



## بررسی خواص فیزیکوشیمیایی و میکروبی ماست کم چرب غنی شده با کنسانتره پروتئینی آب پنیر، کنسانتره پروتئینی شیر، فیبر گندم - اسفرزه

یلدا جاویدی<sup>۱</sup>، محمد گلی<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

۳- دانشیار مرکز تحقیقات لیزر و بیوفوتونیک در فناوریهای زیستی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

### چکیده

### اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۵

کلمات کلیدی:

ماست کم چرب،

کنسانتره پروتئین شیر،

کنسانتره پروتئین آب پنیر،

فیبر اسفرزه.

DOI: 10.52547/fsct.18.03.21

\* مسئول مکاتبات:

mgolifood@yahoo.com

در این پژوهش تاثیر افزودن کنسانتره پروتئینی آب پنیر، کنسانتره پروتئینی شیر، پودر شیر، فیبر گندم و مخلوط فیبر گندم و اسفرزه هر کدام در دو سطح ۱ و ۲ درصد بر ویژگی های شیمیایی، کیفی و رشد باکتری های آغازگر، طی مدت ۲۱ روز نگهداری، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که افزودن مخلوط گندم و اسفرزه موجب کاهش معنی دار pH و متعاقبا افزایش اسیدیته شده است. نمونه های دارای کنسانتره پروتئین شیر، کمترین میزان آب اندازی و بیشترین ویسکوزیته را داشته است که با سایر تیمارها اختلاف معنی داری را داشته است. مواد جامد محلول نمونه های دارای کنسانتره پروتئینی آب پنیر، افزایش معنی داری را نسبت به سایر نمونه ها داشته است. بیشترین رشد باکتری های لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی و استرپتوکوکوس ترموفیلوس در اولین روز آزمون، مربوط به نمونه های دارای کنسانتره پروتئین آب پنیر و در پایان مدت زمان نگهداری، مربوط به نمونه های پودر شیر بوده است. نتایج به دست آمده از این پژوهش، بیان گر این مطلب بود که بهترین تاثیرات مربوط به نمونه های دارای کنسانتره پروتئین شیر بوده است که کمترین میزان آب اندازی و بیشترین ویسکوزیته را داشته است و توانسته است بر رشد میکروبی تاثیر قابل توجهی را داشته باشد. نتایج نشان داد که استفاده از ترکیبات فیبری و کنسانتره های پروتئینی جهت بهبود ویژگی های کیفی ماست تاثیر گذار بوده و امید است که مورد بهره وری عملی در فراورده های متنوع مواد غذایی قرار گیرد.

## ۱- مقدمه

طبق تعریف استاندارد، ماست، فرآورده‌ای منعقد شده است که از تخمیر اسیدی شیر پاستوریزه به وسیله فعالیت باکتری‌های اختصاصی لاکتیکی به ویژه *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس بولگاریکوس* به میزان معین و در درجه حرارت و زمان مشخص به دست می‌آید [۱]. این فرآورده از لحاظ تغذیه‌ای، ماده‌ی غذایی ارزشمندی است که مقادیر قابل توجهی از چندین ماده‌ی مغذی را با کالری نسبتاً پایین فراهم می‌کند و به دلیل طعم و تنوع مطلوب، به عنوان غذایی سالم مورد توجه قرار گرفته است [۲]. ماست دارای خواص درمانی و پروبیوتیک مانند افزایش هضم مواد غذایی، تقویت سیستم ایمنی، فعالیت ضد سرطانی و کاهش کلسترول سرم می‌باشد [۳]. میزان بالای کلسیم، ویتامین‌ها، مواد معدنی و همچنین تاثیر آن بر سلامتی و افزایش طول عمر، این فرآورده را مورد پسند عموم مردم کرده است. مزه و طعم ماست از سایر فرآورده‌های اسیدی شده شیر متفاوت بوده و مواد فرار و معطر آن شامل مقدار کم اسیداستیک و استالدهید است [۴]. ماست‌هایی که به شکل سنتی تولید می‌شوند دارای ۳-۴٪ چربی می‌باشند که در مورد ماست‌های چکیده این مقدار به ۹ تا ۱۰٪ هم افزایش می‌یابد. با توجه به ارتباط بین مصرف غذاهای چرب و بیماری‌های قلبی-عروقی، کاهش چربی مواد غذایی توسط متخصصان پیشنهاد می‌شود. به همین دلیل استقبال از فرآورده‌های لبنی کم‌چرب به خاطر فواید سلامتی بخشی آن‌ها در حال افزایش است. اگرچه تولید فرآورده‌های لبنی کم‌چرب سال‌ها است که در کشورهای مختلف انجام می‌گیرد اما استفاده از جایگزین‌های چربی موضوعی است که هنوز هم جای بررسی بیشتری را دارد و تولید برای تولید ماست کم‌چرب در جهتی است که علاوه بر کاهش میزان چربی نهایی محصول، خواص فیزیکوشیمیایی و ارگانولپتیکی آن با ماست‌های معمولی تفاوت نداشته و یا تفاوت آن قابل ملاحظه نباشد [۵]. جایگزین‌های چربی در واقع شامل مخلوطی از لیپید، مقلدهای چربی با منشاء کربوهیدرات و پروتئین و یا ترکیبی از آن‌ها می‌باشند. این ترکیبات می‌توانند مشکل فیزیکی و ارگانولپتیکی ناشی از کاهش مقدار چربی را در فرآورده‌های لبنی کاهش دهند [۶].

طبق تعریف انجمن شیمی غلات امریکا<sup>۱</sup>، به بخش خوراکی گیاهان یا کربوهیدرات‌های مشابه که نسبت به عمل هضم و جذب در روده کوچک مقاوم هستند و به طور کامل یا نسبی در روده بزرگ تخمیر می‌شوند فیبرهای رژیمی گفته می‌شود [۷]. دریافت روزانه ۳۸ گرم از فیبرهای رژیمی برای مردان و ۲۵ گرم برای زنان توصیه شده است [۸]. سبوس گندم<sup>۲</sup> از جمله منابع شناخته شده فیبرهای رژیمی است که در مقادیر انبوه از فراوری غلات به دست می‌آید. این فیبر عمدتاً از پلی-ساکاریدهای دیواره سلولی تشکیل شده که در این بین زایلان<sup>۳</sup> ها ۴۰ درصد وزن ماده خشک را تشکیل می‌دهد که بر اساس منشاء آنها در دانه خصوصیات ساختاری و فیزیکوشیمیایی متفاوتی نشان می‌دهند [۹]. در این راستا، آقازاده و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که ماست‌های بدون چربی تهیه شده با نشاسته ذرت و ۵/۰ درصد ژلاتین از نظر قوام از ماست فاقد افزودنی بهتر بوده و عطر و طعم بهتری نیز دارند. خواص شیمیایی این ماست‌ها نیز قابل قبول است. اما در مورد ماست‌های تهیه شده با ۱ درصد ژلاتین نتایج قابل قبولی به دست نیامد [۱۰]. هم‌چنین زمردی (۲۰۱۲) تاثیر نوع و اندازه فیبر گندم را بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه‌ای بررسی کرد و نشان داد که بیشترین مقدار ویسکوزیته و کمترین مقدار هم‌افزایی در نمونه‌های ماست میوه‌ای حاوی بیش از ۶/۰ درصد فیبر گندم بود [۱۱] و گوجیزبرگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۹) با افزودن اینولین به ماست کم‌چرب گزارش کردند، افزودن اینولین تاثیر معنی‌داری بر pH نداشته است اما به طور قابل توجهی بر بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی و ارگانولپتیکی مؤثر بوده است [۱۲]. با توجه به موارد گفته شده، تحقیق حاضر سعی دارد که با افزودن فیبر گندم در سطوح ۱ و ۲ درصد به شیر کم‌چرب و تهیه ماست از آن، تاثیر آن را بر خواص فیزیکوشیمیایی و میکروبی ماست بررسی کند و به مقایسه آن با نمونه‌های ماست حاوی درصد‌های مشابه MPC<sup>۴</sup>، WPC<sup>۵</sup>، شیرخشک، مخلوط فیبر گندم و فیبر اسفرزه<sup>۶</sup> (نسبت ۱:۱) و نمونه شاهد که بدون افزودن هرگونه ترکیبی است، پردازد.

1. American Association of Cereal Chemists (AACC)
2. Wheat bran
3. Guggisberg
4. Milk protein concentrate
5. Whey protein concentrate
6. Fleawort

## ۲- مواد و روش ها

### ۲-۱- روش تولید نمونه‌های ماست

استفاده از ویسکومتر بروکفیلد (مدل DV-۲، ساخت انگلستان) مجهز به اسپیندل شماره ۳ در سرعت‌های ۲۰ rpm، ۱۲، ۶، ۳ انجام شد و در نهایت به منظور مقایسه بین تیمارها عدد خوانده شده در سرعت ۳ rpm به عنوان ویسکوزیته نمونه‌ها گزارش شد. هم‌چنین به منظور کنترل اثر زمان برش، خواندن عدد ویسکوزیته در مورد همه نمونه‌ها پس از گذشت ۲۰ ثانیه انجام شد و گشتاور در تمام طول کار بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد حفظ شد. قبل از اندازه‌گیری ویسکوزیته نمونه‌ها به مدت ۱۵ ثانیه به صورت یکسان هم‌زده شدند [۱۴].

### ۲-۶- شمارش باکتری‌های لاکتوباسیلوس

#### بولگاریکوس دلبروکی

برای شمارش تعداد باکتری‌های لاکتیک اسید در نمونه‌ها از محیط کشت MRS (مرک، آلمان) استفاده شد. به منظور رقیق سازی مرحله‌ای از محلول آب نمک ۰/۹ درصد استفاده شد. رقت‌های  $10^{-1}$  و  $10^{-5}$  روی محیط کشت MRS کشت شدند. شمارش باکتری‌های لاکتیک اسید در شرایط بی‌هوازی پس از ۷۲ ساعت گرم‌خانه‌گذاری در دمای ۳۷ درجه سانتی-گراد انجام شد [۱۵].

### ۲-۷- شمارش باکتری‌های استرپتوکوکوس

#### ترموفیلوس

پس از آماده سازی سری رقت‌های مورد نظر با استفاده از تکنیک کشت عمقی کشت این نمونه‌ها را بر محیط کشت M17 انجام داده، پس از انجام کشت پلیت‌ها را درون جار بی‌هوازی قرار داده و در اینکوباتور ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد [۱۵].

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- مقدار pH و اسیدیته (درجه دورنیک)

#### نمونه‌های ماست

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل واریانس مربوط به پارامتر pH و اسیدیته نشان داد که تاثیر انواع تیمارها بر تغییرات این فاکتور در سطح احتمال ۰/۵٪ معنی‌دار بوده است ( $p < 0.05$ ).

آماده‌سازی نمونه‌ها: نمونه شیر کم چرب از پایلوت تولیدی دانشگاه آزاد خوراسگان، تهیه و آماده سازی نمونه‌ها با اقتباس از روش زمردی و همکاران (۱۳۹۴) انجام شد [۱۱]. فیبر گندم، WPC، MPC، شیرخشک، مخلوط فیبر گندم در سطوح ۱ و ۲ درصد و فیبر اسفوزه (نسبت ۱:۱) قبل از پاستوریزه شدن به شیر افزوده شد. باکتری‌های استارتر ماست شامل استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی است، که از شرکت پیشگامان پخش صدیق تهیه و در دمای ۴۲ به شیر پاستوریزه شده تلقیح شد. گرمخانه‌گذاری در دمای ۴۲ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴ ساعت انجام گشت. بعد از رسیدن به pH مناسب، ماست‌ها به سردخانه با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد منتقل و جهت انجام آزمون‌ها در همین دما نگهداری شد. آزمون‌ها در فواصل زمانی ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از تولید انجام شد.

### ۲-۲- اندازه‌گیری pH و اسیدیته

pH نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر (متروم ۸۲۷، ساخت سوئیس) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری اسیدیته از روش تیتراسیون استفاده شد [۱۳].

### ۲-۳- مواد جامد محلول (TSS)

برای اندازه گیری میزان مواد جامد کل از رفراکتومتر استفاده شد. در این روش یک قطره از ماست همزده را بر روی محل قرارگیری نمونه، در رفراکتومتر ریخته و با استفاده از چشمی رفراکتومتر، میزان مواد جامد محلول قرائت شد [۱۴].

### ۲-۴- میزان آب اندازی

میزان آب‌اندازی نمونه‌ها با استفاده از سانترفیوژ یخچال‌دار (مدل ۵۸۰۴R، ساخت آلمان) و طبق فرمول زیر محاسبه شد [۱۴].

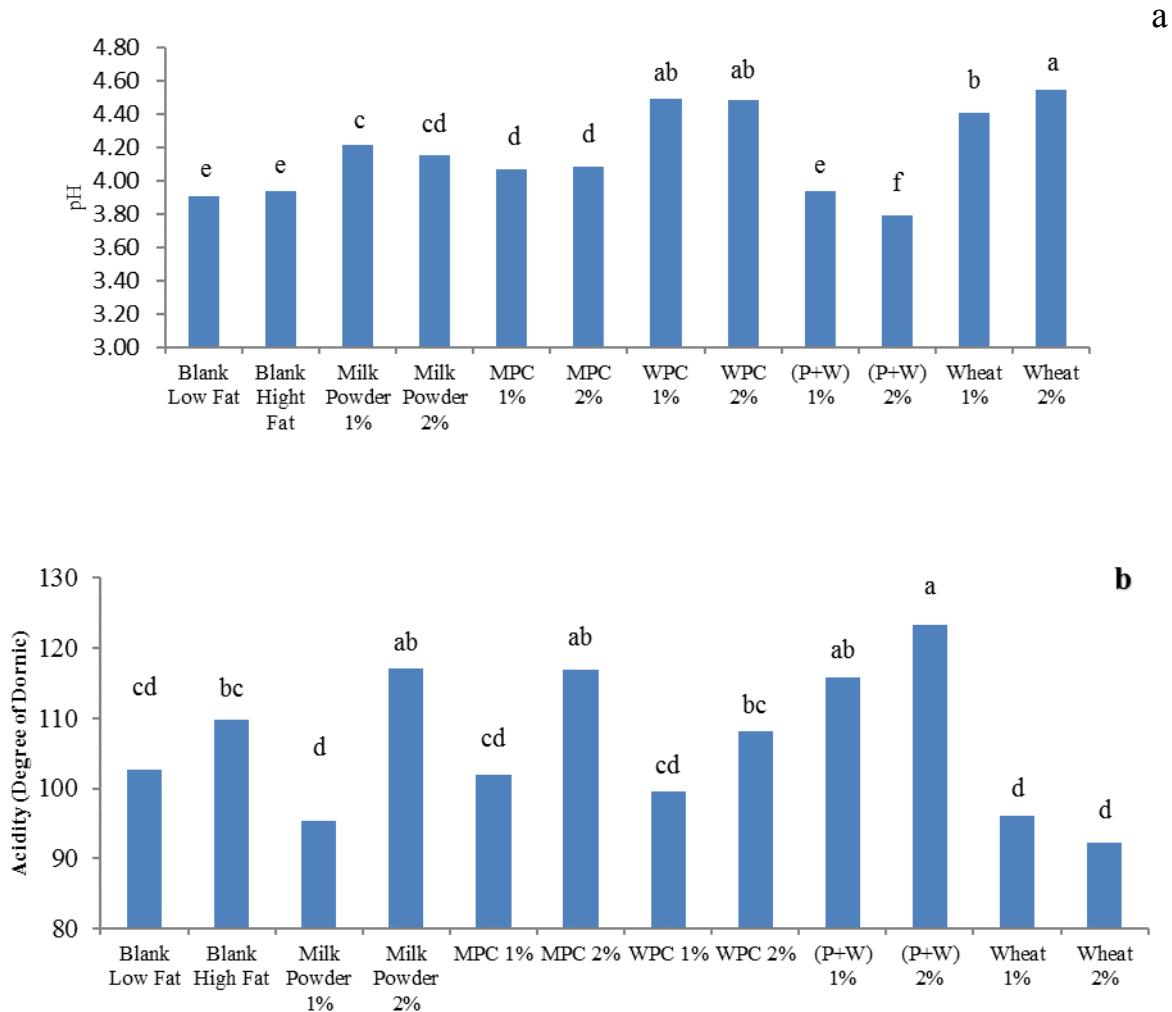
$$\text{درصد آب اندازی} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

$m_0$ : وزن اولیه نمونه

$m_1$ : وزن آب جدا شده

### ۲-۵- اندازه گیری ویسکوزیته

اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری نمونه‌ها در دمای اتاق و با



**Fig 1** The results of the Duncan's mean comparison - the pH (a) and acidity (b) Dissimilar letters in each column indicate significant differences at 95% confidence

**Table 1** Comparison of pH in different treatments of yogurt production in different storage days in a refrigerator at 4 ° C

pH (Mean ± SE)				Number of samples	treatment
Day					
21	14	7	1		
3.88±0.01 <sup>d</sup>	4.08±0.01 <sup>c</sup>	3.80±0.03 <sup>b</sup>	3.91±0.02 <sup>fg</sup>	3	Blank- low fat
3.85±0.03 <sup>de</sup>	4.05±0.43 <sup>c</sup>	3.88±0.02 <sup>b</sup>	3.98±0.02 <sup>f</sup>	3	Blank- high fat
3.90±0.01 <sup>d</sup>	4.20±0.01 <sup>d</sup>	4.30±0.03 <sup>c</sup>	4.48±0.01 <sup>cd</sup>	3	Milk powder 1%
3.85±0.03 <sup>de</sup>	4.16±0.02 <sup>d</sup>	4.19±0.01 <sup>d</sup>	4.42±0.02 <sup>d</sup>	3	Milk powder 2%
4.01±0.01 <sup>c</sup>	4.02±0.02 <sup>c</sup>	4.10±0.01 <sup>c</sup>	4.16±0.00 <sup>c</sup>	3	MPC 1%
4.03±0.04 <sup>c</sup>	4.04±0.02 <sup>c</sup>	4.07±0.01 <sup>c</sup>	4.21±0.04 <sup>c</sup>	3	MPC 2%
4.34±0.02 <sup>b</sup>	4.50±0.03 <sup>b</sup>	4.48±0.01 <sup>b</sup>	4.68±0.02 <sup>a</sup>	3	WPC 1%
4.35±0.01 <sup>b</sup>	4.60±0.01 <sup>a</sup>	4.44±0.02 <sup>b</sup>	4.56±0.05 <sup>bc</sup>	3	WPC 2%
3.85±0.01 <sup>de</sup>	4.07±0.03 <sup>c</sup>	3.93±0.01 <sup>f</sup>	3.90±0.01 <sup>fg</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (1%)
3.80±0.01 <sup>c</sup>	3.90±0.01 <sup>f</sup>	3.70±0.02 <sup>i</sup>	3.81±0.04 <sup>g</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (2%)
4.32±0.03 <sup>b</sup>	4.32±0.02 <sup>c</sup>	4.48±0.03 <sup>b</sup>	4.52±0.02 <sup>c</sup>	3	Wheat fiber 1%
4.44±0.02 <sup>a</sup>	4.55±0.01 <sup>ab</sup>	4.56±0.01 <sup>a</sup>	4.64±0.06 <sup>ab</sup>	3	Wheat fiber 2%

Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

pH را نمونه WPC یک درصد داشته است که با تمام نمونه-های تیمار شده، به غیر از گندم ۲٪ اختلاف معنی داری داشته است. در روز ۲۱ام، از میزان pH نمونه‌ها کاسته و در بیشتر

نتایج ارائه شده در جدول ۱ بیان می‌کند که با افزایش مدت زمان نگهداری تا روز ۱۴ افزایش pH و بعد از آن یک کاهش در این فاکتور وجود دارد. در روز اول آزمون بیشترین میزان

میزان اسیدیته در مدت زمان نگهداری بررسی و نتایج در جدول ۲ گزارش شده است. بیشترین میزان اسیدیته را نمونه حاوی پودر شیر ۲٪ و مخلوط فیبر گندم و اسفرزه ۲٪ داشت و کمترین میزان اسیدیته را نمونه حاوی فیبر گندم ۲٪ داشت که این اختلاف در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی دار بود ( $p < 0.05$ ).

نمونه‌ها میزان pH به پایین ترین مقدار خود در طول مدت نگهداری رسیده است، در این روز نیز تیمار ۲٪ گندم بیشترین میزان pH را داشته است و کمترین میزان pH مربوط به نمونه مخلوط اسفرزه و گندم در سطح ۲٪ بوده است.

### ۳-۲- نتایج تغییرات اسیدیته در مدت زمان نگهداری ۲۱ روزه

**Table 2** Comparison of Acidity in different treatments of yogurt production in different storage days in a refrigerator at 4 °C

(Mean ± SE)				Number of samples	treatment
Day					
21	14	7	1		
119.33±2.19 <sup>b</sup>	77.60±33.40 <sup>a</sup>	112.67±1.86 <sup>c</sup>	101.00±2.08 <sup>d</sup>	3	Blank- low fat
114.00±1.53 <sup>ab</sup>	114.33±2.33 <sup>a</sup>	107.00±2.08 <sup>d</sup>	104.00±1.53 <sup>cd</sup>	3	Blank- high fat
104.33±3.48 <sup>def</sup>	80.33±34.67 <sup>a</sup>	97.33±1.45 <sup>e</sup>	99.33±2.96 <sup>d</sup>	3	Milk powder 1%
118.67±3.180 <sup>b</sup>	120.00±1.53 <sup>a</sup>	113.00±0.58 <sup>c</sup>	116.67±2.40 <sup>a</sup>	3	Milk powder 2%
99.67±2.73 <sup>f</sup>	117.00±2.65 <sup>a</sup>	97.67±2.33 <sup>e</sup>	93.67±1.20 <sup>e</sup>	3	MPC 1%
118.33±1.45 <sup>b</sup>	124.33±2.85 <sup>a</sup>	116.67±1.53 <sup>bc</sup>	108.67±2.03 <sup>bc</sup>	3	MPC 2%
107.33±1.20 <sup>de</sup>	100.33±2.90 <sup>a</sup>	97.67±1.20 <sup>e</sup>	93.00±1.15 <sup>e</sup>	3	WPC 1%
109.67±1.45 <sup>cd</sup>	108.00±1.15 <sup>a</sup>	107.00±0.58 <sup>d</sup>	107.67±1.76 <sup>bc</sup>	3	WPC 2%
119.00±0.58 <sup>b</sup>	113.67±2.33 <sup>a</sup>	120.33±0.90 <sup>b</sup>	110.33±1.45 <sup>b</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (1%)
127.33±1.45 <sup>a</sup>	119.00±0.58 <sup>a</sup>	129.00±0.58 <sup>a</sup>	117.33±1.76 <sup>a</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (2%)
101.67±2.03 <sup>cf</sup>	98.67±0.33 <sup>a</sup>	91.00±2.31 <sup>f</sup>	93.33±0.90 <sup>e</sup>	3	Wheat fiber 1%
90.67±1.45 <sup>e</sup>	101.00±3.79 <sup>a</sup>	91.67±1.97 <sup>f</sup>	85.67±1.45 <sup>f</sup>	3	Wheat fiber 2%

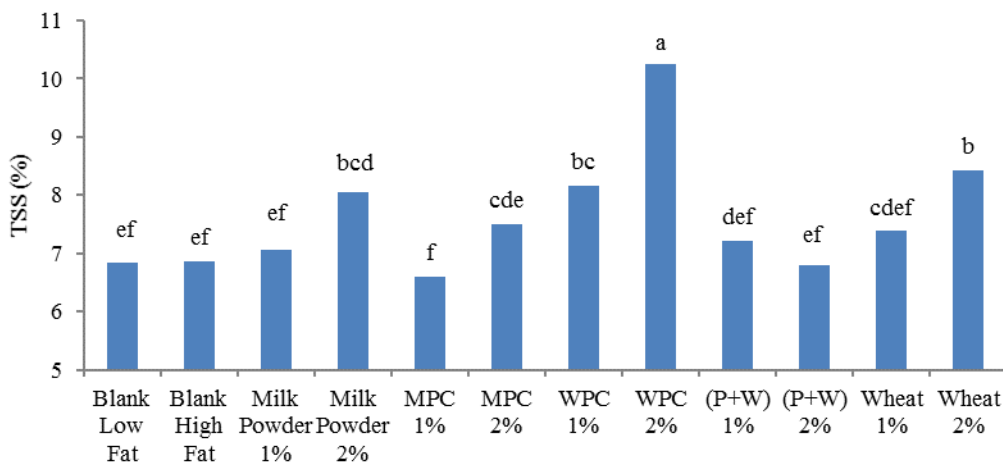
Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

دیگر، افزودن فیبر مرکبات به شیرهای تخمیری غنی شده با پروبیوتیک، قابلیت زیستی و رشد آنها را افزایش داده است که شاید دلیل آن تبدیل سریع لاکتوز به اسید لاکتیک، تاثیر متقابل اجزای شیر (به طور عمده پروتئین‌ها)، تثبیت شبکه پروتئینی و جلوگیری از انتقال آب آزاد باشد [۸]. که در نهایت منجر به افزایش رشد میکروبی و تخمیر و افزایش اسیدیته شده است که با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارد. در پژوهشی دیگر ساهان و همکاران، ۲۰۰۸ افزودن هیدروکلورید بتاگلوکان به ماست کم چرب را بررسی و گزارش دادند که استفاده از بتاگلوکان بر اسیدیته، pH، تاثیر معنی داری را نداشته است، که هم راستا با نتایج این پژوهش نبوده است [۵]. هم‌چنین گوجیزبرگ و همکاران (۲۰۰۹)، افزودن اینولین به ماست کم چرب را مطالعه و بیان داشت که افزودن اینولین تاثیر معنی داری بر pH نداشته است [۱۲].

### ۳-۳- مقدار مواد جامد محلول نمونه‌های ماست

میزان مواد جامد محلول در نمونه‌های ماست، به طور معنی دار تحت تاثیر تیمارهای آزمون قرار گرفته است ( $p < 0.05$ ). شکل ۲ چگونگی این تغییرات را نشان می‌دهد.

شکل ۱ نشان داد که بیشترین میزان pH را نمونه‌های دارای گندم و کنساتره پروتئین شیر داشته است و هم‌چنین کمترین مقدار را نمونه‌های دارای مخلوط گندم و اسفرزه و نمونه‌های شاهد داشته‌اند، هم‌چنین با توجه به شکل ۱ مشخص شد که بیشترین اسیدیته را نمونه‌های دارای مخلوط گندم و اسفرزه داشته اند و کمترین میزان اسیدیته مربوط به نمونه‌های حاوی فیبر گندم، MPC، WPC و شاهد کم چربی، بود که با توجه به نسبت عکس بین میزان اسیدیته و pH، نتایج قابل قبول می‌باشد. در مدت زمان نگهداری از میزان pH نمونه‌ها کاسته و مقدار اسیدیته افزایش یافته است. در روز ۲۱ ام نیز بیشترین مقدار اسیدیته را نمونه مخلوط اسفرزه و گندم داشته است. به علت آنکه فیبر جزء ترکیبات پری بیوتیک محسوب شده، حضور ترکیبات پری بیوتیکی به دلیل تحریک رشد و فعالیت باکتری‌ها، از مهمترین دلایل بقای بیشتر باکتری‌ها است. پری بیوتیک‌ها، از جمله، ممکن است برخی از مواد مغذی مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها را تامین نموده، یا شرایط نامطلوب و منفی محیطی، از جمله: آسیب های اسیدی را تعدیل کنند [۱۶]. همین امر موجب تخمیر بیشتر و تولید اسید بیشتر در نمونه‌های دارای فیبر گندم و اسفرزه بوده است. در مطالعه



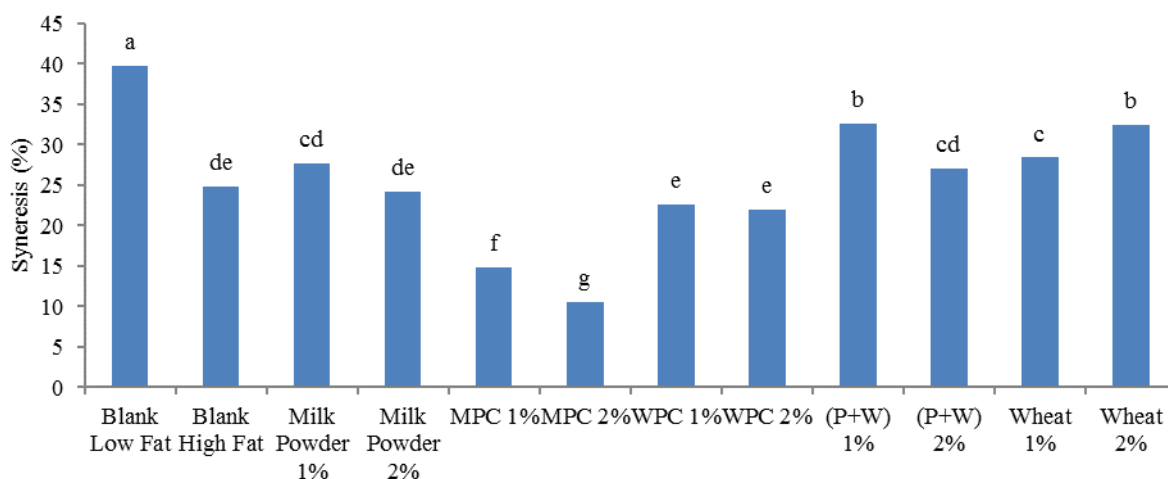
**Fig 2** The results of the Duncan's mean comparison - the TSS  
Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

یعنی گلوکتایون می‌باشند [۱۹]. وجود ترکیبات جامد محلول در نمونه‌های آب پنیر نسبت به سایر تیمارها مقدار بالاتری بوده که جداسازی آب پنیر با استفاده از فرایندهای اولترافیلتراسیون، که منجر به کاهش ماده خشک و بقای ترکیبات جامد محلول با وزن مولکولی پایین مانند املاح معدنی می‌شود ممکن است از دلایل این افزایش ماده جامد محلول باشد. لازم به ذکر است که ماده خشک با ماده جامد محلول تفاوت دارد.

### ۳-۴- آب اندازی نمونه‌های ماست

میزان آب اندازی یا سینرسیس نمونه‌های تولید شده‌ی ماست تحت تاثیر تیمارهای آزمون قرار گرفته و در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است ( $p < 0.05$ ).

میزان ماده خشک محلول نمونه‌های ماست، در روز اول آزمون بررسی و نتایج نشان داد که بیشترین میزان ماده‌ی خشک محلول مربوط به نمونه‌های دارای ۲ درصد کنسانتره پروتئین آب پنیر بوده‌است. کنسانتره پروتئینی آب پنیر به علت ارزش تغذیه‌ای بالا، اثرات مثبت در بافت و کاهش آب اندازی ماست و هم‌چنین تاثیر مثبت آن بر بهبود رشد و زنده‌مانی باکتری‌های استارتر، اهمیت بالایی دارند [۱۷]. کنسانتره پروتئینی آب پنیر حاوی پروتئین‌های طبیعی با کیفیت و ضریب هضم بالا می‌باشد [۱۸]. دو اسید آمینه مهم در کنسانتره پروتئینی آب پنیر سیستین و سیستین می‌باشند که باعث خثی سازی سموم در بدن شده، هم‌چنین پیش ساز قوی‌ترین آنتی‌اکسیدان بدن



**Fig 3** The results of the Duncan's mean comparison - the Syneresis  
Dissimilar letters in each column indicate significant differences at 95% confidence level

در جدول ۳ مشخص شده است که بیشترین میزان آب اندازی را نمونه شاهد کم چرب و کمترین میزان آب اندازی را نمونه دو درصد کنسانتره پروتئینی شیر داشته است که با سایر نمونه-ها اختلاف معنی داری را داشته است ( $p < 0.05$ ).

**Table 3** Comparison of syneresis in different treatments of yogurt production in different storage days in a refrigerator at 4 ° C

(Mean ± SE)				Number of samples	treatment
Day					
21	14	7	1		
38.09±0.88 <sup>a</sup>	38.78±0.58 <sup>a</sup>	45.88±1.40 <sup>a</sup>	36.20±1.07 <sup>a</sup>	3	Blank- low fat
22.71±0.43 <sup>ef</sup>	24.12±0.34 <sup>c</sup>	31.30±1.71 <sup>cd</sup>	21.00±0.58 <sup>cd</sup>	3	Blank- high fat
28.15±0.96 <sup>cd</sup>	26.31±1.49 <sup>c</sup>	31.50±1.12 <sup>cd</sup>	24.87±0.91 <sup>bc</sup>	3	Milk powder 1%
21.78±0.91 <sup>f</sup>	23.38±1.00 <sup>c</sup>	24.71±0.36 <sup>e</sup>	27.37±2.97 <sup>b</sup>	3	Milk powder 2%
14.71±0.88 <sup>h</sup>	16.50±2.49 <sup>d</sup>	10.38±0.54 <sup>g</sup>	17.65±0.76 <sup>d</sup>	3	MPC 1%
9.54±0.58 <sup>g</sup>	14.74±1.35 <sup>d</sup>	7.18±0.20 <sup>g</sup>	10.64±0.65 <sup>e</sup>	3	MPC 2%
25.80±1.16 <sup>de</sup>	25.15±1.89 <sup>c</sup>	18.29±0.90 <sup>f</sup>	21.10±0.58 <sup>cd</sup>	3	WPC 1%
21.43±0.51 <sup>f</sup>	23.94±1.15 <sup>c</sup>	19.15±0.92 <sup>f</sup>	23.35±1.03 <sup>bc</sup>	3	WPC 2%
33.21±0.63 <sup>b</sup>	35.57±0.56 <sup>ab</sup>	36.89±0.18 <sup>b</sup>	24.90±1.97 <sup>bc</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (1%)
28.74±1.41 <sup>cd</sup>	24.52±2.11 <sup>c</sup>	34.57±1.68 <sup>bc</sup>	20.55±2.06 <sup>cd</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (2%)
28.52±2.15 <sup>cd</sup>	33.50±0.71 <sup>b</sup>	23.82±2.78 <sup>e</sup>	27.98±0.49 <sup>b</sup>	3	Wheat fiber 1%
31.51±2.34 <sup>bc</sup>	33.59±1.41 <sup>b</sup>	29.03±0.11 <sup>d</sup>	35.87±2.82 <sup>a</sup>	3	Wheat fiber 2%

Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

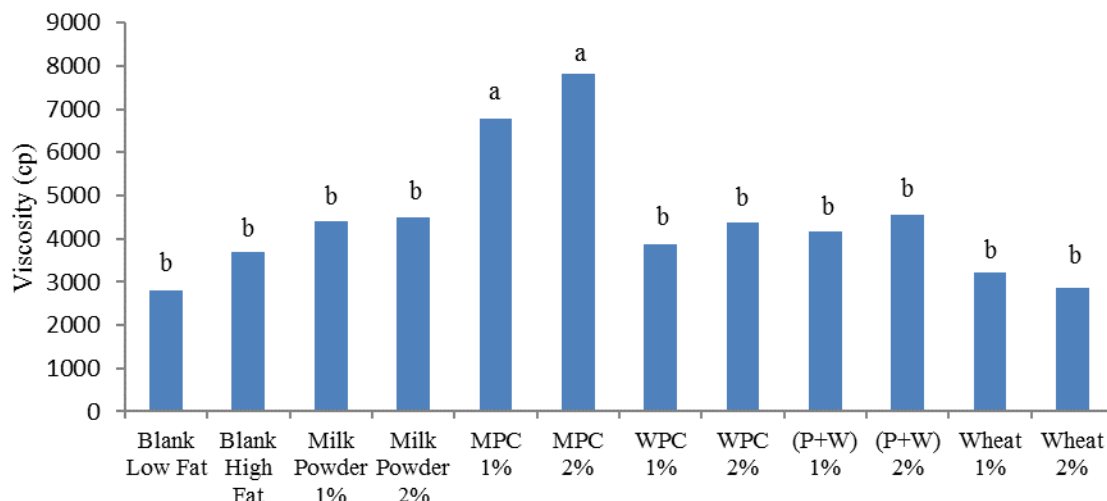
همکاران (۲۰۰۹) نیز در تحقیقات مجزایی بیان داشتند که افزودن بتاگلوکان و اینولین موجب بهبود خاصیت آب اندازی ماست شده است.

### ۳-۵- ویسکوزیته نمونه‌های ماست

میزان ویسکوزیته نمونه‌های ماست تحت تاثیر تیمارهای آزمون قرار گرفته و جدول آنالیز واریانس نشان داد که با اطمینان ۹۵ درصد این تاثیر معنی دار بوده است.

مقادیر ویسکوزیته‌های نمونه آزمون، طی نگهداری ۲۱ روزه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بررسی و نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین جدول ۴ ذکر شده است. نتایج شکل ۲ و جدول ۴ نشان داد که بیشترین ویسکوزیته را نمونه‌های دارای کنسانتره پروتئینی آب پنیر داشته است و این افزایش ویسکوزیته تا روز ۲۱ آزمون، هم چنان باقی مانده است. البته نمونه حاوی مخلوط فیبر گندم و اسفرزه در سطح یک درصد در روز بیست و یکم هم دارای ویسکوزیته بالای معنی دار در مقایسه با سایر نمونه‌ها بود. کمترین ویسکوزیته را نمونه شاهد کم چرب و نمونه دارای فیبر گندم دو درصد در روز اول پس از تولید داشته است.

بیشترین میزان آب اندازی را در روز چهاردهم پس از تولید، نمونه شاهد کم چرب داشته است و کمترین میان آب اندازی در روز بیست و یکم پس از تولید نمونه حاوی دو درصد MPC داشته است که این اختلاف در سطوح اطمینان ۹۵٪ معنی دار بوده است ( $p < 0.05$ ). جدا شدن سرم به عنوان خروج سرم از شبکه تعریف می‌شود که سپس در سطح سرم قابل دید است. آب اندازی اثر منفی بر پذیرش مصرف کننده دارد چرا که تصور می‌کند محصول با یک مشکل میکروبی مواجه است. دلایل اصلی آب اندازی در ماست شناخته شده است و تولید کنندگان با افزایش محتوی ماده جامد شیر خصوصاً محتوی پروتئین و کاربرد پایدارکننده‌هایی مثل پکتین، ژلاتین و نشاسته از این پدیده جلوگیری می‌کنند. روش دیگر کاربرد باکتری‌های آغازگر تولید کننده آگزوپلی ساکارید می‌باشد. آب اندازی خود به خودی که انقباض ژل بدون کاربرد نیروی خارجی (مثل سانترفیوژ) می‌باشد، علت محلول آب اندازی می‌باشد [۲۰]. دلواستافیلو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۴) به مطالعه تاثیر انواع فیبرهای رژیم بر ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست پرداخت و نتایج این پژوهش نیز هم راستا با گزارشات پژوهش موجود بود [۲۱]. ساهان و همکاران (۲۰۰۸) و گوجیزبرگ و



**Fig 2** The results of the Duncan's mean comparison - the viscosity  
Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

**Table 4** Comparison of viscosity in different treatments of yogurt production in different storage days in a refrigerator at 4 °C

(Mean ± SE)				Number of samples	treatment
Day					
21	14	7	1		
3990±28 <sup>c</sup>	2010±28 <sup>d</sup>	3800±65 <sup>c</sup>	1410±10 <sup>e</sup>	3	Blank- low fat
4070±65 <sup>bc</sup>	2260±22 <sup>d</sup>	4690±64 <sup>b</sup>	3770±52 <sup>cd</sup>	3	Blank- high fat
4210±54 <sup>b</sup>	4500±41 <sup>c</sup>	3560±36 <sup>c</sup>	5300±25 <sup>b</sup>	3	Milk powder 1%
4310±17 <sup>b</sup>	4490±50 <sup>c</sup>	3455±35 <sup>c</sup>	5760±34 <sup>b</sup>	3	Milk powder 2%
5530±36 <sup>a</sup>	6300±36 <sup>b</sup>	8120±21 <sup>a</sup>	7140±35 <sup>a</sup>	3	MPC 1%
4860±24 <sup>ab</sup>	8390±65 <sup>a</sup>	9060±62 <sup>a</sup>	8940±15 <sup>a</sup>	3	MPC 2%
3360±42 <sup>d</sup>	5830±14 <sup>b</sup>	3510±17 <sup>c</sup>	2770±25 <sup>d</sup>	3	WPC 1%
3380±38 <sup>d</sup>	6680±36 <sup>b</sup>	3030±62 <sup>c</sup>	3590±32 <sup>cd</sup>	3	WPC 2%
5460±46 <sup>a</sup>	4290±27 <sup>c</sup>	3030±62 <sup>c</sup>	3870±36 <sup>cd</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (1%)
4260±27 <sup>b</sup>	5860±25 <sup>b</sup>	3590±36 <sup>c</sup>	4180±17 <sup>c</sup>	3	Psyllium and Wheat fiber (2%)
3000±15 <sup>d</sup>	3620±47 <sup>cd</sup>	3640±64 <sup>c</sup>	2620±21 <sup>d</sup>	3	Wheat fiber 1%
1850±29 <sup>e</sup>	4830±36 <sup>c</sup>	3200±25 <sup>c</sup>	1540±54 <sup>e</sup>	3	Wheat fiber 2%

Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

کازئین، افزایش بیشتر املاح و خاصیت هیدروفیلی بیشتر پروتئین‌های سرمی می‌باشد. برگرن (۱۹۳۸)، بیان داشته است که افزایش غلظت کازئین در شیر باعث سفتی ژل خواهد شد. کنسانتره پروتئین‌های شیر دارای مقدار کازئین و پروتئین‌های سرمی بالاست که در نهایت شبکه ژل سه بعدی با قابلیت نگهداری بالاتر آب را داشته که همین امر نیز ممکن است موجب افزایش ویسکوزیته نمونه‌های تیمار شده با کنسانتره-های پروتئینی شیر و آب پنیر و فیبرهای گندم و اسفرزه باشد. هم‌چنین افزایش مقدار مواد جامد در فرمولاسیون ماست نیز از عوامل مهم تاثیرگذار بر خاصیت ویسکوزیته می‌باشد. به

میزان ویسکوزیته نمونه‌های ماست، در روز اول در جدول ۴ ارائه شده است، بیشترین میزان ویسکوزیته در روز اول آزمون را نمونه‌های ماست دارای کنسانتره پروتئینی شیر داشته است و با سایر نمونه‌ها تفاوت قابل توجهی را نشان داده- است ( $p < 0.05$ ). نمونه شاهد کم چرب، کمترین میزان ویسکوزیته را داشته و با نمونه ۲ درصد گندم در یک گروه دانکن قرار دارد و با سایر نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری را دارد ( $p < 0.05$ ).

بهبود قوام و بافت ماست و کاهش مقدار آب اندازی به دلیل تشکیل بیشتر و محکم‌تر کمپلکس‌های پروتئین‌های سرمی با

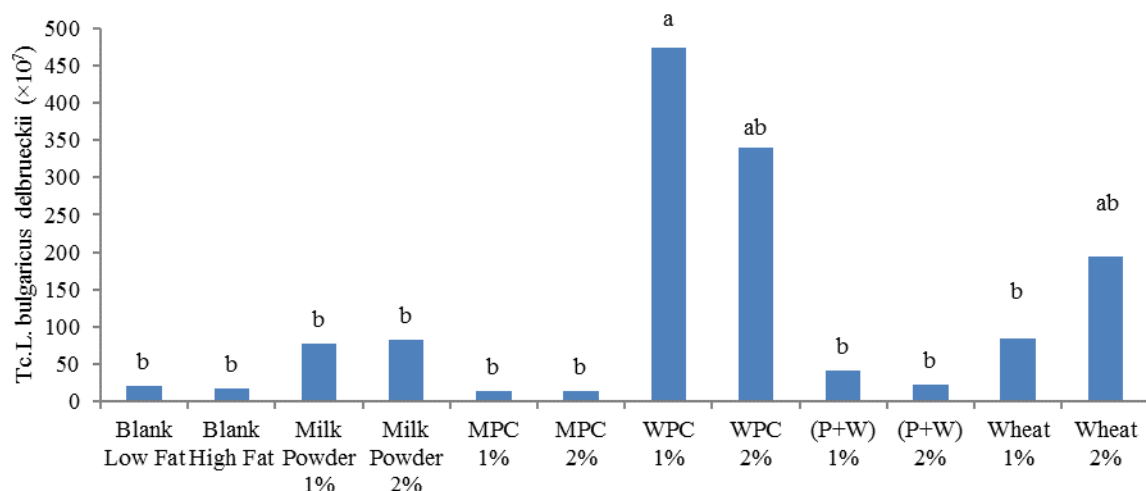


موثر در ویسکوزیته می‌باشد [۲۳].

### ۳-۶- بررسی رشد میکروبی میکروارگانسیم‌های لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی

نتایج حاصل از انجام آنالیز واریانس، نشان داد که استفاده از تیمارهای آزمون، تاثیرات معنی‌داری را در میان رشد میکروبی میکروارگانسیم‌های لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی ایجاد کرده است. بیشترین میزان رشد میکروبی لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی را نمونه یک درصد WPC داشته است که با نمونه دو درصد WPC و دو درصد گندم اختلاف معنی‌دار نداشته و با سایر نمونه‌ها تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای را در سطح احتمال ۰.۵٪ نشان داده است. کمترین رشد باکتری لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی را نمونه‌های MPC داشت.

طورکلی ویسکوزیته در محلول‌های پروتئینی به غلظت پروتئین‌ها، باندهای کووالانسی و هیدروژنی در محلول‌ها بستگی دارد. کنسانتره پروتئین آب پنیر و ریتتیت با محبوس کردن آب آزاد باعث افزایش ویسکوزیته می‌شوند. در طی مدت زمان نگهداری ویسکوزیته افزایش پیدا کرد. این تغییر می‌تواند به علت ایجاد اتصالات بیشتر کولانسی و هیدروژنی، افزایش هیدراتاسیون ترکیبات، جذب آب بیشتر و ایجاد یک بافت مستحکم در طول مدت زمان نگهداری در ساختار سه بعدی ماست باشد. در حقیقت عامل اصلی، بازآرایی پروتئین‌ها و ایجاد اتصالات بیشتر بین پروتئین است [۲۲]. آکلام و همکاران (۲۰۰۲) تاثیر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر و اینولین را بر خصوصیات رئولوژیکی ماست مورد مطالعه قرار دادند. آنها گزارش کردند که کنسانتره پروتئین آب پنیر بدلیل داشتن مولکولهایی با وزن مولکولی بالا نسبت به اینولین ویسکوزیته را بیشتر افزایش می‌دهد. دلو استافو و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که نوع فیبر و زمان نگهداری از فاکتورهای

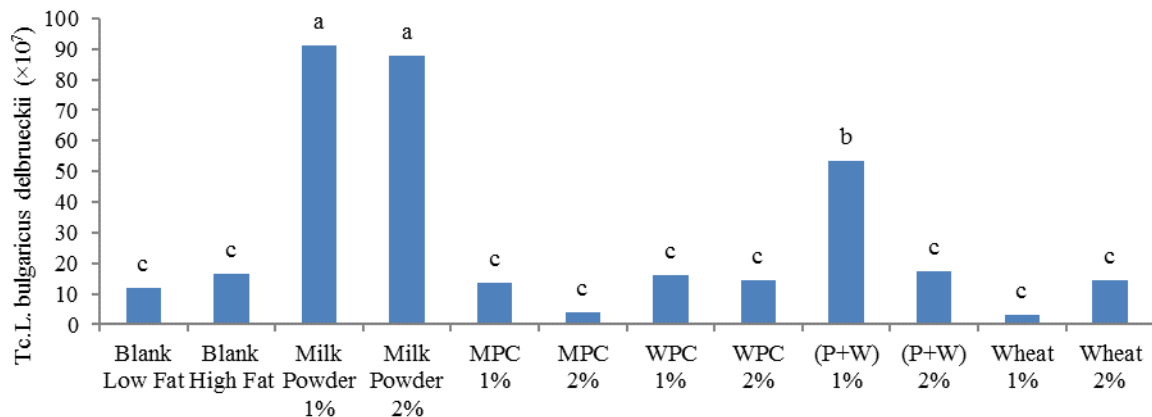


**Fig 5** The results of the Duncan's mean comparison of the growth of *Lactobacillus bulgaricus delbrueckii*. Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

دانکنی مستقل بوده و با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشته است. کمترین میزان رشد میکروبی مربوط به نمونه ماست تولید شده با سطح یک درصد گندم بوده است که با نمونه‌های شاهد، MPC، WPC، گندم و سطح دو درصد مخلوط گندم و اسفرزه اختلاف معنی‌داری را نداشته است اما با نمونه‌ها حاوی پودر شیر اختلاف معنی‌داری را نشان داده است ( $p < 0.05$ ).

رشد میکروبی باکتری‌های استارتر لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی پس از گذشت ۲۱ روز از مدت زمان تولید مورد شمارش قرار گرفت نتایج حاصل از مقایسه میانگین دانکن به صورت شکل ستونی زیر نمایش داده شده است.

بیشترین رشد میکروبی لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی را نمونه‌های دارای پودر شیر داشته است که با سایر نمونه‌ها اختلاف کاملاً معنی‌داری را نشان داده است ( $p < 0.05$ ). نمونه دارای یک درصد مخلوط فیبر گندم و اسفرزه در گروه



**Fig 6** Results of the comparison of Duncan's mean- growth of *Lactobacillus bulgaricus delbrueckii* of yogurt samples on day 21 of storage time

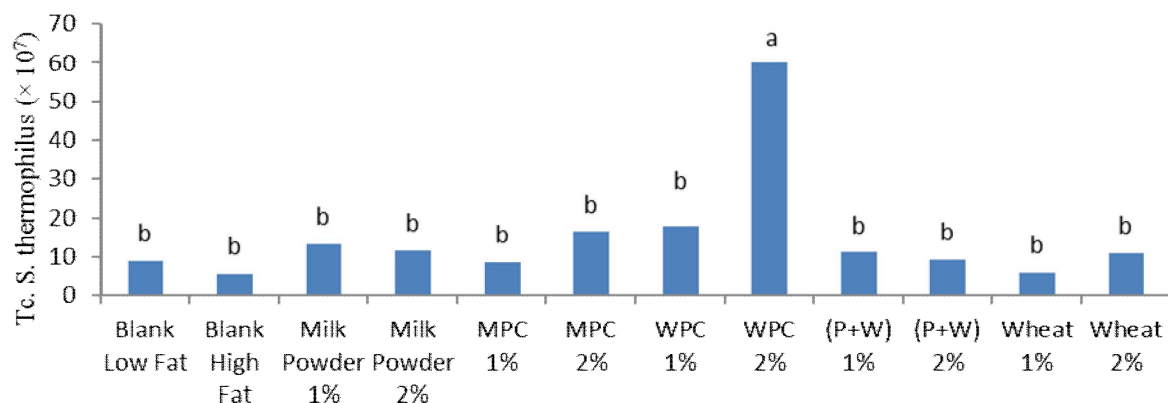
Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

ترموفیلوس در نمونه‌های ماست، معنی‌دار بوده است و نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین دانکن در شکل زیر ارائه شده است.

### ۷-۳- بررسی رشد میکروبی

#### میکروارگانسیم‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس

تاثیر تیمارهای آزمون بر رشد میکروبی استرپتوکوکوس



**Fig 7** The results of the Duncan's mean comparison of the growth of *Streptococcus thermophilus* Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

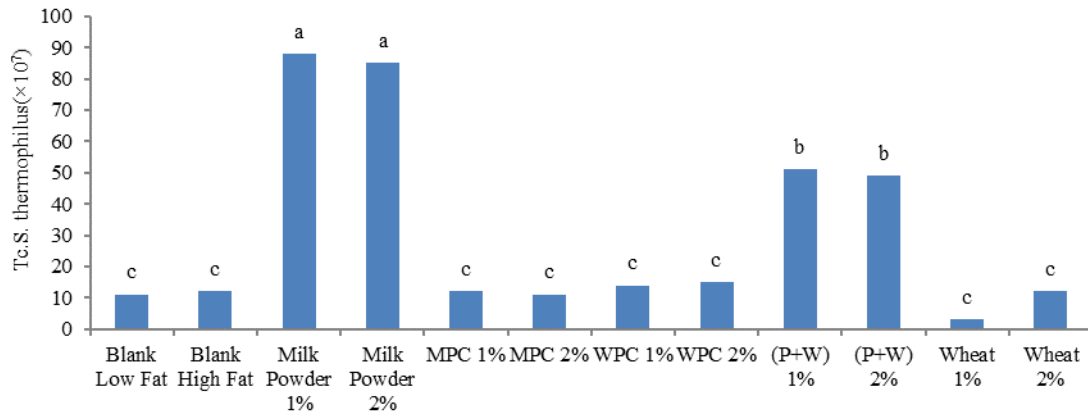
نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ( $p < 0.05$ ). کمترین میزان رشد استرپتوکوکوس ترموفیلوس را نمونه‌ها دارای گندم داشته‌اند که با نمونه‌های شاهد، MPC و WPC اختلاف معنی‌داری نداشت ( $p > 0.05$ ). بیشترین میزان رشد باکتری‌های استرپتوکوکوس ترموفیلوس را نمونه دارای دو درصد WPC است که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت. ساریلا و همکاران، (۲۰۰۰) بیان داشتند که میکروارگانسیم‌های استارتر، به شدت با محیط اطرافشان واکنش می‌دهند و محصولات متابولیکی خود را با محیط مبادله می‌کنند. در این مسیر ترکیبات شیر بسیار مهم است. مواد مغذی موجود در شیر در غلظت‌های بهینه در دسترس نیستند لذا افزودن عوامل محرک

رشد باکتری استرپتوکوکوس ترموفیلوس در روز ۲۱ نگهداری، مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و نتایج نیز نشان داد که بین تیمارهای مختلف آزمون، اختلاف معنی‌داری وجود داشته است. نتایج حاصل از آزمون مقایسه میانگین دانکن در شکل ۸ بیان داشته است.

با توجه به شکل ستونی فوق، بیشترین میزان رشد استرپتوکوکوس ترموفیلوس مربوط به نمونه‌های ماست تیمار شده با پودر شیر بوده است، که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ( $p < 0.05$ ). نمونه‌های تیمار شده با مخلوط اسفرزه و گندم نیز در یک گروه دانکن قرار گرفته و بین سطوح این تیمار اختلاف معنی‌داری وجود نداشته ولی با سایر

پنیر، پودر آب پنیر و سیستین رشد میکروارگانیسم‌های استارتر را تحریک می‌کنند به علت آنکه فیبر جزء ترکیبات پری بیوتیک محسوب شده، حضور ترکیبات پری بیوتیکی به دلیل تحریک رشد و فعالیت پروبیوتیک‌ها، از مهمترین دلایل بقای بیشتر باکتری‌ها است.

نظیر کربوهیدرات‌های قابل تجزیه به شیر می‌تواند تقویت رشد و افزایش اسیدیته پروبیوتیک‌ها را به همراه داشته است. به موادی که باعث تقویت رشد باکتری‌ها در محیط شیر و خارج از سیستم گوارش می‌شوند، فاکتورهای رشد اطلاق می‌شود. برای مثال غنی سازی شیر با ترکیبی از پروتئین‌های هیدرولیز شده، کنسانتره پروتئین آب پنیر، ایزوله پروتئین آب



**Fig 6** Results of the comparison of Duncan's mean-growth of *Streptococcus thermophilus* of yogurt samples on day 21 of storage time  
Dissimilar letters in each column indicate significant differences at a 95% confidence level

قابلیت زیستی لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس، لاکتوباسیلوس کازی، لاکتوباسیلوس رامنوسوس و بیفیدوباکتریوم بیفیدوم در طول ۴ هفته نگهداری به مقدار ۱/۴۲ سیکل لگاریتمی افزایش یافته است [۲۴]. ساندر و همکاران (۲۰۱۰)، بیان نمود که افزودن فیبر مرکبات به شیرهای تخمیری غنی شده با پروبیوتیک، قابلیت زیستی و رشد آنها را افزایش داده است که شاید دلیل آن تبدیل سریع لاکتوز به اسید لاکتیک، تاثیر متقابل اجزای شیر به طور عمده پروتئینها (تثیت شبکه پروتئینی و جلوگیری از انتقال آب آزاد باشد) [۸].

#### ۴- نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان pH را نمونه‌های دارای پودر گندم و کنسانتره پروتئین آب پنیر در روز اول داشته است و کمترین میزان pH را نمونه‌های دارای مخلوط اسفرزه و گندم را داشته است. وجود ترکیبات مغذی محرک رشد باکتری‌های استارتر در این ترکیبات و در نهایت رشد و تکثیر و انجام بیشتر فرایند تخمیر از دلایل مهم در افزایش میزان اسیدیته در نمونه‌های دارای فیبر و کنسانتره‌های پروتئینی است. با ادامه افزایش مدت زمان نگهداری و در روز آخر آزمون ۲۱-م- از pH نمونه‌ها کاسته و اکثر نمونه‌ها به

پری بیوتیک‌ها، از جمله، ممکن است برخی از مواد مغذی مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها را تامین نموده، یا شرایط نامطلوب و منفی محیطی، از جمله: آسیب‌های اسیدی را تعدیل کنند. با توجه به نتایج ارائه شده، نشان داده شد که نمونه‌های WPC بیشترین میزان مواد جامد محلول، pH و مقدار اسیدیته پایینی را داشته‌اند که با استناد به مطالب بالا، شرایط مناسب برای رشد میکروارگانیسم‌های استارتر را فراهم نموده است. در این پژوهش نمونه‌های دارای کنسانتره پروتئینی شیر بیشترین میزان رشد لاکتوباسیلوس بولگاریکوس دلبروکی و استرپتوکوکوس نرموفیلوس را نشان دادند که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. نمونه‌های شاهد مقادیر رشد باکتریایی کمتری را نشان دادند که می‌توان بیان داشت فیبرهای مورد استفاده در این آزمون، توانایی تعدیل اسیدیته محیط و کمک به رشد باکتری‌ها را داشته‌اند. تحقیقات گسترده‌ای در مورد استفاده از ترکیبات کمک‌کننده به رشد میکروب‌ها و انواع فیبرها انجام شده است که تاثیر مثبت استفاده از کنسانتره‌ها و فیبرها در افزایش رشد و زنده‌مانی باکتری‌های استارتر و پروبیوتیک را گزارش داده‌اند. در ادامه به برخی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود. کاپیلا و همکاران (۲۰۰۶) افزودن اینولین به میزان ۱/۵ درصد به ماست را بررسی و بیان داشت،

## ۵- منابع

- [1] ISIRI. 2008. Yogurt- test propertiese. Numer standard: 645. 4<sup>th</sup> edition.
- [2] SHIBY, V. & MISHRA ,H. 2013. Fermented milks and milk products as functional foods—A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53, 482-496.
- [3] Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E. & Vernon-Carter, E. J. (2004). Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*, 14, 151-159.
- [4] Kowalski, A. Jachnowicz, A. Z., & Babuchowski, A. 2000. Yoghurt market in the United Kingdom. *Natural Sciences*, 6: 131- 141.
- [5] Şahan, N, K, Yasar, A A, Hayaloglu, 2008, Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a b-glucan hydrocolloidal composite during storage, *Food Hydrocolloids*, 22: 1291-1297.
- [6] Uven, M., & Karaca, O.B. (2002). The effects of varying sugar content & fruit concentration the physical properties of vanilla & fruit ice cream type frozen yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 55, 27-31.
- [7] AACC. (2001). The definition of dietary fiber. *Cereal Foods World*, 46: 112–126
- [8] Sendra, E., Fayos, P., Lario, Y., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E. and Jose Angel, P.A. (2008). Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25: 13–21.
- [9] Thiago, L. R. and Kellaway, R. C. (1982). Botanical composition and extent of lignifications affecting digestibility of wheat and oat straw and pastalum hay. *Animal Feed Science and Technology*, 7: 71–81.
- [10] Aghazadeh, M., Mohammadi, Kh., Totonchi, S., Farahanian, Z. 2010. Producing set yogurt using corn starch and gelatin. *Food science and nutrition*. 3:65-73(In persian).
- [11] Zomorodi, S. H. (2012). Physicochemical, rheological and sensory properties of stirred fruit yoghurt fortified by wheat fiber. *Journal of Food Research*, 22 (4): 443-454.
- [12] Guggisberg, D., Cuthbert-steven, J., Piccinali, P., Butikofor, U., & Eeberhand, P. (2009). Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk Set yoghurt as influenced by کمترین مقدار خود رسیده اند که افزایش فعالیت میکروبی در این مدت و تبدیل لاکتوز به لاکتیک اسید از مهمترین دلایل این کاهش pH و افزایش اسیدیته بوده است. در این روز نمونه‌های دارای مخلوط گندم و اسفرزه کمترین میزان pH را داشته است که به دلیل فراهم بودن ترکیبات لازم برای رشد میکروبی به عنوان یک ترکیب پری بیوتیک بوده است. آزمون اسیدیته در روز ۲۱م، نتایج فوق مربوط به کاهش اسیدیته با افزایش مدت زمان نگهداری را تایید کرد.
- بیشترین میزان آب اندازی را نمونه ماست شاهد کم چرب داشته است که ممکن است به دلیل پیوندهای ضعیف‌تر ترکیبات ماست با آب باشد و کمترین مقادیر آب اندازی را نمونه‌های دارای کنسانتره پروتئینی شیر داشته است که به دلیل محتوای بالای پروتئین‌های سرمی و کمک به تشکیل ژل قوی-تر باشد که در نهایت منجر به ایجاد باندهای بیشتر با آب و کاهش آب اندازی می‌شود. این نسبت آب اندازی در سایر روزهای آزمون نیز حفظ شد. ویسکوزیته ماست‌های تیمار شده با کنسانتره‌های پروتئینی شیر و فیبرهای گندم و اسفرزه نسبت به نمونه‌های شاهد مخصوصا شاهد کم چرب، افزایش بیشتری را داشته است که در این بین تفاوت بین نمونه‌های دارای کنسانتره شیر با نمونه‌های دیگر و مخصوصا نمونه‌های شاهد معنی‌دار بوده است. در روز نهایی آزمون-۲۱م- نیز این تیمار بیشترین ویسکوزیته را داشته است. از راه‌های افزایش ویسکوزیته ماست، افزایش ماده جامد و کمک به تشکیل ژل سه بعدی ناشی از پروتئین‌های سرمی و کازئین قوی می‌باشد که کنسانتره پروتئینی شیر، با داشتن مقادیر کازئین بالا، به این امر کمک کرده است، بیشترین میزان مواد جامد محلول را نمونه‌های دارای کنسانتره پروتئین آب پنیر داشته است که با توجه به روش استخراج آب پنیر از شیر با استفاده از فرایند اولترافیلتراسیون، وجود مواد جامد با وزن مولکولی پایین که به صورت محلول در آب می‌باشند امری دور از انتظار نبود. در روز اول آزمون، استفاده از کنسانتره پروتئینی آب پنیر، بیشترین مقدار رشد باکتریایی را نشان داده است که وجود ترکیبات موثر در رشد مانند اسید آمینه‌های مورد نیاز از مهمترین دلایل این افزایش رشد بوده است. با ادامه مدت زمان نگهداری و در روز هفتم آزمون، نمونه‌های دارای پودر شیر رشد میکروبی بالاتری را داشته اند که ممکن است استفاده آهسته از ترکیبات موجود در پودر شیر و ادامه این منابع در روزهای بیشتر از دلایل آن باشد.

- properties and rheology of acid-coagulated milk gels. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 1. General Aspects (Ed. P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan and T. P. Guinee). 3rd ed. Elsevier Academic Press, London. pp. 105-122.
- [21] Dello Staffolo, M., Bertola, N., Martino, M. and Bevilacqua, A. (2004). Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. *International Dairy Journal*, 14: 263-268.
- [22] Berggren, R. E. L. (1938). The effect of gelatin on the curd tension of milk. *Journal of Dairy Science*, 21(8), 463-474.
- [23] Akalm, A.S., Karagözü, C., and Ünal, G. 2008. Rheological properties of reduced-fat and low-fat ice cream containing whey protein isolate and inulin. *European Food Research and Technology*, 227: 889-895.
- [24] Capela, P., Hay, T. K. C. and Shah, N. P. (2006). Effect of cryoprotectants, prebiotics and microencapsulation on survival of probiotic organisms in yoghurt and freeze-dried yoghurt. *Food Research International*, 39: 203-211.
- inulin addition. *International Dairy Journal*, 19, 107-115.
- [13] AOAC, 2002. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 17th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- [14] Farnsworth, J.P., Lia, J., Hendricks, G.M. and Guo, M.R. 2006. Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*. 65: 113-121.
- [15] Karim.G. 2015. Tehran university press. 6<sup>th</sup> edition (In persian).
- [16] Lourens-Hattingh, A., Viljoen, B.C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *Int Dairy J*; 11: 1-17.
- [17] Shakeri, M. 2000. Using of butter waste in production of probiotic yogurt. Msc thesis of Ferdowsi University (In persian).
- [18] King, L. 1996. Whey protein concentrate as ingredients. *Food Tech. Europe*. 3(1).
- [19] Anonymous. (2004). Position of the American Dietetic Association: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners. *Journal of the American Dietetic Association* 104(2):255-275.
- [20] Lucey, J. A. 2004. Formation, structural



## Scientific Research

## Investigation of physicochemical and microbial properties of low fat yogurt enriched with whey protein concentration, milk protein concentration, and wheat-psyllium fiber

Javidi, Y.<sup>1</sup>, Goli, M.<sup>2,3\*</sup>

1. M. Sc., Department of Food Science & Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science & Technology, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.
3. Associate Professor, Laser and Biophotonics in Biotechnologies Research Center, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><b>Article History:</b></p> <p>Received 25 September 2020 Accepted 15 November 2020</p> <hr/> <p><b>Keywords:</b></p> <p>Low-fat yogurt, Milk protein concentration, Whey protein concentration, Psyllium fiber.</p> <hr/> <p><b>DOI:</b> 10.52547/fsct.18.03.21</p> <p>*Corresponding Author E-Mail: mgolifood@yahoo.com</p>	<p>In this study, the effect of WPC, MPC, Milk powder, wheat fiber, and mixer of wheat and psyllium fiber at two levels (1 and 2%) on the physicochemical, quality properties of low-fat yogurt during 21-day storage time investigated. The results of this research showed that the addition of a mixer of wheat and psyllium fiber caused decreasing in pH and increasing in acidity. Samples contain MPC had the least syneresis and the highest viscosity so that the difference among samples was significant. Samples contain WPC, had the most TSS. On the first day and 21st day, samples with WPC and milk powder had the most microbial growth, respectively. According to these results, the best effects on quality properties were included: decreasing syneresis, increasing viscosity especially for MPC samples, and a good influence on microbial growth for all samples. Overall, using fibers and protein concentrate compounds can improve quality properties and has a good potential for application in varied food products.</p>