بررسی تأثیر فیبر پرتقال بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه‌ای توت‌فرنگی به روش سطح پاسخ

افسانه عظیمی محله[1*]، شهین زمردی[2]، علی محمدی ثانی[3]، ریحانه احمدزاده قویدل[3]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان ، قوچان، ایران
[2] استادیار بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران
[3] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، قوچان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۵

چکیده

در این پژوهش تأثیر افزودن فیبر پرتقال بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست توت فرنگی با استفاده از روش سطح پاسخ بررسی گردید. مقدار فیبر در محدوده ۱/۲-۰ درصد و زمان نگهداری در محدوده ۲۹-۳ روز بود. نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد با افزایش مقدار فیبر، ماده خشک و ویسکوزیته به طور معنی داری افزایش و سینرزیس کاهش پیدا کرد ($P< 0.05$) در حالی که تأثیر آن بر اسیدیته و pH نمونه‌ها معنی دار نبود ($P> 0.05$). در طول زمان نگهداری درصد اسیدیته و سینرزیس به طور معنی داری افزایش و pH و ویسکوزیته کاهش یافت ($P< 0.05$). همچنین افزایش مقدار فیبر به طور معنی داری طیف رنگی زرد (پارامتر *b مثبت) را افزایش و میزان روشنایی (*L) محصول را کاهش داد ($P< 0.05$). نتایج تجزیه آماری ارزیابی حسی نمونه‌ها نیز نشان داد که با افزایش مقدار فیبر شاخص رنگ، عطر و طعم و پذیرش کلی کاهش پیدا کرد اما امتیاز آن‌ها در محدوده خوب و قابل قبول قرار داشت. با توجه به مدل تجربی به دست آمده توسط روش سطح پاسخ ارتباط بین متغیرهای مورد مطالعه مناسب تشخیص داده شد. بر اساس آزمایشات انجام شده شرایط بهینه برای تولید ماست توت‌فرنگی حاوی فیبر پرتقال، میزان فیبر ۱/۲ درصد و زمان نگهداری ۱۶ روز تعیین گردید که در این شرایط مقدار ویسکوزیته ۳۵۱۹ سانتی پواز، سینرزیس ۲۸/۴۹ درصد، ماده خشک ۲۵/۲۴ درصد و امتیاز پذیرش کلی ۴/۷۵ از ۷ بود.

واژه‌های کلیدی: فیبر پرتقال، ماست توت فرنگی، خواص فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی، زمان نگهداری.

* مسوول مکاتبه: azimi.azam@yahoo.com

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر غذاهای سلامتی بخش با هدف بهبود وضعیت تغذیه‌ای مورد توجه قرار گرفته است که بخش عمده آن مربوط به غذاهای غنی شده با فیبر و غذاهای کم کالری می‌باشد (۵). فیبر یکی از مهم‌ترین اجزای دیواره سلولی گیاهان است که اثر سودمندی در کاهش کلسترول خون داشته و موجب کاهش بیماری‌های قلبی، عروقی و نارسایی‌های روده به خصوص سرطان روده بزرگ می‌گردد. بیماران دیابتی نیز در اثر مصرف این مواد به انسولین کمتری نیاز خواهند داشت (۱۰ و ۱۹). جهت اثرات مثبت فیبر بر سلامتی انسان، مقدار دریافتی روزانه آن برای مردان ۳۸ گرم و برای زنان ۲۵ گرم توصیه شده است (۹ و ۳۵). این موضوع توجه به افزایش فیبر را در فراورده‌های غذایی افزایش می‌دهد. پس مانده‌های حاصل از فراوری پرتقال غنی از فیبر است که می توان به عنوان فیبر خوراکی در صنایع غذایی استفاده کرد. یک سوم از پرتقال تولیدی در تهیه آب پرتقال مصرف می‌شود که در حدود ۵۰ درصد کل میوه اولیه به عنوان پس ماند بدست می‌آید (۲۸).

فیبر مرکبات مقدار کلسترول HDL خون را به مقدار قابل توجهی کاهش داده و نقش حفاظتی آن در برابر بیماری ارترواسکلروزیس ناشی از رژیم غذایی و اختلالات تیروئیدی در موش‌های آزمایشگاهی گزارش شده است (۲۳). فرنانزجینز و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که خواص ارگانولپتیکی سوسیس‌های تخمیری که در فرمول آن‌ها ۱/۵ درصد فیبر غلات یا فیبر پرتقال استفاده شده، مشابه محصولات با چربی بالا است (۱۲). استفاده از فیبر مرکبات حاوی ترکیبات زیست فعال مانند پلی فنل‌ها، در محصولات گوشتی، تأثیر به سزایی در جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها داشته و زمان نگهداری آن را افزایش می‌دهند (۱۷ و ۲۷). کنگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که پودر استخراج شده از پوست مرکبات توسط اتانول ۷۰ درصد، خاصیت آنتی اکسیدانی دارد (۱۸). فرنانزلوپز و همکاران (۲۰۰۴) و فرنانز جینز و همکاران (۲۰۰۳) نیز نشان دادند که استفاده از فیبر مرکبات استخراج شده توسط محلول آبی، در محصولات گوشتی، موجب کاهش رسوب نیتریت می‌گردد (۱۲ و ۱۳).

سندرا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند اضافه کردن فیبر لیمو به شیرهای تخمیری موجب افزایش رشد پروبیوتیک‌ها می‌شود (۲۸). افزایش فیبرهایی مانند سیب، گندم، اینولین (۶)، β- گلوکان (۳۶)، جو، برنج، سویا و ذرت (۱۱) و فیبر مرکبات (۷ و ۲۹) به ماست گزارش شده است. دیروسی اوغلی و یازیجی (۲۰۰۶) گزارش کردند که فیبر مرکبات به تنهایی به عنوان پایدارکننده نمی‌تواند ویسکوزیته، خواص حسی و هوادهی بستنی را بهبود دهد اما اثرات مفیدی بر خواص ذوبی آن دارد (۷). هاشم و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که غنی سازی ماست با فیبرهای رژیمی تأثیری بر اسیدیته ماست ندارد. ماست غنی شده با فیبرهای رژیمی بافت مستحکم‌تری نسبت به ماست کنترل داشته و نتایج ارزیابی حسی نشان داد که رنگ، طعم و ظاهر ماست تحت تأثیر فیبرهای رژیمی قرار دارد (۱۶). دامگلا و همکاران (۲۰۰۵) ویژگی‌های رئولوژیکی و بافتی ماست تهیه شده با مالتودکسترین جو حاوی β- گلوکان، را مورد مطالعه قرار دادند (۸). مصرف مالتودکسترین جو در ماست بدون چربی به دلیل فیبر موجود در محصول و تأثیر بهبود دهندگی آن در خصوصیات حسی و فیزیکی ماست‌های بدون چربی توصیه شده است (۲۵). تیودوریکی و همکاران (۲۰۰۴) مشاهده کردند که وقتی به شیر β- گلوکان افزوده شود به نظر می‌رسد به هم پیوستگی کازئین بهبود می‌یابد (۳۶). سنز و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که فیبر استخراج شده از مارچوبه به خصوص در هنگامی که به کمک الکل استخراج می‌شود باعث بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی ماست می‌شود. اضافه کردن این نوع فیبر موجب کاهش روشنایی و افزایش طیف رنگی زرد در ماست می‌گردد (۲۶).

تأثیر سلامت بخشی ماست به دلیل دارا بودن میزان قابل توجهی از اسیدهای آلی به همراه سایر مواد موثر در درمان بیماری‌هایی همچون اسهال و کلسترول بالای خون، کاملاً مشخص شده است (۱۱). لذا افزودن فیبر به ماست که مصرف بیشتری دارند، می‌تواند به کمبود فیبر در رژیم غذایی افراد کمک کند (۱۲). در محصولات لبنی فیبرها به طور گسترده استفاده می‌شوند. دلو استفولو و همکاران (۲۰۰۴) و سیندرا و همکاران (۲۰۱۰) به ترتیب گزارش کردند که افزایش بیش از ۱/۳ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر فیبر سیب و افزایش بیش از ۱ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر فیبر پرتقال به ماست، امتیاز خواص حسی آن را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (۶ و ۲۹). برای بهبود ویژگی‌های حسی ماست لازم است از مواد طعم دهنده استفاده شود. لذا در این مطالعه هدف ارزیابی استفاده از فیبر پرتقال در تهیه ماست میوه‌ای توت

فرنگی و بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی محصول نهایی است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

شیر تهیه شده از دام‌پروری دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه که ویژگی‌های آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شیر خام مصرفی

چربی (٪)	پروتئین (٪)	SNF (٪)	اسیدیته (٪)	pH
۳/۴۸±۰/۲۱	۳/۱۵±۰/۱۱	۸/۱۶±۰/۲۹	۰/۱۲±۰/۰۱	۶/۶۱±۰/۰۳

استارتر تجاری حاوی گونه‌های *استرپتوکوکوس ترموفیلوس و لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیر گونه *بولگاریکوس* (DSM استرالیا)، ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم (ساتریوس آلمان)، آون (ممرت آلمان)، pH (متریوم سوئیس)، ویسکومتر (بروکفیلد آمریکا)، سانتریفوژ (یونورسال آمریکا)، کوره الکتریکی (ایران خودساز ایران)، رفراکتومتر دستی (Garlzeiss Jena آلمان) و دستگاه فعالیت آبی (نواسینا سوئیس).

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه فیبر پرتقال

در این تحقیق فیبر پرتقال از پوست پرتقال رقم مصری با استفاده از روش لارایوری تهیه شد (۲۱). بر اساس این روش ابتدا پوست پرتقال به قطعات کوچک بریده شد. سپس در آب داغ ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه شستشو داده شد و پس از آبکش کردن، در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت حداکثر ۵ درصد خشک گردید و سپس آسیاب شد.

با توجه به اینکه استفاده از پودر فیبر پرتقال با اندازه کوچک‌تر، موجب ایجاد احساس شنی در دهان می‌شود (۱۵)، لذا در این تحقیق اندازه ذرات فیبر بین ۱-۰/۵ میلی متر انتخاب گردید.

ویژگی‌های فیبر از جمله میزان رطوبت (از طریق خشک کردن در آون ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد)، خاکستر (توسط سوزاندن در کوره در دمای ۵±۵۵۰ درجه سانتی‌گراد)، درصد فیبر خام با روش پیرسون (۲۴) و فعالیت آبی با استفاده از دستگاه فعالیت آبی تعیین شد. برای تعیین اسیدیته (بر حسب اسید سیتریک) 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 (۲). برای تعیین ظرفیت نگهداری آب، به ۲۵۰ میلی‌گرم از فیبر، ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید پس از ۱ ساعت، به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰g سانتریفوژ شد (۲۲). ویژگی‌های فیبر پرتقال در جدول ۴ آورده شده است.

۲-۲-۲- تهیه مارمالاد توت‌فرنگی

میوه توت فرنگی رقم اتابکی پس از تمیز کردن و شستشو، در همزن برقی (ناسیونال ساخت ایران) به صورت پوره در آورده شد. سپس با مقدار برابر وزن میوه، شکر افزوده شد و حرارت داده شد تا بجوشد. سپس میزان ۰/۱۵ درصد پکتین و ۰/۲ درصد اسید سیتریک به آن اضافه گردید و مدت ۱۰ دقیقه جوشانیده شد. مارمالاد به صورت داغ در ظروف شیشه‌ای پر و دربندی گردید.

ویژگی‌های میوه و مارمالاد توت فرنگی از جمله pH(با استفاده از pH متر)، بریکس (به روش رفراکتومتری)، 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 ۵).

۲-۲-۳- تهیه ماست

ماده خشک شیر با افزودن ۲ درصد شیر خشک بدون چربی (تهیه شده از شرکت صنایع غذایی گلشاد مشهد) تنظیم شد. سپس فیبر به مقدار لازم به شیر اضافه گردید و در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه در حال هم زدن آرام، در حمام آب گرم پاستوریزه شد و تا دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد سرد و مایه ماست اضافه و مخلوط گردید. نمونه‌ها در گرم خانه با دمای ۴۳ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا pH به ۴/۶ برسد. سپس به نمونه-های ماست ۲۰ درصد وزنی/وزنی مارمالاد توت فرنگی اضافه گردید. نمونه‌های ماست به آرامی هم زده شد و در لیوان‌ها پر گردید. نمونه‌های ماست تا دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سرد شد و مدت ۲۹ روز در یخچال نگهداری گردید. در طول نگهداری نمونه‌های ماست مورد آزمایش قرار گرفت.

۲-۲-٤- روش های آزمون

رطوبت توسط خشک کردن در آون در ۲±۱۰۳ درجه سانتی‌گراد، pH با استفاده از pH متر، اسیدیته قابل تیتر توسط تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال به روش پتانسیومتری تا pH= ۸/۳ بر حسب اسید لاکتیک تعیین شد (۲). ویسکوزیته نمونه‌ها در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد توسط ویسکومتر با اسپیندل LV_2شماره ۶۴ و با سرعت برشی ۳۰ دور در دقیقه، بعد از ۳۰ ثانیه چرخش، بر حسب سانتی پواز در ثانیه اندازه گیری شد. قبل از اندازه گیری ویسکوزیته، نمونه‌ها مدت یک دقیقه به صورت دستی هم زده شدند (۳۴). برای تعیین سینرزیس 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 سینرزیس محاسبه شد (۳۰)، ارزیابی رنگ نمونه‌های ماست میوه‌ای با تعیین فاکتورهای رنگ سنجی شامل *b (نشان دهنده طیف رنگی آبی تا زرد)، *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 ۷ نقطه‌ای (امتیاز ۱ بد و امتیاز ۷ بسیار عالی) انجام شد (۳۳).

۲-۲-۵- طرح آزمایشی و تیمارهای آماری

در این تحقیق، از روش سطح پاسخ (RSM) و از طرح مرکب مرکزی چرخش‌پذیر (CCRD)استفاده شد. متغیرهای مستقل شامل میزان فیبر و زمان نگهداری در ۵ سطح بود. سطوح متغیرها در جدول ۲ و نمایش طراحی آزمون‌ها در جدول ۳ آمده است. تعداد نمونه‌های آزمایشی برابر ۱۳ عدد بود که در این میان ۵ آزمون تکرار در نقطه مرکزی بود که از این نقاط برای تعیین خطای آزمایش استفاده شد. داده‌های به دست آمده توسط نرم افزار SAS مدل‌سازی شده و شکل‌های سه بعدی این طرح (منحنی‌های سطح پاسخ) جهت بررسی رابطه میان پاسخ و متغیرهای مستقل رسم شد. آنالیز رگرسیون با مدل درجه دوم زیر انجام گرفت:

$$Y= \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2$$

در این فرمول Y پاسخ پیش‌بینی شده، β_0 ضریب ثابت، β_1 و β_2 اثرات خطی، β_{11} و β_{22} اثر مربعات و β_{12} اثر متقابل می‌باشد.

جدول ۲- نمایش متغیرهای مستقل فرایند و مقادیر آن‌ها

فاکتور	کمینه	مرکزی	بیشینه
فیبر (٪)	۰/۲	۰/۶	۱
زمان (روز)	۷	۱۶	۲۵

جدول ۳- طراحی آزمون‌ها بر اساس مدل طرح مرکب مرکزی چرخش پذیر (CCRD) با دو متغیر (فیبر و زمان)

Run	فیبر	زمان نگهداری
۱	۰/۲	۷
۲	۰/۲	۲۵
۳	۱	۷
۴	۱	۲۵
۵	۰	۱۶
۶	۱/۲	۱۶
۷	۰/۶	۳
۸	۰/۶	۲۹
۹	۰/۶	۱۶
۱۰	۰/۶	۱۶
۱۱	۰/۶	۱۶
۱۲	۰/۶	۱۶
۱۳	۰/۶	۱۶

۳- نتایج و بحث

در جدول ۶ نتایج آنالیز واریانس تأثیر زمان نگهداری و مقدار فیبر بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی ماست میوه‌ای توت فرنگی آورده شده است.

۳-۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست میوه‌ای

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۶) تأثیر خطی و اثر مربعی میزان فیبر بر درصد ماده خشک و تأثیر مربعی زمان نگهداری بر میزان pH و اسیدیته معنی‌دار بود ($P< 0.05$).

جدول ٤- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی فیبر پرتقال

WHC (g/g)	فعالیت آبی	فیبر خام (٪)	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	pH	اسیدیته (٪)
۱۲±۰/۲	۰/۱۶±۰/۰۲	۲۵/۹۲±۰/۴	۴/۴۳±۰/۰۳	۳/۴۴±۰/۲	۵/۵۳±۰/۰۶	۰/۱۴±۰/۰۲

نتایج میانگین ۳ تکرار است

جدول ۵- مشخصات پوره و مارمالاد توت‌فرنگی

	pH	اسیدیته (٪)	بریکس
مارمالاد	۳/۳۰±۰/۰۳	۰/۷۲±۰/۰۴	۶۲±۰/۲
پوره	۳/۳۸±۰/۰۶	۰/۹۶±۰/۰۶	۱۲±۰/۲

نتایج میانگین ۳ تکرار است

جدول ٦- آنالیز واریانس اثر متغیرهای مستقل بر ویژگی‌های مورد مطالعه

Source	Mean Square				
	pH	Acidity	Dry matter	Syneresis	Viscosity
Model	0.0179 *	0.0153 *	0.7400 *	29.2910 *	730013.6 *
Liner	0.0034^{ns}	0.0035 ^{ns}	1.2706 *	72.4093 *	662628.5 *
Quadratic	0.0411 *	0.0348 *	0.5793 *	72.4093 *	1155265 *
Fiber(A)	0.0006 ^{ns}	0.0035 ^{ns}	2.4088 *	129.3112 *	946259 *
Time(B)	0.0063 ^{ns}	0.0035 ^{ns}	0.1325 ^{ns}	15.5074 *	378991.8 *
A^2	0.0045 ^{ns}	0.0039 ^{ns}	1.1539 *	0.2643 ^{ns}	794.6156^{ns}
AB	0.0004 ^{ns}	0.00003 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	0.8410 ^{ns}	14280.25^{ns}
B^2	0.0813 *	0.0688 *	0.0050 ^{ns}	0.6235 ^{ns}	2281534 *
Lack of fit	0.0024 ^{ns}	0.0023 ^{ns}	0.1855 ^{ns}	2.9474 ^{ns}	30420.72^{ns}
R-Squared	89.20%	88.80%	83.67%	92.29%	94.98%
Adj R-Squared	81.49%	80.80%	72.01%	86.79%	91.40%
Coefficient of Variation(CV)	0.9593	3.99366	1.3148	3.8667	5.9281

* $P < 0.05$, ns = not necessary

همان طور که از شکل ۱ مشخص است با افزایش میزان فیبر، درصد ماده خشک ماست افزایش یافته است. افزایش ماده خشک را می‌توان به خاصیت هیدراته شدن یا جذب آب فیبر نسبت داد (۳۸). ویژگی هیدراسیون فیبرهای رژیمی به ساختار شیمیایی پلی‌ساکاریدهای موجود و برخی پارامترهای دیگر از جمله pH و دما بستگی دارد (۱۰). زمردی (۱۳۹۱) طی تحقیقی نشان داد که افزایش فیبر گندم موجب کاهش درصد رطوبت در ماست میوه‌ای گردید (۱). سهن و همکاران (۲۰۰۸) نیز نشان دادند که افزایش β- گلوکان ماده خشک ماست را افزایش می‌دهد که نتایج این بررسی را تایید می‌کند (۲۵).

با افزایش فیبر پرتقال تأثیر معنی داری در مقدار pH و اسیدیته نمونه‌ها مشاهده نشد. فرناندز- گارسیا و مک گریگر (۱۹۹۷) نشان دادند که افزایش فیبر جو در سطح ۱/۳ درصد بر مقدار pH تأثیر معنی‌داری نداشت که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۱۱). علت آن ممکن است به دلیل خاصیت بافری فیبر پرتقال باشد که از تغییرات pH جلوگیری کرده است.

همان‌طور که از شکل ۲ مشخص است در طول نگهداری pH و اسیدیته نمونه‌ها تا روز ۱۶ به ترتیب کاهش و افزایش یافت و سپس pH افزایش و اسیدیته کاهش پیدا کرد. علت آن را می‌توان به فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید و مضر نسبت داد. مخمرها با مصرف قند و تولید اسیدهای آلی می‌توانند کاهش pH را به دنبال داشته باشند. با پایان رسیدن منابع قندی، میکروارگانیسم‌ها پروتئین‌های موجود در محیط و نیز اسیدهای آلی را مصرف کرده و این باعث افزایش pH و کاهش اسیدیته محصول می‌گردد (۱۴). این نتایج با یافته‌های واحدی و همکاران مطابقت دارد (۳۷).

همان طوری که از جدول آنالیز واریانس مشاهده می‌شود عدم برازش داده‌ها[1] در ماده خشک، اسیدیته و pH غیر معنی دار بوده R^2 (ضریب تبیین) و R^2_{Adj} (ضریب تبیین اصلاح شده) آن‌ها بالاتر از ۷۰ است لذا مدل نهایی بدست آمده، کارآمد بوده و قادر است به طور رضایت بخشی تغییرات ویژگی‌های مورد آزمون را توجیه کند و حتی در مراحل بعدی پیشگویی و بهینه سازی به عنوان یک شاخص مورد استفاده قرار گیرد. معادله پیشگویی ماده خشک، اسیدیته و pH حاصل از برازش داده‌ها در فرمول ۱ نشان داده شده است که در آن A میزان فیبر و B زمان نگهداری است.

(۱)

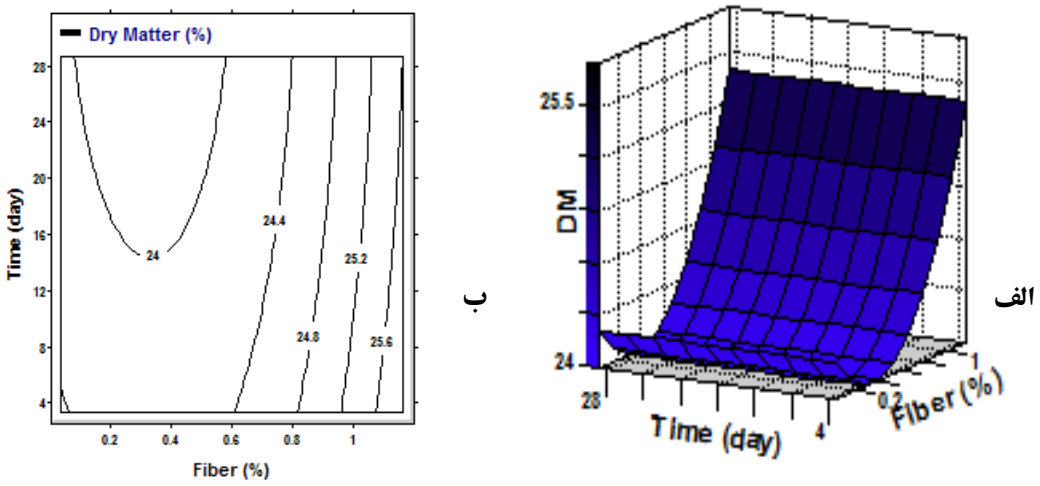
$$\text{Dry Matter} = 24.26331 - 1.656374A + 2.523503A^2$$
$$\text{Acidity} = 0.7241 + 0.0357B - 0.0012B^2$$
$$\text{pH} = 4.3190 - 0.0382B + 0.0012B^2$$

۳-۲- سینرزیس

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد که تأثیر خطی مقدار فیبر و زمان نگهداری بر میزان سینرزیس معنی‌دار است ($P< 0.05$). درصد سینرزیس با افزایش مقدار فیبر کاهش یافت (شکل ۳). توانایی فیبرها در اتصال به مولکول‌های آب و تداخل با اجرای شیر به ویژه پروتئین‌ها و در نتیجه پایداری شبکه پروتئین‌ها می‌تواند از حرکت آزادانه آب جلوگیری کرده و منجر به کاهش سینرزیس گردد (۳۱). به خصوص فیبر پرتقال که آسیب کمتری به دیواره سلولی آن وارد می‌شود، قادر به متورم شدن در مدت زمان بسیار کوتاه بوده و یک شبکه اسفنجی شکل را تشکیل می‌دهد. این ماتریکس قادر به تثبیت آب به مقدار زیاد است (۳۸). زمردی (۱۳۹۱) و دلواستافلو و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که ماست حاوی فیبر سیب و گندم سینرزیس کمتری نسبت به نمونه‌های بدون فیبر داشت (۱ و ۶). بلکر و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند استفاده از اینولین موجب کاهش سینرزیس در ماست و سایر شیرهای تخمیری می‌گردد (۴). نتایج این تحقیقات، نتایج بررسی حاضر را تایید می‌کند. 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 (۱۵).

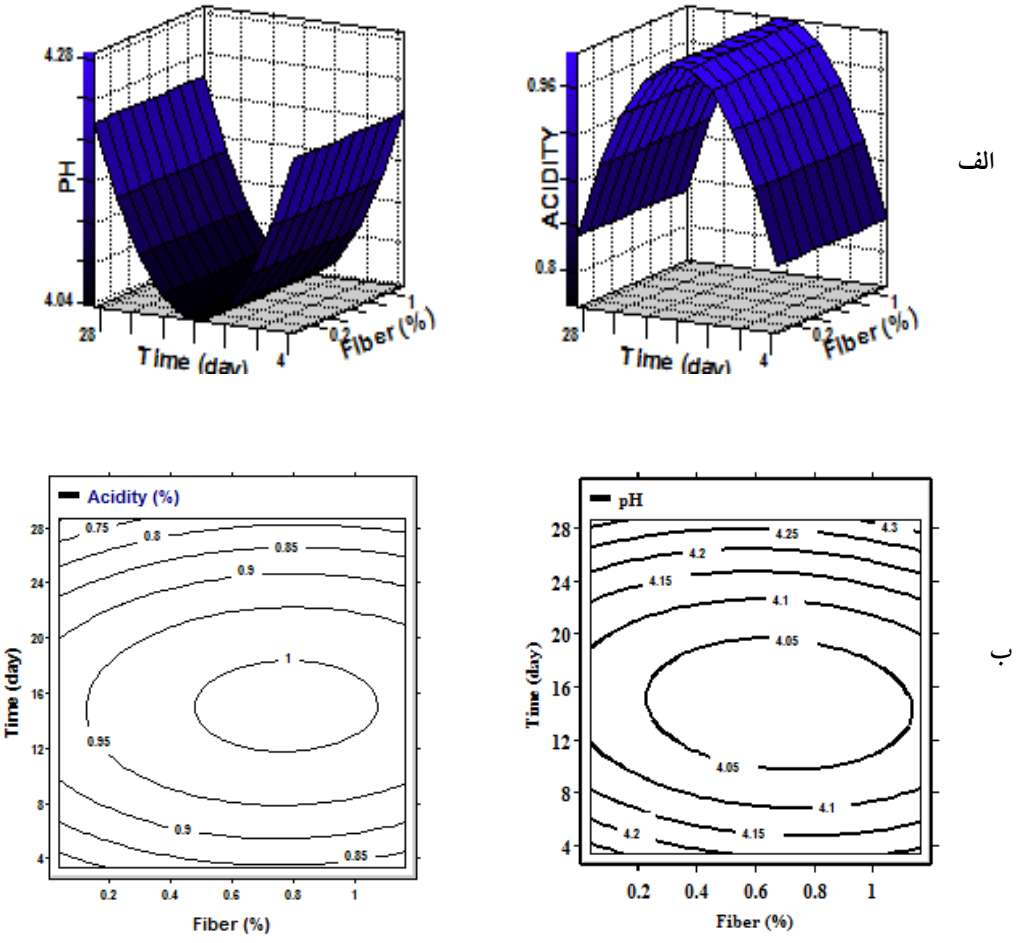
در طول زمان نگهداری درصد سینرزیس افزایش نشان داد. نتایج مشابهی نیز در ماست میوه‌ای توسط سایر محققان گزارش شده است (۳،۲۰ و ۳۲). شاید افزایش سینرزیس در طول نگهداری مربوط به شل شدن بافت ماست در طول نگهداری و آزاد شدن آب متصل به پروتئین‌های آن باشد که تغییرات pH از حالت طبیعی نیز در این امر دخیل هستند و باعث دناتوره‌شدن ساختمان پروتئین‌ها می‌شوند. افزایش pH در اواخر دوره نگهداری باعث تغییر فرم طبیعی پروتئین شده و در اثر دناتوره شدن پروتئین‌ها، آب متصل به آن آزاد شده و سینرزسیس افزایش می‌یابد (۳۳). با توجه به جدول آنالیز واریانس،در مدل نهایی عدم برازش داده‌ها غیر معنی‌دار، ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده بالا است.

[1] Lack of Fit



ب الف

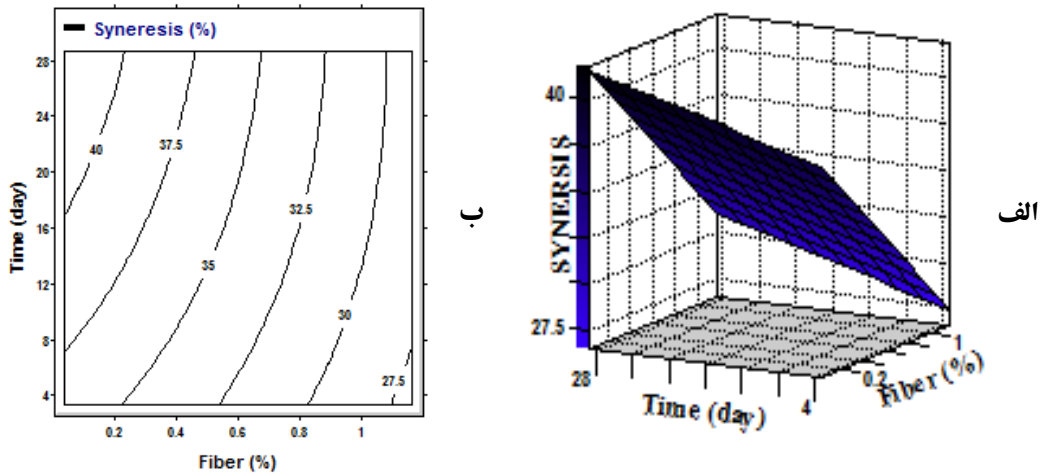
شکل ۱- تأثیر متغیرها بر درصد ماده خشک (الف) پاسخ سطحی و (ب) کانتور پلات



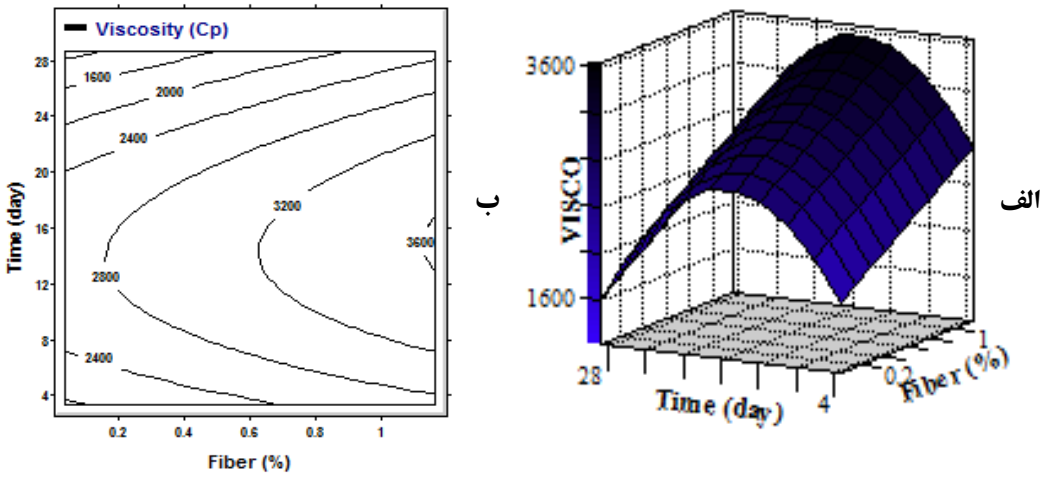
الف

ب

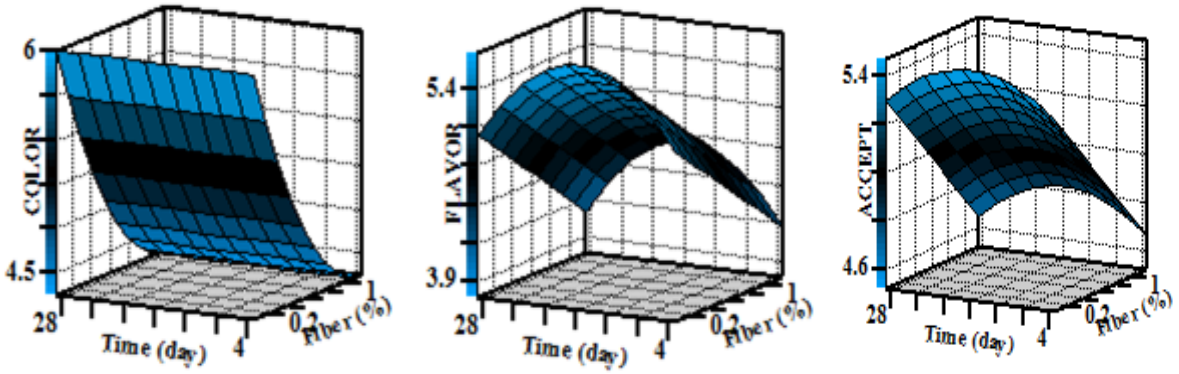
شکل ۲- تأثیر مقدار فیبر و زمان نگهداری بر pHو اسیدیته ماست توت‌فرنگی
(الف) پاسخ سطحی و (ب) کانتورپلات



شکل ۳- تأثیر میزان فیبر و زمان نگهداری بر درصد سینرزیس ماست توت‌فرنگی
(الف) پاسخ سطحی و (ب) کانتورپلات



شکل ٤- تأثیر متغیرها بر ویسکوزیته ماست توت‌فرنگی
(الف) پاسخ سطحی و (ب) کانتورپلات



شکل ٥- تأثیر متغیرها بر خواص حسی ماست توت‌فرنگی

بنابراین مدل نهایی بدست آمده، کارآمد بوده و قادر است به طور رضایت بخشی تغییرات ویژگی‌های مورد آزمون را توجیه کند و حتی در مراحل بعدی پیشگویی و بهینه سازی به عنوان یک شاخص مورد استفاده قرار گیرد. معادله پیشگویی سینرزیس حاصل از برازش داده‌ها در فرمول ۲ آورده شده است که در آن A میزان فیبر و B زمان نگهداری است:

$$Syneresis = 37.7406 - 10.051A + 0.1547B \quad (۲)$$

۳-۳- ویسکوزیته ظاهری

یکی از فاکتورهای مهم و تأثیر گذار در کیفیت محصول ویسکوزیته ظاهری می‌باشد که ویژگی یک ماده در مقابل تغییر شکل را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد تأثیر خطی فیبر و زمان نگهداری و اثر مربعی زمان نگهداری بر میزان ویسکوزیته معنی دار است ($P< 0.05$).

همان طوری که از شکل ۴ مشاهده می‌شود در ماست با افزایش مقدار فیبر ویسکوزیته افزایش نشان داد. در میوه‌جات ماتریکس دیواره سلولی یک بخش مهم محسوب شده و خاصیت اتصال با مولکول‌های آب در فیبرهای میوه باعث بهبود رفتارهای رئولوژی در مواد غذایی می‌شود. بدون شک، ویژگی کلیدی فیبر میوه‌ها، خاصیت هیدراته شدن یا جذب آب آن می‌باشد. جذب آب توسط فیبر میوه توانایی رشد و متورم شدن، بالا بردن ویسکوزیته و جلوگیری از سینرزیس را شرح می‌دهد(۳۸). دلو استافو و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که نوع فیبر و زمان نگهداری از فاکتورهای موثر در ویسکوزیته می‌باشد (۶). فرناندز-گارسیا و مک‌گریک(۱۹۹۷) نشان دادند فیبرهای ذرت، برنج و جو ویسکوزیته ظاهری محصول نهایی را به دلیل برهم کنش بین الیگوساکاریدها و پلی‌ساکاریدها با پروتئین‌های شیر افزایش می‌دهد (۱۱) که نتایج این بررسی را تایید می‌کند.

با توجه به مقادیر عدم برازش داده‌ها، ضریب تبیین و ضریب تبیین اصلاح شده مدل نهایی (جدول ۶)، مدل نهایی بدست آمده، کارآمد بوده و قادر است در مراحل پیشگویی و بهینه سازی به عنوان یک شاخص مورد استفاده قرار گیرد. معادله پیشگویی ویسکوزیته در فرمول ۳ نشان داده شده است که در آن A میزان فیبر و B زمان نگهداری است:

$$Viscosity = 1217.054 + 859.8055A + 201.5124B - 7.0530B^2 \quad (۳)$$

۳-٤- ارزیابی رنگ

نتایج ارزیابی رنگ نمونه‌ها در جدول ۷ آورده شده است. همان طوری که از جدول ۷ ملاحظه می‌شود افزایش فیبر هیچ‌گونه تأثیری در طیف رنگی قرمز (a*) نداشت. اما افزایش فیبر پرتقال به طور معنی داری موجب افزایش طیف رنگی زرد (پارامتر b* مثبت) و کاهش میزان روشنایی (L*) محصول نسبت به نمونه شاهد گردید. افزایش رنگ زرد نمونه‌ها در اثر افزایش مقدار فیبر را می‌توان به وجود رنگ‌دانه‌های زرد کارتنوئیدی در فیبر پرتقال نسبت داد. دلواستافلو و همکاران (۲۰۰۴) کاهش میزان روشنایی (L*) را در نمونه‌های ماست حاوی فیبر سیب گزارش کردند (۶).

۳-۵- آنالیز حسی

خواص حسی از عوامل اساسی پذیرش یا رد بسیاری از فرآورده‌ها و کسب رضایت از مصرف آن‌ها است. نتایج تجزیه آماری (جدول ۸) نشان داد که تأثیر خطی و مربعی فیبر بر امتیاز رنگ و تأثیر خطی فیبر بر عطر و طعم و پذیرش کلی نمونه‌های ماست میوه‌ای معنی‌دار بود ($P< 0.05$). با افزایش مقدار فیبر امتیاز رنگ، عطر و طعم و پذیرش کلی کاهش یافت (شکل ۵).

سندرا و همکاران (۲۰۱۰) و دلواستافلو و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که افزایش میزان فیبر موجب کاهش خواص حسی نمونه‌های ماست توسط مصرف کننده می‌گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۶ و ۲۹).

همان طوری که از جدول ۸ مشاهده می‌شود میزان عدم برازش داده‌ها و ضریب تبیین به دست آمده تایید کننده مناسب بودن معادله پیشگویی به دست آمده در پیشگویی پاسخ‌های ارزیابی حسی است. معادله ۴ معادله پیشگویی خواص حسی را نشان می‌دهد که در آن A میزان فیبر و B زمان نگهداری است.

(۴)

$$Flavor = 5.6879 - 0.9086A - 0.0006B^2$$
$$Color = 6.1261 - 3.3189A + 1.5482A^2$$
$$Acceptability = 5.4893 - 0.6344A - 0.0002B^2$$

جدول ۷ - تأثیر اندازه ذرات و مقدار فیبر بر اندیس رنگ ماست میوه‌ای

فیبر (٪)	شاخص‌های رنگ سنجی		
	b*	a*	L*
۰	۱۱/۹۵±۲/۰۶^{d}	۱۴/۰۶±۱/۱۸^{a}	۵۳/۹۴±۱/۲۸^{a}
۰/۲	۱۴/۵۷±۲/۱۶^{c}	۱۳/۹۳±۱/۳۷^{a}	۵۳/۳۵±۱/۷۱^{b}
۰/۶	۱۷/۰۲±۱/۶۱^{b}	۱۴/۰۷±۱/۴۱^{a}	۵۳/۲۶±۱/۳۳^{b}
۱	۱۸/۸۵±۱/۷۹^{a}	۱۳/۹۹±۱/۸۱^{a}	۵۳/۱۱±۲/۳۹^{c}
۱/۲	۱۸/۹۷±۲/۰۸^{a}	۱۳/۸۴±۱/۲۱^{a}	۵۳/۰۷±۲/۳۹^{c}

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

جدول ۸- آنالیز واریانس اثر متغیرهای مستقل بر مقدار بر ویژگی‌های مورد مطالعه

Source	Mean Square		
	Flavor	Color	Acceptability
Model	0.4225 *	0.6554 *	0.1233 *
Liner	0.5764 *	1.3710 *	0.2609 *
Quadratic	0.4778 *	0.2505 ^{ns}	0.0081 ^{ns}
Fiber (A)	1.0567 *	2.7321 *	0.5150 *
Time (B)	0.0961 ^{ns}	0.0098 ^{ns}	0.0067 ^{ns}
A^2	0.0144 ^{ns}	0.4720 *	0.0171 ^{ns}
AB	0.0042 ^{ns}	0.0342 ^{ns}	0.0081 ^{ns}
B^2	0.9555 *	0.0668 ^{ns}	0.0600 ^{ns}
Lack of fit	0.0180 ^{ns}	0.1226 ^{ns}	0.0151 ^{ns}
R-Squared	88.51%	86.41%	86.85%
Adj R-Squared	80.30%	76.70%	77.45%
Coefficient of Variation (CV)	4.0040	5.6009	2.2852

*P < 0.05
ns = not necessary

جدول ۹- نقاط بهینه ماست میوه‌ای حاوی فیبر

میزان فیبر (٪)	زمان (روز)	ماده خشک (٪)	رطوبت (٪)	خاکستر (٪)	اسیدیته (٪)	pH	پروتئین (٪)	چربی (٪)	ویسکوزیته (Cp)	سینرزیس (٪)	قابلیت پذیرش کلی
۱/۲	۱۶	۲۵/۲۴	۷۴/۷۵	۰/۸۷	۰/۸۹	۴/۱۵	۳/۸۵	۳	۳۵۱۹	۲۸/۴۹۹۳	۴/۷۵۷۶

٤- نتیجه‌گیری

در این تحقیق تأثیر فیبر پرتقال بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی ماست میوه‌ای با استفاده از روش سطح پاسخ بررسی شد. نتایج نشان داد افزایش فیبر برخی از ویژگی‌های کیفی از جمله ویسکوزیته، سینرزیس و ماده خشک ماست را بهبود بخشید. همچنین نتایج ارزیابی حسی حاکی است با افزایش مقدار فیبر قابلیت پذیرش کلی ماست میوه‌ای کاهش یافت. با وجود کاهش خواص حسی با افزایش میزان فیبر، امتیاز این ارزیابی در فرم طراحی شده برای تست پانل در محدوده خوب و قابل قبول قرار داشت. لذا می‌توان از فیبر پرتقال، محصول جانبی این میوه، با موفقیت در ماست میوه‌ای توت فرنگی استفاده نمود که در کنار بهبود ویژگی‌های بافتی و شیمیایی، رضایت مصرف کننده را نیز تأمین می‌کند.

٥- سپاس گزاری

نگارندگان مقاله از بخش فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی به خاطر در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

٦- منابع

۱. زمردی، ش. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر افزایش فیبرهای خوراکی سیب و گندم بر خواص فیزیکوشیمیایی، رئولوژیکی و حسی انواع ماست. *گزارش نهایی طرح تحقیقاتی سازمان تحقیقات کشاورزی.*

2. AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis*. Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
3. Bakirci, I. and Kavaz, A. 2008. An investigation of some properties of banana yogurts made with commercial ABT-2 starter culture during storage. *Int J Dairy Technol,* 61: 270-276.
4. Blecker, C. Chevalier, J. P. Van Herck, J. C. Fougnies, C. Deroane, C. and Paquot, M. 2001. Inulin: Its physiochemical properties and technological functionality. *Recent Research Development in Agric and Food Chem,* 5: 125–131.
5. Brownlee, A. L. 2011. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids*, 25: 238-250.
6. 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.
7. 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.
8. Domagala, J. Sady, M. Grega, T. and Bonczar, G. 2005. The influence of storage time on rheological and texture of yoghurts with the addition of oat-maltodextrin as the fat substitute. *Journal of Food Properties*, 8: 395–404.
9. Duxbury, D. 2004. Dietary fiber: still no accepted definition. *Food Technology*. 58: 70–71.
10. Elleuch, M. Bedigian, D. Roiseux, O. Besbes, S. Blecker, C. and Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124: 411–421.
11. Ferna'ndez-Garci'a, E. and McGregor, J. U. 1997. Fortification of sweetened plain yogurt with insoluble dietary fiber. *European Food Research and Technology*, 204: 433-437.
12. 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.
13. Fernández-López, J. and Fernández-Ginés J.M. 2004. Application of functional citrus by-products to meat products Trends. *Food Science& Technology*, 15: 176-185.
14. Frazier, W. C. and Westhhoff, D. C. 1995. *Food Microbiology*. Mc Graw-Hill Book Company.
15. Garcıa-Pe rez, 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.
16. Hashim, I. B. Khalil, A. H. and Afifi, H. S. 2009. Quality characteristics and consumer acceptance of yogurt fortified with date fiber. *Journal of Dairy Science*, 92: 5403– 5407.
17. Jiménez-Colmenero, F. 1996.Technologies for developing low fat meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 7: 41-48.
18. Kang, H. J. and Chawla, S. P .2006. Studies on the development of functional powder from citrus peel. *Bioresource Technology*, 97: 614-620.
19. Kim, Y. I. 2000. AGA technical review: impact of dietary fiber on colon cancer occurrence. *Gastroenterology*, 118: 1235–1257.
20. Kucukoner, E. and Tarakci, Z. 2004. Influence of different fruit additives on some properties of

stirred yogurt during storage. *Milchwissenschaft,* 59: 159-161.

21. Larrauri, J. A. 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruits by-products. *In: Trendsin Food Science and Technology*, 10: 24-29.
22. Larrauri, J. A. Borroto, B. and Crespo, A. R. 1997. Water recycling in processing orange peel to a high dietary fibre powder. *International Journal of Food Science and Technology*, 32: 73-75.
23. Parmar, H. S. and Kar, A. 2007. Protective role of citrus sinensis, musa paradisiaca, and punica granatum peels against diet-induced atherosclerosis and thyroid dysfunctions in rats. *Nutrition Research*, 27: 710–718.
24. Pearson, D. 1970. *The chemical Analysis of foods. 6th edition*, Churehill, London, pp. 53-62, 84-94.
25. Sahana, N. Yasarb, K. and Hayalogluc, 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.
26. Sanz, T. Salvador, A. Jiménez, A and Fiszman, S. M. 2008. Yogurt enrichment with functional asparagus fiber. Effect of fiber extraction method on rheological properties, color, and sensory acceptance. *European Food Research and Technology*, 227: 1515-1521.
27. Sayago-Ayerdi, S. G. Brenes, A. and Goni, I. 2009. Effect of grape antioxidant dietary fiber on the lipid oxidation of raw and cooked chicken hamburgers. *LWT – Food Science and Technology*, 42: 971–976.
28. Sendra, E. Fayos, P. Lario, Y. Ferna'ndez-Lo'pez, J. Sayas-Barbera, E. and Pérez-Alvarez, J. A. 2008. Incorporation of citrus fibers in fermented milk containing probiotic bacteria. *Food Microbiology*, 25: 13–21.
29. Sendra, E. Kuri, V. Ferna´ndez-Lopez, J. Sayas-Barbera´a, E. Navarro, C. and Pe´rez-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.
30. Tamime, A. Y. Barrantes, E. and Sword, A. M. 1996. The effects of starch based fat substitutes on the microstructure of set-style yogurt made from reconstituted skimmed milk powder. *Journal of the Society*, 8: 16-23.
31. Tamime, A. Y. Robinson, R. K. 2007. *Yoghur Science and Technology*. Third edition, London, UK: Wood head Publishing.
32. 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.
33. Tarakçi, Z. and Küçüköner, E. 2003. Physical, Chemical, Microbiological and Sensory Characteristics of Some Fruit-Flavored Yoghurt. *YYÜ Vet Fak Derg*, 14:10-14.
34. Trachoo, N. and Mistry,V. 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– 3171.
35. Trumbo, P. Schlicker, S. Yates, A. and Poos, M. 2002. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. *Journal of the American Dietetic Association*, 102: 1621–1630.
36. Tudorica, C. M. Jones, T. E. R. Kuri, V. and Brennan, C. S. 2004. The effects of refined barley b-glucan on the physico-structural properties of low-fat dairy products: curd yield, microstructure, texture and rheology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84, 1159–1169.
37. Vahedi, N. Mazaheri Tehrani, M. and Shahidi, F. 2008. Optimizing of fruit yoghurt formulation and evaluating its quality during storage. *American-Eurasian J. Agric. & Environ,* 3: 922-927.
38. Waldron, K. W. Parker, M. L. and Smith, A. C. 2003. Plant cell walls and food quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2: 30-46.