

## ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه‌ای غنی شده با فیبر گندم

شهبین زمردی<sup>۱\*</sup>

تاریخ دریافت: ۹۱/۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۱۷

<sup>۱</sup> استادیار بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

\*مسئول مکاتبات: Email: shahinzomorodi@gmail.com

### چکیده

در این پژوهش ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست توت فرنگی غنی شده با مقادیر مختلف فیبر گندم با اندازه ذرات متفاوت در طول ۲۸ روز نگهداری در دمای  $1 \pm 5$  درجه سانتی‌گراد بررسی گردید. مقدار فیبر در ۵ سطح (صفر به عنوان نمونه کنترل، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) و اندازه ذرات در ۲ سطح (۰/۴۲ - ۰/۲۲ و ۰/۱۷ - ۰/۲ میلی متر) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که با افزایش مقدار فیبر درصد اسیدیته و ویسکوزیته به طور معنی داری افزایش و درصد رطوبت و سینرژیس بطور معنی داری کاهش یافت ( $P < 0/05$ ). بیشترین مقدار ویسکوزیته (۴۵۰۰-۴۰۰۰ سانتی پواز) و کمترین مقدار سینرژیس (۲۵-۲۳ درصد) در نمونه‌های ماست میوه‌ای حاوی بیش از ۰/۶ درصد فیبر بود. استفاده از فیبر در سطح کمتر از ۰/۶ درصد تاثیر معنی داری بر میزان سینرژیس و ویسکوزیته نداشت ( $P > 0/05$ ). نمونه‌های ماست میوه‌ای حاوی فیبر با اندازه ذرات کوچکتر بطور معنی داری اسیدیته و ویسکوزیته بیشتری داشتند ( $P < 0/05$ ). در طول نگهداری نمونه‌های ماست نیز pH بطور معنی داری کاهش و اسیدیته و سینرژیس بطور معنی داری افزایش پیدا کرد ( $P < 0/05$ ). بالا بردن سطح فیبر تاثیر معنی داری بر ویژگی‌های رنگ ( $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$ ) و خواص حسی (رنگ و عطر و طعم) نمونه‌های ماست میوه‌ای نداشت ( $P > 0/05$ ). لذا از فیبر گندم می‌توان به میزان ۱/۲ درصد با موفقیت در تولید ماست میوه‌ای استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: سینرژیس، زمان نگهداری، فیبر گندم، ماست میوه‌ای، ویسکوزیته

## Physicochemical, rheological and sensory properties of stirred fruit yoghurt fortified by wheat fiber

Sh Zomorodi <sup>1\*</sup>

Received: April 4, 2012 Accepted: November 7, 2012

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Engineering, Agricultural Research Center of West Azarbijan, Umiya, Iran

\*Corresponding author: Email: shahinzomorodi@gmail.com

### Abstract

In this study, the physicochemical, rheological and sensory properties of stirred strawberry yoghurt enriched by wheat fiber in different levels and particle size were investigated during storage for 28 days at  $5 \pm 1$  °C. The fiber was used at 5 levels (0 as control, 0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 g in 100 ml) at two different particle size of 0.22-0.42 and 0.17-0.20 mm. The statistical analysis of the results showed that the acidity and viscosity were increased and moisture content and syneresis were decreased with increasing the amounts of fiber in yoghurt significantly ( $P < 0.05$ ). The minimum syneresis rate (23 to 25%) and maximum amount of viscosity (4000-4500 Cp) were observed in samples containing higher than 0.6 percent fiber. The samples containing smaller fiber particle size showed higher viscosity and acidity than the other samples ( $P < 0.05$ ). The pH of sample was decreased and the acidity and syneresis were increased during storage period ( $P < 0.05$ ). The results also showed that the amount of wheat fiber used and its particle size had no effect on color index ( $a^*$ ,  $b^*$  and  $L^*$ ) and sensory evaluation (color and flavor). Therefore it was concluded that the wheat fiber can be used successfully in the production of stirred yoghurt at the rate of 1.2%.

**Key words:** Syneresis, Storage time, Wheat fiber, Fruit yogurt, Viscosity

### مقدمه

از اواسط دهه ۱۹۷۰ نقش فیبرهای رژیمی در تغذیه و سلامت انسان توجه محققان را به خود جلب کرده است (عبدولحمید و لیان ۲۰۰۰). با افزایش دریافت فیبرها خطر بیماری‌های قلبی و عروقی، چاقی مفرط، دیابت و سرطان روده بزرگ کاهش می‌یابد (کیم ۱۹۹۵). مقدار فیبر مورد نیاز برای مردان و زنان به ترتیب ۲۸ و ۲۵ گرم در روز توصیه شده است (لابل ۱۹۹۰). این موضوع توجه به افزایش فیبر را در فراورده‌های غذایی افزایش می‌دهد.

فیبرها ترکیباتی هستند که عمدتاً از دیواره سلولی میوه‌ها، سبزی‌ها و غلات تامین می‌شوند که شامل پلی-ساکاریدها، الیگوساکاریدها، لیگنین و مواد گیاهی هستند

که از نظر فیزیولوژیکی سودمند می‌باشند (سیلواندران ۱۹۸۴ و تیاندرو و همکاران ۱۹۸۹).

غلات یکی از منابع اصلی سلولز، همی سلولز و لیگنین به شمار می‌رود (نورماند و همکاران ۱۹۸۷). دیواره سلولی در بخش‌های مختلف دانه گندم خصوصیات و ترکیبات متفاوت دارد. بافت بیرونی دیواره سلولی عمدتاً هیدروفوب بوده و از سلولز، لیگنین و مجموعه‌ای از آرابینوزایلان‌ها تشکیل شده است. بافت درونی دیواره سلولی بیشتر هیدروفیل بوده و ترکیبی از آرابینوزایلان‌ها و  $D-\beta$  گلوکان‌ها است. آرابینوزایلان‌ها پلیمرهای اصلی دیواره سلولی دانه گندم هستند. این ترکیبات براساس منشأ آنها در دانه خصوصیات ساختاری و فیزیکوشیمیایی متفاوتی را نشان می‌دهند (سایولندر و همکاران ۲۰۰۷).

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، رئولوژیکی و حسی آن است.

### مواد و روش‌ها

#### مواد

شیر گاو تهیه شده از دامداری دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با خصوصیات مندرج در جدول ۱.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی شیر خام مصرفی (بر حسب درصد)

چربی	پروتئین	ماده خشک	اسیدیته	pH
۳/۸±۰/۱۵	۳/۲۶±۰/۰۵	۱۲/۳±۰/۲۷	۰/۱۴±۰/۰۶	۶/۷۳±۰/۰۳

نتایج با دستگاه میکروتستر شرکت پگاه ارومیه تعیین شده است.

استارتر YC-X11 حاوی استریپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه بولگاریکوس (کریستین هانسن دانمارک)، ترازو با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم (ساتریوس آلمان)، اون (ممرت آلمان)، pH (متریوم سویس)، ویسکومتر (بروکفیلد آمریکا)، سانتریفوژ (یونورسال آمریکا)، کوره الکتریکی (ایران خودساز ایران)، رفاکتومتر دستی گارلزیس جینا آلمان) و دستگاه فعالیت آبی (نواسینا سویس).

#### روش‌ها

##### روش تهیه فیبر گندم

فیبر گندم از سبوس کارخانه آرد سازی فردوس ارومیه تهیه گردید. ابتدا سبوس گندم آسیاب شد و سپس با توجه به اندازه ذرات مورد نیاز از الک‌هایی با مش‌های ۷۰-۴۰ و ۸۰-۷۰ عبور داده شد (یوان و همکاران ۲۰۰۶). فیبر در دو اندازه ۰/۴۲-۰/۲۲ و ۰/۱۷-۰/۲ میلی متر مورد استفاده قرار گرفت.

ویژگی‌های فیبر از جمله میزان رطوبت (از طریق خشک کردن در آون ۱۰۳±۲ درجه سانتی گراد)، خاکستر (توسط سوزاندن در کوره در دمای ۵۵۰±۵ درجه سانتی‌گراد) و فعالیت آبی با استفاده از دستگاه فعالیت

با توجه به اثرات مثبت شیرهای تخمیری در سلامتی انسان، افزایش فیبرهای خوراکی به محصولاتی همچون ماست که مصرف بیشتری دارند می‌تواند به کمبود فیبر در رژیم غذایی افراد کمک کند (فرناندور-گینیز و همکاران ۲۰۰۳). تحقیقات چندی در خصوص کاربرد فیبرها در تهیه محصولات لبنی انجام شده است. بلکر و همکاران (۲۰۰۱) کاهش سینرزیس در ماست و سایر شیرهای تخمیری را در اثر افزایش اینولین نشان دادند. نتایج حاصل از تحقیقات ریگاند و گاف (۲۰۰۳) نشان داد که استفاده از فیبرها موجب بهبود بافت و پایداری بستنی در برابر ذوب شدن و جلوگیری از رشد کریستال‌ها در اثر نوسانات دمایی در مراحل مختلف حمل و نقل و نگهداری آن می‌گردد. سوکولیس و همکاران (۲۰۰۹) از فیبرهای رژیمی جو، گندم، سیب و اینولین برای کنترل کریستالیزاسیون در محصولات لبنی منجمد استفاده کردند. استافیلو و همکاران (۲۰۰۴) تاثیر انواع فیبرهای رژیمی را بر ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی ماست بررسی کردند و گزارش دادند که نوع فیبر به کار رفته در تولید ماست تاثیر قابل ملاحظه‌ای در ویژگی‌های رئولوژیکی آن دارد.

درویس‌اوغلو و یازجی (۲۰۰۶) از فیبر مرکبات در تهیه بستنی استفاده کردند و نشان دادند فیبر مرکبات تاثیر منفی در افزایش حجم، ویژگی‌های حسی و ویسکوزیته محصول دارد. بر اساس تحقیقات، افزایش فیبر موجب کاهش خواص حسی ماست می‌گردد. برای بهبود ویژگی‌های حسی ماست لازم است از مواد طعم دهنده استفاده شود.

ماست‌های طعم دار با اضافه نمودن مارمالاد، کنسانتره میوه‌ها یا شربت‌های طعم دار بعد یا قبل از فرایند انکوباسیون به ماست، تهیه می‌شود. ترکیبات طعم دهنده قوام ماست را کاهش می‌دهد. از طرفی موجب افزایش ارزش تغذیه‌ای و تنوع محصولات در بازار می‌گردد (تراکجی ۲۰۱۰). لذا هدف در این مطالعه ارزیابی استفاده از فیبر گندم در ماست میوه‌ای و بررسی

ظرفیت نگهداری آب، به ۵ گرم از فیبر، ۲۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید پس از ۳۰ دقیقه، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰g سانتریفوژ شد (اسپوزیتو و همکاران ۲۰۰۵). ویژگی‌های فیبر گندم در جدول ۲ آورده شده است.

آبی تعیین گردید (AOAC ۱۹۹۷). برای تعیین اسیدیته (بر حسب اسید لاکتیک) و pH مقدار ۱۸ گرم از فیبر به ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید و مدت یک ساعت در حمام آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از صاف کردن، pH توسط pH متر و اسیدیته به روش پتانسیومتری تعیین شد (AOAC ۱۹۹۷). برای تعیین

جدول ۲- ویژگی‌های فیبر گندم

$a_w$		WHC	pH	اسیدیته (%)	رطوبت (%)	خاکستر (%)
ذرات درشت	ذرات ریز	(g/g)				
۰/۵۵۷±۰/۰۶	۰/۳۵۴±۰/۰۵	۲/۶۱±۰/۳	۵/۲۶±۰/۰۷	۰/۷۵±۰/۱	۹/۸±۰/۴	۴/۶۳±۰/۵

اعداد داخل جدول میانگین ۴ تکرار است

حمام آب گرم پاستوریزه شد. سپس تا دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد سرد و مایه ماست اضافه و مخلوط گردید. نمونه‌ها تا حصول pH معادل ۴/۶ در گرمخانه با دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. نهایتاً به نمونه‌های ماست حاصله ۲۰ درصد وزنی/وزنی مارمالاد توت فرنگی اضافه گردیده و به آرامی هم زده شد و در لیوان‌ها پر گردید. نمونه‌های ماست تا دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سرد شد و مدت ۲۸ روز در سردخانه با دمای ۱±۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. در طول نگهداری نمونه‌ها در فواصل زمانی ۱، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز مورد آزمایش قرار گرفت.

#### روش‌های آزمایش نمونه‌های ماست

رطوبت توسط خشک کردن در آون در ۱۰۳±۲ درجه سانتی‌گراد، pH با استفاده از pH متر، اسیدیته قابل تیتر از طریق تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال به روش پتانسیومتری تا pH= ۸/۳ بر حسب اسید لاکتیک تعیین شد (AOAC, ۱۹۹۷). ویسکوزیته نمونه‌ها در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد توسط ویسکومتر با اسپیندل LV<sub>2</sub> شماره ۶۴ و با سرعت برشی ۳۰ دور در دقیقه، بعد از ۳۰ ثانیه چرخش، بر حسب سانتی‌پواز در ثانیه اندازه‌گیری شد. قبل از اندازه‌گیری ویسکوزیته، نمونه‌ها مدت یک دقیقه به صورت دستی هم زده شدند (تراچو و

مارمالاد توت فرنگی تهیه شده از توت فرنگی رقم اتابکی ویژگی‌های میوه و مارمالاد توت فرنگی از جمله pH (با استفاده از pH متر)، بریکس (به روش رفاکتومتری)، درصد ساکارز (به روش لین-آینون) و اسیدیته (بر حسب اسید سیتریک) توسط تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال به روش پتانسیومتری تا pH=۸/۳ تعیین گردید (جدول ۳).

جدول ۳- ویژگی‌های پوره و مارمالاد توت فرنگی

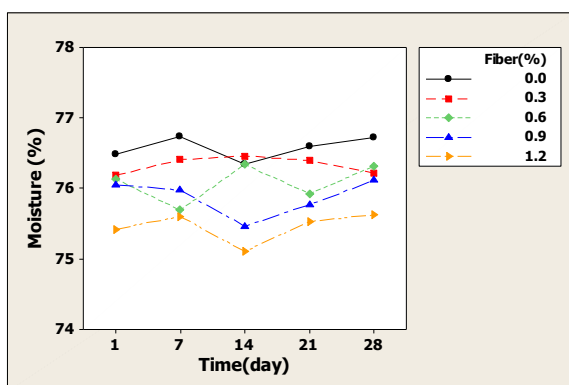
محصول	pH	بریکس	اسیدیته (%)	ساکارز (%)
پوره	۳/۳۸±۰/۰۷	۱۱/۸±۰/۹	۱/۲۶۷±۰/۰۵	-
مارمالاد	۳/۲۲±۰/۱	۵۰±۱/۵	۰/۵۳۹±۰/۰۹	۳۲/۷۸±۱/۵

نتایج میانگین ۴ تکرار است

#### روش تهیه ماست

برای هر تیمار ۲ کیلوگرم شیر مورد استفاده قرار گرفت. ماده خشک شیر با افزودن ۲ درصد شیر خشک بدون چربی (شرکت گلشاد مشهد) تنظیم گردید. سپس پودر فیبرها به شیر اضافه شد و در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۱۵ دقیقه در حال هم زدن آرام، در

رطوبت ماست بطور معنی داری کاهش یافت. دلیل کاهش رطوبت در اثر افزایش مقدار فیبر را می‌توان به خاصیت هیدراته شدن یا جذب آب فیبرها نسبت داد. ویژگی هیدراسیون فیبرها به ساختار شیمیایی پلی ساکاریدهای موجود و برخی پارامترهای دیگر از جمله پروسیته، اندازه ذرات، حالت یونی، pH و دما بستگی دارد (الیوچ و همکاران ۲۰۱۰). بیشترین و کمترین مقدار رطوبت به ترتیب مربوط به نمونه کنترل و ماست حاوی ۱/۲ درصد فیبر گندم است. سهن و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که افزایش  $\beta$ -گلوکان ماده خشک ماست را افزایش می‌دهد که نتایج این بررسی را تایید می‌کند.



شکل ۱- تاثیر مقدار فیبر گندم بر درصد رطوبت ماست در طول نگهداری

از آنجایی که دیواره سلولی دانه گندم ترکیبی از آرابینوزایلان‌ها و  $\beta$ -گلوکان‌ها است لذا افزایش فیبر گندم نیز موجب کاهش رطوبت ماست میوه‌ای شده است.

با افزایش فیبر گندم تاثیر معنی داری در pH نمونه‌ها مشاهده نشد. اما در طول نگهداری به مدت ۲۸ روز pH نمونه‌ها بطور معنی داری کاهش یافت ( $P < 0.05$ ) و از ۴/۵۵ به ۴/۲ رسید (شکل ۳). مقدار این شاخص در محدوده pH طبیعی ماست بود.

میستری (۱۹۹۸). برای تعیین سینرژیس مقدار ۵۰ گرم ماست روی کاغذ صافی قرار داده شده روی یک قیف، توزین شد و مدت ۲ ساعت در دمای یخچال قرار گرفت. آب جمع شده در ارلن مایر توزین و درصد سینرژیس محاسبه شد (تراکجی و کیوکونر ۲۰۰۳)، ارزیابی رنگ نمونه‌های ماست میوه‌ای با تعیین فاکتورهای رنگ-سنجی شامل  $a^*$  (نشان دهنده طیف رنگی سبز تا قرمز) و  $L^*$  (نشان دهنده طیف سیاه تا سفید) با استفاده از روش رنگ سنجی دیجیتالی با دوربین المپیوس ۱۲ مگاپیکسل و نرم افزار image J انجام شد. عکس برداری از نمونه‌ها در داخل جعبه‌ای به ابعاد ۵۰×۵۰×۵۰ سانتی‌متری با زمینه‌ای به رنگ سفید انجام گرفت. خواص ارگانولپتیکی نیز شامل طعم و رنگ با استفاده از تست پانل به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد (تراکجی و کیوکونر ۲۰۰۳).

### طرح آماری

این تحقیق با استفاده از آزمایش فاکتوریل با ۳ فاکتور و سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول زمان نگهداری در ۵ سطح (۱، ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز)، فاکتور دوم اندازه ذرات در ۲ سطح (۰/۴۲۰ - ۰/۲۰ و ۰/۲۲۰ - ۰/۱۷۰ میلی متر) و فاکتور سوم مقدار فیبر در ۵ سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶، ۰/۹ و ۱/۲ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) بود. تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم منحنی‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab 15 انجام شد.

### نتایج و بحث

#### ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی ماست

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تاثیر مقدار فیبر بر درصد رطوبت معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ )، اما اندازه ذرات تاثیر معنی‌داری بر رطوبت نداشت ( $P > 0.05$ ). شکل ۱ تاثیر میزان فیبر بر درصد رطوبت ماست میوه‌ای را نشان می‌دهد. همانطوریکه در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار فیبر گندم درصد

(جدول ۴). لذا این ویژگی‌ها را می‌توان بوسیله مدل رگرسیون بیان کرد (معادله ۱).

(۱) معادلات رگرسیون

$$\text{Moisture} = 76.7 + 0.004\text{Time} - 0.648\text{Size} - 0.876\text{Fiber}$$

$$\text{pH} = 4.39 - 0.011\text{Time} + 0.267\text{Size} - 0.0362\text{Fiber}$$

جدول ۴- ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده و بزرگی‌های ماست میوه‌ای

نام آزمایش	ضریب تبیین (R-Sq)	ضریب تبیین اصلاح شده (R-Sq <sub>(adj)</sub> )
رطوبت	۸۲/۱۵	۷۴/۶۵
خاکستر	۷۶/۰۹	۵۲/۶۶
اسیدیته	۸۲/۲۸	۷۰/۸۵
pH	۸۶/۴۰	۷۳/۰۸
سینرزیس	۷۸/۹۷	۶۹/۳۷
ویسکوزیته	۸۴/۸۶	۷۰/۰۲

$$\text{Acidity} = 0.837 + 0.005\text{Time} + 0.229\text{Size} + 0.005\text{Fiber}$$

### ویسکوزیته ظاهری

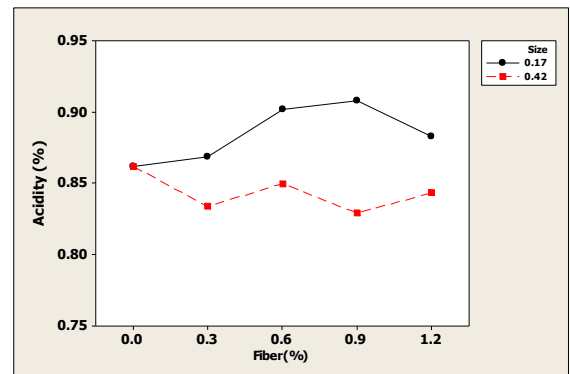
خواص رئولوژیکی برای تعیین خواص بافتی ماست استفاده می‌شود. ارزیابی خواص رئولوژیکی ماست نشان می‌دهد که این ماده غیر نیوتنی و ویسکوالاستیک بوده و ویسکوزیته آن وابسته به زمان است (سندرا و همکاران ۲۰۱۰). لذا در این تحقیق برای تعیین ویسکوزیته ماست از ویسکومتر بروکفیلید با فرکانس ثابت استفاده شد.

تجزیه آماری داده‌های مربوط ویسکوزیته نشان داد که تاثیر متقابل اندازه ذرات و مقدار فیبر بر مقدار ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های ماست معنی دار بود ( $P < 0.05$ ).

شکل ۴ تاثیر متقابل اندازه ذرات و مقدار فیبر را بر ویسکوزیته ماست میوه‌ای نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۴ با افزایش مقدار فیبر گندم به مقدار ۰/۳ درصد میزان ویسکوزیته نسبت به نمونه کنترل افزایش معنی‌داری نشان نداد ( $P < 0.05$ ). اما با افزایش آن به

تاثیر متقابل اندازه ذرات و میزان فیبر بر درصد اسیدیته ماست معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). نمونه‌های ماست میوه-ای حاوی فیبر با اندازه ذرات کوچکتر اسیدیته بیشتری داشتند (شکل ۲). فرناندز-گارسیا و مک‌گریگر (۱۹۹۷) نشان دادند که افزایش فیبر جو در سطح ۱/۳ درصد، موجب افزایش اسیدیته گردید اما بر مقدار pH تاثیر معنی‌داری نداشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. علت آن ممکن است بدلیل خاصیت بافیری فیبر گندم باشد که مانع تغییرات pH بوده است.

با توجه به شکل ۳ در طول زمان نگهداری درصد اسیدیته نمونه‌های ماست بطور معنی‌داری افزایش یافت ( $P < 0.05$ ). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است (تراکجی و کیوکونر ۲۰۰۴، کیوکونر و تراکجی ۲۰۰۴ و تراکجی ۲۰۱۰).

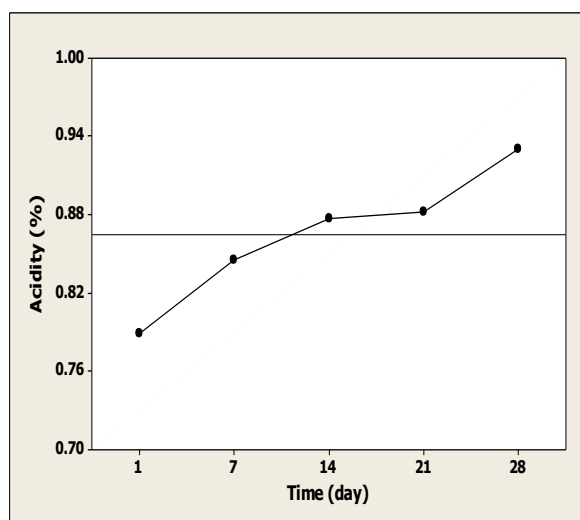
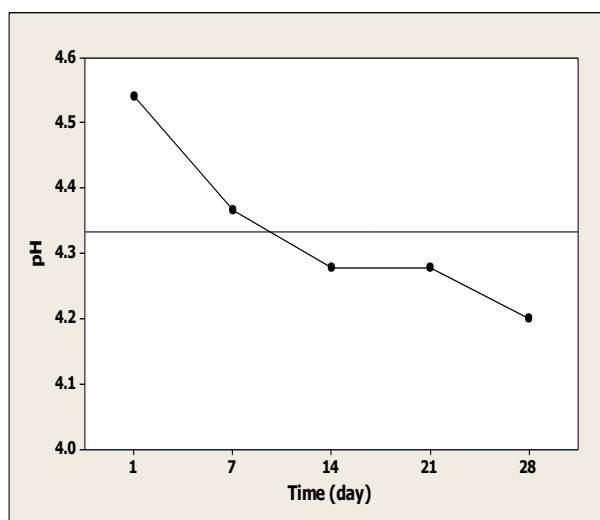


شکل ۲- تاثیر متقابل اندازه ذرات و مقدار فیبر گندم بر درصد اسیدیته

علت افزایش اسیدیته در طول نگهداری شاید در اثر تولید اسید در ماست میوه‌ای در طول نگهداری در اثر تخمیر لاکتوز توسط فعالیت استارترهای ماست باشد (باکیرجی و کاواز ۲۰۰۸ و تراکجی ۲۰۱۰). کاهش pH را نیز می‌توان به فعالیت متابولیکی ثانویه استارترهای ماست نسبت داد (بانکرز و همکاران ۲۰۰۲). با توجه به اینکه ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده رطوبت، اسیدیته و pH بالاتر از ۷۰ و در حد قابل قبول است

کاربرد فیبر در ماست، موجب تغییر در ساختار آن می‌گردد. اگر فیبر به اندازه کافی افزوده شود از طریق جذب آب می‌تواند ساختار ژل را تقویت کند (سندرا و همکاران ۲۰۱۰). این نتایج با نتایج سایر تحقیقات مطابقت دارد (فرناندز-گارسیا و مک‌گریک ۱۹۹۷، استافو و همکاران ۲۰۰۴ و کیپ و همکاران ۲۰۰۶).

۰/۶ درصد میزان ویسکوزیته بطور معنی‌داری افزایش نشان داد که این افزایش در فیبر با اندازه کوچکتر بیشترین مقدار بود. بطور کلی با افزایش اندازه ذرات فیبر میزان ویسکوزیته بطور معنی‌داری کاهش یافت ( $P < 0.05$ ).

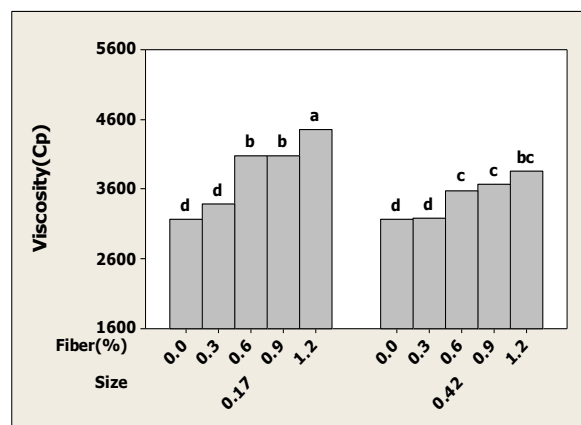


ب

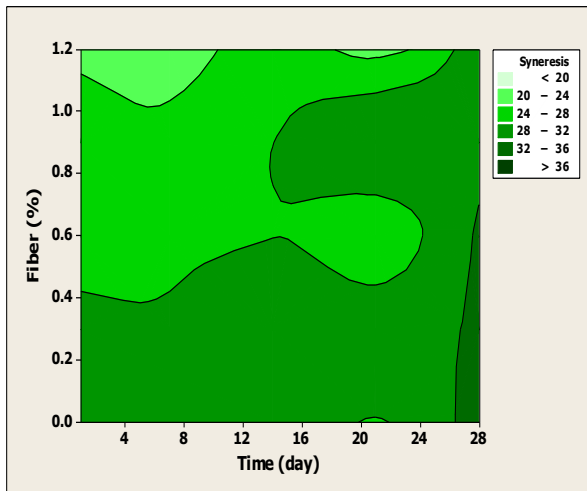
الف

شکل ۳- تاثیر زمان نگهداری بر درصد اسیدیته (الف) و pH (ب) ماست میوه‌ای

فرناندز-گارسیا و مک‌گریک (۱۹۹۷) نشان دادند فیبرهای ذرت، برنج و جو ویسکوزیته ظاهری محصول نهایی را به دلیل برهم کنش بین الیگوساکاریدها و پلی-ساکاریدها با پروتئین‌های شیر افزایش می‌دهد. گارسیه-پرز و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند گرچه فیبر پرتقال خواص رئولوژیکی ماست را بهبود می‌بخشد اما اندازه ذرات فیبر تاثیری بر ویسکوزیته نداشت. سندرا و همکاران (۲۰۱۰) نیز ادعا کردند که جذب آب توسط فیبر مرکبات با ذرات درشت می‌تواند ساختار ژل را تقویت کند که نتایج این تحقیقات با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد. علت آن را می‌توان متفاوت بودن نوع فیبر از نظر ساختمانی دانست. وقتی اندازه ذرات فیبر کوچکتر باشد در مقدار معین از فیبر، کل تعداد ذرات فیبر بیشتر است و نتجتاً اثرات تخریبی آن نیز بیشتر خواهد بود. اما فیبر



شکل ۴- تاثیر متقابل اندازه ذرات و مقدار فیبر بر ویسکوزیته ماست میوه‌ای



شکل ۵- کانتور پلات ویسکوزیته ماست میوه‌ای

#### سینرزیس

سینرزیس از جمله فاکتورهایی است که مستقیماً کیفیت ماست را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شکل ۶ تأثیر مقدار فیبر را بر درصد سینرزیس ماست میوه‌ای در طول زمان نگهداری نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۶ درصد سینرزیس با افزایش مقدار فیبر کاهش یافته است. استافلو و همکاران (۲۰۰۴) نیز نشان دادند که ماست حاوی فیبر سیب و گندم سینرزیس کمتری نسبت به نمونه‌های بدون فیبر داشتند. بلکر و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند استفاده از اینولین موجب کاهش سینرزیس در ماست و سایر شیرهای تخمیری می‌گردد. نتایج این تحقیقات با نتایج این بررسی مطابقت دارد. گارسیا پرز و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند افزایش ۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر فیبر پرتقال سینرزیس را کاهش داده و خواص کرمی را بهبود می‌دهد و موجب افزایش سفتی ژل و چسبندگی آن می‌گردد.

توانایی فیبرها در اتصال به مولکولهای آب و تداخل با اجزای شیر به ویژه پروتئین‌ها و در نتیجه پایداری شبکه پروتئین‌ها می‌تواند از حرکت آزادانه آب جلوگیری کرده و منجر به کاهش سینرزیس گردد. هیدراته شدن

گندم دارای ساختار همگن بوده و با کوچکتر شدن اندازه ذرات آن جذب آب بیشتر شده و ویسکوزیته بهبود پیدا می‌کند. درصد فیبر نامحلول فیبر گندم بیشتر است. تغییرات ویسکوزیته در طول زمان نگهداری معنی دار نبود. کاهش ویسکوزیته می‌تواند بدلیل تغییرات pH، دناتوره شدن پروتئین‌ها باشد چرا که ویسکوزیته ظاهری شاخص پایداری پروتئین است (کاتاساری و همکاران ۲۰۰۲). از آنجا که pH بر جاذبه و پیوندهای میان مولکول‌ها اثر می‌گذارد، لذا خواص بافتی و رئولوژیکی ژل را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در pH بالاتر از ۴/۷-۴/۶، دافعه یونی میان میسل‌های کازئینی، تجتمع آنها را مشکل می‌سازد. همین رویداد در pH های کمتر از ۴/۲ نیز مشاهده می‌گردد (سودینی و همکاران ۲۰۰۴). چون در این بررسی pH نمونه‌ها بین ۴/۳-۴/۷ بود، لذا در طول نگهداری، ویسکوزیته ماست کاهش معنی داری نداشت. در ماست ویسکوزیته و قوام لخته با افزایش میزان مواد جامد در مخلوط ماست بهبود می‌یابد. در این تحقیق نیز با افزایش مقدار فیبر رطوبت کاهش و ماده خشک ماست افزایش یافته است در نتیجه موجب استحکام ژل و افزایش ویسکوزیته می‌شود.

با توجه به کانتور پلات ویسکوزیته (شکل ۵) بیشترین ویسکوزیته در ماست میوه‌ای با مصرف بیش از ۰/۵ درصد فیبر با اندازه کوچکتر از ۰/۳ میلی متر حاصل شد (۴۵۰۰-۴۰۰۰ سانتی پواز) و کمترین مقدار آن با مصرف ۰/۱ تا ۰/۳ درصد فیبر بدست آمد (۳۵۰۰-۳۰۰۰ سانتی پواز).

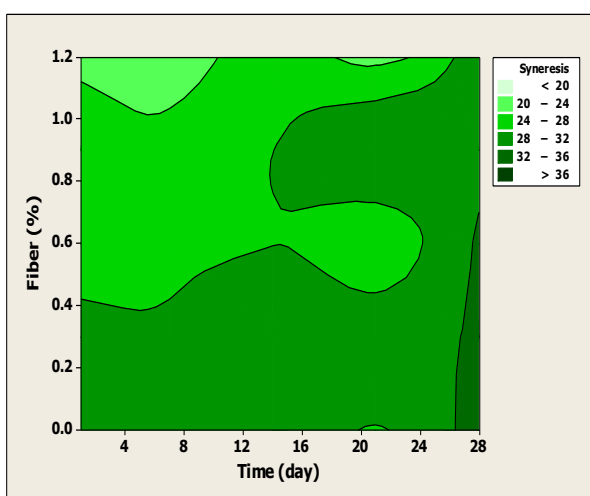
با توجه به بالا بودن ضریب تبین ویسکوزیته تغییرات در پاسخ را می‌توان بوسیله مدل رگرسیون بیان کرد.

معادله رگرسیون ویسکوزیته

$$\text{Viscosity}=3747-15.0\text{Time}-213\text{Size}+783\text{Fiber}$$



درصد) و کمترین آن در نمونه های حاوی بیشتر از ۰/۶ درصد فیبر (بین ۲۳-۲۵ درصد) مشاهده شد. استفاده از فیبر در سطوح کمتر از ۰/۶ درصد تاثیر معنی داری بر میزان سینرژیس نداشت ( $P > 0.05$ ). از آنجایی که تعداد ذرات فیبرها با کاهش اندازه آنها افزایش می یابد در پی آن اثر مختل کنندگی آنها در بافت محصول نهایی ممکن است مشاهده گردد (سودنی و همکاران ۲۰۰۴).



شکل ۷- کانتور پلات درصد سینرژیس ماست میوه‌ای

به دلیل میزان بالای ضریب تبیین سینرژیس ( $R^2=78/98$ )، مدل با داده‌های آزمایشی تطابق دارد. مقدار بالای  $R^2_{adj}=70/05$  نیز نشان دهنده اهمیت بالای مدل است. بنابراین تغییرات در پاسخ را می‌توان بوسیله مدل رگرسیون ذیل بیان کرد.

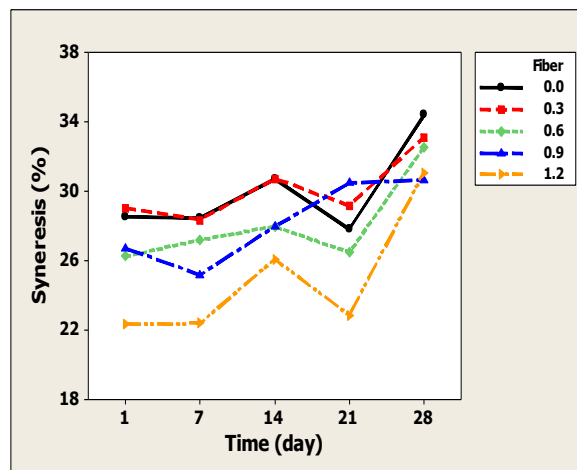
### (۳) معادله رگرسیون سینرژیس

$$\text{Syneresis} = 34.5 + 0.0559 \text{ Time} + 4.28 \text{ Size} - 10.7 \text{ Fiber}$$

### - ارزیابی رنگ

نتایج ارزیابی رنگ نمونه‌ها در جدول ۵ آورده شده است. همانطوریکه در جدول ۵ ملاحظه می‌شود افزایش فیبر هیچگونه تاثیری در طیف رنگی قرمز ( $a^*$ ) نداشت. اما افزایش فیبر گندم موجب افزایش طیف رنگی زرد

یا جذب آب از خواص مهم فیبرهای غذایی می‌باشد (استافلو و همکاران ۲۰۰۸). از فیبرها به دلیل خصوصیات جذب آب آنها، می‌توان برای جلوگیری یا کاهش سینرژیس استفاده کرد. درصد سینرژیس نمونه‌های ماست میوه‌ای در طول زمان نگهداری بطور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ( $P < 0.05$ ). نتایج مشابهی نیز در ماست میوه‌ای محتوی مارمالاد میوه رسیده گل سرخ و پالپ خرما (کیوکونر و تراکجی ۲۰۰۴ و تراکجی ۲۰۱۰) و ماست حاوی پوره موز (باکیرجی و کاواز ۲۰۰۸ و تراکجی ۲۰۱۰) گزارش شده است.



شکل ۶- تاثیر مقدار فیبر بر درصد سینرژیس ماست میوه‌ای در طول زمان نگهداری

افزایش سینرژیس در ماست در طول زمان نگهداری معمولاً به دلیل تجدید ساختمانی شدید شبکه کازئین است که با خروج آب پنیر همراه است (وان ولیت و همکاران ۱۹۹۷). کاهش pH در اواخر دوره نگهداری باعث تغییر فرم طبیعی پروتئین شده و در اثر دنا توره شدن پروتئین، آب متصل به آن آزاد شده و سینرژیس افزایش می‌یابد (تاراکجی و کیوکونر ۲۰۰۳).

با توجه به کانتور پلات سینرژیس (شکل ۷) بیشترین میزان سینرژیس در نمونه های بدون فیبر (بین ۳۵-۴۰

یا رد بسیاری از فرآورده‌ها و کسب رضایت از مصرف آنها است. همانطوریکه در جدول مشاهده می‌شود اندازه ذرات و مقدار فیبر بر امتیاز رنگ و عطر و طعم نمونه‌های ماست میوه‌ای تاثیر معنی‌داری نداشت ( $P > 0.05$ ). سندر و همکاران (۲۰۱۰) و استافل و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که افزایش میزان فیبر موجب کاهش خواص حسی نمونه‌های ماست معمولی توسط مصرف کننده می‌گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت ندارد.

(پارامتر  $b^*$  مثبت) و کاهش میزان روشنایی ( $L^*$ ) محصول نسبت به نمونه شاهد گردید اما معنی دار نبود. افزایش رنگ زرد نمونه‌ها در اثر افزایش مقدار فیبر را می‌توان به وجود رنگدانه زرد کاروتن در فیبر گندم نسبت داد. استافل و همکاران (۲۰۰۴) کاهش میزان روشنایی ( $L^*$ ) را در نمونه‌های ماست حاوی فیبر سیب گزارش کردند.

#### - ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی ماست میوه‌ای در جدول ۵ نشان داده شده است. خواص حسی از عوامل اساسی پذیرش

جدول ۵ - تاثیر اندازه ذرات و مقدار فیبر بر اندیس رنگ و خواص حسی ماست میوه‌ای

ارزیابی حسی		شاخص‌های رنگ سنجی			اندازه ذرات فیبر	
طعم	رنگ	$L^*$	$a^*$	$b^*$	(%)	(mm)
$5 \pm 0.18^a$	$5.77 \pm 0.41^a$	$73.94 \pm 1.28^a$	$7.71 \pm 1.18^a$	$13.55 \pm 2.06^a$	۰	کنترل
$4.73 \pm 0.38^a$	$5.05 \pm 0.76^a$	$73.54 \pm 1.27^a$	$7.38 \pm 1.38^a$	$13.88 \pm 1.72^a$	۰/۳	۰/۱۷
$4.85 \pm 0.43^a$	$5.05 \pm 0.47^a$	$72.72 \pm 2.02^a$	$7.49 \pm 1.73^a$	$15.19 \pm 2.07^a$	۰/۶	
$4.17 \pm 0.34^a$	$5.33 \pm 0.36^a$	$72.10 \pm 2.02^a$	$7.29 \pm 1.64^a$	$15.27 \pm 2.32^a$	۰/۹	
$4.55 \pm 0.50^a$	$5.17 \pm 0.26^a$	$72.04 \pm 1.72^a$	$7.48 \pm 1.50^a$	$15.13 \pm 1.66^a$	۱/۲	
$4.55 \pm 0.33^a$	$5.33 \pm 0.46^a$	$72.47 \pm 1.71^a$	$7.43 \pm 1.37^a$	$14.77 \pm 2.16^a$	۰/۳	۰/۴۲
$4.55 \pm 0.44^a$	$5.05 \pm 0.76^a$	$73.27 \pm 1.33^a$	$7.15 \pm 1.41^a$	$14.72 \pm 1.61^a$	۰/۶	
$4.83 \pm 0.76^a$	$5.67 \pm 0.92^a$	$73.90 \pm 2.39^a$	$7.21 \pm 1.81^a$	$14.75 \pm 1.79^a$	۰/۹	
$5.17 \pm 0.50^a$	$5.33 \pm 0.44^a$	$70.81 \pm 2.39^a$	$7.77 \pm 1.21^a$	$16.31 \pm 2.08^a$	۱/۲	

اعداد حداقل با یک حروف مشابه از لحاظ آماری معنی دار نیستند (آزمون LSD در سطح آماری ۰/۰۵)

#### نتیجه گیری

بر اینکه ویسکوزیته و بافت ماست را بهبود بخشید و میزان سینرزیس را کاهش داد، تاثیر نامطلوبی نیز بر خواص حسی ماست از جمله رنگ و طعم نمونه‌های ماست میوه‌ای نداشت. لذا می‌توان از فیبر گندم به مقدار ۱/۲ درصد در تهیه این نوع ماست میوه‌ای حاوی توت فرنگی استفاده کرد.

ماست حاوی فیبر از غذاهای عملگرا بوده که اثرات سلامت بخش در انسان دارد. در این بررسی تاثیر اندازه ذرات و میزان فیبر گندم بر ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه‌ای توت فرنگی هم زده بررسی گردید. افزایش میزان فیبر علاوه

#### منابع مورد استفاده

- Abdul-Hamid A, and Luan Y S, 2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. Food Chemistry, 68: 15-19.
- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.

- Bakirci I, and Kavaz A, 2008. An investigation of some properties of banana yogurts made with commercial ABT-2 starter culture during storage. *International Journal of Dairy Technology*, 61: 270-276.
- Blecker C, Chevalier J P, Van Herck J C, Fournies C, Deroane C and Paquot M, 2001. Inulin: Its physicochemical properties and technological functionality. *Recent Research Development in Agriculture and Food Chemistry*, 5: 125-131.
- Bonczar G, Wszolek M, and Siuta A, 2002. The effects of certain factors on the properties of yogurt made from ewe's milk. *Food Chemistry*, 79: 85-91.
- Dervosiglu M and Yazici F, 2006. The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. *Food Science and Technology International*, 12: 159-164.
- Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C and Attia H, 2010. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality & commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 121: 174-185.
- Esposito F, Arlotti G, Bonifati A and Napolitano A, 2005. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Research International* 38: 1167-1173.
- Fernandez-Garcia E and McGregor J U, 1997. Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. *A, European Food Research and Technology*, 204: 433-437.
- Fernandez-Gines J M, Fernandez-Lopez J, Sayas-Barbera E, Sendra E and Perez-Alvarez J A, 2003. Effect of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fibre. *Journal of Food Science* 68: 710-715.
- Garcia-Perez F J, Sendra E, Lario Y, Fernandez-Lopez J, Sayas-Barbera E and Perez-Alvarez J A, 2006. Rheology of orange fiber enriched yogurt. *Milchwissenschaft* 61: 55-59.
- Kimm S, 1995. The role of dietary fiber in the development and treatment of childhood obesity. *Pediatrics*, 96: 1010-1014.
- Kip P, Meyer D and Jellema R H, 2006. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *International Dairy Journal*, 16: 1098-1103.
- Kucukoner E and Tarakci Z, 2004. Influence of different fruit additives on some properties of stirred yogurt during storage. *Milchwissenschaft* 59: 159-161.
- Labell F, 1990. Designer food in cancer prevention. *Food Process* 51: 23-32.
- Normand F L, Ory R L and Mod R R, 1987. Binding of bile acids and trace minerals by soluble hemicelluloses of rice. *Food Technology*, 41: 86-99.
- Regand A and Goff H D, 2003. Structure and ice recrystallisation in frozen stabilised ice cream model systems. *Food Hydrocolloids*, 17: 95-102.
- Sahana N, Yasarb K and Hayaloglu A A, 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.
- Saulnier L, Sado PE, Branlard G, Charmet G, and Guillon F, 2007. Wheat arabinoxylans: exploiting variation in amount and composition to develop enhanced varieties. *Journal of Cereal Science*, 46: 261-281.
- Selvendran R R, 1984. The plant cell wall as a source of dietary fiber: chemistry and structure. *American Journal of Clinical Nutrition*, 39: 320-337.
- Sendra E, Fayos P, Lario Y, Fernandez-pez J, Sayas-Barber E, and Pérez-Alvarez JA, 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25: 13-21.
- Sendra E, Kuri V, Fernandez-Lopez J, Sayas-Barbera E, Navarro C and Perez-Alvarez J A, 2010. Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT - Food Science and Technology*, 43: 708-714.
- Sodini I, Remeuf F, Haddad S and Corrieu G, 2004. The relative effect of milk base, starter and process on yogurt texture. *Journal of Food Science and Nutrition*, 44: 113-137.
- Soukoulis C, Lebesi D and Tzia C, 2009. Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry* 115: 665-671.

- Staffolo M D, 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.
- Tarakçi Z, 2010. Influence of Kiwi Marmalade on the Rheology Characteristics, Color Values and Sensorial Acceptability of Fruit Yogurt. *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 16: 173-178.
- Tarakçi Z and Kucukoner E, 2004. Physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of some fruit-flavored yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 41: 177-181.
- Theander O, Westerlund E, Aman P and Graham H, 1989. Plant cell walls and monogastric diets. *Anim. Food Science and Technology*, 23: 205-225.
- Trachoo N and Mistry V, 1998. Application of ultrafiltered sweet buttermilk and sweet buttermilk powder in the manufacture of nonfat and low fat yogurts. *Journal of Dairy Science*, 81: 3163-71.
- Van Vliet T, Lucey JA, Grolle K and Walstra P, 1997. Rearrangements in acidinduced casein gels during and after gel formation. In: Dickinson, E., Bergenstahl, B. (Eds.), *Food Colloids: Proteins, Lipids and Polysaccharides*. Royal Society of Chemistry, Cambridge. pp. 335–345.
- Yuan X, Wang J and Yao H, 2006. Production of feruloyl oligosaccharides from wheat bran insoluble dietary fibre by xylanases from *Bacillus subtilis*. *Food Chemistry*, 95: 484–492.