Archive of SID

مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۹ شماره ۴/ سال ۱۳۹۸/ صفحات ۱۵۳تا ۱۶۹

اثر تغییر مقدار چربی بر ویژگی‌های شیمیایی و رئولوژیکی ماست حاوی پودر سیب زمینی ترشی در طی زمان نگهداری

طاهره نجف غفاری [۱] و سید حسین حسینی قابوس*[۲]

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۷/۹/۱٤

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاداسلامی، آزادشهر.
[۲] استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد آزادشهر، دانشگاه آزاداسلامی، آزادشهر.
*مسئول مکاتبه: Email: Hosseinighaboos@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: ماست از پر مصرف‌ترین فرآورده‌های تخمیری شیر است، که به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا تـأثیر مثبتـی در سلامتی انسان و اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد. **هدف:** هدف این پژوهش بررسی اثر تغییر مقدار چربـی بـر ویژگی‌های شیمیایی و رئولوژیکی ماست حاوی پودر سیب زمینی ترشی در طی زمان نگهداری می‌باشـد. **روش کـار:** در این پژوهش از پودر سیب زمینی ترشی بـه مقـدار ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصـد در فرمولاسـیون ماسـت قـالبی بـا ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد چربی استفاده و ویژگی‌های شیمیایی و رئولوژیکی نمونه‌های تهیه شده در مـدت ۲۱ روز نگهـداری بررسـی شـد. **نتایج:** اضافه کردن پودر سیب زمینی ترشی بر ویژگی‌های شیمیایی و رئولوژیکی ماست تأثیر معنـی‌دار نداشـت. نتـایج نشان داد که pH نمونه‌های پرچرب تنها در انتهای دوره نگهداری بـه طـور معنـی‌داری بیشـتر از pH ماسـت ۰/۵ درصـد چربی بوده است. همچنین میزان اسیدیته در روز ۱٤ نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت که البته این مقـدار افـزایش، در ماست پرچرب نسبت به ماست‌های ۰/۵ و ۱ درصد چربی کمتر بوده است. در انتهای دوره نگهـداری اسـیدیته ماسـت ۰/۵ درصد چربی، به طور معنی‌داری بیشتر از ماست ۱ و ۱/۵ درصد چربی بود. تیمار ۱/۵ درصد چربـی بـا ۱/۵ درصـد پودر سیب زمینی ترشی از نظر قوام و الاستیسیته بهترین تیمار بود. **نتیجه‌گیری نهایی:** بـا افـزایش مقـدار پـودر سـیب زمینی ترشی و چربی، مدول افت در برابر تنش برشی افزایش یافت. به طور کلی بـا افـزایش سـرعت بـرش، ویسـکوزیته نمونه‌ها کاهش یافت. همچنین با افزایش درصد چربی نمونه‌ها، ویسکوزیته آن‌ها در یک سرعت برش ثابت افـزایش یافـت. افزودن پودر سیب زمینی ترشی نیز ویسکوزیته را افزایش داد اما اثر چربی بر روی ویسکوزیته بیشتر بود.

واژگان کلیدی: سیب زمینی ترشی، ماست، رئولوژی، اینولین

مقدمه

در بین تمام فراورده‌های تخمیری شیر، ماست شناخته شده‌تر از سایر فرآورده‌ها است و مقبولیت بیشتری در دنیا دارد. همانند بسیاری از محصولات لبنی عامه‌پسند ماست رشد مصرف قابل توجهی را نشان می‌دهد؛ عامه‌پسندی این فرآورده به دلیل میزان بالای کلسیم،

www.SID.ir

Archive of SID

ویتامین‌ها، مواد معدنی و میزان پایین چربی آن و اثر سلامت بخشی و مهارکنندگی باکتری‌های مضر و افزایش طول عمر، می‌باشد (بوزار و همکاران ۱۹۹۷؛ تمیم و رابینسون ۱۹۹۹).

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. لذا افزودن فیبر به می‌تواند به کمبود فیبر در رژیم غذایی افراد کمک کند (هشیم و همکاران ۲۰۰۹). از جمله فیبرهایی که می‌توان از آن در ماست و لبنیات استفاده کرد اینولین می‌باشد (گون و همکاران ۲۰۰۵). این ترکیب از نظر شیمیایی جز دسته فروکتان‌ها و پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای طبقه‌بندی شده است (آکین و همکاران ۲۰۰۷؛ گوگیسبرگ و همکاران ۲۰۰۹). اینولین در طبیعت به صورت کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای در گیاهان، یا به صورت پلی ساکاریدهای خارج سلولی در برخی از میکروارگانیسم‌ها یافت می‌شود. اینولین به‌طور طبیعی در سیر، پیاز، مارچوبه، کنگر، موز، سیب زمینی ترشی و کشمش وجود دارد و جزء فیبرهای پری‌بیوتیک است. تولید و عرضه ماست رژیمی حاوی اینولین می‌تواند به عنوان نقطه عطفی در پیوند تولید و علم تغذیه مدرن به شمار آید که ضمن بهبود خواص کیفی ماست بتواند با کاهش مصرف انرژی از خطر ابتلا به بیماری چاقی جلوگیری نماید (ساهان و همکاران ۲۰۰۸؛ گوگیسبرگ و همکاران ۲۰۰۹؛ اوزر و رابینسون ۱۹۹۹).

سیب زمینی ترشی نوعی گیاه گل‌دار با نام علمی *Helianthus tuberosus* از خانواده helianthus محسوب می‌گردد. این گیاه ارزشمند عمدتاً در مناطق سردسیر می‌روید و گیاهی علفی و دارای ساقه‌ای به ارتفاع ۱/۵ تا ۳ متر است. غده سیب زمینی ترشی دارای ۱ تا ۱/۵ درصد اینولین و ۳ تا ۵ درصد قندهای مختلف و ۲ درصد مواد ازته می‌باشد (تمیم و رابینسون ۱۹۹۹).

محسنی و همکاران (۲۰۱۳) اثر چند ترکیب پری‌بیوتیک شامل اینولین، لاکتولوز و گالاکتوالیگوساکارید در فرمولاسیون شیر پاستوریزه‌ی تخمیرشده را بررسی نمودند. در پژوهشی دیگر گاون و همکاران (۲۰۰۵) اینولین را به فرمولاسیون ماست افزودند و مشاهده کردند که افزودن اینولین به ماست تأثیر معنی‌داری بر pH و اسیدیته ندارد. برخی از محققان به این نتیجه رسیدند که افزودن اینولین به پنیر موزولا خواص حسی آن را بهبود می‌دهد. همچنین گزارش کردند که افزودن اینولین به میزان بیشتر از ۱٪ پایداری ماست را افزایش می‌دهد (تیانو و همکاران ۲۰۰۹).

لذا در این پژوهش اثر افزودن پودر سیب زمینی ترشی به عنوان یک ماده حاوی اینولین به فرمولاسیون ماست بررسی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی و رئولوژیکی آن اندازه‌گیری شد.

مواد و روش‌ها

- تهیه و آماده سازی مواد اولیه

سیب زمینی ترشی (*Jerusalem artichoke*) مورد استفاده در این تحقیق در مهر ماه از شهرستان گرگان تهیه و پس از شستشو و خشک کردن در آون با دمای ۴۵°C و با استفاده از آسیاب آزمایشگاهی با مش ۶۳، به صورت پودر در آمد و تا زمان استفاده در دمای ۴°C نگهداری شد.

- تهیه ماست حاوی پودر سیب زمینی ترشی

جهت تهیه ماست‌های حاوی سیب زمینی ترشی از شیر آماده در خط تولید ماست کارخانه صباح (استان گلستان) که با ماده خشک بدون چربی ۹٪ و در مقادیر چربی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد جهت تولید ماست‌های نیمه چرب و پر چرب استفاده شد. در واقع شیری که با هموژنایزر همگن (در دمای ۶۰-۷۰°C و فشار ۱۶۰-۱۵۰ بار) و توسط دستگاه پاستوریزاتور، پاستوریزه (دمای ۹۲°C به مدت ۵ دقیقه) شده بود به مقدار مورد نیاز در ظروف ۵ لیتری استریل به قسمت پایلوت برده شده و پس از افزودن کشت آغازگر YC-X11 (شرکت کریستین

www.SID.ir

Archive of SID

هانسن، به مقدار ۲ ٪ در دمای ۴۲°C) و مقادیر ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد پودر سیب زمینی ترشی، شیر مایه زده شده توسط دستگاه پرکن در ظروف ۵۰ گرمی پر و درب بندی شد. در هر مرتبه تقریباً ۳۰۰ عدد نمونه تهیه شد. سپس گرمخانه گذاری تا رسیدن اسیدیته نمونه به ۸۰ درجه دورنیک انجام شد (حسن نژاد و همکاران ۲۰۰۵). برای این منظور در اواخر زمان تخمیر پیش‌بینی‌شده (به صورت تجربی) هر ۵ دقیقه یک بار اسیدیته نمونه اندازه‌گیری می‌شد. گرمخانه مورد استفاده، گرمخانه سلولی صنعتی بود. نمونه‌ها به گونه‌ای در آن قرار داده شدند که تمام نمونه در یک سطح و موقعیت در گرمخانه قرار گیرند که جهت گرم شدن یکسان نمونه‌ها بسیار مهم است. پس از گرمخانه‌گذاری نمونه در دمای ۴°C سردخانه گذاری شدند.

- اسیدیته

برای ماست از تیتراسیون ۱۰ گرم نمونه در مجاورت فنل فتالئین با استفاده از سود یک نهم ٪ نرمال انجام شد و نتیجه بر اساس درجه دورنیک بیان شد (حسن نژاد و همکاران، ۲۰۰۵).

- اندازه‌گیری pH

به منظور اندازه‌گیری pH از pH متر لوترون[۱](تایوان) استفاده شد (حسینی، ۲۰۰۶).

- ویسکوزیته

ویسکومتری با استفاده از ویسکومتر[۲]با اسپیندل LV64 در سرعت برشی ثابت $40 s^{-1}$ و دمای 8°C انجام شد. برای این منظور ۲۵۰ میلی‌لیتر نمونه درون یک بشر شیشه‌ای ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد و با استفاده از قاشق پلاستیکی به مدت ۲۰ ثانیه هم زده شده و پس از روشن کردن دستگاه بعد از ۳۰ ثانیه ویسکوزیته بر حسب سانتی پواز گزارش شد (حسن نژاد و همکاران ۲۰۰۵).

- اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی

با استفاده از آزمون نوسانی برخی از ویژگی‌های رئولوژی ماست نظیر ضریب ذخیره، ضریب افت، گرانروی مرکب، گرانروی پویا و تانژانت افت اندازه‌گیری شد. برای این منظور از رئومتری (Anton Paar, MCR 301, UK) صفحات موازی استفاده شد و مقدار چند گرم از نمونه‌های ماست بین صفحات رئومتری قرار داد شد. پس از سپری شدن زمان استراحت ناحیه‌ی ویسکوالاستیک خطی در دامنه‌های کرنشی مختلف تعیین شد. سپس کرنش حاصل از رقیق‌ترین نمونه مبنا قرار گرفت زیرا قطعاً در چنین حالتی نمونه‌های غلیظ در محدوده‌ی خطی قرار دارند. پس از انجام این مرحله مدت ۱۰ دقیقه استراحت صرف بازسازی ساختار نمونه‌ها شد. آنگاه بدون خارج کردن نمونه از بین صفحات رئومتری روند تغییرات ضرایب ذخیره و افت به صورت تابعی از بسامد زاویه‌ای در محدوده‌ی ۱۰۰-۰/۰۱ رادیان بر ثانیه در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

- روش تجزیه و تحلیل

تمامی مراحل و آزمایش‌های انجام‌شده در این پژوهش در سه تکرار انجام شد. تجزیه‌وتحلیل آماری در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵٪ و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار اکسل ۲۰۰۷ انجام شد.

نتایج و بحث

- pH

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۱)، مشاهده می‌شود، تنها مدت ماندگاری، درصد چربی و تأثیر متقابل آن‌ها موجب تغییرات معنی‌دار pH نمونه‌ها در سطح اطمینان ۵ درصد شده است و پودر سیب‌زمینی ترشی تأثیر معنی‌داری بر این ویژگی ماست نداشته است.

۱- Lutron YK-2001 pH meter (Taiwan)

۲- Brookfield, USA

www.SID.ir

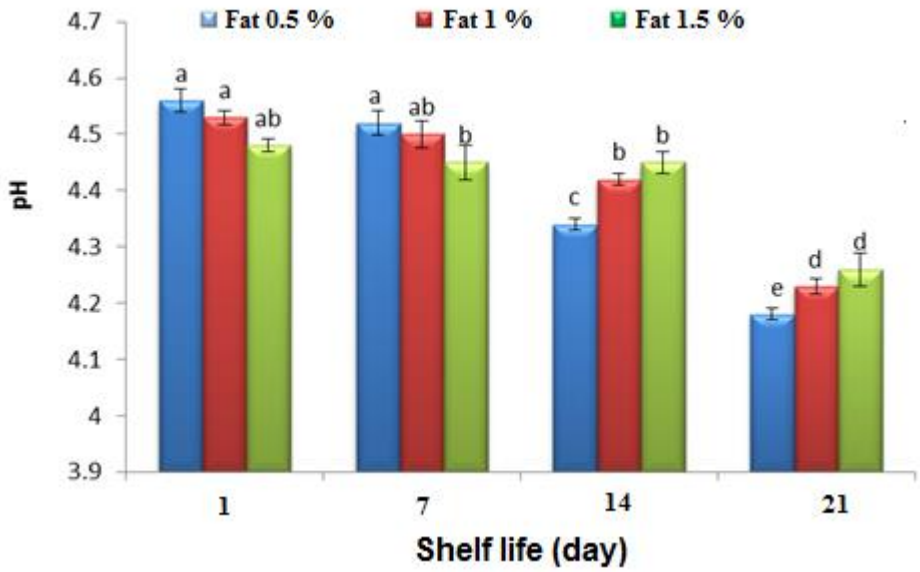
Archive of SID

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر درصد چربی، پودر و مدت ماندگاری(روز) بر pH ماست

Table 1- Analysis of variance of fat percentage, powder and shelf life (days) effects on yoghurt pH

Sources of variation	Degree of freedom	Sum of squares	Mean squares	F-value	Pr>F
Fat	2	0.035	0.018	0.02	0.045*
Powder	2	0.033	0.017	0.96	0.382ns
Shelf life	3	0.505	0.167	0.389	0.0001*
Fat*Powder	4	0.041	0.01	0.58	0.681 ns
Fat* Shelf life	6	0.010	0.001	0.1	0.0344*
Powder* Shelf life	6	0.038	0.008	0.36	0.903 ns
Fat*Powder* Shelf life	12	0.107	0.007	0.5	0.908 ns

در شکل ۱ تأثیر مدت ماندگاری و مقدار چربی بر تغییرات pH نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود pH نمونه‌های پرچرب تنها در انتهای دوره نگهداری به طور معنی‌داری بیشتر از pH ماست ۰/۵ درصد چربی بود. دلیل این امر را تأثیر چربی، بر فعالیت باکتری‌های آغازگر ماست است به طوری که ماست‌های پر چرب نسبت به ماست‌های کم چرب، نیاز به زمان تخمیر بیشتری برای رسیدن به اسیدیته یکسان دارند (بوزار و همکاران، ۱۹۹۷). تفاوت در نتایج مشاهده شده ممکن است به دلیل اختلاف در باکتری‌های آغازگر استفاده شده و یا شرایط تهیه ماست‌های مورد آزمایش باشد. با گذشت زمان کاهش pH در ماست به دلیل فعالیت باکتری‌های لاکتیکی و تولید اسید لاکتیک در ماست است (مهدیان و مظاهری طهرانی، ۲۰۰۷). گاگیسبرگ و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که افزودن اینولین به ماست تأثیر معنی‌داری بر pH نداشته است.



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های مربوط به تأثیر درصد چربی و مدت ماندگاری(روز) بر pH ماست

Figure 1- Average comparison of fat percentage and shelf life effects on yoghurt pH

- اسیدیته

خصوصیات ماست نظیر اسیدیته، میزان اسید چرب آزاد، ترکیبات ایجاد کننده عطر و طعم (دی استیل، استالدهید و استوئین) و همچنین خصوصیات حسی و ارزش تغذیه‌ای فاکتورهای مهمی در ارزیابی محصول می‌باشند. این فاکتورها تحت تأثیر عواملی از قبیل ترکیب شیمیایی شیر، شرایط فرآیند، افزودنی‌ها و فعالیت باکتری‌های آغازگر در حین تخمیر قرار می‌گیرد. جدول

www.SID.ir

Archive of SID

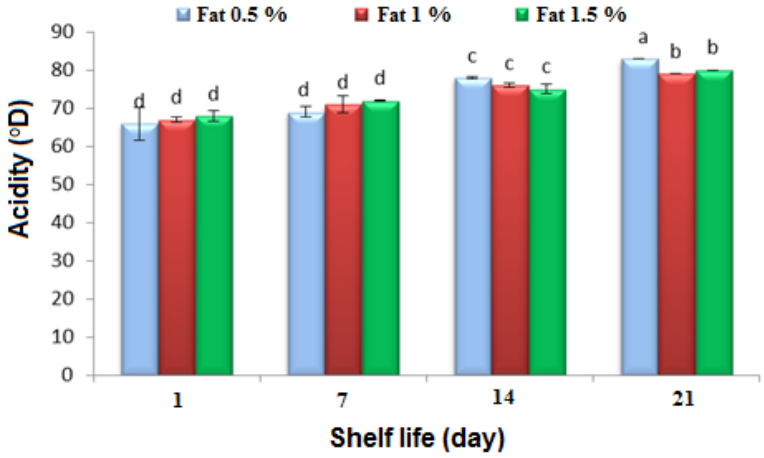
تجزیه واریانس (جدول ۲)، نشان می‌دهد که تنها مدت ماندگاری، درصد چربی و تأثیر متقابل آن‌ها موجب تغییرات معنی‌دار اسیدیته نمونه‌ها در سطح اطمینان ۵ درصد شده است و اثر پودر سیب‌زمینی ترشی تأثیر معنی‌داری بر این ویژگی ماست نداشته است. تأثیر چربی و مدت ماندگاری به منظور بررسی بیشتر در قالب نمودارهای تأثیر متقابل روز و چربی نشان داده‌شده‌اند.

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر درصد چربی، پودر و مدت ماندگاری(روز) بر اسیدیته ماست

Table 2- Analysis of variance of fat percentage, powder and shelf life (days) effects on yoghurt acidity

Sources of variation	Degree of freedom	Sum of squares	Mean squares	F-value	Pr>F
Fat	2	171.02	90.32	3.51	0.035*
Powder	2	157.1	78.55	3.05	0.536 ns
Shelf life	3	2994.44	99.14	38.72	0.0001*
Fat*Powder	4	3.73	0.93	0.04	0.996 ns
Fat* Shelf life	6	360.66	60.11	2.33	0.0461*
Powder* Shelf life	6	418.25	69.7	2.7	0.621 ns
Fat*Powder* Shelf life	12	394.03	32.83	1.26	0.252 ns

نتایج شکل ۲ تأثیر میزان درصد چربی در طول دوره نگهداری بر اسیدیته نمونه‌ها را نشان داده است. نتایج نشان داد که در روز ۱٤ اسیدیته نمونه‌ها به طور معنی-داری افزایش یافت که البته این مقدار افزایش، در ماست پرچرب نسبت به ماست‌های ۰/۵ و ۱ درصد چربی کمتر بوده است. در انتهای دوره نگهداری اسیدیته ماست ۰/۵ درصد چربی، به طور معنی‌داری بیشتر از ماست ۱ و ۱/۵ درصد چربی بود. این مطلب تأثیر منفی چربی بر فعالیت باکتری‌های لاکتیکی ماست در طول دوره نگهداری را نشان می‌دهد. سایر محققان نیز چنین نتیجه-ای را در طول زمان تخمیر برای ماست با درصد چربی مختلف مشاهده کردند (مهدیان و مظاهری طهرانی ۲۰۰۷). افزایش اسیدیته مشاهده شده در روز ۱٤ و ۲۱ روز نگهداری به دلیل فعالیت باکتری‌های لاکتیکی ماست طی دوره نگهداری بوده است.



شکل ۲- مقایسه میانگین‌های تأثیر درصد چربی و مدت ماندگاری(روز) بر اسیدیته ماست

Figure 2- Average comparison of fat percentage and shelf life effects on yoghurt acidity

www.SID.ir

Archive of SID

- ویسکوزیته

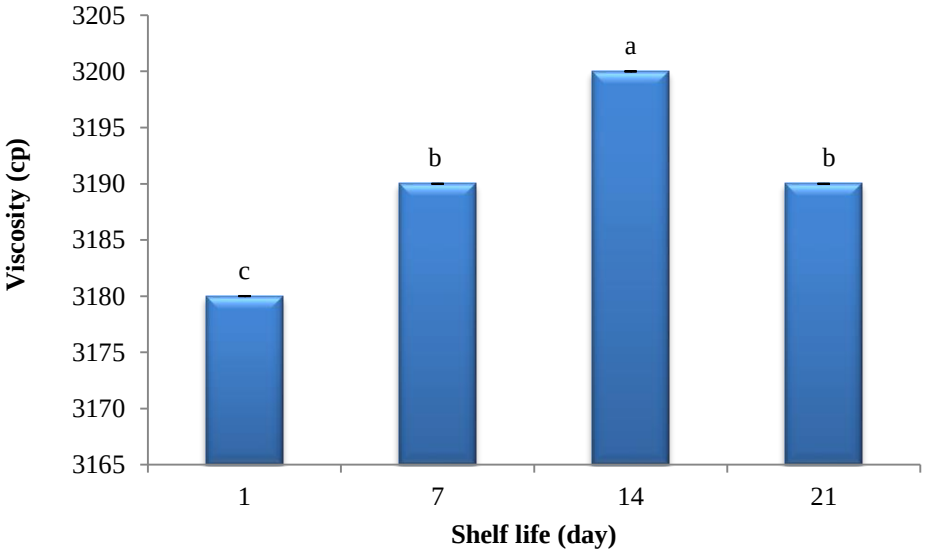
همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، مشاهده می‌شود، افزودن پودر سیب زمینی ترشی تأثیر معنی‌داری بر ویسکوزیته ماست نداشت و تنها مدت ماندگاری و درصد چربی بر ویسکوزیته ماست تأثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۵ درصد نشان داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر درصد چربی، پودر و مدت ماندگاری(روز) بر ویسکوزیته ماست

Table 3- Analysis of variance of fat percentage, powder and shelf life (days) effects on yoghurt viscosity

Sources of variation	Degree of freedom	Sum of squares	Mean squares	F-value	Pr>F
Fat	2	18815991.08	37631983.35	155.71	0.0001*
Powder	2	176469.01	352938.02	1.46	0.2389 ns
Shelf life	3	1381332.63	4145497.88	12.44	0.0001*
Fat*Powder	4	21720.05	868802.2	0.18	0.9482 ns
Fat* Shelf life	6	138986.26	866917.54	1.15	0.3426 ns
Powder* Shelf life	6	230602.81	1384216.87	1.91	0.0909 ns
Fat*Powder* Shelf life	12	306017.21	3672206.46	2.53	0.076 ns

ازترک و اونر (۱۹۹۹) نیز با افزودن ۱۰ درصد عصاره انگور به ماست، در طول دوره نگهداری تغییری را در ویسکوزیته ماست مشاهده نکردند. ممکن است که بتوان دلیل بی‌تأثیر بودن مقدار پودر سیب زمینی ترشی بر ویسکوزیته ماست را کم بودن مقدار آن دانست. با توجه به شکل ۳ با گذشت زمان افزایش ویسکوزیته نمونه‌های ماست مشاهده شد.



شکل ۳- مقایسه میانگین‌های تأثیر مدت ماندگاری(روز) بر ویسکوزیته ماست

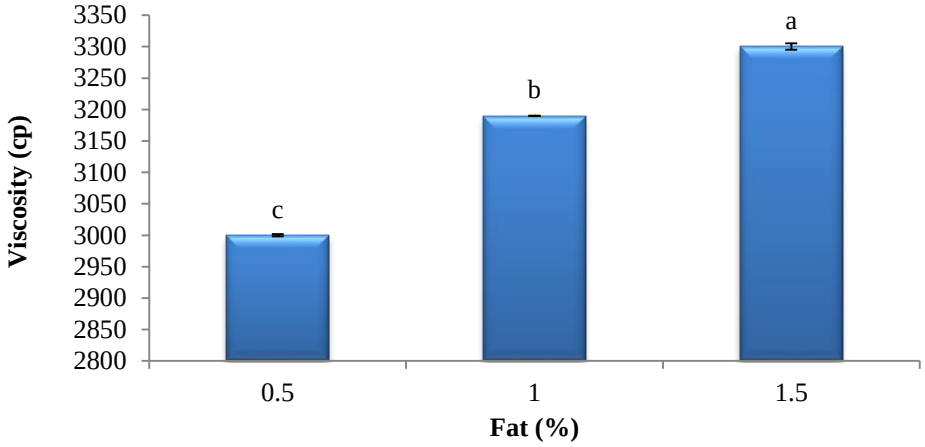
Figure 3- Average comparison of shelf life effect on yoghurt viscosity

با توجه به شکل ٤ با افزایش مقدار چربی ماست، ویسکوزیته به طور معنی‌داری افزایش یافت. این امر به دلیل ویسکوزیته بالای چربی می‌باشد که با قرار گرفتن در شبکه پروتئینی، باعث کاهش تحرک شبکه ژلی و افزایش قوام و ویسکوزیته ماست می‌شود (سوکولیس و تزیا ۲۰۰۸). باکتری‌های لاکتیکی ماست با گذشت زمان و مصرف ترکیبات قندی در ماست، پلی‌ساکارید بیشتری تولید می‌کنند که بر این امر مؤثر است (لاتوره و همکاران ۲۰۰۳). کشت آغازگر استفاده شده در این تحقیق نیز از قابلیت تولید پلی‌ساکارید زیادی برخوردار

www.SID.ir

Archive of SID

است که این امر در تولید ماست با پودر سیب زمینی (به دلیل نیاز به کم کردن میزان آب اندازی) اهمیت زیادی دارد.

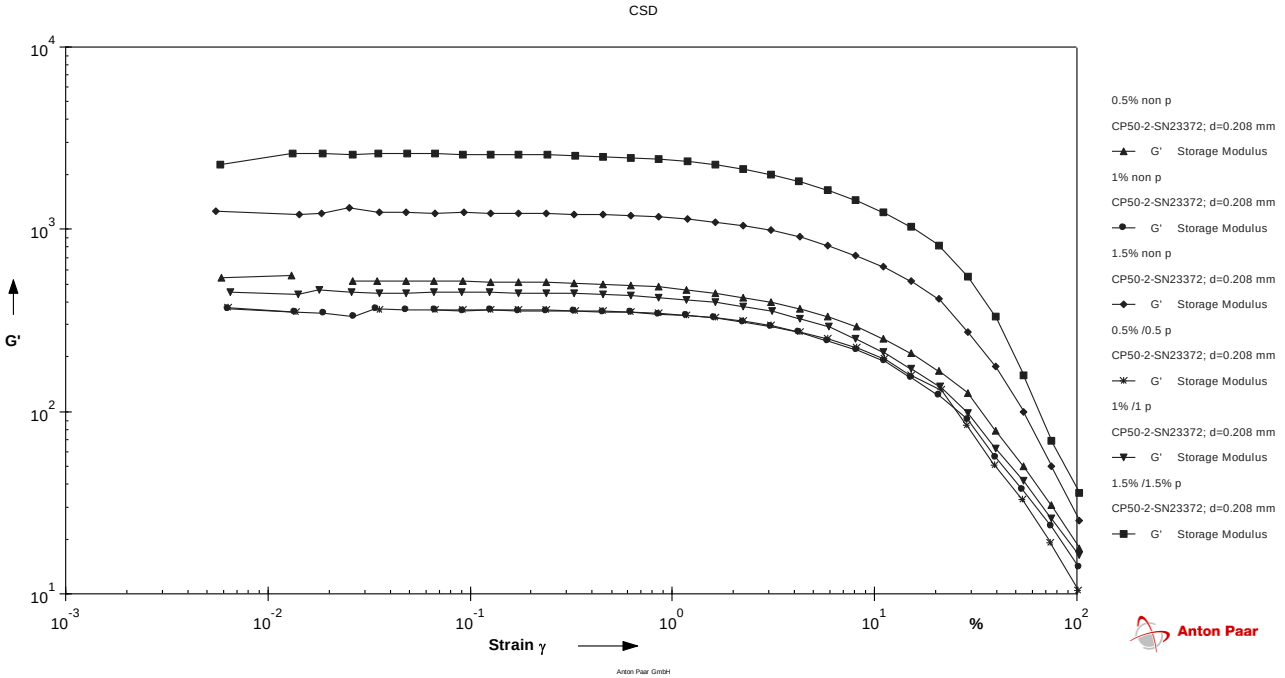


شکل ۴- مقایسه میانگین‌های تأثیر درصد چربی بر ویسکوزیته ماست

Figure 4- Average comparison of fat percentage effect on yoghurt viscosity

- ویژگی‌های رئولوژیکی

همان‌طور که شکل ۵ نشان می‌دهد تیمار ۱/۵ درصد چربی با ۱/۵ درصد پودر سیب زمینی ترشی از نظر قوام و الاستیسیته بهترین تیمار می‌باشد، با بیش‌ترین مدول ذخیره بودند. بعد از آن تیمارهای ۱/۵ درصد چربی بدون پودر سیب زمین ترشی و ۱ درصد چربی با ۱ درصد پودر سیب زمینی ترشی قرار دارند. دو تیمار ۱ درصد چربی بدون پودر سیب زمینی ترشی و ۰/۵ درصد چربی با ۰/۵ درصد پودر سیب زمینی با زیاد شدن کرنش قوام بهتری نشان می‌دهد.



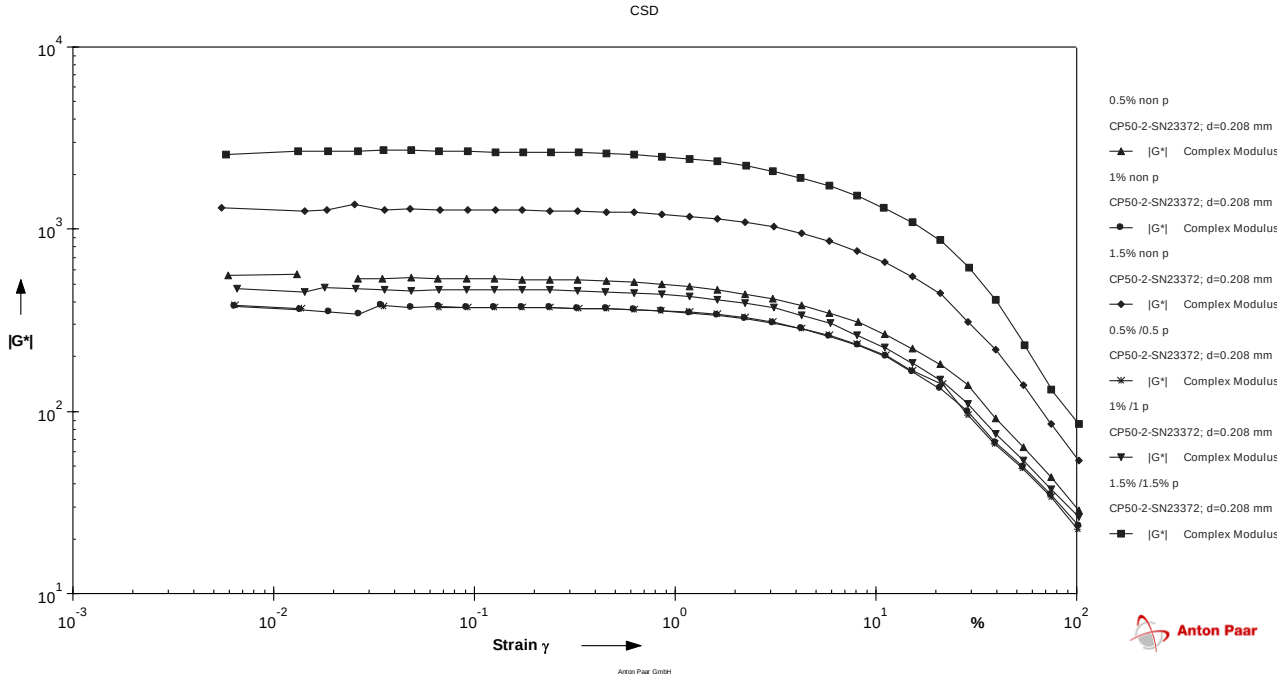
شکل ۵- مدول ذخیره در برابر کرنش

Figure 5- Storage modulus versus strain

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ٦ نشان داد که تیمار ۱/۵ درصد چربی با ۱/۵ درصد پودر سیب زمینی ترشی از نظر قوام و الاستیسیته بهترین تیمار می‌باشد. دو تیمار ۰/۵ درصد چربی ۰/۵ با درصد پودر سیب زمینی ترشی رفتار مشابهی در تمام کرنش‌ها نشان می‌دهند.



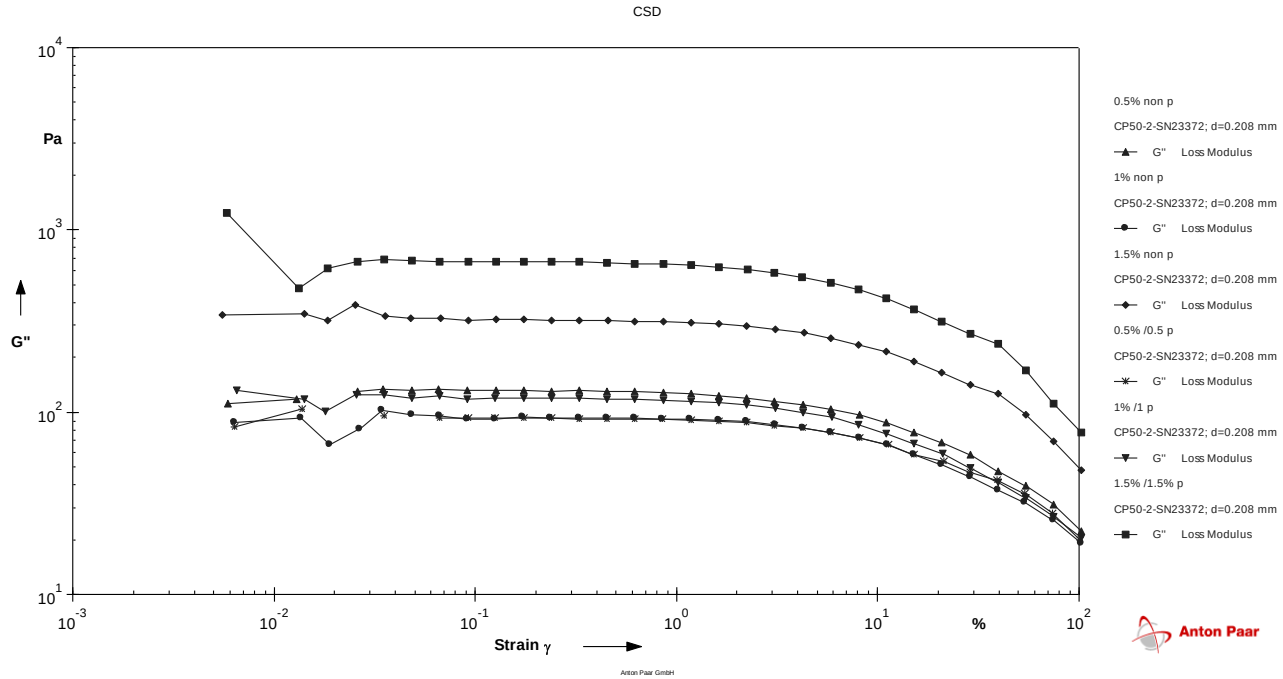
شکل ۶- مدول ترکیبی در برابر کرنش

Figure 6- Complex modulus versus strain

همان‌طور که شکل ۷ نشان می‌دهد در نمونه‌های حاوی پودر سیب زمینی ترشی با افزایش پودر سیب زمینی ترشی و چربی مدول افت در برابر تنش برشی افزایش‌یافته است. در نمونه‌های فاقد پودر سیب زمینی ترشی و نمونه حاوی ۱/۵ درصد چربی بیش‌ترین مدول افت را نشان داد و بعد از آن تیمارهای ۰/۵ درصد چربی و ۱ درصد چربی قرار می‌گیرند و تیمار ۱ درصد چربی کمترین مدول افت را در بین تیمارهای بدون پودر سیب زمینی ترشی نشان داد.

www.SID.ir

Archive of SID



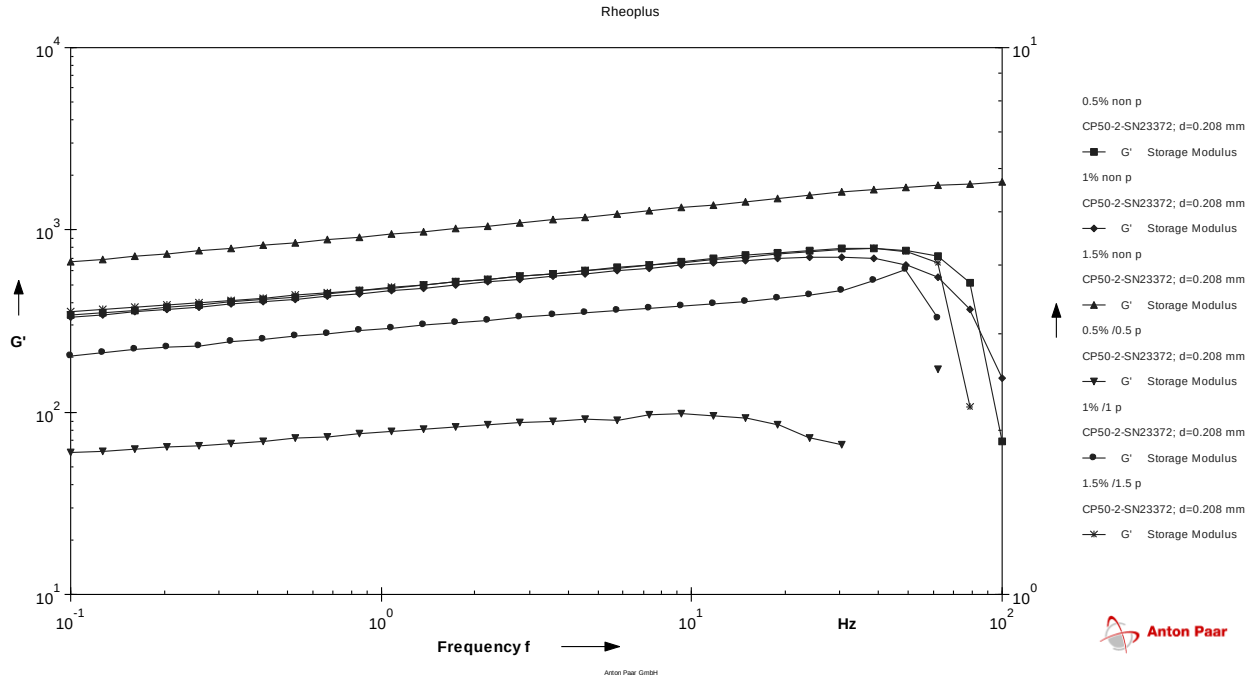
شکل ۷- مدول افت در برابر کرنش

Figure 7- Loss modulus versus strain

شکل ۸ نشان می‌دهد با افزایش فرکانس مدول ذخیره یا الاستیسیته در همه نمونه‌ها افزایش می‌یابد. با افزایش چربی در نمونه‌های بدون پودر سیب زمینی ترشی تا ۱/۵ مدول ذخیره افزایش می‌یابد. و دو نمونه حاوی چربی ۱ درصد و ۰/۵ درصد چربی بدون پودر سیب زمین ترشی رفتار مشابهی نشان می‌دهند و افزایش چربی از ۰/۵ تا ۱ درصد چربی تفاوتی در رفتار مدول ذخیره ماست نداشته است. با افزایش چربی و پودر سیب زمینی ترشی در نمونه‌های حاوی پودر سیب زمینی ترشی مدول ذخیره در تمامی نمونه‌ها افزایش‌یافته است. به طوری که تیمار ۰/۵ درصد چربی با ۰/۵ درصد پودر سیب زمینی ترشی کمترین مدول ذخیره و تیمار ۱/۵ درصد چربی با ۱/۵ درصد پودر سیب زمینی ترشی بیش‌ترین مدول ذخیره را دارا هستند. همان‌طور که شکل ۹ نشان می‌دهد با افزایش پودر سیب زمینی ترشی مدول افت افزایش می‌یابد. با افزایش پودر سیب زمینی ترشی این فاکتور بیشتر می‌شود. اثر افزودن پودر سیب زمینی ترشی بر مدول افت نسبت به چربی به تنهایی بیشتر است. افزودن میزان چربی مدول افت را بیشتر می‌کند.

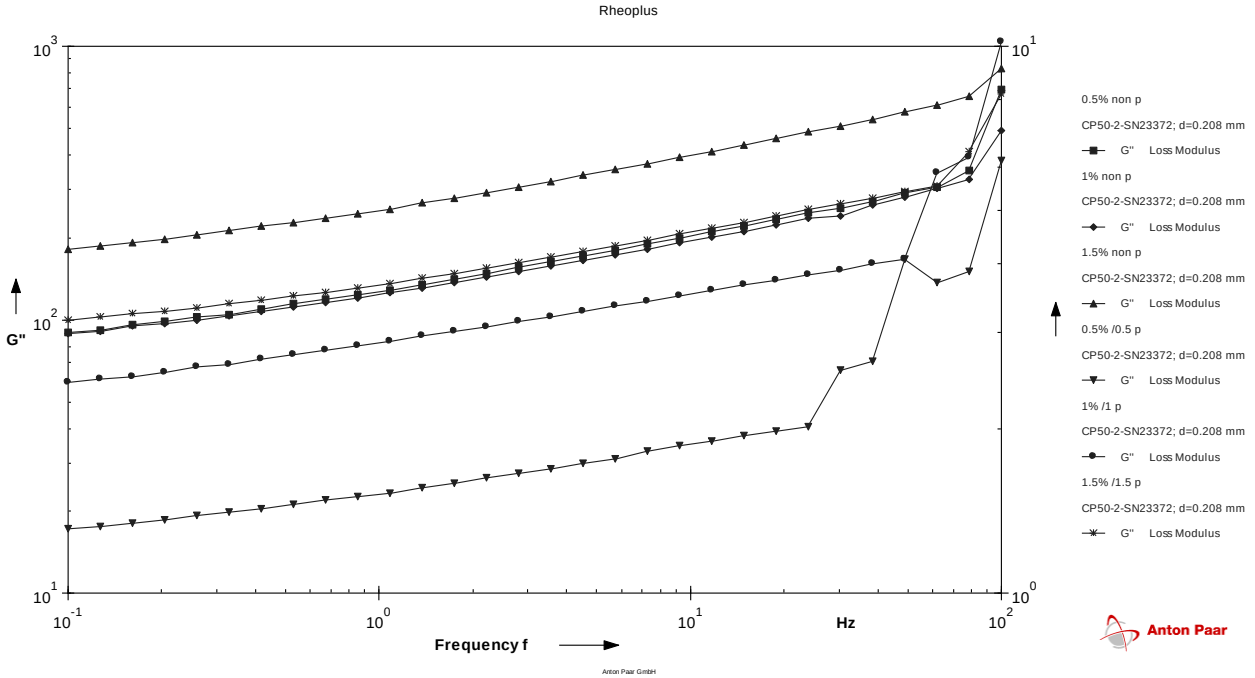
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- مدول افت در برابر فرکانس

Figure 8- Loss modulus versus frequency



شکل ۹- مدول افت – فرکانس

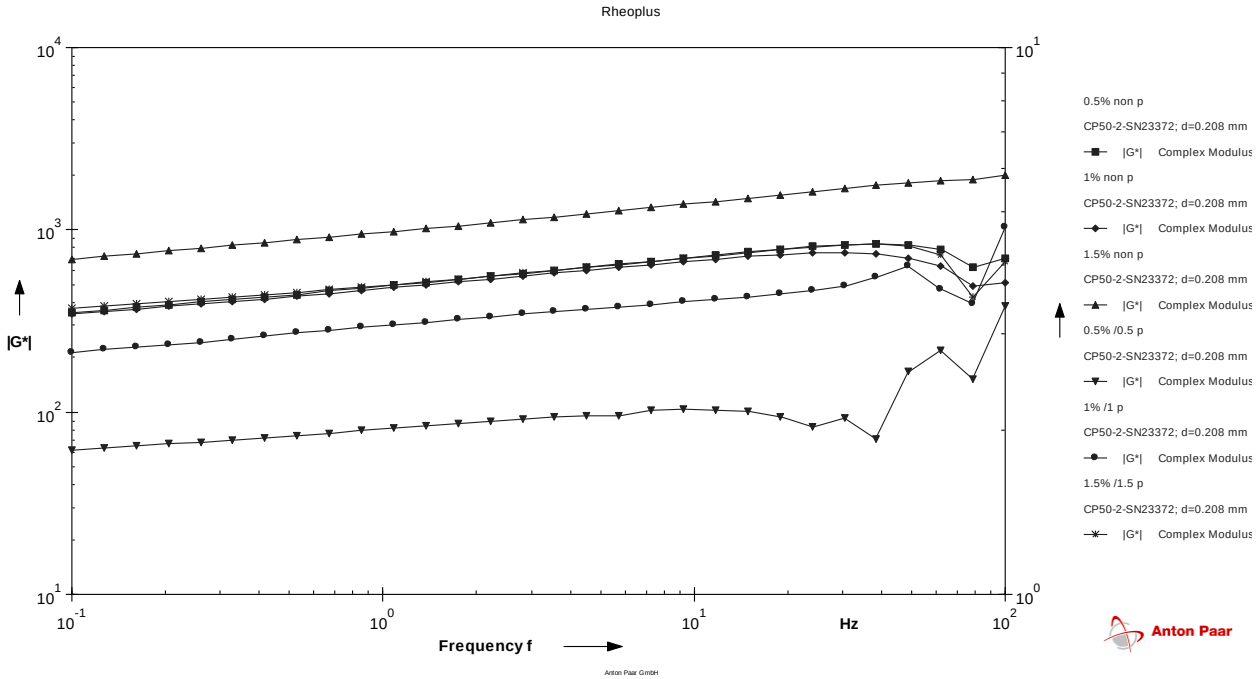
Figure 9- Loss- frequency modulus

شکل ۱۰ نشان می‌دهد با افزایش فرکانس در همه نمونه-ها مدول ذخیره افزایش‌یافته است. با افزایش مقدار چربی، مدول ذخیره افزایش می‌یابد. و الاستیسیته نمونه بیشتر می‌شود. یعنی با افزایش چربی الاستیسیته نمونه-ها افزایش می‌یابد. از طرفی با افزایش پودر سیب زمینی ترشی نیز مدول ذخیره افزایش می‌یابد. در مقایسه با چربی به تنهایی پودر سیب زمینی ترشی مدول ذخیره را

www.SID.ir

Archive of SID

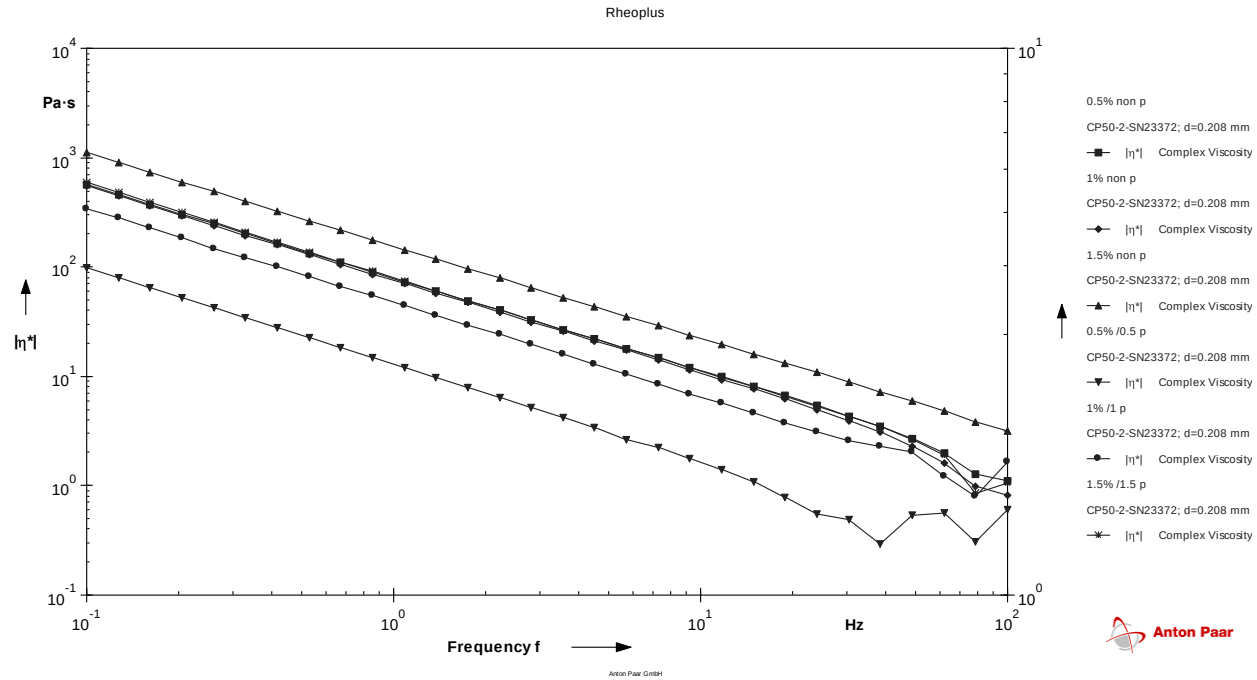
کمتر افزایش می‌دهد و اثر کمتری بر الاستیسیته نمونه دارد.



شکل ۱۰- مدول ترکیبی - فرکانس

Figure 10- Complex - frequency modulus

همان‌طور که شکل ۱۱ نشان می‌دهد با افزایش فرکانس ویسکوزیته پیچیده افزایش می‌یابد. با افزایش چربی ویسکوزیته افزایش می‌یابد. اثر پودر سیب زمینی ترشی بر ویسکوزیته نسبت به چربی به تنهایی کمتر است اما به طور کلی با افزایش پودر سیب زمینی ترشی ویسکوزیته افزایش می‌یابد.



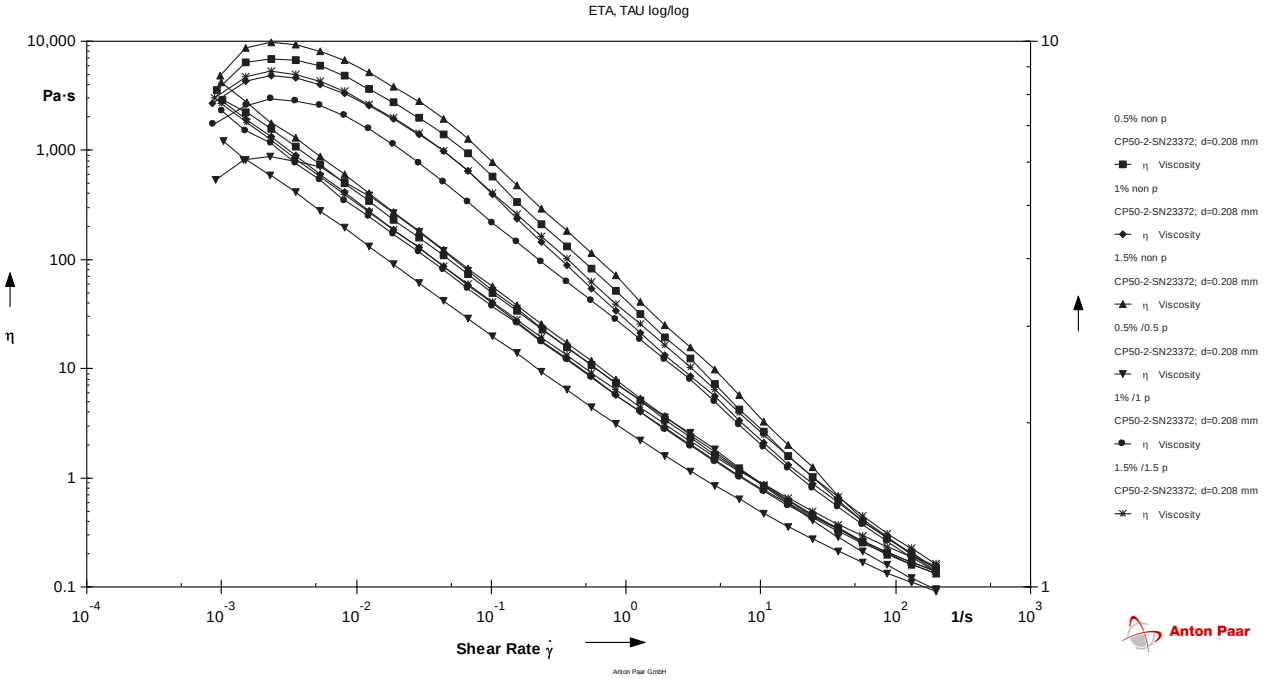
شکل ۱۱- ویسکوزیته در برابر فرکانس

Figure 11- Viscosity versus frequency

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۲ نشان می‌دهد به طور کلی با افزایش سرعت برش ویسکوزیته تمام نمونه‌ها کم می‌شود. همچنین با افزایش درصد چربی در نمونه‌ها ویسکوزیته نمونه‌ها در یک سرعت برش ثابت بیشتر می‌شود. در سرعت برش-های بالا ویسکوزیته تیمارهای چربی ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد به تنهایی با هم برابر می‌شوند. افزودن پودر سیب زمینی ترشی به نمونه‌ها بر ویسکوزیته‌ها بی اثر است. همچنین افزایش مقدار پودر سیب زمینی ترشی نیز ویسکوزیته نمونه‌ها را تغییر نمی‌دهد.



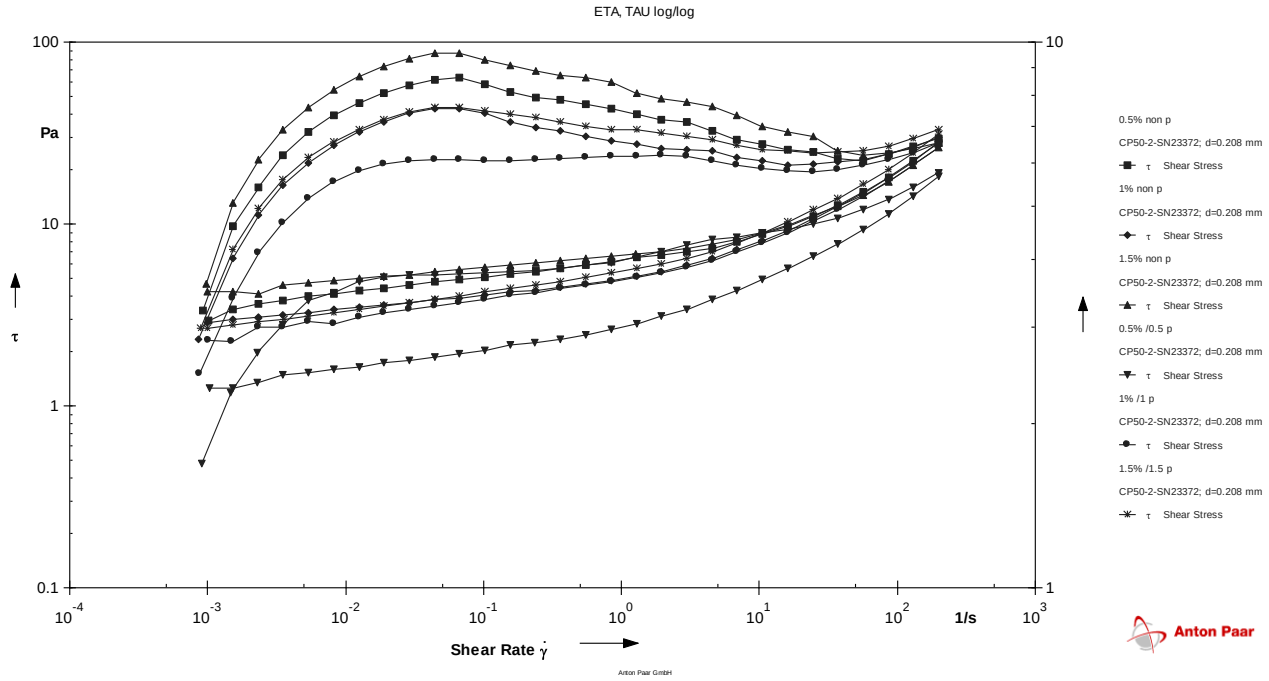
شکل ۱۲- ویسکوزیته در برابر سرعت برش (نرخ)

Figure 12- Viscosity versus shear rate

شکل ۱۳ تغییرات تنش برشی در برابر سرعت برشی را نشان می‌دهد. افزودن چربی باعث افزایش ویسکوزیته شده است. افزودن پودر سیب زمینی ترشی نیز ویسکوزیته را افزایش می‌دهد. اما اثر چربی بر روی ویسکوزیته به تنهایی بیشتر است. افزودن چربی مقدار پس‌آب و سینرسیس را کاهش می‌دهد. افزودن پودر نیز همین اثر را دارد. اما چربی به تنهایی بر سینرسیس بیشتر است. شیکر و همکاران (۲۰۰۰) خواص رئولوژیکی ماست با ٤ سطح چربی را در حین فرآیند تخمیر مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که افزایش چربی شیر باعث افزایش ویسکوزیته و کاهش قدرت تولید اسید توسط باکتری‌های آغازگر می‌شود که با نتایج این تحقیق هم مطابقت دارد. بونزر و همکاران (۲۰۰۲) در زمینه تأثیر میزان چربی و نوع باکتری آغازگر روی خصوصیات کلی ماست تهیه شده از شیر میش، مشاهده کردند که نوع استارتر روی خصوصیاتی نظیر pH، اسیدیته، میزان دی استیل، استالدهید و اسید چرب آزاد و همچنین خصوصیات حسی و سفتی مؤثر است در حالی که تأثیر مشخص چربی شیر فقط در مورد میزان اسید چرب آزاد مشخص و قابل مشاهده می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۳- اثر سرعت برش در برابر تنش برش روی ویسکوزیته

Figure 13- Effect of shear rate against shear stress on viscosity

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که pH نمونه‌های پرچرب تنها در انتهای دوره نگهداری به طور معنی‌داری بیشتر از pH ماست ۰/۵ درصد چربی بوده است. در روز ۱٤ اسیدیته نمونه‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافت که البته این مقدار افزایش، در ماست پرچرب نسبت به ماست‌های ۰/۵ و ۱ درصد چربی کمتر بود. در انتهای دوره نگهداری اسیدیته ماست ۰/۵ درصد چربی، به طور معنی‌داری بیشتر از ماست ۱ و ۱/۵ درصد چربی بود. تیمار ۱/۵ درصد چربی با ۱/۵ درصد پودر سیب زمینی ترشی از نظر قوام و الاستیسیته بهترین تیمار می‌باشد که دارای بیش‌ترین مدول ذخیره نیز بودند. با افزایش پودر سیب زمینی ترشی و چربی مدول افت در برابر تنش برشی افزایش یافت. به طور کلی با افزایش سرعت برش ویسکوزیته تمام نمونه‌ها کم شد. با افزایش درصد چربی در نمونه‌ها ویسکوزیته نمونه‌ها در یک سرعت برش ثابت افزایش یافت. همچنین افزایش چربی باعث افزایش ویسکوزیته شد. افزودن پودر سیب زمینی ترشی نیز ویسکوزیته را افزایش داد.

منابع مورد استفاده

Akın M, Akın M and Kırmacı, 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. Food Chemistry 104(1): 93-99.

Bonczar G, Wszołek M and Siuta A, 2002. The effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. Food Chemistry 79(1): 85-91.

Bouzar F, Cerning, J and Desmazeaud M, 1997. Exopolysaccharide production and texture-promoting abilities of mixed-strain starter cultures in yogurt production. Journal of Dairy Science 80(10): 2310-2317.

Franck A, 2002. Technological functionality of inulin and oligofructose. British journal of Nutrition 87(S2): S287-S291.

www.SID.ir

Archive of SID

Guggisberg D, Cuthbert-Steven J, Piccinali P, Bütikofer U and Eberhard P, 2009. Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yoghurt as influenced by inulin addition. International Dairy Journal 19(2): 107-115.

Guven M, Yasar K, Karaca O and Hayaloglu A, 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. International Journal of Dairy Technology 58(3): 180-184.

Hasan-Nejad M, Karim G, Sahari MA, 2005. Study of production of ordinary and low-calorie fruit yogurt. Journal of Agricultural Sciences 11(2): 247-260.

Hashim I, Khalil A, Afifi H, 2009. Quality characteristics and consumer acceptance of yogurt fortified with date fiber. Journal of Dairy Science 92(11): 5403-5407.

Hosseini Z, 2006. *Common Methods in Food Analysis*. Shiraz University Pub.

La Torre L, Tamime A, Muir D, 2003. Rheology and sensory profiling of set-type fermented milks made with different commercial probiotic and yoghurt starter cultures. International Journal of Dairy Technology 56(3), 163-170.

Mahdian A and Mazaheri Tehrani M, 2007. The effect of total solid of milk on starter bacteria and quality of yogurt. Iranian journal of food science and technology 4(3): 61-69.

McCue PP, Shetty K, 2005. Phenolic antioxidant mobilization during yogurt production from soymilk using Kefir cultures. Process Biochemistry 40(5): 1791-1797.

Mohseni M, Reza Ehsani M, Mohamadi Sani A, 2013. Survival of Bb12 and La5 in synbiotic milk. Nutrition & Food Science 43(2): 137-141.

Özer BH, Robinson RK, 1999. The behaviour of starter cultures in concentrated yoghurt (labneh) produced by different techniques. LWT-Food Science and Technology 32(7): 391-395.

Öztürk B, Öner M, 1999. Production and evaluation of yogurt with concentrated grape juice. Journal of Food Science 64(3): 530-532.

Paseephol T and Sherkat F, 2009. Probiotic stability of yoghurts containing Jerusalem artichoke inulins during refrigerated storage. Journal of Functional Foods 1(3), 311-318.

Rebora C, 2008. Topinambur (*Helianthus tuberosus L*.): usos, cultivos y potencialidad en la región de Cuyo. Horticultura Argentina.

Saengthongpinit W and Sajjaanantakul T, 2005. Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L*.) tubers. Postharvest biology and Technology 37(1): 93-100.

Sahan N, Yasar K and Hayaloglu A, 2008. Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β-glucan hydrocolloidal composite during storage. Food Hydrocolloids 22(7):1291-1297.

Salehi F, 2017. Rheological and physical properties and quality of the new formulation of apple cake with wild sage seed gum (*Salvia macrosiphon*). Journal of Food Measurement and Characterization 11(4): 2006-2012.

Salehi F, 2019. Improvement of gluten-free bread and cake properties using natural hydrocolloids: A review. Food Science & Nutrition 7 (11): 3391-3402.

Shah NP (Ed.), 2017. Yogurt in health and disease prevention. Academic Press.

Shaker R, Jumah, R and Abu-Jdayil B, 2000. Rheological properties of plain yogurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. Journal of Food Engineering 44(3): 175-180.

Soukoulis C and Tzia C, 2008. Impact of the acidification process, hydrocolloids and protein fortifiers on the physical and sensory properties of frozen yogurt. International Journal of Dairy Technology 61(2): 170-177.

Tamime AY and Robinson RK, 1999. *Yoghurt: science and technology*. Woodhead Publishing.

Tamime AY, Saarela MAKS, SondergaardAK, Mistry VV and Shah N P, 2005. Production and maintenance of viability of probiotic microorganisms in dairy products. Probiotic dairy products, 39-72.

www.SID.ir

Archive of SID

Tiano AVP, Moimaz SAS, Saliba O, Saliba NA and Sumida DH, 2009. Fluoride Intake from Meals Served in Daycare Centres in Municipalities with Different Fluoride Concentrations in the Water Supply. Oral Health & Preventive Dentistry 7(3).

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Food Researches/vol.29 No.4/ 2020/pp 153-169
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

The effect of fat content changes on chemical and rheological properties of yogurt contains *Jerusalem artichoke* powder during storage

T Najaf Ghaffari[1] and S H Hosseini Ghaboos[2*]

Received: December 1, 2017 Accepted: December 5, 2018
[1]Graduated MSc Student, Department of Food Science and Engineering, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Engineering, Azadshahr Branch, Islamic Azad University, Azadshahr, Iran
[*]Corresponding author, Email: Hosseinighaboos@yahoo.com

Introduction: Consumers across the world are becoming more interested in foods with health promoting features as they gain more awareness of the links between food and health (Tamime et al., 2005). Yogurt is the most consuming fermented milk products, which has a positive effect on human health due to the high nutritional value and particular importance in the diet of individuals. Yogurt in Health and Disease Prevention examines the mechanisms by which yogurt, an important source of micro- and macronutrients, impacts human nutrition, overall health, and disease. Topics covered include yogurt consumption's impact on overall diet quality, allergic disorders, gastrointestinal tract health, bone health, metabolic syndrome, diabetes, obesity, weight control, metabolism, age-related disorders, and cardiovascular health (Shah, 2017). *Helianthus tuberosus L.*, commonly known as *Jerusalem artichoke*, produces fibrous roots with short rhizomes that end in underground caulinar tubers, which accumulate fructans, mainly inulin. The plant has four main uses: horticultural, fodder, bioethanol production, and inulin extraction (Rébora, 2008). This crop is highly tolerant to adverse weather conditions and various plant diseases and also grows well in poor land (Saengthongpinit & Sajjaanantakul, 2005). Among other plants rich in inulins, Jerusalem artichoke stands out as an interesting candidate for the industrial production as its tubers accumulate similar levels of inulin (16–20% of fresh tuber) as chicory roots (Franck, 2000) and could be cultivated at a low cost with low input of fertilisers on any type of soil and cool climatic conditions. However, the use of Jerusalem artichoke (JA) tubers for inulin extraction is less well known as they are commonly eaten as vegetable (Paseephol & Sherkat, 2009). Understanding of rheological properties of fruit juices are essential for quality control, process engineering application (designing and selection of proper equipment including heat exchangers, transport systems, evaporators and pumps), calculating energy usage and power requirement for mixing. Rheological information is valuable in product development (Salehi, 2019).
Recently, viscometers have become a valuable and extensively used tool in the study of milk gel structure. Such measurements are sensitive to the initial stage of casein micelles aggregation and demonstrate that gelation begins well before any visual observation of coagulation. A point is reached during aggregation in which a three-dimensional cross-linked network of casein is formed and following this, coagulation can be observed rheologically (Shaker et al., 2000). The goal of this study is investigate on the effect of fat content changes on chemical and rheological properties of yogurt contains *Jerusalem artichoke* powder during storage.
Material and methods: In this study, *Jerusalem artichoke* powder to the amount of 0.5, 1 and 1.5% in yogurt formulation with 0.5, 1 and 1.5% fat was used, and its chemical and rheological characteristics was investigated during the 21 days. The cow milk (total solid nonfat 9%) was

www.SID.ir

Archive of SID

heated to 92 °C for 5 min then cooled to inoculation temperature (42 °C). Jerusalem artichoke tubers were washed with tap water and brushed to partially remove tuber skins. Tubers were then cut into ~2 mm slices and dried at 45 °C in an electric oven with convection, until constant weight was achieved. Dried slices were then ground and passed through a 63-mesh sieve to obtain the Jerusalem artichoke flour. The pH was measured directly using a calibrated digital pH-meter (Lutron YK-2001 pH meter, Taiwan). The titratable acidity (TA) with respect to the percentage of lactic acid equivalent was determined by titration of the yogurt samples with 0.11 N NaOH in the presence of phenolphthalein. The viscosity of yogurt was measured using a rotational viscosimeter (Brookfield, USA). The rheological parameters of yogurt at shear rate of 40 s^{-1} were studied using spindle LV64 at 8°C. Each measurement was conducted in three repetitions. The experimental data were subjected to an analysis of variance (ANOVA) for a completely random design using a statistical analysis system (SPSS 21). Duncan's multiple range tests were used to determine the difference among means at the level of 0.05 (Salehi, 2017).

Results and discussion: Addition of Jerusalem artichoke powder was not significantly effect on chemical and rheological characteristics of yogurt. The results showed that the pH of the higher in fat at the end of the maintenance period was significantly higher than the pH of yogurt with 0.5% fat. Also acidity of the samples at 14 days was significantly increased although for an amount of increase in higher fat yogurt in comparison with 0.5 and 1% fat yogurt is lower. At the end of the maintenance period, acidity of yogurt with 0.5% fat was significantly more than yogurt with 1 and 1.5 percent fat. According to consistency and elasticity, the samples with 1.5 % Jerusalem artichoke powder and 1.5 % fat was the best treatment. Rheological properties of plain yogurt during coagulation process, impact of fat content and preheat treatment of milk were studied by Shaker et al. (2000). Their results showed that the increasing in fat content leads to an increases in viscosity. The highest viscosity was manifested by milk heated at 137°C while the lowest value was exhibited by milk heated at 65°C. The process viscosity curves for three different stages are described by mathematical relationships. Finally, a two-parameter power law model was used to describe the flow behavior of the yogurt during coagulation.

Conclusion: Jerusalem artichoke flour resulted an interesting food ingredient due to its high content of prebiotics (inulin) and phenolics, which may be used as a powder substitute to increase the nutritional quality of dairy products. Rheological properties for foods, such as fermented dairy products, are important in the design of flow processes, quality control, storage and processing and in predicting the texture of foods. With increasing Jerusalem artichoke powder and fat content, loss modulus versus shear stress was increased. In general, with increasing shear rate the viscosity of samples were decreased. Also with increasing the percentage of samples fat, the viscosity in the constant shear rate was increased. The increase in viscosity at the highest fat content may be due to increase of total solids of the milk which has a significant effect on the firmness of yogurt gel. Addition of Jerusalem artichoke powder increases the viscosity but the effect of fat on the viscosity was more.

Keywords: Inulin, *Jerusalem artichoke*, Rheology, Yogurt

www.SID.ir