ۳۰ دقیقه پاستوریزه و سپس تا دمای ٤۲°C سرد شدند [۱۷، ۱۸، ۲۰،۱۹]. شیرها با آغازگر معمولی ماست به میزان ۵٪ (وزنی- حجمی) تلقیح گردیدند [۲۱]. پس از همزدن و یکنواخت شدن مایه کشت، مخلوط‌ها در ظروف دردار سترون توزیع و به گرمخانه با دمای ٤۲°C منتقل شدند. تخمیر پس از رسیدن به pH=٤/٦ متوقف گردید و نمونه‌ها در یخچال با دمای ٤°C قرار گرفتند. نمونه‌های ماست به مدت ۳ هفته در این دما نگهداری شدند و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی و حسی در روزهای اول، هفتم، چهاردهم و بیست و یکم انجام شد [۱۷، ۲۲].

**۲-۳-آزمایش‌های شیمیایی:** pH نمونه‌ها توسط pH سنج مدل Crison (اسپانیا، بارسلونا) و اندازه‌گیری اسیدیته ماستها طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۸۵۲ انجام شد [۲۳].

**۲-٤-آزمایش‌های فیزیکی:** تمایل ماست به از دست دادن آب‌پنیر[2] (آب‌اندازی) با استفاده از سانتریفوژ یخچال دار HerolabFR18000 (آلمان، وایسلاچ) تعیین گردید. ابتدا ۲۵ گرم نمونه ماست در لوله‌های سانتریفوژ وزن شد و سپس لوله‌ها در سانتریفوژ با دور ۳۵۰g به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ٤°C سانتریفوژ شدند. مایع جدا شده از نمونه که در قسمت بالای لوله جمع شده بود، خارج گردید و

1.Skim milk powder

2.Whey



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

لوله‌ها مجدداً وزن شدند. مقدار آب‌اندازی به صورت وزن آب از دست رفته در ۱۰۰ گرم ماست گزارش گردید [۱۸].

به منظور اندازه‌گیری قوام بوستویک[1]، نمونه‌های ماست ابتدا به طور یکسان همزده شدند تا بافت یکنواخت پیدا کنند سپس در دمای ۱۰°C بوسیلهٔ قوام‌سنج بوستویک، مسافتی (cm) که سیال در مدت ۳۰ ثانیه طی می‌کرد، اندازه‌گیری و گزارش شد [۳، ۱۸].

**۲-۵-ارزیابی‌های حسی:** به منظور انجام آزمایشات ابتدا تعداد ۵ نفر داور از طریق ارزیابی احساس بویایی و چشایی آنها، انتخاب گردیدند [۳]. سپس نمونه‌های ماست توسط این داوران و با استفاده از آزمون هدونیک پنج امتیازی، از نظر ویژگی‌های حسی شامل ترشی، شیرینی، تلخی، عطر، طعم، بافت و پذیرش کلی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

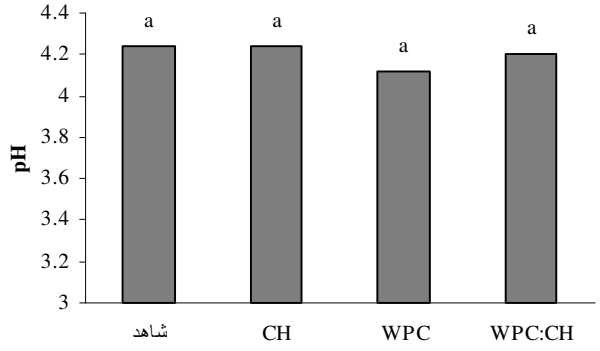
**۲-٦-طرح آماری:** آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و داده‌های حاصل توسط نرم افزار آماری Minitab مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. میانگین‌های اثر نوع مکمل و درصد آن در طول زمان ماندگاری بر صفتهای مورد بررسی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح $\alpha$=۰/۰۵ یا $\alpha$=۰/۰۱ مقایسه شدند.

## ۳-نتایج و بحث

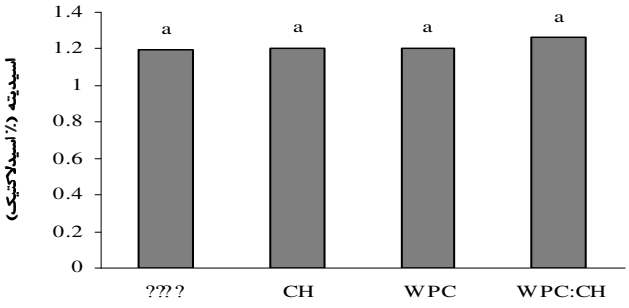
### ۳-۱-ویژگی‌های شیمیایی

**pH:** نتایج نشان داد نمونه‌های ماست غنی شده با WPC دارای کمترین مقدار pH بودند (شکل۱). در این نمونه‌ها فقط به اندازه ۰/۱۲ واحد، کاهش pH نسبت به نمونه شاهد مشاهده شد. به طور کلی pH ماست‌های غنی شده با مکمل‌ها، اختلاف معنی‌دار با pH ماست شاهد نداشتند. قابل ذکر است دی‌برابندر و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان دادند غنی کردن شیر پس چرخ با کازئینات سدیم یا پودر آب پنیر (به میزان ۱/۵٪) بر pH ماست اثری نداشته است [۲٤]. گریگ (۱۹۸۳، ۱۹۸٤) و هاگانین (۱۹۹۹) نیز عنوان کردند که غنی کردن شیر پس چرخ با WPC اثری روی pH ندارد [۲۵، ۲٦، ۲۷].

تغییرات pH در انواع ماست‌ها در مدت ۲۱ روز نگهداری در ٤°C معنی‌دار نبود ( داده‌ها نشان داده نشده‌اند). نتایج سایر محققان نیز مشابه است. گنزالز- مارتینز و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند کاهش pH در نمونه‌های ماست غنی شده با پروتئین آب پنیر، پس از ۱۵ روز نگهداری، معنی‌دار نبود [۱۸].




**شکل ۱** اثر نوع مکمل بر pH نمونه‌های ماست




**شکل ۲** اثر نوع مکمل بر اسیدیته نمونه‌های ماست

**اسیدیته:** مشاهدات اسیدیته در ماستهای غنی شده با مکمل‌ها و ماست شاهد نشان داد اسیدیته ماست‌های حاوی مخلوط *WPC* و *CH* ، بالاتر از اسیدیته سایر ماست‌ها بود. این افزایش اسیدیته حداکثر به میزان ۰/۰٦ درصد نسبت به نمونه شاهد بود. به طور کلی اسیدیته ماست‌های غنی شده با مکمل‌ها، اختلاف معنی‌دار با مشاهدات اسیدیته در ماست شاهد نداشتند (شکل۲) . نتایج گریگ (۱۹۸۳) و هاگانین

1.Bostwick consistency



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

**جدول۲** اپر متقابل نوع و درصد مکمل بر *pH*، اسیدیته و آب‌اندازی ماست‌ها

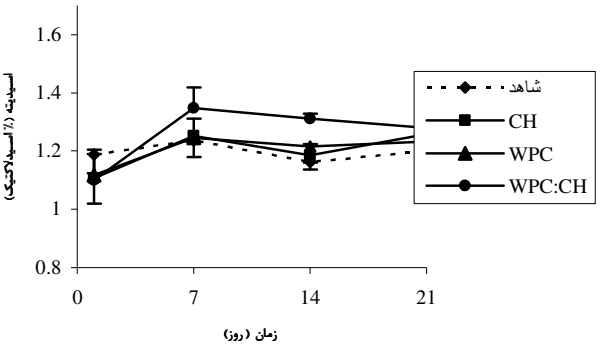
| نوع مکمل | سطوح‌مکمل(٪) | pH | اسیدیته(٪) | آب‌اندازی(٪) |
|---|---|---|---|---|
| شیر پس چرخ (شاهد)[1] | ٪۱۱ | ۳/۹۷$^{e}$ | ۱/٤۱$^{a}$ | ۱۷/٥٤$^{b}$ |
| | ٪۱۲ | ٤/٥۲$^{a}$ | ۰/۹۸$^{f}$ | ۱٤/۹۷$^{c}$ |
| کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر (WPC) | ٪۱ | ٤/۰٤$^{e}$ | ۱/۲۰$^{c}$ | ۸/۷$^{e}$ |
| | ٪۲ | ٤/۲۱$^{cd}$ | ۱/۲۰$^{c}$ | ۱٦/۳۹$^{b}$ |
| کازئین‌هیدرولیز شده (CH) | ٪۱ | ٤/۳٤$^{b}$ | ۱/۰٦$^{e}$ | ۲۷/۲۹$^{a}$ |
| | ٪۲ | ٤/۱٥$^{d}$ | ۱/۳٤$^{b}$ | ۱٦/۸۲$^{b}$ |
| مخلوط WPC و CH | ٪۱ | ٤/۲٤$^{c}$ | ۱/۱۷$^{d}$ | ۱۳/۱۲$^{d}$ |
| | | ٤/۱٥$^{d}$ | ۱/۳٥$^{b}$ | ٦/۰۳$^{f}$ |

۱- ماست تهیه شده با شیر پس چرخ بازسازی شده در دو سطح ماده جامد ۱۱٪ و ۱۲٪ به عنوان شاهد

در هر ردیف بین میانگین‌هایی که حروف غیر مشابه دارند، اختلاف معنی‌دار ($P < ۰/۰۱$) وجود دارد.

(۱۹۹۹) نیز نشان داد افزون WPC به ماست اثری بر افزایش اسیدیته ندارد [۲۵، ۲۷].

تغییرات اسیدیته ماست‌ها در ۲۱ روز نگهداری مشخص کرد اسیدیته در تمام ماست‌ها در طی هفته اول افزایش و پس از آن قدری کاهش یافت. در نمونه شاهد، اسیدیتهٔ روز اول و روز بیست و یکم تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نداشتند اما در ماست‌های غنی شده با مکمل‌ها تنها به میزان ۰/۱۸ -۰/۱۱ درصد افزایش در اسیدیته، پس از ۲۱ روز نگهدری در یخچال مشاهده شد، به عبارت دیگر اسیدیته ماست‌ها در این محدوده ثابت ماند (شکل۳).




**شکل ۳** تغییرات اسیدیته ماست‌های غنی شده با انواع مکمل‌ها در مدت ۲۱روز نگهداری در ٤°C

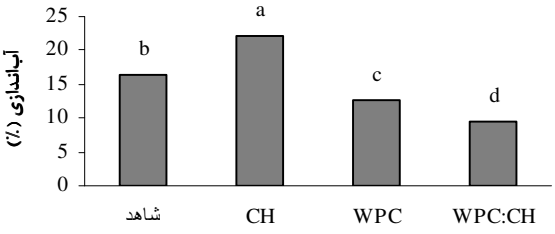
همانطور که در جدول ۲، مشاهده می‌شود اثر متقابل نوع و درصد مکمل بر pH و اسیدیته ماست‌ها معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود. مقایسه داده‌های pH با مشاهدات اسیدیته حاکی از آن بود که در ماست‌های حاوی ٪۲ WPC نسبت به ٪۱ WPC با وجود اینکه pH بالاتر است اما اسیدیته این ماست‌ها تقریباً یکسان است. این مطلب نشان دهنده این است که ظرفیت بافری ماست با افزایش درصد WPC بهبود یافته است. زیسو و شا (۲۰۰۳) نیز نشان دادند جایگزینی پودر شیر پس چرخ با WPC در ماست باعث افزایش ظرفیت بافری گردید که به نظر می‌رسد این امر به دلیل حضور پروتئین‌های آب پنیر بوده‌است [۲۸].

## ۳-۲-ویژگی‌های فیزیکی

**آب‌اندازی:** نتایج نشان داد اثر نوع مکمل بر آب‌اندازی نمونه‌های ماست معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) بود. ماست‌های غنی شده با CH بالاترین مقدار آب‌اندازی و نمونه‌های ماست غنی شده با مخلوط WPC و CH کمترین مقدار آب‌اندازی را داشتند که این امر نشان‌دهنده اثر سینرژیستی کازئین و پروتئین آب‌پنیر بر آب‌اندازی ماست بود (شکل٤).



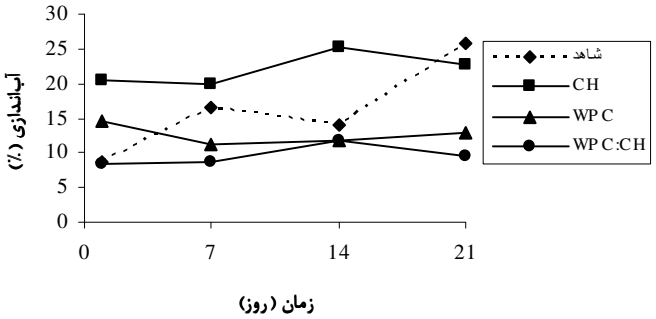
[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]




**شکل ٤** اثر نوع مکمل بر آب‌اندازی نمونه‌های ماست

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود ماست‌های حاوی WPC نیز نسبت به ماست شاهد به طور معنی‌دار، آب‌اندازی کمتری داشتند. گنزالز- مارتینز و همکاران (۲۰۰۲) نیز اشاره کردند ماستهای تهیه شده با پودر شیر پس چرخ نسبت به ماستهای حاوی WPC، سینریس بیشتری دارند [۱۸]. بسیاری از تحقیقات دیگر نیز نشان دادند WPCها ظرفیت پیوند با آب را در دلمه ماست افزایش می‌دهند بنابراین بر کاهش آب‌اندازی ماست موثرند [۹، ۱۸، ۲٦، ۲۷]. افزایش دناتوراسیون پروتئین‌های آب‌پنیر باعث بهبود ظرفیت نگهداری آب و در نتیجه کاهش آب‌اندازی می‌گردد. همچنین مشخص شده است که دناتوراسیون بتالاکتوگلوبولین و برهمکنش آن با میسل‌های کازئین بر خواص ژل در شیرهای تخمیری بسیار مؤثر است [۲۹]. به این منظور مارتین- دیانا و همکاران (۲۰۰۳) نیز برای اطمینان از دناتوراسیون کامل پروتئین‌های آب‌پنیر، شیر مورد استفاده برای تولید ماست را در دمای ۸۰°C به مدت ۳۰ دقیقه حرارت دادند [۲۹]. طبق نظر رموف و همکاران (۲۰۰۳) نیز حلالیت میسل کازئین در ماست‌های غنی شده با WPC بیشتر از ماست‌های حاوی کازئینات یا پودر شیر پس چرخ است. آنها متذکر شدند *pH* ماست (حدود ٤/٦) کمتر از pH ایزوالکتریک پروتئین‌های آب پنیر (۵/۲) می‌باشد بنابراین ماست تهیه شده از WPC باید حاوی مقادیر نسبتا بالایی از پروتئین‌های آب‌پنیر با بار مثبت باشد که باعث می‌شود در این ماست‌ها ظرفیت نگهداری آب نسبت به ماست‌های تهیه شده با پودر شیر پس چرخ، بیشتر گردد. همچنین این محققان نشان دادند ظرفیت نگهداری آب در ماست‌های تهیه شده با مخلوط WPC و کازئیناتها بالاتر از ماست‌های تهیه شده با WPC یا کازئیناتها به طور جداگانه می‌باشد [۲].

تغییرات آب‌اندازی انواع ماستها در مدت نگهداری در ٤°C مشخص کرد میزان تغییرات ماست شاهد در مدت ۳ هفته نسبت به ماست‌های غنی شده با انواع مکمل‌ها بیشتر بود (شکل۵). به عبارت دیگر آب‌اندازی ماست شاهد با سرعت بیشتری افزایش یافت اما در ماست‌های غنی شده با مخلوط WPC و CH، مقادیر آب‌اندازی در روز اول و روز بیست و یکم تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نداشت. با توجه به اینکه این نوع ماست‌ها آب‌اندازی کمتری هم نسبت به سایر ماست‌ها داشتند به نظر می‌رسد ماندگاری طولانی‌تری خواهند داشت. در ماست‌های غنی شده با WPC نیز روند تغییرات کند می‌باشد (شکل۵).




**شکل ۵** تغییرات آب‌اندازی در ماستهای غنی شده با انواع مکمل‌ها در مدت ۲۱ روز نگهداری در٤°C

همانطور که در جدول ۲، مشاهده می‌شود اثر متقابل نوع و درصد مکمل بر آب‌اندازی ماست‌ها معنی‌دار ($P<$۰/۰۱) بود. آب‌اندازی در ماستهای حاوی ۲٪ CH و ۲٪ مخلوط WPC و CH و نیز در ماست شاهد با ۱۲٪ ماده جامد نسبت به سطح ۱٪ از غنی کننده‌ها و نیز ماست شاهد با ۱۱٪ ماده جامد، به طور معنی‌دار کمتر بود. نتایج محققان دیگر هم نشان می‌دهد با افزایش ماده جامد، آب‌اندازی ماست به تدریج کاهش می‌یابد [۳، ۳۰]. اما در ماست‌های حاوی ۲٪ WPC به طور معنی‌دار، آب‌اندازی بیشتر از سطح ۱٪ از این مکمل می‌باشد. طبق نظر گنزالز- مارتینز و همکاران (۲۰۰۲)

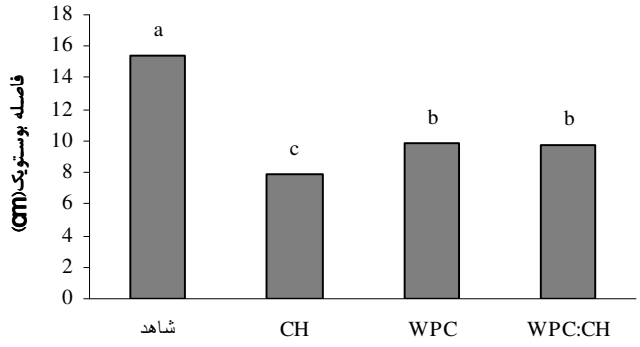


[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

تمایل به آب‌اندازی (اندازه‌گیری‌شده با سانتریفوژ) تابع غلظت پروتئین‌های آب‌پنیر می‌باشد. آنها نشان دادند با افزایش نسبت پروتئین‌های آب‌پنیر همراه با کاهش میسل‌های کازئین که عامل اصلی در تشکیل ژل می‌باشند، آب‌اندازی افزایش می‌یابد. همچنین ساختمان بازتر ژل که با مقدار کازئین کم ایجاد می‌شود، منجر به حساسیت بیشتر شبکه به آب‌اندازی می‌گردد [۱۸].

**قوام بوستویک:** نتایج نشان داد ماستهای غنی شده با CH به طور معنی‌دار ($P<0/01$) کمترین فاصلهٔ بوستویک (بالاترین قوام) را دارند (شکل٦). شبکه پروتئینی ماست از مسیل‌های کازئین تشکیل می‌شود و کازئین فاکتور اصلی برای ایجاد قوام می‌باشد[۲۱]. تحقیقات بسیاری از پژوهشگران نشان می‌دهد که ماست‌های غنی شده با کازئین اغلب ژل سفت‌تری نسبت به ماست‌های غنی شده با پروتئین‌های آب پنیر دارند [۸، ۱۸، ۲۱]. الیویرا و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند سفتی ماست بستگی به ماده جامد کل، مقدار پروتئین و نوع پروتئین دارد و ماست‌های غنی شده با CH نسبت به ماست‌های غنی شده با پودر آب پنیر بافت سفت‌تر و گرانروی بیشتری دارند[۳۱]. از سویی تحقیقات سودینی و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد ماست‌های غنی شده با $4-0/25\ gL^{-1}$ کازئین هیدرولیزشده به طور معنی‌دار گرانروی کمتری نسبت به ماست شاهد دارند. این نتایج با تحقیق دیگر آنها که از کازئین هیدرولیز شده به مقدار ۵/۳ ٪ برای غنی‌سازی استفاده شده بود، مطابقت داشت. این موضوع با نتایج دیو و همکارش (۱۹۸۸b) یکسان نبود. آنها این تفاوت در نتایج را ناشی از اختلاف درسطوح مکمل و نیز تفاوت در دستگاه‌های اندازه‌گیری گرانروی دانستند [۱۲، ۱۳].

همانطور که در شکل٦ مشاهده می‌شود نمونه‌های ماست غنی شده با WPC و مخلوط WPC و CH نیز قوام بیشتری نسبت به ماست شاهد دارند. مارتین-دیانا و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند افزایش مقدار پروتئین‌های آب‌پنیر و دناتوره شدن آن قبل از تخمیر شدیدا بر افزایش گرانروی ماست مؤثر است که این مسئله می‌تواند به دلیل افزایش ظرفیت پیوند پروتئین‌ها با یکدیگر باشد [۲۹] . البته برخی محققان هم گزارش کرده‌اند گرانروی ماست غنی شده با WPC کمتر از ماست تهیه شده با پودر شیر پس چرخ می‌باشد که خلاف نتایج بدست آمده در این تحقیق هستند [۹، ۱۸].




**شکل ٦** اثر نوع مکمل بر قوام بوستویک ماستها

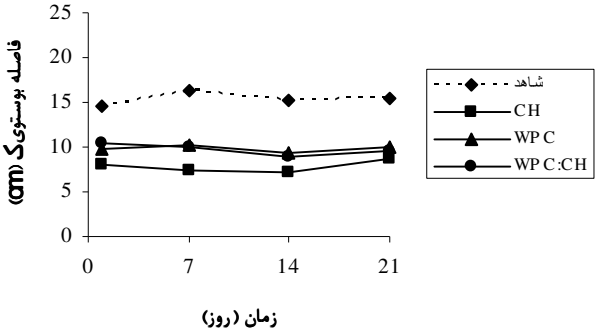
طبق نظر پاوانتیران و همکاران (۲۰۰۲) این اختلاف‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت در روش تولید WPC باشد که بر خواص عمل‌کنندگی بسیار مؤثر است. تاثیر WPC بر خواص رئولوژیکی ماست شدیدا به مقدار پروتئین WPC بستگی دارد [۱۱]. همانطور که اشاره گردید در تحقیق حاضر ماست‌های غنی شده با CH دارای بیشترین قوام و آب‌اندازی در بین انواع ماست‌ها بودند که می‌تواند ناشی از ریزساختار متفاوت آنها باشد. البته نتایج رموف و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد علی رغم ریزساختار مشابه، ماست غنی شده با کازئینات سدیم گرانروی بسیار بیشتر و ظرفیت نگهداری آب بسیار کمتری از ماست تهیه شده با پودر شیر پس چرخ داشت. طبق نظر آنها باید عامل‌های دیگری غیر از نسبت کازئین به پروتئین آب‌پنیر بر بافت ماست مؤثر باشد [۲].

فاصله بوستویک در تمام ماست‌ها در مدت ۲۱ روز نگهداری به تدریج تغییر کرده است اما قوام نمونه‌های ماست غنی شده با WPC در این مدت تغییر معنی‌داری نداشت. در ماست‌های غنی شده با مخلوط WPC و CH و ماست‌های غنی شده با CH به تنهایی، با وجود تغییرات قوام در زمان نگهداری، مقادیر فاصله بوستویک در روز اول و روز بیست و یکم، تفاوت معنی‌دار نداشتند. در نمونه شاهد، قوام پس از

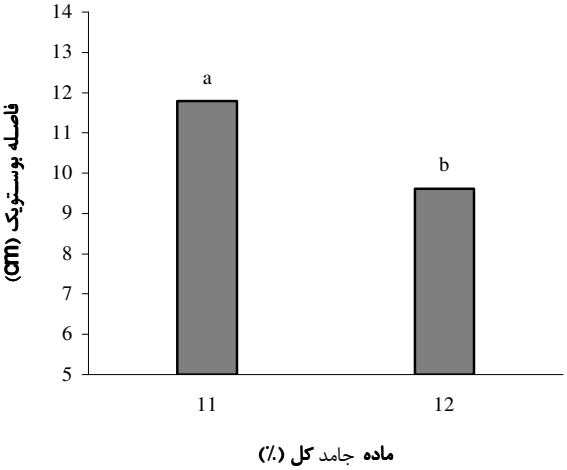


[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

بیست و یک روز به طور معنی‌دار ($P<0/01$) کاهش یافت (شکل۷). همانطور که ملاحظه می‌گردد قوام نمونه‌های غنی شده با مکمل‌ها در مدت ۲۱ روز نگهداری نسبت به نمونه شاهد با سرعت کمتری کاهش یافته است.




**شکل ۷** تغییرات فاصله بوستویک در ماست‌های غنی شده با انواع مکمل‌ها در مدت نگهداری در ٤ °C




**شکل ۸** اثر ماده جامد بر فاصله بوستویک ماست‌ها

به طور کلی اثر ماده جامد بر قوام ماست‌ها معنی‌دار ($P<0/01$) بود و ماست‌های حاوی ۱٪ مکمل (۱۱٪ ماده جامد) قوام کمتری نسبت به ماست‌های حاوی ۲٪ مکمل (۱۲٪ ماده جامد) داشتند (شکل ۸). نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان داد با افزایش ماده جامد در ماست، قوام افزایش یافته است [۳، ۳۰].

**ویژگی‌های حسی:** مقایسه میانگین‌ها نشان داد غنی‌سازی شیر با انواع مکمل‌ها بر شیرینی، ترشی، تلخی و عطر ماست‌های تهیه شده اثر معنی‌دار نداشت. اما امتیاز ترشی در ماست‌های غنی شده نسبت به ماست شاهد بیشتر بود و ماست‌های غنی شده با WPC بالاترین امتیاز ترشی را داشتند. همانطور که قبلا ذکر گردید ماست‌های غنی شده با WPC کمترین pH را نیز داشتند. همچنین اثر نوع مکمل بر طعم ماست‌ها معنی‌دار نبود. البته ماست غنی شده با مخلوط WPC و CH بالاترین امتیاز طعم را داشت و ماست‌های غنی شده با ۲٪ WPC امتیاز طعم کمتری نسبت به ۱٪ WPC داشتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). گنزالز- مارتینز و همکاران (۲۰۰۲) و تمیم و رابینسون (۱۹۹۹) نیز میزان افزودن پودر آب‌پنیر به مخلوط پایه را ۱ تا ۲٪ پیشنهاد کردند زیرا میزان بالاتر باعث طعم آب‌پنیری در فراورده می‌گردد [۱۸، ۲۰]. استالدئید جزء اصلی طعم ماست است که توسط آغازگرهای ماست از لاکتوز و اسید آمینه ترئونین تولید می‌شود. آغازگرهای ماست برای تولید استالدئید ترجیح می‌دهند از مسیر ترئونین استفاده کنند که بوسیله آنزیم ترئونین آلدولاز، استالدئید و گلایسین تشکیل می‌شود. مقدار ترئونین در پروتئین‌های آب‌پنیر و کازئین‌ها اختلاف معنی‌دار ندارد. از طرفی گلایسین از فعالیت آنزیم ترئونین آلدولاز جلوگیری می‌کند [۲۱]. این موضوع می‌تواند یکی از دلایل معنی‌دار نشدن اثر مکمل‌ها بر عطر و طعم ماست‌ها باشد. از نظر امتیاز بافت، ابتدا ماست‌های غنی شده با CH و سپس ماست‌های غنی شده با مخلوط WPC و CH، بالاترین امتیاز را به خود اختصاص دادند. ماست‌های غنی شده با WPC نسبت به سایر ماست‌های غنی شده به طور معنی‌دار($P<0/05$)، امتیاز کمتری از نظر بافت داشتند (جدول۳). یکی از دلایل پایین بودن امتیاز بافت در ماست‌های حاوی WPC می‌تواند دانه‌ای شدن بافت باشد که برخی از داوران حسی به آن اشاره کرده بودند. تحقیقات نشان می‌دهد دانه‌ای شدن بافت ماست به مقدار پروتئین آب‌پنیر دناتوره شده بستگی دارد. دانه‌ای شدن بافت می‌تواند به دلیل لخته شدن دو مرحله‌ای باشد. ژله‌ای شدن



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

پروتئین‌های آب‌پنیر در pH=۵/۲ رخ می‌دهد در حالیکه ژله‌ای شدن ذرات کازئین هنگامیکه pH به کمتر از ٤/۸ می‌رسد، آغاز می‌گردد که باعث بی‌نظمی و فشارهای موضعی در شبکه پروتئینی و در نتیجه شکستگی‌های کوچک درون ژل می‌شود، این شکستگی‌ها بعد از هم زدن ماست باعث ایجاد دانه‌ها می‌گردند [۲].

**جدول۳** اپر نوع مکمل بر بافت و پذیرش کلی ماست‌ها

| نوع مکمل | بافت | پذیرش کلی |
|---|---|---|
| شیر پس چرخ (شاهد) | ۳/۰۲$^{b}$ | ۲/۹۸$^{b}$ |
| کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر (WPC) | ۳/۰۵$^{b}$ | ۲/۹۲$^{b}$ |
| کازئین‌هیدرولیزشده (CH) | ۳/۴۵$^{a}$ | ۳/۱۴$^{ab}$ |
| مخلوط WPC و CH | ۳/۳۶$^{a}$ | ۳/۳۲$^{a}$ |

در هر ردیف بین میانگین‌هایی که حروف غیر مشابه دارند، اختلاف معنی‌دار ($P < ۰/۰۵$) وجود دارد.

با توجه به نظر داوران، ماست‌های غنی شده با مخلوط WPC و CH و ماست‌های غنی شده با CH به طور معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) دارای بالاترین امتیاز پذیرش کلی بودند و ماست‌های غنی شده با WPC کمترین امتیاز پذیرش کلی را به خود اختصاص دادند (جدول۳). همچنین تغییرات پذیرش کلی در نمونه‌های ماست غنی شده با ۱ و ۲ درصد از انواع مکمل‌ها معنی‌دار نبود (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). مجموع ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، نشان داد بهترین ماست‌ها، ماست‌های غنی شده با ۱ تا ۲ درصد از مخلوط WPC و CH بودند.

## ٤-منابع


[۱] آمارنامه کشاورزی.۱۳۸۲. جلد دوم (امور دام و آبزیان). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

[2] Remeuf, F., Mohammed, S., Sodini, I., & Tissier, J. P. 2003. Preliminary observations on the effects of milk fortification and heating on microstructure and physical properties of stirred yogurt. Intl. Dairy J. **13**: 773-782.

[۳] شاکری، منیرالسادات.۱۳۸۲. بررسی اثر پساب کره بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و ارگانولپتیکی ماست پروبیوتیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد.

[4] King, L. 1996. Whey protein concentrate as ingredients. Food Tech. Europe. **3**(1)**:** 88-89.

[5] Anonymous. 2001. ww. Immunepro .com/ wpc-report.html.

[6] Dave, R. L., Joshi, N. S., Patel, J. R., & Thakar, P. N. 1991. Protein hydrolysates – A Review. Indian J. Dairy Sci. **44**(9)**:** 557-564.

[7] Slattery, H., & Fitzgerald, R. J. 1998. Functional properties and bitterness of sodium caseinate hydrolysates prepared with a Bacillus proteinase. J. Food Sci. **63**(3)**:** 418 - 422.

[8] Modler, H.W., & Kalab, M. 1983. Microstructure of yogurt stabilized with milk protein. J. Dairy Sci. **66:** 430-437.

[9] Guzman-Gonzalez, M., Morais, F., Ramos, M., & Amigo, L. 1999. Influence of skimmed milk concentrate replacement by dry dairy products in a low fat set-type yoghurt model system. I: Use of whey protein concentrates, milk protein concentrates and skimmed milk powder. J. Sci. Food Agric. **79:** 1117-1122.

[10] Augustin, M. A., Cheng, L. J., & Clarke, P. T. 1999. Effects of preheat treatment of milk powder on the properties of reconstituted set skim yogurt. Intl. Dairy *J*. **9:** 415–416.

[11] Puvanenthiran, A., Williams, R. P. W., & Augustin, M. A. 2002. Structure and visco-elastic properties of set yoghurt with altered casein to whey protein ratios. Intl. Dairy J.. **12**(4)**:** 383-391.

[12] Dave, R. I., & Shah, N. P. 1998b. The influence of ingredient supplementation on the textural characteristics of yogurt. Aust. J. Dairy Technol. **53**(3)**:** 180-184.

[13] Sodini, I., Lucas, A., Tissier, J. P., & Corrieu, G. 2005. Physical properties and microstructure of yoghurts supplemented




[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

with milk protein hydrolysates. Intl. Dairy J. **15:** 29-35.

[14] Anonymous. 2005. www. Armor-proteines.com.

[15] Anonymous. 1997. Wisby starter cultures and media. Product guide. Danisco Niebull GmbH, Niebull, Germany.

[16] Dave, R. I. & Shah, N. P.1996. Evaluation of media for selective enumeration of Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus, Lactobacillus acidophilus and Bifidobacteria. J. Dairy Sci. **79**: 1529-1536.

[17] Kristo, E., Biliaderis, C. G. & Tzanetakis, N. 2003. Modelling of the acidification process and rheological properties of milk fermented with a yogurt starter culture using response surface methodology. Food Chem. **83**(3)**:** 437-446.

[18] Gonzalez-Martinez, C., Becerra, M., Chafer, M., Albors, A., Carot, J. M., & Chiralt, A. 2002. Influence of substituting milk powder for whey powder on yoghurt quality. Trends Food Sci. Technol. **13:**334-340.

[19] Shihata, A., & Shah, N. P. 2002. Influence of addition of proteolytic strains of Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus to commercial ABT starter cultures on taxture of yoghurt, exopolysaccharide production and survival of bacteria. Intl. Dairy J. **12:** 765-772.

[20] Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. 1999. "Yoghurt science and technology". 2nd edition. CRC press. Boca Raton. 24-71.

[21] Rodriguez-Serrano, G. M., Perez-Hernandez, G., Gallardo, F., Gomez-Ruiz, L. & Garcia-Garibay, M. 2002. Performance of yogurt cultures during the fermentation of whey concentrated by ultrafiltration for the elaboration of a fermented beverage. Milchwissenschaft. **57**(9/10): 540-543.

[22] La Torre, L., Tamime, A. Y., & Muir, D. D. 2003. Rheology and sensory profiling of set-type fermented milks made with different commercial probiotic and yoghurt starter cultures. Intl. J. Dairy Technol. **56**(3)**:** 163-170.

[۲۳] استاندارد ملی ایران (شماره ۲۸۵۲). ۱۳۷۳. روش تعیین اسیدیته کل و pH یا تراکم یونهای $H^+$ در شیر و فراورده‌های آن. چاپ دوم.

[24] De Brabandere, A. G. & De Baerdemaeker, J. G. 1999. Effects of process conditions on the pH development during yogurt fermentation. J. Food Eng. **41**: 221-227.

[25] Greig, R. I. W., & Harris, A. 1983 . Use of whey protein concentrate in yogurt. Dairy Ind. Intl. **48**(10) **:** 17-19.

[26] Greig, R. I. W., & Kan, J. V. 1984. Effect of whey protein concentrate on fermentation of yogurt. *Dairy Ind. Intl.* **49**(10): 28-29.

[27] Hugunin, A. 1999. Whey products in yogurt and fermented dairy products. U.S. Dairy Export Council.pp:1-8.

[28] Zisu, B. & Shah, N. P. 2003. Effect of pH, temperature, supplementation with whey protein concentrate and adjunct cultures on the production of exopolysaccharides by Streptococcus thermophilus 1275. J. Dairy Sci. **86:** 3405-3415.

[29] Martin-Diana, A. B., Janer, C., Pelaez, C., & Requena, T. 2003. Development of a fermented goat' s milk contaning probiotic bacteria. Intl. Dairy J. **13**: 827-833.

[30] Mansour, A., A., Khalifa, M., Y., & Hanafy, N., M. 1994. Utilization of some dairy by-products in yoghurt manufacture. Egypt. J. Food Sci. **22**(1)**:** 87-97.

[31] Oliveira, M. N., Sodini, I., Remeuf, F., & Corrieu, G. 2001. Effect of milk supplementation and microbiological stability of fermented milks containing probiotic bacteria. Intl. dairy J. **11:** 935-942.



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

# Effect of Whey Protein Concentrate and Casein Hydrolysate Supplementations on Physicochemical and Sensory Properties of Yogurt

**Beiraghi-Toosi,S.[1],Shakeri,M.[*1],Mortazavi,A.[2]**

1. Research instructor, Department of Food Technology, Iranian Academic Center for Education Culture and Research (ACECR) - Mashhad branch, Mashhad, Iran
2. Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

The aim of this research was to study the effects of whey protein concentrate (WPC) and casein hydrolysate (CH) on chemical (pH and titratable acidity), physical (consistency and syneresis) and sensory properties of yogurt. Reconstituted skim milk at 10% total solids was fortified with 1 and 2% of WPC, CH and blend of them (WPC to CH ratios of 1:1). For comparison, reconstituted skim milks were made with 11 and 12% total solids as control. Yogurts were prepared with commercial starter culture (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) and their fermentation proccess were stopped at pH=4.6 and samples stored at 4°C up to 21 days. The lowest pH value was obtained when milk base was supplemented with WPC. pH values of all yogurt samples did not change significantly during 21 days of storage and ~0.18% increase in titratable acidity was observed during storage period. The lowest syneresis was observed in yogurts containing blend of WPC and CH. Moreover, the syneresis values of these yogurts increased slower than other samples during storage. Consistency of fortified yogurts was higher than control yogurt and the consistency values of these samples reduced slower than control sample during 21 days of storage. With regards to total acceptability, the best samples were yogurts supplemented with blend of WPC and CH.

**Key words:** Yogurt, Whey protein concentrate (WPC), Casein hydrolysate (CH).

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-09-21 ]

* Corresponding author E-mail address : shakeri@acecr.ac.ir