**مجله علوم و صنایع غذایی ایران**

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

**مقاله علمی_پژوهشی**

# بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر فراپالوده‌ی سین‌بیوتیک حاوی پودر آب‌پنیر فراپالایش املاح‌گیری شده و لاکتولوز طی مدت نگهداری

غزال نصرتی[۱]، حسین جوینده[۲]، محمد حجتی[۱]، محمد نوشاد[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲- استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده علوم دامی و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

**اطلاعات مقاله**

**تاریخ های مقاله :**

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۲/۲/۳۱

**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۲/۴/۲۵

**کلمات کلیدی:**

پنیر فراپالوده،

سین‌بیوتیک

*بیفیدوباکتریوم بیفیدوم*،

DUWP،

زمان نگهداری

DOI: 10.22034/FSCT.20.139.149

DOR:20.1001.1.20088787.1402.20.139.10.4

* مسئول مکاتبات:

hosjooy@asnrukh.ac.ir

**چکیده**

پنیر سفید فراپالایش، نسل نسبتاً جدیدی از پنیرهای سفید است که با کمک فرایند اولترافیلتراسیون تولید می‌شود. این پنیر دارای بافتی نرم و مالش‌پذیر بوده و پس از گذشت مدت کوتاه رسیدگی وارد بازار می‌شود. لاکتولوز، یک ماده پری‌بیوتیک است که علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد باکتری‌های پروبیوتیک، اثر سلامتی‌بخشی آن بر سلامت انسان تأیید شده است. در این تحقیق، برای تولید پنیر سین‌بیوتیک، از پودر آب‌پنیر فراپالایش (پرمیت) با املاح کاهش یافته (DUWP) در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد، لاکتولوز در دو سطح ۰ و ۱ درصد و از باکتری *بیفیدوباکتریوم بیفیدوم* به عنوان باکتری پروبیوتیک استفاده گردید. نمونه‌های تولیدشده از نظر خواص فیزیکوشیمیایی شامل pH، اسیدیته، رطوبت، سینرسیس، چربی، پروتئین، و نسبت نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل در مدت ۶۰ روز در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد ارزیابی شدند. یافته‌ها حاکی از آن بود که افزودن DUWP و لاکتولوز به‌غیر از پروتئین بر سایر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار بود. مدت زمان نگهداری نیز بر تمامی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مورد بررسی اثر معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۱$). براساس نتایج این تحقیق مشخص گردید که بهترین نمونه با استفاده از غلظت ۱ درصد از هر یک از پودرهای لاکتولوز و DUWP به‌دست می‌آید.

## ۱- مقدمه

پنیر نام عمومی گروهی از مواد غذایی تخمیری تهیه‌شده از شیر می‌باشد. امروزه انواع مختلف پنیر با عطر و طعم متفاوت و در شکل‌های گوناگون در سرتاسر دنیا تولید می‌شود [۱]. پنیر به عنوان یک محصول لبنی قرن‌ها نقش مهمی در تغذیه‌ی انسان داشته‌است. تنوع و گوناگونی پنیرهای تولیدی دنیای امروز و ارزش غذایی بالای آن‌ها موجب شده‌است پنیر در برنامه غذایی بسیاری از ملت‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار باشد [۲]. اعتقاد بر این است که پنیر در «هلال حاصلخیز» بین رودخانه‌های دجله و فرات در عراق، حدود ۸۰۰۰ سال پیش در طی «انقلاب کشاورزی» زمانی‌که گیاهان و حیوانات خاصی اهلی شدند، تکامل یافته است [۳].

پنیر سفید، یکی از انواع مهم پنیر است که که به دو روش سنتی یا فراپالایش (اولترافیلتراسیون[1]) تولید می‌شود. فراپالایش، فرآیندی‌است که به طور انتخابی ماکرومولکول‌های دارای وزن مولکولی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ دالتون را از حلال و املاح محلول جدا می‌کند. فراپالایش با جریان متقاطع روی سطح غشاء در فشار نسبتاً کم (کمتر از ۱۰۰۰ کیلوپاسکال) از شیر یک ماده نفوذی حاوی آب، لاکتوز، مواد معدنی محلول، نیتروژن غیرپروتئینی و ویتامین‌های محلول در آب تولید می‌کند. این در حالی است که در محفظه‌ای دیگر پروتئین‌ها، چربی‌ها و نمک‌های کلوئیدی را از مواد عبوری جدا و جمع‌آوری می‌سازد [۴]. پنیر سفید ایرانی به روش فراپالایش در ایران دارای بیشترین سرانه‌ی مصرف است. این پنیر در طبقه‌ی پنیرهای تازه طبقه‌بندی می‌شود و دارای بافتی نرم و مالش‌پذیر است؛ زیرا بلافاصله پس از تولید بدون طی دوره‌ی رسیدگی وارد بازار مصرف می‌شود. در طول مدت زمان انبارمانی، واکنش‌های بیوشیمیایی مختلفی در پنیر اتفاق می‌افتد که سبب تغییر در کیفیت محصول می‌شود. این پنیر در طول ۳۵ سال گذشته در سراسر جهان توجه بسیاری را به استفاده از روش فراپالایش جلب کرده است [۵].

اصطلاح غذای فراسودمند اولین بار در سال ۱۹۸۰ در ژاپن عنوان شد که به غذاهای فرآوری‌شده حاوی موادی اشاره دارد که علاوه بر مغذی‌بودن، به عملکردهای خاص بدن نیز کمک می‌کنند. در طول چند دهه اخیر، توجه به علم تغذیه (تأثیر رژیم غذایی بر سلامت و تندرستی) به‌شکل روزافزون مورد توجه قرار گرفته است. توجه به نقش غذا به عنوان غذا–دارو منجر به طراحی غذاهای جدید و سالم‌تر شده‌است که خطر ابتلا به بسیاری از بیماری‌های مزمن را کاهش می‌دهد. غذاهایی که به این ترتیب طراحی شده‌اند، غذاهای عملگرا[2] یا فراسودمند نامیده می‌شوند که در مقایسه با محصولات معمول، دارای مزایای سلامتی‌بخش هستند [۶].

روند فعلی رفتار مصرف‌کنندگان نشان‌دهنده‌ی این امر است که تمایل مصرف‌کنندگان بیشتر به سوی غذاهای عملگرایی می‌باشد که بر سلامت میزبان تأثیر مثبت می‌گذارد. پروبیوتیک‌ها میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که در صورت مصرف به میزان کافی، در انسان یا حیوان با اثر بر فلور میکروبی بدن، باعث بروز اثرات مفیدی بر سلامتی میزبان می‌شوند. اکثر پروبیوتیک‌ها متعلق به گروه بزرگی از باکتری‌های اصلی فلور میکروبی روده‌ی انسان می‌باشند و در آن جا زندگی همسفرگی بی‌ضرری دارند [۷]. در محصولات غذایی به منظور هم‌افزایی تأثیر پروبیوتیک‌ها، از مواد پری‌بیوتیکی استفاده می‌شود. پری‌بیوتیک بستری است که به صورت انتخابی توسط میکروارگانیسم‌های میزبان مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای سلامتی مفید است. ترکیب پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها به عنوان ترکیب همزیستی شناخته می‌شود. "سین‌بیوتیک" واژه‌ایست که برای مواد غذایی پروبیوتیک حاوی ترکیبات پری‌بیوتیک به‌کار برده می‌شود. این ترکیبات به بهبود زنده‌مانی

1 -Ultrafiltration

2 -Functional food

پروبیوتیک‌ها و گسترش مزایای سلامتی‌بخش در بدن میزبان کمک می‌کنند [۸]. در هرحال در تولید محصولات عملگرا می‌باید به فاکتورهای دیگری نظیر ارزش غذایی و خواص حسی فرآورده توجه داشت؛ چراکه کیفیت طعم و بافت محصول نقش مهمی در مصرف این محصولات غذایی دارد. امروزه پروتئین‌های آب‌پنیر با توجه به ارزش بیولوژیکی بالا و بهبود کیفیت حسی پنیر فرآپالوده مورد توجه قرار گرفته‌اند [۹، ۱۰].

آب‌پنیر یک محصول جانبی از تولید پنیر است. آب‌پنیر محصولی نسبتاً رقیق با مجموع ماده جامد حدود ۶–۵ درصد است که به دو شکل شیرین و اسیدی در حین تولید پنیر به‌دست می‌آید. علاوه بر استفاده از آب‌پنیر به شکل تازه یا پودر، به‌دلیل توسعه روش‌های مختلف جداسازی مانند روش‌های جداسازی غشایی دیافیلتراسیون[1] (DF)، سیستم پردازش برشی ارتعاشی[2] (VSEP) و اسمز، محصولات مختلفی از آب‌پنیر (به‌خصوص از نوع شیرین آن) تولید و به بازار عرضه می‌شود [۱۱]. پروتئین آب‌پنیر تغلیظ شده (WPC[3])، پروتئین آب‌پنیر ایزوله شده (WPI[4])، پروتئین آب‌پنیر هیدرولیز شده (WPH[5])، و همچنین انواع اجزای تخلیص شده پروتئین آب‌پنیر مانند آلفالاکتاآلبومین و بتالاکتوگلوبولین از جمله این محصولاتند. علاوه بر استفاده از این فرآورده‌ها در رژیم‌های غذایی خاص مانند ورزشکاران، به‌کارگیری آب‌پنیر به شکل تازه یا فرآوری شده در تولید انواع محصولات لبنی نظیر پنیر [۱۲]، ماست [۱۳]، کفیر [۱۴]، بستنی [۱۵] و همچنین فرآورده‌های غیرلبنی مانند نان مسطح [۱۶]، نان حجیم [۱۷] و فیلم‌های خوراکی [۱۸]مورد توجه قرار گرفته است. درهرحال، برخلاف آب پنیر مورد اشاره، امروزه حجم قابل توجهی پسآب یا آب-پنیر حاصل از فرایند فراپالایش (پرمیت) هنگام تهیه پنیر یا تولید پودر پروتئین شیر ایجاد می‌شود که ترکیبات آن با آب‌پنیر معمول کاملاً متفاوت است. در مقایسه با پودر تهیه شده از آب‌پنیر شیرین، پودر تهیه شده از پرمیت به‌دلیل لاکتوز و املاح بیشتر و وجود مقادیر کم پروتئین‌های آب-پنیر، از کیفیت نسبتاً پایین‌تری برخوردار است، بنابراین، جهت افزایش قابلیت استفاده از پودر پرمیت در فرمولاسیون محصولات غذایی، میزان املاح آن را کاهش می‌دهند و به این ترتیب محصولی به نام پودر آب‌پنیر فراپالایش (پرمیت) با املاح کاهش یافته (DUWP[6]) تولید و به بازار عرضه می-شود. باتوجه به لاکتوز بالا و وجود مقادیر مناسب املاح و میزان قابل قبول پروتین‌های سرمی در DUWP، به‌نظر می-رسد بتوان از آن در تولید محصولات مختلف غذایی به‌ویژه مواد غذایی سین‌بیوتیک استفاده نمود.

لاکتولوز برای اولین بار در سال ۱۹۳۰ از لاکتوز به دنبال یک واکنش ایزومریزاسیون قلیایی سنتز شد. در پایان قرن بیستم، برای اولین بار اثر بیفیدوژنیک لاکتولوز گزارش شد. پری‌بیوتیک‌ها از جمله لاکتولوز، اینولین و الیگوفروکتوز به عنوان عوامل بیفیدوژنیک در نظر گرفته می‌شوند [۱۹]. لاکتولوز یک پری‌بیوتیک است و به‌عنوان یک دارو مؤثر برای درمان بیماری‌هایی از جمله یبوست مزمن، آنسفالوپاتی کبدی، عوارض بیماری‌های کبدی، بیماری‌های التهابی روده، پیشگیری از سرطان، ایمونولوژی و اثرات ضد اندوتوکسین استفاده می‌شود [۲۰]. لاکتولوز همچنین می‌تواند رشد برخی از باکتری‌های تقویت‌کننده‌ی سلامت دستگاه گوارش، به عنوان مثال *بیفیدوباکتریوم* و *لاکتوباسیل* را افزایش دهد و رشد باکتری‌های بیماری‌زا نظیر *سالمونلا* را مهار کند [۲۱]. بنابراین لاکتولوز به عنوان یک ترکیب مناسب پری‌بیوتیک در تولید فرآورده‌های سین-بیوتیک مانند پنیر فتا [۲۲] و ماست [۲۳] مورد توجه قرار

1 -Diafiltration
2 -Vibratory shear-enhanced processing system
3 -Whey Protein Concentrate
4 -Whey Protein Isolate
5 -Whey Protein Hydrolysate
6 -Demineralized ultrafiltrated whey powder

گرفته است. از این رو پژوهش جاری را با هدف بررسی تأثیر افزودن لاکتولوز و DUWP بر ویژگی‌های فیزیکوشیمایی پنیر فراپالایش سین‌بیوتیک انجام پذیرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد مورد استفاده

جهت تولید نمونه‌های پنیر فراپالایش، از شیر تازه گاو با کیفیت مناسب استفاده شد. پودرهای استارتر مزوفیل CHOOZIT 230 (حاوی مخلوط باکتری‌های *لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه کرموریس* و *لاکتوکوکوس لاکتیس زیرگونه لاکتیس*) و استارتر ترموفیل Yo-Mix 532 (حاوی *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی زیرگونه بولگاریکوس*) از شرکت دانیسکوی آلمان و پودر استارتر پروبیوتیک حاوی باکتری *بیفیدوباکتریوم زیرگونه بیفیدیوم* از شرکت کریستین هانسن[1] دانمارک خریداری شد. پودرهای مذکور از نوع DVS بود و تا زمان استفاده در دمای ۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. رنت با نام تجاری Chey-Max متعلق به شرکت کریستین هانسن دانمارک خریداری شد. پودر پرمیت یا پسآب فراپالایش شیر با املاح کاهش یافته (DUWP) مورد استفاده در این تحقیق از شرکت صنایع غذایی بالتیک (روسیه) خریداری شد. ترکیبات پودر DUWP شامل ۳/۳ درصد رطوبت، ۳/۸ درصد پروتئین، ۸۸/۵ درصد لاکتوز، ۳/۵ درصد خاکستر و ۰/۹ چربی بود. لاکتولوز از شرکت سیگما (آمریکا) خریداری و مورد استفاده قرار گرفت. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از کیفیت بالا و غالباً از شرکت مرک آلمان خریداری گردید.

### ۲-۲- روش تولید پنیر

پنیر فراپالوده در کارخانه شیر پگاه شوش خوزستان مطابق روش ترابی و همکاران [۱۰] و جوینده و همکاران [۲۴] از شیر تازه کامل تولید گردید. پس از دو مرحله باکتوفوگاسیون شیر خام دریافتی، فرایند پاستوریزاسیون و فراپالایش انجام پذیرفت. شیر پس از عبور از غشای فراپالایش، به دو بخش پرمیت[2] یا بخش عبوری (آب پنیر) و ریتنتیت[3] یا ناتراوه با ۳۱ درصد ماده جامد تقسیم شد. پس از افزودن پودر DUWP (سطوح صفر، ۱ و ۲ درصد، W/V) و لاکتولوز (سطوح صفر و ۱ درصد، W/V) به ناتراوه، عمل هموژنیزاسیون در فشار ۷۰ بار توسط دستگاه هموژنایزر مدل JHG-Q60-P60 (Ronghe machinery، چین) انجام شد. لازم به ذکر است که سطوح مقادیر پودرهای DUWP و لاکتولوز در این تحقیق براساس آزمون‌های مقدماتی تعیین شدند. در ادامه، ناتراوه به پاستوریزاتور صفحه‌ای رفته و تا دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۱۵ ثانیه پاستوریزه گردید. سپس، پودر استارتر (آغازگر) مزوفیل و ترموفیل هرکدام به میزان ۰/۰۲۵ درصد و پودر آغازگر پروبیوتیک به میزان ۰/۰۵ درصد به‌همراه رنت میکروبی ( به‌دست آمده از *آسپرژیلوس نیجر* واریته *آواموری*) به میزان ۰/۰۳ درصد به ناتراوه اضافه شد. مقادیر باکتری‌های آغازگر و پروبیوتیک به نحوی انتخاب گردیدند که تعداد هر یک از آن‌ها در پنیر به حداقل $10^8$ Log cfu/g برسد. پس از قرار گرفتن ناتراوه در ظروف پنیر ۴۰۰ گرمی، بسته‌ها وارد تونل انعقاد با دمای ۳۱-۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد شدند و پس از خروج از تونل و انعقاد پنیر، کاغذ پارچمنت روی سطح پنیر گذاشته شد. در پایان مقدار ۲ درصد نمک (وزنی/ وزنی) به داخل ظروف حاوی پنیر اضافه شد و درب‌بندی بسته‌ها با فویل آلومینیوم انجام پذیرفت. در ادامه، بسته‌های پنیر در دمای ۲۷-۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد گرمخانه-گذاری شدند و پس از ۲۴-۱۸ ساعت و رسیدن pH نمونه-ها به ۴/۸، نمونه‌ها به سردخانه با دمای ۵ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شدند. در این پژوهش، نمونه‌های پنیر سفید ایرانی

1 -Chr. Hansen

2 -permeate
3 -retentate

فراپالوده پروبیوتیک (فاقد پودر لاکتولوز و DUWP) به عنوان نمونه شاهد با نمونه‌های پنیر سین‌بیوتیک (حاوی مقادیر مختلف پودر لاکتولوز وDUWP ) در روزهای ۱، ۳۰ و ۶۰ از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

**۳-۲- آزمون‌های فیزیکوشیمیایی**

در این پژوهش میزان pH و اسیدیته مطابق با استاندارد AOAC [۲۵] و با استفاده از دستگاه pHمتر دیجیتال (مدل ۸۲۷، متراهم، ساخت سوئیس) اندازه‌گیری شد. میزان اسیدیته از طریق تیتر کردن میزان اسیدلاکتیک در محلول رقیق‌شده از نمونه‌های پنیر با محلول سود ۰/۱ نرمال و در حضور فنل‌فتالئین اندازه‌گیری و برحسب درجه‌ی دورنیک گزارش شد. محتوی رطوبتی نمونه‌ها به روش آون‌گذاری در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت حدود دو ساعت تا رسیدن به وزن ثابت و میزان آب‌اندازی نمونه‌های پنیر از طریق نسبت وزن آب‌پنیر جداشده به وزن پنیر اندازه‌گیری گردید [۱۶]. میزان چربی توسط روش ژربر مطابق با روش اگان و همکاران [۲۶] و مقدار پروتئین کل از طریق حاصل-ضرب مقدار نیتروژن به دست آمده به روش کلدال در فاکتور ۶/۳۸ مطابق با روش AOAC [۲۵] اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نیتروژن محلول در آب نسبت به نیتروژن کل به منظور تعیین میزان پروتئولیز مطابق روش کوچرو و فاکس [۲۷] اندازه‌گیری شد. در این روش ابتدا ۲۰ گرم نمونه پنیر با ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و همگن گردید. سپس pH آن توسط محلول یک نرمال HCl یا NaOH در ۴/۶ تنظیم شد و پس از گذشت ۳۰ دقیقه در دمای محیط، مجدداً pH آن در ۴/۶ تنظیم شد. در ادامه، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند، آن‌گاه به مدت ۳۰ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از جداسازی محلول رویی با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲، ازت محلول جدا شده با روش کلدال اندازه‌گیری شد [۲۷].

**۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری**

در این پژوهش، با توجه به دو متغیر لاکتولوز (در دو سطح) و پودر DUWP (در ۳ سطح)، تعداد ۶ تیمار پنیر تولید شد و نمونه‌های پنیر از نظر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی طی دو ماه نگهداری (در فواصل ۱، ۳۰ و۶۰ روز پس از تولید) با یکدیگر مقایسه شدند. با توجه به تولید نمونه‌های پنیر در ۳ تکرار، مجموعاً ۵۴ نمونه تولید شد. نتایج توسط طرح کاملاً تصادفی در قالب فاکتوریل با کمک برنامه آماری SPSS (SPSS Inc.، شیکاگو، ویرایش ۲۰) آنالیز و میانگین نتایج با کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد مقایسه گردید. از نرم افزار اکسل ۲۰۱۶ برای ترسیم نمودارها استفاده شد.

## ۳- نتایج و بحث

**۳-۱- تغییرات pH و اسیدیته**

نتایج تأثیر افزودن پودر آب‌پنیر شیرین با املاح کاهش یافته و لاکتولوز بر ویژگی‌های pH و اسیدیته نمونه‌های مختلف پنیر سفید ایرانی فراپالوده‌ی سین‌بیوتیک طی مدت ۶۰ روزه نگهداری در دمای ۴ درجهٔ سانتی‌گراد در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که در جداول ۱ و ۲ می‌توان مشاهده نمود، افزودن پودر DUWP به‌ترتیب سبب کاهش و افزایش معنی‌دار میزان pH و اسیدیته گردید. در مورد لاکتولوز نیز هرچند افزودن آن سبب کاهش معنی‌دار pH شد، اما اسیدیته پنیر معنی‌دار نگردید ($P>۰/۰۵$). به‌طور میانگین، pH نمونه‌های پنیر فراپالوده حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به‌ترتیب ۴/۴۸، ۴/۴۴ و ۴/۳۹ و اسیدیته آن به‌ترتیب ۸۹/۲۷، ۹۰/۲۶ و ۹۱/۰۷ درجه دورنیک تعیین گردید. میزان pH نمونه‌های پنیر فراپالوده حاوی ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز به‌ترتیب ۴/۴۶ و ۴/۴۲ و اسیدیته آن

به‌ترتیب ۸۹/۸۷ و ۹۰/۵۳ درجه دورنیک تعیین گردید. کاهش pH و افزایش اسیدیته در نتیجه افزایش لاکتولوز در ماست [۲۳] و شیر تخمیر شده [۲۸] قبلاً گزارش شده - است.

همچنین با افزایش زمان نگهداری، میزان pH و اسیدیته نمونه‌های پنیر به‌ترتیب کاهش و افزایش معنی‌داری یافت ($P<۰/۰۰۱$). باتوجه به جدول ۱، در طی ۶۰ روز نگهداری، کمترین pH (۴/۲۴) و بیشترین اسیدیته (۹۹/۹۲) مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد پودر لاکتولوز و ۲ درصد پودر DUWP بود؛ درحالی‌که کمترین اسیدیته (۷۸/۹۹) و بیشترین pH (۴/۶۷) در نمونهٔ شاهد و در ابتدای مدت زمان نگهداری مشاهده شد. در ارتباط با روند کاهشی pH مشاهده شده در طی مدت زمان نگهداری برای هر ۶ نمونه- ی تولید شده، اولیورا و همکاران [۲۸] در مورد شیر کم- چرب پروبیوتیک حاوی لاکتولوز و بوریتی و همکاران [۲۹] نیز برای پنیر خامه‌ایی سین‌بیوتیک نتایج مشابهی را گزارش کردند. کاردارللیا و همکاران [۳۰] نیز در تطابق با یافته‌های این پژوهش کاهش میزان pH در پنیر سین‌بیوتیک سوئیس را در طی دوره‌ی نگهداری گزارش کردند. این محققین رسیدگی در محصولات تخمیری مانند پنیر را یک فرایند طبیعی ناشی از تولید اسیدلاکتیک و اسیدهای آلی توسط باکتری‌های آغازگر و پروبیوتیک‌ها دانستند. آن‌ها بیان کردند که به‌دلیل وجود ترکیبات پری‌بیوتیک، جمعیت باکتر- ی‌ها پروبیوتیک و نیز باکتری‌های آغازگر افزایش می‌یابد و این امر موجب افزایش میزان تولید اسید لاکتیک و کاهش میزان pH در نمونه‌ها پنیرهای سین‌بیوتیک می‌گردد. عبدرابو و همکاران [۳۱] در مورد پنیر دومیاتی سین‌بیوتیک با ارائه‌ی نتایج مشابه با یافته‌های این پژوهش روند کاهشی میزان pH را تأیید کردند. آقاجانی و همکاران [۳۲] تأثیر ترکیبات پری‌بیوتیک بر روی ماست و ایسلام و همکاران [۳۳] در مورد پنیر چدار سین‌بیوتیک نیز نتایج مشابه با نتایج این پژوهش را گزارش کردند. سرور و همکاران [۳۴] نیز افزایش اسیدیته و کاهش pH در ماست در طول مدت زمان نگه‌داری را ناشی از فعالیت میکروبی و آنزیم‌های تولیدی در طی تخمیر بیان کردند؛ چراکه گذشت زمان، سبب تبدیل کربوهیدرات‌های باقی‌مانده (عمدتاً لاکتوز) به اسید لاکتیک، دی‌اکسیدکربن و اسید فرمیک می‌گردد.

مطابق جدول ۱، هیچ‌گونه اثر متقابلی میان متغیرهای مورد آزمایش از نظر pH و اسیدیته مشاهده نگردید.

**Table 1.** The results of analysis of variance (ANOVA) of the effect of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose powder on physicochemical characteristics of synbiotic ultrafiltrated cheeses during 60 days storage at 4 ˚C

| | | Mean Square | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Treatments** | **df** | **pH** | **Acidity** | **Moisture** | **Syneresis** | **Protein** | **Water Soluble Nitrogen/Total Nitrogen** | **Fat** |
| **DUWP** | 2 | $0.039^{**}$ | $14.640^{*}$ | $16.555^{***}$ | $0.526^{NS}$ | $0.096^{NS}$ | $1.475^{**}$ | $0.394^{*}$ |
| **Lactulose** | 1 | $0.022^{*}$ | $5.789^{NS}$ | $10.454^{***}$ | $0.368^{NS}$ | $0.154^{NS}$ | $1.732^{**}$ | $0.432^{*}$ |
| **Storage Time (Day)** | 2 | $0.394^{***}$ | $1616.987^{***}$ | $9.332^{***}$ | $11.593^{***}$ | $0.368^{***}$ | $30.345^{**}$ | $6.104^{**}$ |
| **DUWP × Lactulose** | 2 | $0^{NS}$ | $0.293^{NS}$ | $0.054^{*}$ | $0.005^{NS}$ | $0.009^{NS}$ | $0.025^{NS}$ | $0.004^{NS}$ |
| **DUWP ×Storage Time** | 4 | $0.001^{NS}$ | $0.483^{NS}$ | $0.003^{NS}$ | $0.016^{NS}$ | $0.005^{NS}$ | $0.162^{NS}$ | $0.075^{NS}$ |
| **Lactulose ×Storage Time** | 2 | $0^{NS}$ | $0.920^{NS}$ | $0.043^{NS}$ | $0.071^{NS}$ | $0.005^{NS}$ | $0.143^{NS}$ | $0.051^{NS}$ |
| **DUWP × Lactulose × Storage Time** | 4 | $0.0001^{NS}$ | $0.238^{NS}$ | $0.007^{NS}$ | $0.012^{NS}$ | $0.003^{NS}$ | $0.020^{NS}$ | $0.009^{NS}$ |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **error** | 36 | 0.004 | 3.928 | 0.109 | 0.169 | 0.057 | 0.090 | 0.087 |

NS, *, ** and *** respectively indicate: non-significance, and significance at p<0.05 and p<0.01, p<0.001 levels.

**Table 2.** Physicochemical characteristics of synbiotic ultrafiltrated cheeses containing demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose during 60 days storage at 4 ˚C

| Characteristics | Storage Time (Day) | *$P_0L_0$ (Control) | $P_1L_0$ | $P_2L_0$ | $P_0L_1$ | $P_1L_1$ | $P_2L_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **pH** | 1 | $4.67\pm0.06^{Aa}$ | $4.62\pm0.07^{Aab}$ | $4.56\pm0.06^{Aab}$ | $4.64\pm0.07^{Aab}$ | $4.59\pm0.04^{Aab}$ | $4.52\pm0.08^{Ab}$ |
| | 30 | $4.45\pm0.02^{Ba}$ | $4.42\pm0.03^{Bab}$ | $4.39\pm0.02^{Bab}$ | $4.41\pm0.03^{Bab}$ | $4.37\pm0.09^{Bab}$ | $4.34\pm0.03^{Bb}$ |
| | 60 | $4.37\pm0.08^{Ba}$ | $4.34\pm0.08^{Ba}$ | $4.29\pm0.10^{Ba}$ | $4.35\pm0.08^{Ba}$ | $4.30\pm0.09^{Ba}$ | $4.24\pm0.07^{Ba}$ |
| **Acidity (◦D)** | 1 | $78.99\pm1.83^{Ca}$ | $79.80\pm2.17^{Ca}$ | $80.40\pm1.82^{Ca}$ | $79.02\pm2.01^{Ca}$ | $80.15\pm2.50^{Ca}$ | $80.40\pm2.66^{Ca}$ |
| | 30 | $91.00\pm2.77^{Ba}$ | $91.87\pm3.01^{Ba}$ | $93.13\pm1.92^{Ba}$ | $91.50\pm2.33^{Ba}$ | $93.17\pm2.59^{Ba}$ | $94.18\pm2.10^{Ba}$ |
| | 60 | $97.25\pm0.74^{Ab}$ | $98.03\pm0.98^{Ab}$ | $98.40\pm1.22^{Aab}$ | $97.84\pm0.64^{Ab}$ | $98.56\pm0.41^{Aab}$ | $99.92\pm1.13^{Aa}$ |
| **Syneresis (%)** | 1 | $1.51\pm0.30^{Ba}$ | $1.57\pm0.31^{Ba}$ | $1.70\pm0.27^{Ba}$ | $1.71\pm0.36^{Ba}$ | $1.84\pm0.33^{Ba}$ | $1.97\pm0.45^{Ba}$ |
| | 30 | $2.96\pm0.52^{Aa}$ | $3.24\pm0.29^{Aa}$ | $3.50\pm0.44^{Aa}$ | $3.14\pm0.52^{Aa}$ | $3.30\pm0.56^{Aa}$ | $3.42\pm0.55^{Aa}$ |
| | 60 | $2.58\pm0.41^{Aa}$ | $2.80\pm0.34^{Aa}$ | $2.97\pm0.33^{Aa}$ | $2.80\pm0.32^{Aa}$ | $2.95\pm0.26^{Aa}$ | $3.18\pm0.56^{Aa}$ |
| **Moisture (%)** | 1 | $66.99\pm0.30^{Aa}$ | $65.08\pm0.36^{Ab}$ | $64.08\pm0.31^{Ac}$ | $65.02\pm0.23^{Ab}$ | $64.20\pm0.34^{Ac}$ | $63.19\pm0.33^{Ad}$ |
| | 30 | $64.69\pm0.29^{Ba}$ | $63.67\pm0.30^{Bb}$ | $62.72\pm0.38^{Bc}$ | $63.67\pm0.34^{Bb}$ | $62.74\pm0.26^{Cc}$ | $61.79\pm0.30^{Bd}$ |
| | 60 | $65.00\pm0.31^{Ba}$ | $63.92\pm0.45^{Bbc}$ | $62.99\pm0.52^{Bd}$ | $64.08\pm0.38^{Bb}$ | $63.35\pm0.22^{Bcd}$ | $62.28\pm0.12^{Bc}$ |
| **Protein (%)** | 1 | $11.85\pm0.25^{Aa}$ | $11.87\pm0.25^{Aa}$ | $11.84\pm0.25^{Aa}$ | $11.87\pm0.13^{Ba}$ | $11.74\pm0.24^{Aa}$ | $11.71\pm0.35^{Aa}$ |
| | 30 | $12.37\pm0.20^{Aa}$ | $12.33\pm0.21^{Aa}$ | $12.20\pm0.25^{Aa}$ | $12.28\pm0.22^{Aa}$ | $12.12\pm0.30^{Aa}$ | $12.06\pm0.30^{Aa}$ |
| | 60 | $12.02\pm0.31^{Aa}$ | $11.93\pm 0.21^{Aa}$ | $11.86\pm0.18^{Aa}$ | $11.93\pm0.22^{ABa}$ | $11.83\pm0.13^{Aa}$ | $11.77\pm0.11^{Aa}$ |
| **Water Soluble Nitrogen/Total Nitrogen (%)** | 1 | $5.97\pm0.16^{Bb}$ | $6.09\pm0.21^{Cb}$ | $6.29\pm0.25^{Cab}$ | $6.12\pm0.12^{Bb}$ | $6.26\pm0.17^{Bab}$ | $6.52\pm0.22^{Ca}$ |
| | 30 | $7.72\pm0.20^{Ab}$ | $7.89\pm0.19^{Bab}$ | $8.12\pm0.34^{Bab}$ | $8.04\pm0.29^{Aab}$ | $8.31\pm0.32^{Aa}$ | $8.46\pm0.39^{Ba}$ |
| | 60 | $8.06\pm0.31^{Ac}$ | $8.41\pm0.35^{Abc}$ | $8.83\pm0.36^{Ab}$ | $8.49\pm0.46^{Abc}$ | $8.81\pm0.50^{Ab}$ | $9.58\pm0.29^{Aa}$ |
| **Fat (%)** | 1 | $15.92\pm0.28^{Ba}$ | $15.92\pm0.28^{Aa}$ | $15.85\pm0.25^{Aa}$ | $15.91\pm0.28^{Aa}$ | $15.84\pm0.20^{Aa}$ | $15.76\pm0.23^{Aa}$ |
| | 30 | $16.48\pm0.24^{Aa}$ | $16.36\pm0.21^{Aa}$ | $16.24\pm0.28^{Aa}$ | $16.26\pm0.41^{Aa}$ | $16.13\pm0.32^{Aa}$ | $16.03\pm0.41^{Aa}$ |
| | 60 | $15.55\pm0.25^{Ba}$ | $15.26\pm0.38^{Bab}$ | $14.90\pm0.26^{Bb}$ | $15.19\pm0.18^{Bab}$ | $14.98\pm0.19^{Bab}$ | $14.76\pm0.44^{Bb}$ |

P0, P1 and P2 are 0, 1 and 2% levels of whey permeate and L0 and L1 are 0 and 1% lactulose, respectively. Different small and capital letters indicate significant differences (p<0.05) in each row (treatments) and column (days) for each cheese characteristics, respectively.

و ۲ قابل مشاهده‌است. بر پایه‌ی یافته‌های به‌دست آمده افزودن پودر DUWP و لاکتولوز سبب کاهش معنی‌دار میزان رطوبت نمونه‌ها گردید ($P$<۰/۰۰۱). به طور میانگین رطوبت نمونه‌های پنیر فراپالوده‌ی حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۶۴/۷۶، ۶۳/۸۲ و

**۲-۳- تغییرات رطوبت**

نتایج تغییرات میزان رطوبت در نمونه‌های پنیر تولیدی در اثر افزایش پودر آب‌پنیر فراپالایش با املاح کاهش یافته و لاکتولوز در طی ۶۰ روز نگهداری در جداول ۱

۶۲/۸۴ تعیین گردید. میزان رطوبت نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز به ترتیب ۶۴/۲۵ و ۶۳/۳۷ تعیین گردید. در مقایسه با پودر لاکتولوز، افزودن DUWP تأثیر بیشتری بر تغییرات رطوبت نمونه‌های پنیر داشت.

بخش دیگری از یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که به موازات افزایش مدت زمان رسیدن میزان رطوبت نمونه‌های مختلف در ۳۰ روز نخست کاهش و پس از آن تا پایان زمان نگهداری افزایش معنی‌داری یافت ($P<۰/۰۰۱$). بیشترین میزان رطوبت مربوط به نمونه‌ی شاهد ۶۶/۹۹ در ابتدای نگهداری و کمترین میزان رطوبت ۶۱/۷۹ مربوط به نمونه‌ی حاوی ۲٪ پودر DUWP و ۱٪ لاکتولوز در روز ۳۰ مشاهده شد. مشابه روند افزایش و کاهشی در هر نمونه در طی دوره‌ی نگهداری در این پژوهش را پیشتر محققانی نظیر خسروشاهی و همکاران [۳۵] در پنیر سفید ایرانی و آلوارز و همکاران [۳۶] در پنیر خامه‌ایی سین-بیوتیک گزارش کرده‌اند. جوینده و همکاران [۳۷] کاهش معنی‌دار در میزان رطوبت نمونه‌های مختلف پنیر ایرانی حاوی نمک در طی دوره‌ی رسیدگی را ناشی از فشار اسمزی ایجاد شده در اثر قرار گرفتن لخته پنیر در محلول آب‌نمک و انتشار نمک به ماتریس پنیر و خروج آب از بافت پنیر بیان کردند. در پژوهشی دیگر کرمی و همکاران [۵] بیان کردند در فرایند تولید پنیر به روش فراپالایش مرحله‌ای تحت عنوان برش-زنی وجود ندارد. بنابراین به نظر می‌رسد این تفاوت مشاهده شده در میزان محتوای رطوبت نمونه‌های مختلف می‌تواند ناشی از تفاوت میزان آب‌اندازی آن‌ها در طی دوره‌ی نگهداری باشد.

آنالیز یک‌طرفه داده‌ها نیز نشان دهنده‌ی وجود اثر معنی‌دار میان میانگین رطوبت تیمارهای مورد آزمایش بود (شکل ۱). در این نمودار نیز به‌خوبی مشخص است که با افزایش هر دو پودر لاکتولوز و DUWP، مقدار رطوبت پنیر کاهش قابل توجهی می‌یابد.

ایسلام و همکاران [۳۳] در نتایج مشابه تغییرات رطوبت را ناشی از افزودن ترکیباتی نظیر پودر پرمیت و لاکتولوز به نمونه‌های سین‌بیوتیک گزارش کردند. همانطور که پیشتر گفته شد، ترکیبات پری‌بیوتیک افزایش جمعیت باکتری‌های پروبیوتیکی و افزایش میزان فعالیت پروتئولیتیک را به همراه دارد. پروتئولیز سبب شکست شبکه‌های پروتئینی و انتشار ترکیبات محلول و مولکول‌های کوچک از درون بافت پنیر به بیرون می‌شود. به همین سبب، خروج آن‌ها سبب کاهش میزان ماده خشک و افزایش میزان رطوبت می-گردد. پودر آب‌پنیر با املاح کاهش یافته به دلیل توانایی بالا در نگهداری آب در بافت نمونه‌ها سبب افزایش میزان رطوبت در بافت نمونه‌ها می‌شود. بنابراین افزودن پودر آب‌پنیر فراپالایش احتمالاً علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب، بهبود شبکه‌های سه بعدی کازئینی را نیز به همراه دارد [۳۸].

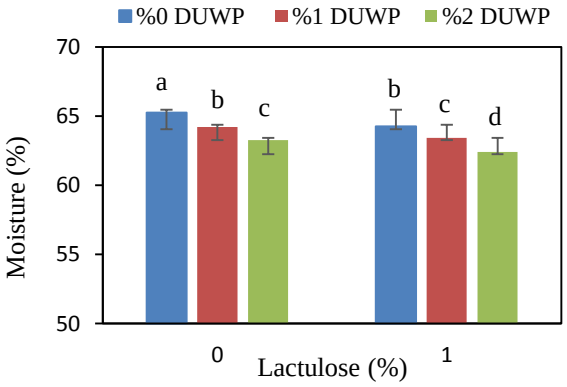


**FIG 1.** Effect of addition of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose powder on moisture content of synbiotic ultrafiltrated cheeses.

**۳-۳- تغییرات سینرسیس**

نتایج یافته‌ها (جدول ۱) بیانگر آن بود هرچند افزودن پودر DUWP و لاکتولوز سبب افزایش مقدار سینرسیس پنیر گردید، اما این تغییرات نبود ($P>۰/۰۵$). به طور میانگین میزان سینرسیس نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۲/۵۵، ۲/۶۹ و ۲/۸۶ و میانگین سینرسیس نمونه‌های پنیر فراپالوده‌ی حاوی ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز نیز به ترتیب ۲/۵۴ و ۲/۷۰ تعیین گردید.

تمیم و رابینسون در ماست [۳۹] و زیسوس و شاه [۴۰] در پنیر موزرالا نتایج مشابهی را گزارش کردند و علت تغییر نمودن سینرسیس را ناشی از افزایش پودر آب‌پنیر فراپالایش دانستند، زیرا پودر آب‌پنیر فراپالایش سبب افزایش ادغام رشته‌های کازئینی و افزایش تراکم شبکه‌های ماتریکس پروتئینی می‌شوند به همین سبب سینرسیس در نمونه‌ها افزایش می‌یابد. درهرحال شاید دلیل اصلی افزایش سینرسیس همگام با افزایش مقادیر پودرهای لاکتولوز و DUWP را بتوان به افزایش اسیدیته پنیر نسبت داد؛ چرا که افزایش اسیدیته منجر به خروج هر چه بیشتر آب از دلمه پنیر می‌گردد [۱].

برخلاف نتایج تحقیق حاضر، جوینده و همکاران [۳۷] در ماست و اولفا و همکاران [۴۱] در ماست حاوی لاکتولوز، بیان کردند که افزودن ترکیبات پری‌بیوتیکی به‌دلیل افزایش دادن ماده‌ی خشک محصول سبب افزایش میزان ظرفیت نگهداری آب طی دوره‌ی نگهداری شده و از این رو میزان سینرسیس را کاهش می‌دهند.

براساس نتایج به‌دست آمده، زمان نگهداری نیز بر میزان سینرسیس نمونه‌ها تأثیرگذار بود؛ به‌طوری که با گذشت مدت زمان نگهداری، میزان سینرسیس تا اواسط دوره نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش و پس از آن تا پایان زمان نگهداری کاهش یافت ($P<۰/۰۰۱$).

افزایش سینرزیس پنیر همگام با افزایش زمان نگهداری تا اواسط دوره همان‌طور که در بالا اشاره شد می‌تواند به‌دلیل افزایش اسیدیته پنیر باشد. کاهش سینرزیس یا به عبارت دیگر افزایش رطوبت پنیر نیز می‌تواند به علت افزایش خواص آب‌دوستی پروتئین پنیر در نتیجه‌ی توسعه پروتئولیز باشد [۱]. فرضیه دیگری که برای کاهش سینرسیس در ژل‌های کازئینی طی مدت نگهداری توسط حسن و همکاران [۴۲] و قاسمپور و همکاران [۴۳] مطرح شده است آن است که دمای پایین نگهداری سبب افزایش تعداد و قدرت پیوندها بین اجزای تشکیل‌دهنده‌ی ساختار ژل و افزایش ظرفیت نگهداری آب گردد و به این ترتیب گذر زمان می‌تواند منجر به کاهش میزان سینرسیس شود.

بررسی اثرات متقابل میان متغیرهای مورد بررسی در جدول ۱ قابل مشاهده است. همان‌گونه که می‌توان در این جدول مشاهده نمود، اثر متقابلی میان متغیرهای آزمایش از نظر سینرسیس مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$).

**۴-۳- تغییرات پروتئین**

یافته‌های حاصل از تغییرات میزان پروتئین در اثر افزودن دو متغیر پودر DUWP و پودر لاکتولوز به پنیر فراپالایش در طی دوره‌ی انبارمانی در جداول ۱ و ۲ آمده است. همانند سینرسیس، افزودن هر یک از پودرهای DUWP و لاکتولوز تأثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین نمونه‌های پنیر فراپالوده‌ی سین‌بیوتیک نداشت اما زمان نگهداری در این زمینه تغییرات کاملاً معنی‌داری ایجاد نمود ($P<۰/۰۰۱$). به طور میانگین میزان سینرسیس نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۱۲/۰۵، ۱۱/۹۷ و ۱۱/۹۰ تعیین گردید و میزان پروتئین نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز به ترتیب ۱۲/۰۳ و ۱۱/۹۲ تعیین گردید. بنابراین افزودن هر یک از پودرهای DUWP و لاکتولوز سبب کاهش جزیی پروتئین در نمونه‌های پنیر

گردید. علت کاهش پروتئین پنیر در این زمینه می‌تواند به نقش مهم کازئین در تشکیل شبکه پروتئین مربوط باشد؛ چرا که تلفیق هر ماده دیگر سبب کاهش غلظت کازئین و تداخل مواد (مانند DUWP و لاکتولوز) در تشکیل شبکه پروتئینی کازئین گردد. مطابق با یافته‌های جوینده و مینهاس [۳۸]، افزودن پروتئین آب‌پنیر تخمیری تغلیظ‌شده سبب کاهش مقادیر بازیافت پروتئین قبل و بعد از تشکیل پروتئین گردید. در تحقیق مذکور نیز علت کاهش بازیافت پروتئین در پنیرهای سفید ایرانی در اثر افزایش میزان پروتئین آب‌پنیر تخمیری تغلیظ شده به عدم تشکیل شبکه‌ی مناسب سه‌بعدی کازئینی نسبت داده شده است. در تأیید این نتایج، دایبینگ و اسمیت [۴۴] بیان کردند افزودن محلول‌های تیمارشده‌ی پروتئین‌های آب‌پنیر می‌تواند سبب کاهش مقدار بازیافت پروتئین شود.

همچنین نتایج حکایت از آن داشت که میزان پروتئین نمونه‌های پنیر در ۳۰ روز نخست به‌شکلی قابل توجه افزایش و پس از آن تا پایان مدت نگهداری تا حدودی کاهش یافت. برای توجیه نتایج به‌دست آمده می‌توان به نتایج کرمی و همکاران [۵] و ترابی و همکاران [۱۰] استناد کرد. آن‌ها علت افزایش و به‌دنبال آن کاهش میزان پروتئین طی مدت زمان نگه‌داری را به تغییرات میزان رطوبت نسبت دادند زیرا رطوبت می‌تواند بر روند تغییرات میزان پروتئین موثر باشد. همچنین، به‌علت پروتئولیز، پروتئین‌ها به پپتیدها و اسیدهای آمینه تبدیل شده و این موضوع سبب کاهش میزان پروتئین می‌شود [۵ و ۱۰]. رودان و همکاران [۴۵] نیز روند پروتئولیز را با میزان چربی و رطوبت مرتبط دانستند، افزایش چربی و رطوبت میزان پروتئولیز را افزایش داده و کاهش چربی و رطوبت نیز میزان پروتئولیز را کاهش می‌دهند.

**۵-۳- تغییرات نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل**

نسبت نیتروژن محلول در آب به نیتروژن کل (WSN/TN) در نمونه‌های پنیر را می‌توان به‌عنوان شاخص پروتئولیز یا میزان رسیدگی پنیر در نظر گرفت [۴۶]. تغییرات شاخص پروتئولیز نمونه‌های پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک طی یک دوره‌ی نگهداری ۶۰ روزه در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌گونه که می‌توان مشاهده نمود، با افزودن هر یک از پودرهای DUWP و لاکتولوز، مقدار نسبت WSN/TN در تمامی نمونه‌ها افزایش یافت ($P<۰/۰۱$). به طور میانگین میزان WSN/TN نمونه‌های پنیر حاوی ۰، ۱ و ۲ پودر DUWP به ترتیب ۷/۴۰، ۷/۶۳ و ۷/۹۷ تعیین گردید و میزان WSN/TN نمونه‌های حاوی ۰ و ۱ درصد لاکتولوز به ترتیب ۷/۴۸ و ۷/۸۴ تعیین گردید. با نگاهی به جداول ۱ و ۲ تغییرات این شاخص نشان می‌دهد که مدت زمان نگهداری نیز شدت پروتئولیز نمونه‌های مختلف پنیر را تحت تأثیر خود قرار داده و میزان پروتئولیز افزایش یافته است ($P<۰/۰۱$). درهرحال، مطابق با یافته‌های جدول ۱ و شکل ۱، هیچگونه اثر متقابلی میان متغیرهای مورد آزمایش از این نظر مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$).

در توجیه تغییرات پروتئولیز در طی دوره‌ی نگهداری می‌توان به مطالعات جوینده و همکاران [۴۷] استناد کرد. آنها علاوه بر کیموزین موجود در پنیر، نسبت رطوبت به پروتئین در پنیر را مسئول اصلی پروتئولیز در طی نگهداری پنیر معرفی کردند. بنابر اظهارات محققین مذکور، نمونه‌های کم‌چرب با وجود رطوبت بالا، میزان رطوبت به ازای واحد پروتئینی کمتری دارند در صورتی‌که نمونه‌های پرچرب با وجود میزان رطوبت پایین‌تر، نسبت رطوبت به پروتئین بالاتری دارند؛ در نتیجه میزان دسترسی آنزیم به سوبسترای پروتئینی بیشتر شده و سبب افزایش معنی‌دار شاخص پروتئولیز در سراسر دوره‌ی نگهداری می‌شود [۴۷]. بنابر دلایل ذکر شده، نسبت رطوبت به پروتئین بالاتر سبب افزایش سرعت پروتئولیز می‌شود. یافته‌های به

دست آمده نیز منطبق با نتایج زالازار و همکاران [۴۸] بود. در این تحقیق نیز میزان بالاتر پروتئولیز در نمونه‌های حاوی رطوبت بالاتر یا در واقع نمونه‌های پنیر حاوی سطوح بالاتر لاکتولوز و DUWP مشاهده گردید.

به‌علاوه گزارش شده است افزودن ترکیباتی نظیر اینولین و پروتئین‌های آب پنیر [۱۰] و لاکتولوز [۲۳] سبب افزایش فعالیت باکتری‌های آغازگر و پروبیوتیک شده و در نتیجه‌ی آن میزان پروتئولیز ناشی از آن‌ها افزایش می‌یابد. افزایش پروتئولیز به‌دلیل فعالیت پروتئولیتیکی باکتری‌های آغازگر یا پروبیوتیک توسط بسیاری از محققین گزارش شده است [۳۱، ۵۰-۴۹].

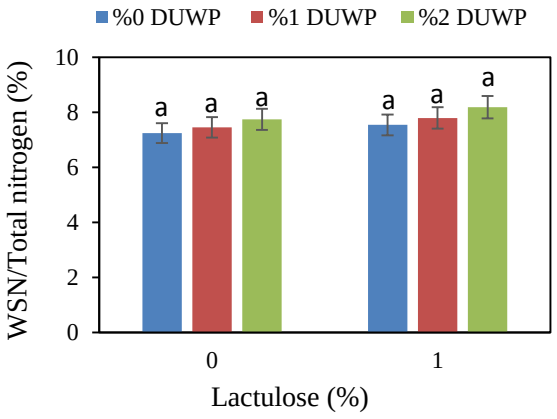


**FIG 2.** Effect of addition of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) and lactulose powder on water soluble nitrogen to total nitrogen ratio (WSN/TN) of synbiotic ultrafiltrated cheeses

### ۶-۳- تغییرات چربی

لیپولیز فرآیندی است که در طی آن چربی‌ها توسط آنزیم - لیپاز طبیعی شیر، لیپاز تولیدی به‌وسیله فلور میکروبی (میکروب‌های آغازگر) پنیر و همچنین برخی از انواع رنت تجزیه می‌شوند. فرآیند لیپولیز سبب تولید اسیدهای چرب و گلیسرول در پنیر و در نتیجه توسعه عطر و طعم در محصول می‌گردد. در میان عوامل مذکور، فلور میکروبی پنیر به عنوان عامل اصلی فرآیند لیپولیز به شمار می‌رود. پنیرهایی که در تولید آن‌ها از حرارت استفاده می‌شود، بخش اعظمی از آنزیم لیپاز موجود در شیر از بین می‌رود [۵].

همانگونه که در جدول ۱ و ۲ قابل مشاهده است، افزودن پودر DUWP و لاکتولوز بر میزان چربی نمونه‌ها تأثیر معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). به طور میانگین، میزان چربی نمونه‌های حاوی ۰، ۱ و ۲ درصد پودر DUWP به ترتیب ۱۵/۸۸، ۱۵/۷۴ و ۱۵/۵۹ تعیین گردید. میزان چربی نمونه‌ها در اثر افزودن ۰ و ۱ درصد پودر لاکتولوز به ترتیب ۱۵/۸۳ و ۱۵/۶۵ تعیین گردید. با مشاهده جدول ۲ می‌توان دریافت که تأثیر افزودن پودر DUWP و لاکتولوز بر کاهش میزان چربی نمونه‌های پنیر همگام با گذشت زمان نگهداری افزایش می‌یابد، به‌طوری که در پایان ۶۰ روز نگهداری، اختلاف مقدار چربی بین تیمارها به حداکثر خود می‌رسد. همان‌گونه که در مورد پروتئولیز اشاره شد، احتمالاً این شرایط به‌دلیل تأثیر مثبت پودر DUWP و لاکتولوز بر فعالیت باکتری‌های آغازگر و پروبیوتیک می‌باشد که درنتیجه فعالیت آن‌ها طبیعی است که لیپولیز نیز با شدت بیشتری صورت پذیرد.

بر اساس نتایج به‌دست آمده، افزایش مدت زمان نگهداری نیز سبب تغییرات معنی‌دار ($P<۰/۰۱$) در میزان چربی نمونه‌ها شد. میزان چربی نمونه‌های پنیر با گذشت زمان نگهداری و تا اواسط دوره به صورت غیرمعنی‌داری افزایش و پس از آن تا پایان زمان نگهداری کاهش معنی-داری یافت ($P<۰/۰۵$). علت افزایش چربی در ابتدای دوره نگهداری احتمالاً به‌دلیل خروج رطوبت از پنیر و افزایش تمامی ماده خشک آن منجمله چربی باشد [۱۰]. جوینده و مینهاس [۳۸] در بررسی تأثیر افزودن کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر تخمیرشده روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پنیر فتا نشان دادند که افزودن این کنسانتره به شیر پنیرسازی سبب افزایش قابل توجه رطوبت و کاهش چربی گردید. این

محققین، افزایش چربی در ابتدای زمان نگهداری پنیر را به اسیدیته بالا و وجود باکتری‌های اسید لاکتیک در کنسانتره نسبت دادند؛ چرا که به‌دلیل افزایش اسیدیته، میزان سینرسیس افزایش می‌یافت و پنیری با بافت متراکم‌تر تولید می‌گردید. در مقابل، با افزایش زمان نگهداری و توسعه پروتئولیز و لیپولیز در پنیر، افزایش رطوبت پنیر از یک سو و تجزیه چربی از سوی دیگر سبب کاهش چربی در پنیر می‌گردید [۳۸]. کاهش چربی در انتهای دوره نگهداری احتمالاً به دلیل توسعه لیپولیز پنیر به‌ویژه توسط باکتری‌های اسید لاکتیک و افزایش جزیی رطوبت پنیر توسط سایر محققین در محصولاتی نظیر ماست سین‌بیوتیک [۳۴] و پنیر فراپالوده سین‌بیوتیک [۵۱] گزارش شده است. دل‌سیلویرا و همکاران [۵۲] نیز تغییرات چربی را به تأثیر میزان رطوبت نسبت دادند؛ به عبارتی دیگر، کاهش میزان رطوبت در محصول سبب افزایش میزان چربی در آن می‌شود. در این میان ترابی و همکاران [۵۳] علاوه بر تغییرات رطوبتی، عواملی از جمله درجه حرارت نگهداری، غلظت نمک و ویژگی آب‌گیری پروتئین‌ها تحت تأثیر رطوبت را بر کاهش و افزایش میزان چربی تأثیرگذار دانستند.

نتایج آنالیز داده‌ها نشان دهنده‌ی عدم وجود اثر متقابل میان سه متغیر مورد آزمایش بر روند تغییرات چربی بود ($P>۰/۰۵$).

## ۴- نتیجه‌گیری

امروزه با گسترش آگاهی مصرف‌کنندگان غذاهای سین-بیوتیک به عنوان غذاهای فراسودمند یا عملگرا بسیار مورد توجه قرار گرفته است. یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌های صنعت غذا حفظ باکتری‌های پروبیوتیک در غذاهای عملگرا می‌باشد. از مهمترین روش‌های مورد استفاده جهت حفظ این باکتری‌ها، استفاده از ترکیبات پری‌بیوتیک می‌باشد. هدف از پژوهش پیش‌رو بررسی امکان تولید پنیر سین-بیوتیک فراسودمند حاوی ترکیبات پری‌بیوتیکی پودر پرمیت یا آب‌پنیر فراپالایش با املاح کاهش یافته (DUWP) و پودر لاکتولوز با ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی قابل قبول بود. نتایج نشان داد افزودن پودر پرمیت و لاکتولوز سبب کاهش و افزایش معنی‌دار pH و اسیدیته در طی مدت زمان نگهداری شد. این ترکیبات همچنین میزان رطوبت موجود در بافت را کاهش و میزان سینرسیس را افزایش دادند. افزودن پودر پرمیت و لاکتولوز در طی مدت زمان رسیدگی سبب توسعه پروتئولیز و لیپولیز در پنیر گردید که این امر توانست منجر به بهبود کیفیت عطر و طعم نمونه‌های تولیدی شود. در میان نمونه‌های تولیدی، نمونه پنیر حاوی یک درصد از هر یک از پودرهای DUWP و لاکتولوز از کیفیت بافتی منسجم‌تر (به‌دلیل رطوبت کمتر و اسیدیته بالاتر) و خواص حسی مطلوب‌تری (به‌دلیل شاخص پروتئولیز یا میزان رسیدگی بیشتر) برخوردار بود (نتایج نشان داده نشده است). با توجه خواص سلامت‌بخشی نمونه پنیر سین‌بیوتیک تولیدی حاوی DUWP و لاکتولوز، تولید و مصرف این محصول فراسودمند با هدف ارتقای سلامتی جامعه در مقیاس صنعتی پیشنهاد می‌شود.

## ۵- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله مراتب سپاس خود را از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بابت پشتیبانی مالی از این تحقیق اعلام می‌دارند. همچنین از مسئولین محترم کارخانه پگاه خوزستان و واحد تحقیق و توسعه کارخانه به جهت تولید نمونه‌های پنیر قدردانی می-گردد.

## ۶- منابع


[1] Jooyandeh, H. 2022. *Application of enzymes in dairy products*. 1st ed., Khuzestan Agricultural Sciences and Natural Resources University Press. (In Persian)

[2] Ghoddusi, H.B., Habibi Najafi, M.B., Mazaheri Tehrani, M., and Razavi, M.A. 2004. *Feta and related cheeses*. 2nd ed., Mashhad University Press. (Translation), 157-155. (In Persian)

[3] Vigne, J.D. 2011. The origins of animal domestication and husbandry: A major change in the history of humanity and the biosphere. *Comptes Rendus Biologies*. 334(3), 171–181.

[4] Mistry, V.V. and Maubois, J.L. 2017. Application of Membrane Separation Technology to Cheese Production. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 27, 677-697.

[5] Karami, M., Ehsani, M.R., Mousavi, M. A., Rezaei, K. A. and Safari, M. 2009. The effect of ripening time on fatty acid profile, microstructure and sensory properties of UF feta cheese. *Iranian Journal of Biosystem Engineering*. 40(1), 101-110. (In Persian)

[6] Doyon, M. and Labrecque, J.A. 2008. Functional foods: A conceptual definition. *British Food Journal*. 110(11), 1133-1149.

[7] Tayibi Moghadam, S. and Ehsani, M.R. 2019. Comparison of the effect of inulin extracted from native chicory root with commercial inulin on the viability of probiotics and the physicochemical, rheological and sensory properties of synbiotic mast. *Food Science and Industry*. 17(99), 1-16.

[8] Rodrigues, D., Rocha-Santos, T.A.P., Pereira, C.I., Gomes, A.N., Malcata, F.Z. and Freitas, A.C. 2011. The potential effect of FOS and inulin upon probiotic bacterium performance in curdled milk matrices. *Journal Food Science and Technology*. 44, 100-108.

[9] Rostamabadi, H., Jooyandeh, H. and Hojjati M. 2016. Optimization of Iranian low-fat cheese with addition of Persian and almond gums as fat replacers by Response Surface Methodology. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 5(3), 235-248. (In Persian)

[10] Torabi, F., Jooyandeh, H. and Noshad, M. 2021. Evaluation of physicochemical, rheological, microstructural, and microbial characteristics of synbiotic ultrafiltrated white cheese treated with transglutaminase. *Journal of Food Processing and Preservation*. 45(4), 1-11.

[11] Bulut Solak, B. and Akin, N. 2012. Health Benefits of Whey Protein: A Review. *Journal of Food Science and Engineering*. 2, 129-137.

[12] Jooyandeh, H., Minhas, K.S., and Kaur, A. 2009. Sensory quality and chemical composition of wheat breads supplemented with fermented whey protein concentrate and whey permeate. *Journal Food Science and Technology*. 46(2), 146-148.

[13] Alimoradi, F., Hojati, E., Jooyandeh, H., Zehni-Moghadam, S.A.H. and Moludi, J. 2016. Whey proteins: Health benefits and food applications. *Journal of International Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*. 9(2), 63-73.

[14] Beidaghi, M., and Movassagh, M. H. 2019. The effect of adding ewe's cheese whey on the quality of kefir drink. *Journal of Food Science and Technology*. 16(93), 135-142. (In Persian)

[15] Danesh, E., Goudarzi, M., and Jooyandeh, H. 2017. Effect of whey protein addition and transglutaminase treatment on the physical and sensory properties of reduced-fat ice cream. *Journal of Dairy Science*. 100, 5206–5211.

[16] Jooyandeh, H. 2020. Evaluation of physical and sensory properties of Iranian Lavash flat bread supplemented with precipitated whey protein (PWP). *African Journal of Agriculture and Food Security*. 8(2), 1-7.

[17] Jooyandeh, H. 2009. Effect of fermented whey protein concentrate on texture of Iranain white cheese. *Journal of Texture Studies*. 40(5), 497-510.

[18] Kouravand, F., Jooyandeh, H., Barzegar, H. and Hojjati, M. 2018. Characterization of cross-linked whey protein isolate-based films containing *Satureja khuzistanica* Jamzad essential oil. *Journal of Food Processing and Preservation*. 42(3), e13557, 1-10.

[19] Balthazar, C.F., Silva, H.L.A., Cavalcanti, R.N., Esmerino, E.A., Cappato, L.P., Abud, Y.K.D., et al. 2017. Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *Journal of Functional Foods*. 35, 564-573.

[20] Nicholson, J. K., Holmes, E., Kinross, J., Burcelin, R., Gibson, G., Jia, W., and Petterson, S. 2012. Host-gut microbiota metabolic interactions. *Science*. 336, 1262-1267.

[21] Nooshkam, M., Babazadeh A., and Jooyandeh, H. 2018. Lactulose: Properties, techno-functional food applications, and food grade delivery

system. *Trends in Food Science and Technology*. 80, 23-34.

[22] Jirsarai, B., Fadai, V. and Noghani, R. 2015. The effect of inulin and lactulose on the survival of Lactobacillus casei and the physicochemical and sensory characteristics of probiotic ultra-refined feta cheese. *Food Science and Nutrition.* 14(1), 46-35.

[23] Momenzadeh, S., Jooyandh, H., Alizadeh Behbahani, B., and Barzegar, H. 2021. Evaluation of physicochemical and sensory properties of half-fat synbiotic stirred yogurt containing Panirak (*Malva neglecta*) and lactulose. *Journal of Food Science and Technology.* 18(120), 353-363. (In Persian)

[24] Jooyandeh, H., Danesh, E., and Goudarzi, M. 2017. Influence of Transglutaminase Treatment on Proteolysis and Lipolysis of Low-Fat White-Brined Cheese Incorporated with Whey Proteins during Ripening. *Journal of Food Technology and Nutrition.* 15(4), 31–44. (In Persian)

[25] AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.

[26] Egan, H., Kirk, R. S. and Sawyer, R. 1981. Pearson's Chemical Analysis of Foods. eighth edition, *Journal of Association of Official Analytical Chemists*, 7(5), 497-499.

[27] Kuchroo, C. N. and Fox, P. F. 1982. Soluble nitrogen in cheddar cheese: comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*. 37, 331-335.

[28] Oliveira, R.P.D.S., Florence, A.C.R., Perego, P., De Oliveira, M.N. and Converti, A. 2011. Use of lactulose as prebiotic and its influence on the growth, acidification profile and viable counts of different probiotics in fermented skim milk. *International Journal of Food Microbiology.* 145(1), 22-27.

[29] Buriti, F.V.C.A., Cardarelli, H.S.R., Filisetti, T. M.C.C. and Saad, S.M.I. 2007. Synbiotic potential of fresh cream cheese supplemented with inulin and Lactobacillus paracasei in co-culture with Streptococcus thermophiles. *Food Chemistry*. 104, 1605–1610.

[30] Cardarellia, H.S.R., Buritia, F.C.A., Castrob, I.A. and Saad, S.M.L. 2008. Inulin and oligofructose improve sensory quality and increase the probiotic viable count in potentially synbiotic petit-suisse cheese. *LWT- Food Science and Technology*. 41(6), 1037-1046.

[31] Abd-Rabou, H.S., ElZiney, M.G. Awad, S.M., Sobhy A El Sohaimy, S.A. and Dabour, N.A. 2016. Impact of Probiotic and Synbiotic Supplementation on the Physicochemical, Texture and Sensory Characteristics of Wheyless Domiati-Like Cheese. *MOJ Food Processing and Technology.* 3(3), 1-10.

[32] Aghajani, A.R., Pourahmad, R. and Mahdavi Adeli, H. 2011. The Effect of Prebiotics on Probiotic Yogurt Containing Lactobacillus casei. *Food Technology and Nutrition.* 8(4), 73-83.

[33] Islam, M., Alharbi, M.A., Alharbi, N.K., Rafiq, S., Shahbaz, M., Murtaza, S., Raza, N., Farooq, U., Ali, M., Imran, M. and et al. 2022. Effect of Inulin on Organic Acids and Microstructure of Synbiotic Cheddar-Type Cheese Made from Buffalo Milk. *Molecules.* 27, 1-12.

[34] Sarwar, A., Aziz, T., Al-Dalali, S., Zhao, X., Zhang, J., ud Din, J., Chen, Ch., Cao, Y., and Yang, Zh. 2013. Physicochemical and Microbiological Properties of Synbiotic Yogurt Made with Probiotic Yeast Saccharomyces boulardii in Combination with Inulin. *Foods*. 8(10), 468-488.

[35] Khosrowshahi. A., Madadlou, A., Ebrahim Zadeh Mousavi, M., and EmamDjomeh, Z. 2006. Monitoring the Chemical and Textural Cheese During Ripening of Iranian White Cheese Made with Different Concentration of Starter. *Journal Dairy Science.* 89(9), 3318-3325.

[36] Alves, L.L., Richards, N.S.P.S., Mattanna, P., Andrade, D.F., Rezer, A.P.S., Milani, L.I.G., Cruz, A.G. and Faria, J.A.F. 2012. Cream cheese as a symbiotic food carrier using *Bifidobacterium animalis* Bb-12 and *Lactobacillus acidophilus* La-5 and inulin. *International Journal of Dairy Technology.* 65(1), 63-69.

[37] Jooyandeh, H., Mortazavi, S.A., Farhang, P. and Samavati, V. 2015. Physicochemical properties of set -style yoghurt as effect by microbial transglutaminase and milk solids contents. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences.* 4(11S), 59 -67.

[38] Jooyandeh, H. and Minhas, K.S. 2009. Effect of addition of fermented whey protein concentrate on cheese yield and fat and protein recoveries of Feta cheese. *Journal of Food Science and Technology.* 46(3), 221-224.

[39] Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. 2007. *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology*. A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 1-20.

[40] Zisu, B., and Shah, N.P. 2005. Textural and functional changes in low-fat Mozzarella cheeses in relation to proteolysis and microstructure as influenced by the use of fat replacers, pre-acidification and EPS starter. *International Dairy Journal.* 15(6), 957-972.

[41] Olfa, B.M., Marwa, M., Moncef, C., Mouna, B. and Mnasser, H. 2019. The combined effect of phytosterols and lactulose supplementation on yoghurt quality. *Journal of Food and Nutrition Research.* 7(4), 261-269.

[42] Hassan, L.K., Haggag, H.F., ElKalyoubi, M.H., Abd EL -Aziz, M., El -Sayed, M.M. and Sayed, A.F. 2015. Physico -chemical properties of yoghurt containing cress seed mucilage or guar gum. *Annals of Agricultural Sciences*. 60(1), 21 - 28.

[43] Ghasempour, Z., Alizadeh, M. and Bari, M.R. 2012. Optimisation of probiotic yoghurt production containing Zedo gum. *International Journal of Dairy Technology.* 65(1), 118 -125.

[44] Dybing, S.T. and Smith, D.E. 1998. The Ability of Phosphates or κ-Carrageenan to Coagulate Whey Proteins and the Possible Uses of Such Coagula in Cheese Manufacture1. *Journal of Dairy Science.* 81(2), 309-317.

[45] Rudan, M.A., Barbano, D.M., Joseph yun, J. and Kindstedt, P.S. 1999. Effect of Fat Reduction on Chemical Composition, Proteolysis, Functionality, and Yield of Mozzarella Cheese. *Journal Dairy Science*. 82, 661-672.

[46] Danesh, E., Goudarzi, M., and Jooyandeh, H. 2018. Transglutaminase-mediated incorporation of whey protein as fat replacer into the formulation of reduced-fat Iranian white cheese: physicochemical, rheological and microstructural characterization. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 12(4), 2416-2425.

[47] Jooyandeh, H., Rostamabadi, H., and Hojjati, M. 2017. Effect of Persian and almond gums as fat replacers on the physicochemical, rheological, and microstructural attributes of low-fat Iranian White cheese. *Food Science and Nutrition.* 14(3), 669-677.

[48] Zalazar, C.A., Zalazar, C.S., Bernal, S., Bertola, N., Bevilacqua, A., and Zaritzky, N. 2002. Effect of moisture level and fat replacer on physicochemical, rheological and sensory properties of low fat soft cheeses. *International Dairy Journal*. 12(1), 45-50.

[49] Barbosa, I.C., Oliveira, M.E.G., Madruga, M.S., Gullón, B., Pacheco, M.T.B., Ana M. P. et al. 2016. Influence of the addition of *Lactobacillus acidophilus* La-05, *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* Bb-12 and inulin on the technological, physicochemical, microbiological and sensory features of creamy goat cheese. *Food Function.* 7(10), 4356-4371.

[50] Cruz, A. G.; Buriti, C.; Souza, C. B. H.; Faria, J. A. F. and Saad, S. M. I. 2009. Probiotic cheese: health benefits, technological and stability aspects. *Trends in Food Science and Technology*. 20(8), 344–354.

[51] El, B. and Azza, M. 2013. The use of inulin as a dietary fiber in the production of symbiotic Uf-Soft cheese. *Journal of Food and Dairy Science.* 4 (12), 663 – 677.

[52] Da Silveira, E.O., Jose H. Lopes Neto, J.H., da Silva, L.A., Raposo, A.E.S. Marciane Magnani, M. and Cardarelli, H.R. 2015. The effects of inulin combined with oligofructose and goat cheese whey on the physicochemical properties and sensory acceptance of a probiotic chocolate goat dairy beverage. *LWT - Food Science and Technology*. 62(1), 445-451.

[53] Torabi, F., Jooyandeh, H., Noshad, M. and Barzegar, H. 2019. Modeling and Optimization of Physicochemical and Organoleptical Properties and *Lactobacillus acidophilus* Viability in Ultrafiltrated Synbiotic Cheese, Containing Microbial Transglutaminase Enzyme, Whey and Inulin. *Research and Innovation in Food Science and Technology*. 8(2), 137-150. (In Persian)

**Journal of Food Science and Technology (Iran)**

**Homepage:www.fsct.modares.ir**

**Scientific Research**

# Study on the Physicochemical Properties of Synbiotic UF-Cheese Containing demineralized Ultrafiltrated Whey powder and lactulose During Storage Period

Ghazal Nosrati[1], Hossein Jooyandeh[2], Mohammad Hojjati[2], Mohammad Noshad[3]

1– MSc student, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

1- Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

3- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

## ABSTRACT

Ultrafiltrated (UF)-white cheese is almost a new generation of white-cheeses that is produced throughout ultrafiltration process. This cheese has a soft and spreadable texture and is distributed in the market after a short storage period. Lactulose is a prebiotic compound that in addition to its positive effect on the growth of probiotic bacteria, its beneficial health effects on human well-being is proved. In the current research, synbiotic cheese samples were produced with the usage of demineralized ultrafiltrated whey powder (DUWP) at 3 levels of 0, 1 and 2%, lactulose at 2 levels of 0 and 1%, and *bifidobacterium bifidum* as probiotic bacteria. Experimental samples were analyzed and tested for physicochemical analysis including pH, acidity, moisture, syneresis, fat, protein and soluble nitrogen to total nitrogen ratio (TSN/TN) during 60 days of storage at 4 ◦C. Results revealed that addition of DUWP and lactulose, except for protein, had significant effects on the other tested parameters. In addition, the time of storage period had noticeable impact on all the examined physicochemical properties (P<0.01). Based on the results of this study, it was found that the best UF-white synbiotic cheese could be produced with the usage of 1% of each DUWP and lactulose powders.

## ARTICLE INFO

**Article History:**

Received: 2023/5/21
Accepted: 2023/7/16

**Keywords:**

Ultrafiltrated cheese,

Synbiotic,

*Bifidobacterium bifidum*,

DUWP,

Storage period

**DOI: 10.22034/FSCT.20.139.149**
**DOR: 20.1001.1.20088787.1402.20.139.10.4**

*Corresponding Author E-Mail:
hosjooy@asnrukh.ac.ir