نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۰، ص. ۱۶۳-۱۵۶

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 7, No. 2, 2011, p. 156-163

بهینه سازی تولید ماست غنی شده با فیتواسترول به منظور کاهش کلسترول

زهرا ایزدی[۱]- قاسمعلی گروسی[۲]- علی نصیرپور[۳*]- جعفر احمدی[۴]- بهمن بهرامی[۵]

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۳
تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۹

چکیده

افزایش سطح کلسترول خون یکی از عوامل ایجاد بیماری‌های قلبی- عروقی می‌باشد. از دهه۱۹۵۰، اثر فیتواسترول‌ها (استرول‌های گیاهی) در کاهش کلسترول خون مشخص شد. بنابراین با توجه به رشد مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی- عروقی، امروزه غنی سازی مواد غذایی با این ترکیبات اهمیت زیادی پیدا کرده است. از مشکلات اصلی در غنی سازی مواد غذایی با فیتواسترول‌ها ، نقطه ذوب بالا، حلالیت پائین و طعم و مزه گچی این ترکیبات می‌باشد. در این مطالعه غنی سازی ماست با فیتواسترول‌ها و بهینه سازی شرایط فرآیند آن مورد بررسی قرار گرفت. جهت افزودن این ترکیبات، امولسیونی با ۴ جزء اصلی تهیه و به ماست اضافه گردید. به منظور تعیین میزان هر یک از چهار ترکیب، از طرح مخلوط استفاده شد. در طی دوره نگهداری شاخص‌های بافت، حساسیت به سینرسیس، تغییرات اسیدیته و ویسکوزیته ماست غنی شده اندازه گیری شد. نتایج به دست آمده نشان داد که غنی سازی نمونه‌ها با فیتواسترول موجب کاهش میزان سینرسیس و ویسکوزیته و افزایش قدرت ژل نسبت به نمونه شاهد می‌شود اما تغییری در اسیدیته نمونه‌ها در مقایسه با نمونه شاهد ایجاد نمی‌شود.

واژه‌های کلیدی: کلسترول، فیتواسترول‌ها ، ماست، امولسیون

مقدمه

فیتواسترول‌ها (استرول‌های گیاهی) ترکیباتی هستند که به طور طبیعی در گیاهان وجود دارند. غنی ترین منابع فیتواسترول‌ها، روغن-های گیاهی می‌باشد. مقدار فیتواسترول موجود در رژیم غذایی حدود ۵۰۰-۱۸۰ میلی گرم است، که این میزان جهت کاهش کلسترول کافی نیست. انجمن قلب امریکا[۲]، مصرف روزانه ۳-۲ گرم فیتواسترول را توصیه می‌نماید. اغلب روغن های گیاهی خام، ۵-۱ گرم/کیلوگرم فیتواسترول دارند (Piironen *et al.*, 2000). این ترکیبات به صورت پودر سفید رنگ، نامحلول در آب و دارای نقطه ی ذوب ۲۱۵°C- ۱۰۰ می‌باشند که بر خلاف داروها، اساسا" در روده جذب نشده و به همراه کلسترول از بدن خارج می‌شوند (Ostlund, 2002). فیتواسترول‌ها با قرار گرفتن در گویچه های چربی موجود در حفرات روده، از جذب کلسترول‌های صفراوی در روده کوچک جلوگیری می‌نمایند (Quilez *et al.*, 2003). همچنین این ترکیبات در بهبود دیابت نوع دو، کاهش خطر ابتلا به سرطان معده، جلوگیری از رشد تومور، بهبود بیماری‌های التهابی و تصلب شرایین، مفید می‌باشند (Awad *et al.*, 2000).

در سال ۱۹۹۹، مقدسیان و فرالیچ نشان دادند که مخلوط استرول گیاهی، پروتئین سویا و ایزوفلاون در کاهش کلسترول خون اثر تشدیدکنندگی دارد. به نظر می‌رسد که مارگارین، ماست، سس سالاد، پنیر و کره به دلیل خاصیت چربی دوستی قوی، حامل‌های مناسبی برای فیتواسترول باشند. ثابت شده است که مارگارین و فرآورده‌های لبنی (ماست و شیر) در مقایسه با غلات غنی شده با فیتواسترول در کاهش کلسترول، تأثیر بیشتری دارند (Mattson *et al.*, 1982).

در کشور هلند، از سال ۱۹۹۹، مارگارین غنی شده با فیتواستانول (Benecol®) و از سال۲۰۰۰، مارگارین غنی شده با فیتواسترول

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره).
۲و۴- استادیار دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)
۳- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان صندوق پستی ۸۴۱۵۶.
(*- نویسنده مسئول: Email: ali.nasirpour@cc.iut.ac.ir)
۵- کارشناس آزمایشگاه دانشگاه صنعتی اصفهان

1. American Heart Association (AHA)

(Becel pro.activ®) وارد بازار شد. در سال ۲۰۰۳، آب پرتقال غنی شده با فیتواسترول و در سال ۲۰۰۶، نیز مارگارین کم چرب غنی شده با فیتواسترول (Reducol®) تولید شد (de Jong *et al*., 2008).

مشکلات اساسی در غنی سازی موادغذایی با فیتواسترول‌ها، نقطه‌ی ذوب بالا، طعم و مزه گچی و حلالیت پایین آنها می‌باشد. فیتواسترول‌ها، به دلیل چربی دوست بودن به راحتی در غذاهای پر چرب قابل استفاده‌اند، اما مومی بودن این ترکیبات، استفاده از آنها را تا اندازه‌ای مشکل می‌کند. فیتواسترول‌های آزاد به میزان کمی (۲-۱ درصد) در تری‌گلیسیریدها حل می‌شوند (Noakes *et al*., 2005). همچنین حل شدن فرم کریستالی فیتواسترول‌ها در محلول نمک‌های صفراوی، به روزها یا هفته‌ها زمان نیاز دارد (Ostlund, 2002). تهیه امولسیون روغن در آب، حلالیت فیتواسترول‌ها را افزایش داده و موجب افزایش کارایی آن‌ها در کاهش کلسترول می‌شود (Emefa *et al*., 2008). از این رو برای غنی سازی شیر و ماست با این ترکیبات، از فرم محلول درآب (امولسیون) آن‌ها استفاده می‌شود. فرم استری فیتواسترول در مقایسه با فرم آزاد، فعالیت زیستی آلفا و بتا کاروتن را بیشتر کاهش می‌دهد (Richelle *et al*., 2004). مصرف روزانه ۳-۲ گرم استر فیتواسترول می‌تواند میزان کلسترول بد خون (LDL)[1] را به میزان ۱۰/۱ درصد کاهش دهد، در حالیکه با مصرف ۲-۱/۶ گرم فیتو استرول به فرم آزاد، LDL کلسترول تا حدود ۱۳-۸ درصد کاهش می‌یابد (Nguyen, 1999). بنابراین تأثیر فیتواسترول‌های آزاد، برکاهش کلسترول بیشتر است. از سوی دیگر، فیتواسترول‌ها در حالت آزاد نسبت به فرم استری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری دارند؛ زیرا گروه هیدروکسیل انتهایی آن‌ها، توانایی بیشتری برای واکنش با رادیکال‌های پراکسید دارد. همچنین میزان اکسیداسیون در روغن-هایی‌که به مدت زمان طولانی (۱۲ ماه) نگهداری می‌شوند، تنها با استفاده از فیتواسترول‌های آزاد، کاهش پیدا می‌کند. اما استر فیتواسترول، نه تنها روغن را در برابر اکسیداسیون محافظت نمی‌کند، بلکه اکسیداسیون لیپید را نیز افزایش می‌دهد Emefa *et al*., (2008). به همین دلیل در این مطالعه، به منظور غنی سازی ماست، از فرم آزاد فیتواسترول‌ها استفاده شد.

طبق مطالعات انجام شده، میزان مصرف روزانه فیتواسترول جهت کاهش کلسترول خون، حدود ۳-۱/۵ گرم برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که جذب روزانه ۲ گرم فیتواسترول، کلسترول LDL را به میزان ۱۰ درصد کاهش می‌دهد. همین موضوع موجب گسترش کاربرد این ترکیبات در مواد غذایی و غنی سازی آنها به منظور جذب مقادیرکافی شده است.

در این پژوهش سعی شده است که با توسعه تکنولوژی پراکنده نمودن فیتواسترول‌ها (نامحلول در آب) در فاز آبی و بهینه سازی فرآیند تولید، ماست غنی شده با بافت و طعم مطلوب تهیه گردد.

مواد و روش‌ها

مواد

شیر از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان تهیه گردید و فیتواسترول حاوی بتاسیتواسترول (حدود۴۰ درصد)، استیگمااسترول (۳۰-۱۵درصد)، کامپسترول (۳۰-۱۵درصد) و براسیکااسترول (کمتر از ۱۰ درصد)، از شرکت دارویی ژجیانگ[2] (چین، زینچانگ[3])، امولسیفایر از شرکت گلنان پراتوس (بلژیک) و کشت آغازگر از شرکت پروکیگا (اسپانیا) تهیه شد.

فرمولاسیون امولسیون

با استفاده از آزمایشات مقدماتی، مقادیر حداقل و حداکثر برای هر یک از ۴ ترکیب فیتواسترول، امولسیفایر، آب و روغن سویا تعیین شد و با استفاده از طرح مخلوط، فرمولاسیون امولسیون‌های روغن در آب طراحی گردید (جدول۱).

جدول۱- حدود تغییرات ترکیب امولسیون ها

ترکیبات	مقادیر حداقل ٪ (وزنی/وزنی)	مقادیر حداکثر ٪ (وزنی/وزنی)
امولسیفایر	۵	۱۰
فیتوسترول	۱۰	۲۰
آب	۵۰	۸۵
روغن	۰	۲۰

در این مرحله، به منظور انتخاب امولسیفایر مناسب، طعم، مزه و بافت امولسیفایرهای مختلف از جمله منوگلیسیرید[4] (E471)، سدیم استئارویل لاکتیلیت[5] (E481)، گلیسرول منو استئارات لاکتیلیت[6] (E472b) و دی استیل تارتاریک استر مونوگلیسیرید[7] (E472e) توسط ارزیاب‌ها بررسی شد و امولسیفایر LACTEM در مقایسه با سایر امولسیفایرها (از لحاظ طعم، مزه و بافت) مطلوب‌تر تشخیص داده شد؛ بنابراین، امولسیفایر LACTEM، جهت حل کردن فیتواسترول مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تهیه امولسیون، فیتواسترول به همراه امولسیفایر و روغن در یک بشر مخلوط گردید و سپس تا دمای °C ۱۴۰-۱۳۰ حرارت داده شد. با حرارت دادن آب مقطر (به میزانی که

1- Low Density Lipoprotein

1- Zhejiang Medicine co (ZMC)
2- Xinchange
3 -Glycerol Monostearate (MG)
4- Sodium Stearoyl Lactylate (SSL)
5 -Glycerol Monostearate Lactylated (LACTEM)
6- Diacetyl Tartaric Ester of Monoglyceride (DATEM)

در هر فرمولاسیون وجود دارد) فاز آبی تهیه گردید. سپس فاز روغنی در زیر همزن قرار گرفت و همزن با سرعت ۷۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲ دقیقه شروع به کار نمود و در ادامه، فاز آبی به فاز روغنی اضافه شد. پس از مخلوط نمودن فاز آبی و فاز روغنی، جهت اطمینان از اختلاط کامل، عمل همزدن به مدت ۴ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه ادامه پیدا کرد. به طوری که در نهایت امولسیونی با بافت یکنواخت و سفید رنگ بدست آمد. سپس مقدار مورد نیاز امولسیون (برای تأمین ۲ گرم فیتواسترول در هر نوبت مصرف ماست ۱۰۰ گرمی) محاسبه و قبل از مرحله پاستوریزاسیون به شیر بدون چربی اضافه شد.

آماده سازی نمونه‌های ماست غنی شده با فیتواسترول

جهت تولید ماست کم چرب، از شیر بدون چربی (با ۸/۷ درصد ماده خشک بدون چربی) به عنوان منبع شیر استفاده شد. برای هر فرمولاسیون ۱۰ ظرف ۱۵۰ گرمی (جهت انجام آزمایش‌های لازم در طی ۲۸ روز دوره نگهداری) تهیه گردید (جدول ۲). جهت آماده سازی نمونه‌ها، ابتدا شیر در فشار۲۰۰ بار، هموژن گردید و سپس در دمای ۸۵ °C به مدت۱۰ دقیقه پاستوریزه شد. به ازاء هر ۱۰۰ میلی لیتر شیر، امولسیون حاوی ۲ گرم فیتواسترول (براساس میزان توصیه شده ازطرف انجمن قلب آمریکا) به نمونه‌ها اضافه شد و پس از کاهش دما تا ۴۵ °C، در ظروف ۱۵۰ گرمی توزیع گردید. سپس به میزان ۲ درصد (W/V) استارتر (ترکیبی از دو باکتری لاکتوباسیلوس دلبروکی زیر گونه‌ی بولگاریکوس و استرپتوکوکوس ترموفیلوس) به هر ظرف اضافه شد و نمونه‌ها تا رسیدن pH به ۴/۵-۴/۳، در انکوباتور ۴۵ °C قرار گرفتند. پس از اتمام زمان گرمخانه گذاری، نمونه‌ها به سردخانه (۴ °C) منتقل شدند و بعد از گذشت ۲۴ ساعت، تست‌های مربوطه بر روی آن‌ها انجام شد.

نمونه شاهد

تهیه نمونه شاهد مشابه ماست غنی شده با فیتواسترول می‌باشد؛ با این تفاوت که بعد از مرحله پاستوریزاسیون، اضافه نمودن امولسیون‌های روغن در آب در مورد نمونه شاهد انجام نمی‌شود.

آزمایشات فیزیکو شیمیایی

الف - تعیین میزان اسیدیته ماست

اسیدیته نمونه‌ها طبق استاندارد شماره ۲۸۵۲ سازمان استاندارد ملی ایران اندازه گیری شد (۱).

ب - تعیین میزان سینرسیس

اندازه گیری میزان سینرسیس نمونه‌ها با استفاده از روش آب گیری در دمای ۶ °C انجام شد. به این منظور ظرف‌های ۱۰۰ گرمی ماست به مدت ۲ ساعت، بر روی الک‌های استیل با مش ۱۲۰ قرار داده شدند و بعد از ۲ ساعت میزان سرم جدا شده اندازه گیری شد (Hassan *et al.*, 1996).

ج - آنالیز بافت

آزمون نفوذ[1] که جزء آزمون‌های تجربی طبقه بندی می‌شود، روشی ساده و ابتدایی برای اندازه گیری قوام ماست قالبی است. در این روش، یک پروب (نفوذگر) با وزن و زاویه مشخص بر روی ژل ماست قرار گرفته و عمق نفوذ پس از مدت زمان معین اندازه گیری می‌شود. مزیت این روش، ساده و ارزان بودن آن است.

آنالیز بافت نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اینسترون (مدل ۱۱۴۰، ساخت انگلستان) انجام شد. نسبت قطر ظرف به قطر پروب باید حداقل ۳:۱ باشد تا از اثر دیواره‌های ظرف بر خصوصیات بافتی جلوگیری شود (Fiszman *et al.*, 1999). به این منظور نمونه‌ها در ظرف‌هایی با قطر ۷/۵ cm تهیه شدند. آنالیز بافت نمونه‌ها بدون خارج نمودن ماست از ظرف و در دمای ۶ °C انجام شد. استحکام ژل، معادل ماکزیمم نیرویی است که جهت نفوذ به کار می‌رود. در مورد ماست قالبی، استحکام و قدرت ژل نمونه‌ها، با پروبی به قطر ۲۴/۵ mm اندازه گیری شد، به طوریکه پروب با سرعت ۲ mm/s و به میزان ۳۵ mm در نمونه‌ها نفوذ کرد و ماکزیمم نیروی مورد نیاز جهت نفوذ بر اساس واحد نیوتن ثبت شد.

د- ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه‌ها با استفاده از ویسکومتر بروکفیلد[2] (مدل DVII، ساخت آمریکا) انجام شد. قبل از اندازه‌گیری، نمونه‌ها توسط میله شیشه‌ای همگن شدند و سپس ویسکوزیته آن‌ها با اسپیندل شماره ۴ در دمای ۶ °C و سرعت ۱، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ دور در دقیقه اندازه گیری شد. در پایان ویسکوزیته نمونه‌ها بر اساس سانتی پوآز ثبت گردید.

تجزیه آماری

از طرح مخلوط جهت بررسی اثر هر یک از چهار ترکیب روی ویسکوزیته، بافت و سینرزیس ماست غنی شده و نهایتا" تعیین بهترین شرایط برای غنی سازی ماست استفاده شد. نتایج آزمایشات با استفاده از Design-Expert 6.0.6 آنالیز شدند و از تجزیه واریانس برای تعیین معنی‌دار بودن مدل‌های مناسب، استفاده گردید.

1 - Penetration
2 - Brookfield Viscometer

جدول۲- ترکیب فرمول‌های ماست غنی شده

ردیف	فرمولاسیون	ترکیبات (درصد)			
		امولسیفایر	فیتوسترول	آب	روغن
۱	F۵/۱۰/۸۵/۰ *	۵	۱۰	۸۵	۰
۲	F۵/۲۰/۷۵/۰	۵	۲۰	۷۵	۰
۳	F۵/۱۵/۸۰/۰	۵	۱۵	۸۰	۰
۴	F۱۰/۱۰/۸۰/۰	۱۰	۱۰	۸۰	۰
۵	F۵/۲۰/۵۵/۲۰	۵	۲۰	۵۵	۲۰
۶	F۱۰/۱۵/۷۵/۰	۱۰	۱۵	۷۵	۰
۷	F۵/۱۰/۶۵/۲۰	۵	۱۰	۶۵	۲۰
۸	F۱۰/۱۰/۸۰/۰	۱۰	۱۰	۸۰	۰
۹	F۵/۱۵/۷۰/۱۰	۵	۱۵	۷۰	۱۰
۱۰	F۵/۱۰/۶۵/۲۰	۵	۱۰	۶۵	۲۰
۱۱	F۱۰/۲۰/۷۰/۰	۱۰	۲۰	۷۰	۰
۱۲	F۵/۲۰/۵۵/۲۰	۵	۲۰	۵۵	۲۰
۱۳	F۱۰/۱۵/۶۵/۱۰	۱۰	۱۵	۶۵	۱۰
۱۴	F۱۰/۱۰/۶۰/۲۰	۱۰	۱۰	۶۰	۲۰
۱۵	F۱۰/۲۰/۵۰/۲۰	۱۰	۲۰	۵۰	۲۰
۱۶	F۱۰/۱۰/۶۰/۲۰	۱۰	۱۰	۶۰	۲۰
۱۷	F۱۰/۲۰/۵۰/۲۰	۱۰	۲۰	۵۰	۲۰
۱۸	F۱۰/۱۰/۶۰/۲۰	۱۰	۱۰	۶۰	۲۰
۱۹	F۷.۵/۱۰/۷۲.۵/۱۰	۷/۵	۱۰	۷۲/۵	۱۰
۲۰	F۷.۵/۱۵/۵۷.۵/۲۰	۷/۵	۱۵	۵۷/۵	۲۰
۲۱	F۸.۷۵/۱۵/۷۱.۲۵/۵	۸/۷۵	۱۵	۷۱/۲۵	۵
۲۲	F۶.۲۵/۱۷.۵/۶۱.۲۵/۱۵	۶/۲۵	۱۷/۵	۶۱/۲۵	۱۵
۲۳	F۶.۶۷/۲۰/۶۶.۶۷/۶.۶۷	۶/۶۷	۲۰	۶۶/۶۷	۶/۶۷
۲۴	F۶.۲۵/۱۲.۵/۷۶.۲۵/۵	۶/۲۵	۱۲/۵	۷۶/۲۵	۵

* در هر فرمولاسیون (F) اعداد از سمت چپ به ترتیب میزان درصد (وزنی/وزنی) فیتوسترول، امولسیفایر، روغن گیاهی و آب را نشان می‌دهند.

نتایج وبحث

اندازه گیری اسیدیته

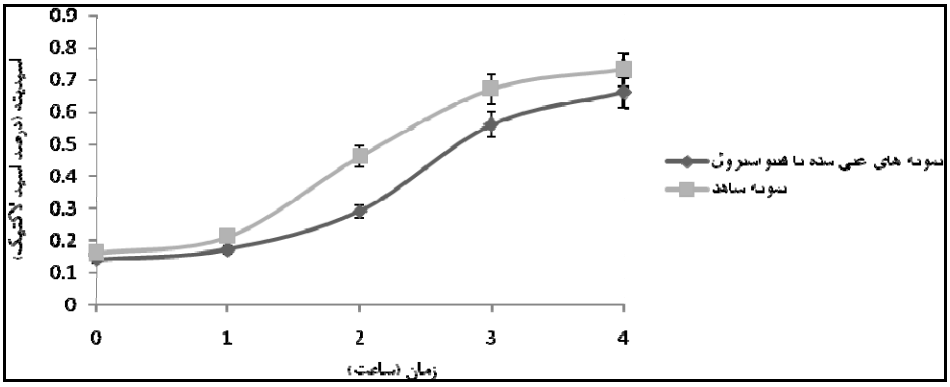
نتایج به دست آمده نشان داد که میزان اسیدیته در نمونه‌های غنی شده نسبت به نمونه‌ی شاهد پایین‌تر است (شکل۱). پایین تر بودن اسیدیته در نمونه‌های غنی شده ممکن است به دلیل وجود چربی در آن‌ها باشد. Bonczar و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادندکه میزان چربی شیر بر خصوصیات ماست معمولی و پروبیوتیک نظیر pH، اسیدیته و میزان اسید چرب آزاد، مؤثر است. همچنین نشان دادند که نمونه‌های با درصد چربی بالاتر نسبت به نمونه‌های با درصد چربی پایین‌تر، دارای pH بالاتری می‌باشند. Shaker و همکاران (۲۰۰۰)، خواص رئولوژیکی ماست را با ۴ سطح چربی، در حین فرآیند تخمیر مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که افزایش چربی شیر باعث افزایش ویسکوزیته و کاهش تولید اسید توسط باکتری‌های آغازگر می‌شود.

تغییرات سینرسیس در طی نگهداری

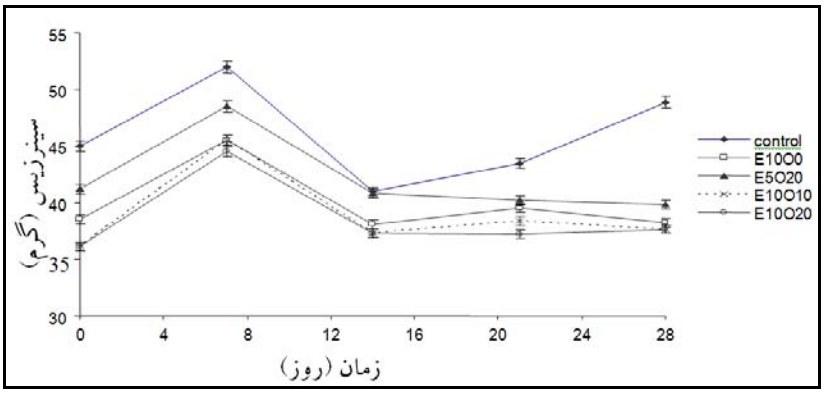
اندازه گیری میزان سینرسیس، یکی از مهمترین تست‌های فیزیکی جهت سنجش کیفیت ماست می‌باشد. بررسی تغییرات سینرسیس نمونه‌ها در طی نگهداری نشان داد، که بیشترین میزان سینرسیس (در نمونه شاهد و غنی شده) در طی هفته اول نگهداری رخ داده است (شکل۲)، که علت آن افزایش اسیدیته و همچنین انقباض شدید شبکه ژلی در اثر سرد کردن می‌باشد، که منجر به افزایش سینرسیس در هفته اول می‌گردد. در نمونه شاهد، در طی نگهداری سینرسیس افزایش می‌یابد، که ممکن است به دلیل افزایش اسیدیته در طی نگهداری باشد (Tamime *et al*., 1999). در رابطه با تغییر سینرسیس در طی دوره‌ی نگهداری نتایج متفاوتی گزارش شده است؛ Supavititpatana و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که در ماست قالبی میزان سینرسیس در طی دوره نگهداری افزایش می‌یابد. در حالیکه، Barrantes و همکاران (۱۹۹۶) گزارش نمودند که سینرسیس در طی نگهداری کاهش می‌یابد.

میزان سینرسیس نمونه شاهد در مقایسه با ماست غنی شده بالاتر است؛ زیرا در ماست غنی شده امولسیفایر، فیتواسترول و روغن موجب افزایش ماده خشک می‌گردند و به علت پایدار کردن شبکه ژل و افزایش ظرفیت اتصال آب اثر مطلوبی بر استحکام ژل ماست و کاهش سینرسیس در نمونه‌های غنی شده دارند

(Shaker *et al*., 2000).



شکل۱- منحنی تغییرات اسیدیته در نمونه شاهد و غنی شده با فیتواسترول در حین تخمیر.



شکل ۲- میزان سینرسیس در طی ۲۸ روز نگهداری در ماست شاهد و غنی شده با فیتواسترول.

E10O20 (نمونه حاوی ۱۰ درصد امولسیفایر و ۲۰ درصد روغن)، E10O10 (نمونه حاوی ۱۰ درصد امولسیفایر و ۱۰ درصد روغن)، E5O20 (نمونه حاوی ۵ درصد امولسیفایر و ۲۰ درصد روغن)، E10O0 (نمونه حاوی ۱۰ درصد امولسیفایر و ۰ درصد روغن) و نمونه شاهد (تهیه شده از شیر بدون چربی و فاقد امولسیون روغن در آب) می‌باشد.

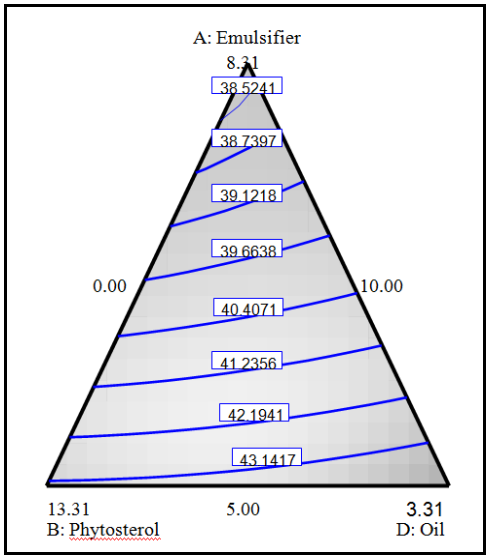
مهدیان و مظاهری تهرانی (۲۰۰۷) نشان دادندکه با افزایش ماده خشک، میزان سینرسیس ماست به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همچنینTamime و همکاران (۱۹۹۹)؛ Labropoulos و همکاران (۱۹۸۴) نشان دادند که افزایش ماده جامد کل، موجب افزایش سفتی و در نتیجه کاهش سینرسیس محصول می‌گردد. برای نشان دادن اثر هر یک از ترکیبات و بر همکنش‌های میان آن‌ها، از مدل سازی استفاده شد. همانطور که از مدل به دست آمده (شکل۳) مشخص است، فیتواسترول و روغن برروی سینرسیس اثر مثبت و امولسیفایر اثر منفی دارد. در بین چهار ترکیب، امولسیفایر موجب کاهش میزان سینرسیس می‌شود؛ زیرا امولسیفایر اثر آب دوستی را در فاز آبی شبکه افزایش می‌دهد و به علت پایدار کردن شبکه ژل، تأثیر مهمی بر استحکام ژل ماست و کاهش سینرسیس دارد. همچنین ممکن است امولسیفایر تغییراتی را در ساختار کازئین ایجاد نماید که این تغییر منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در نمونه‌های غنی شده میشود.

تغییرات بافت در طی نگهداری

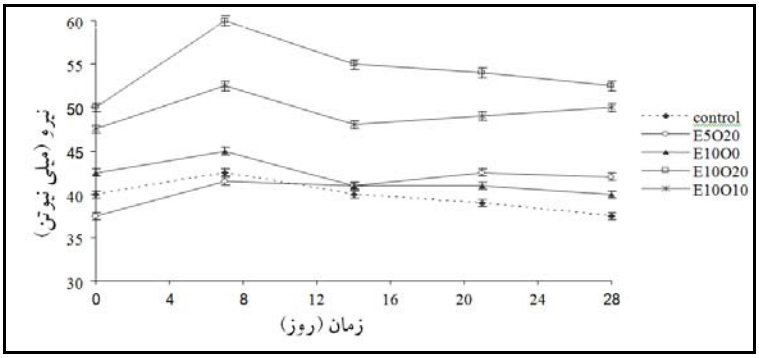
استحکام و ظرفیت نگهداری آب از ویژگی‌های اصلی بافت ماست می‌باشند و این دو ویژگی ارتباط نزدیکی با ریز ساختار ژل ماست دارند (Hanvalkar *et al*., 1986). استحکام بافت در نمونه-های غنی شده در مقایسه با شاهد بیشتر است (شکل۴)؛ زیرا در نمونه‌های غنی شده امولسیفایر و روغن با افزایش ماده خشک و کاهش کشش سطحی (در مورد امولسیفایر) اثر مثبتی بر بافت دارند. افزایش ماده خشک بدون چربی در ماست کم چرب، موجب می‌شود که باندهای کازئینی محکمی تشکیل شود. در نمونه‌های غنی شده، امولسیفایر و روغن با میسل‌های کازئینی واکنش می‌دهند و می‌توانند در تشکیل شبکه ژلی شرکت کنند. همچنین با افزایش درصد چربی میزان سینرزیس نمونه‌ها کاهش یافته و خصوصیات بافتی بهبود می-یابد. بهبود خاصیت بافتی با افزایش میزان چربی ممکن است به علت

افزایش ماده جامد کل و در نتیجه سفتی محصول باشد (Augustin *et al*., 1999)، زیرا افزایش ماده خشک، موجب پایدار شدن شبکه ژل و افزایش ظرفیت اتصال آب می‌گردد (Tamime *et al*.,) .

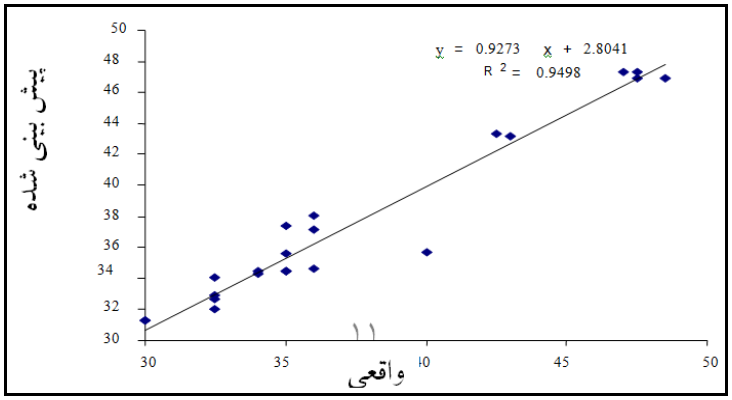
(1999 همان طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، در ماست قالبی استحکام ژل ماست در طی دوره‌ی نگهداری کاهش می‌یابد (Torre *et al*., 2003).



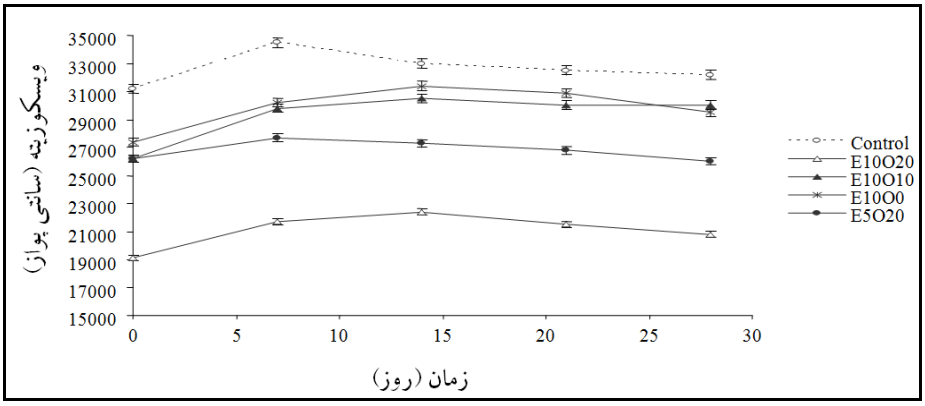
شکل۳- مدل مسطح پاسخ های پیش بینی شده سینرسیس.



شکل٤- تغییرات بافت در طی نگهداری در ماست غنی شده با فیتواسترول و شاهد.



شکل ٥- ارتباط بین داده‌های پیش بینی شده و آزمایشی بافت.



شکل ٦- تغییرات ویسکوزیته در طی نگهداری در نمونه شاهد و غنی شده با فیتواسترول.

این مدل اهمیت هر ترکیب را نشان می دهد. اثر امولسیفایر، آب و روغن بر روی بافت، مثبت است که در میان آنها اثر امولسیفایر بیشتر است. شکل۵، ارتباط بین داده‌های پیش بینی شده و آزمایشی را نشان می‌دهد.

به لحاظ اینکه ماست جزء سیالات غیرنیوتنی است، اندازه‌گیری ویسکوزیته آن مشکل است. اختلاف ویسکوزیته نمونه‌ها می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی مانند میزان ماده خشک بدون چربی شیر، میزان چربی، نوع آغازگرتخمیری، نوع تیمار حرارتی و درجه حرارت تخمیر باشد.

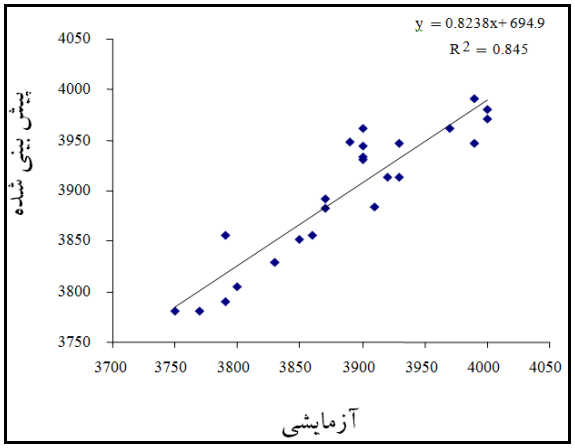
ویسکوزیته در نمونه‌های غنی شده نسبت به شاهد کمتر است (شکل۶). امولسیفایر ممکن است تغییراتی در ریز ساختار ژل ماست ایجاد نماید، به طوریکه موجب باز شدن شبکه‌ی ژلی ماست شده و با کاهش کشش سطحی، موجب کاهش ویسکوزیته می‌گردد. ازآنجایی که استفاده از امولسیفایر، کشش سطحی را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش ویسکوزیته در نمونه‌های غنی شده می‌گردد، بنابراین ویسکوزیته نمونه‌های غنی شده در مقایسه با شاهد کمتر است. همان طور که ضرایب مدل نشان می دهد؛ اثر امولسیفایر، آب و روغن بر ویسکوزیته منفی است و امولسیفایر اثر بیشتری بر کاهش ویسکوزیته دارد. اثر فیتواسترول مثبت است و موجب افزایش ویسکوزیته می‌شود. ضرایب مدل در معادله۱ نشان داده شده است.

(۱)

ویسکوزیته = - ۱۰۳/۰۲۱ (A) + ۲۲/۲۹۵ (B) – ۳۳/۴۵۷ (C) – ۲۶/۵۴۶(D) –۱۶/۹۰۸۶ (A) (B)– ۱۱ /۳۱۲۸ (A) (C) ۵۴/۲۴۱ – (A) (D) + ۱۷/۶۰۹۱۲ (B) (C) –۱۲/۹۱۷۹(B) (D) – ۶۲ /۹۲۸۴۰۲ (C) (D) –۱/۰۸۹۶۳ (A) (B) (C) + ۱/۴۹۹۵۲۵ (A) (B) (D) + ۵/۵۳۰۴۱۳ (A) (C) (D) + ۰/۴۲۷۲۱۷ (A) (B) (D)

تغییرات ویسکوزیته در نمونه‌های غنی شده و شاهد (در طی نگهداری) متفاوت است، به طوریکه در نمونه غنی شده ویسکوزیته تا هفته‌ی دوم پس از تولید افزایش می‌یابد و سپس شروع به کاهش می‌نماید. اما ویسکوزیته در نمونه شاهد تا هفته اول افزایش می‌یابد و سپس کاهش می‌یابد (شکل ۶). Lee و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که ویسکوزیته ماست در طی دوره‌ی نگهداری کاهش می‌یابد.

شکل ۷، جایگاه نقاط انتخاب شده برای نشان دادن اعتبار مدل را نشان می دهد که در آن R^2 =۰/۸۴ بیانگر میزان ارتباط بین داده های آزمایشی و پیش بینی شده ویسکوزیته می‌باشد.



شکل۷- ارتباط بین داده های آزمایشی و پیش بینی شده‌ی ویسکوزیته.

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای مهندس بهرامی جهت راهنمایی در انجام آزمایشات و شرکت آی پارس و یاس سپیدوش که نمونه‌های درخواستی را تهیه نمودند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

استاندارد ملی ایران، شماره ۲۸۵۲. www.isiri.ir

Augustin, M.A., Cheng, L.J. & Clarke, P.T., 1999, Effects preheat treatment of milk poeder on the properties of reconstituted set milk yoghurts. International Dairy Journal, 9, 415-416.

Awad, A.B. & Fink, C.S., 2000, Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. Journal of Nutrition, 130, 2127-2130.

Barrantes, E., Tamime, A.Y., Sword, A.M., Muir, D.D. & Kaláb, M., 1996, The manufacture of set-type natural yoghurt containing different oils - 2: rheological properties and microstructure. International Dairy Journal, 6, 827-837.

Bonczar, G., Wszolek, M. & Siuta, A., 2002, The effect of certain factors on properties of yoghurt made from ewe,s milk. Food Chemistry, 79, 58-91.

de Jong, N., Ros, M.M., Ocké, M.C. &Verhagen, H., 2008, A general postlaunch monitoring framework for functional foods tested with the phytosterol/-stanol case. Trends in Food Science & Technolog, 19, 535-545.

Emefa, M., Blank, G., Holley, R. & Zawistowski, J., 2008, Phytosterol Effects on Milk and Yogurt Microflora. Journal of Food science, 73(3), M121-M126.

Fiszman, S.M., Lluch, M.A. & Salvador, A., 1999, Effect of addition of gelatin on microstructure of acidic milk gels and yoghurt and on their rheological properties. International Dairy Journal, 9, 895-901.

Hanvalkar, V.R. & Kalab, M., 1986, Relationship between microstructure and susceptibility to syneresis in yogurt made from reconstituted nonfat dry milk. Food Microstructure, 5(2), 287-294.

Hassan, A.N., Frank, J.F., Schmidt, K.A. & Shalabi, S.I., 1996, Textural properties of yogurt made with encapsulated nonropy lactic cultures. Journal of Dairy Science, 79, 2098-2103.

Labropoulos, A., Palmer, J. & Lopez, A., 1984, Whey protein denaturation of UHT processed milk and its effect on the rheology of yoghurt. Journal of Texture Studies, 12, 362.

Lee, W.J. & Lucey, J.A., 2004, Rheological properties, whey separation, and microstructure in set-style yogurt: Effects of heating temperature and incubation temperature. Journal of Texture Studies, 34, 515-536.

Mahdian, E. & Mazaheri Tehrani, M., 2007, Evaluation the effect of milk total solids on the relationship between growth and activity of starter cultures and quality of concentrated yoghurt., American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science, 2 (5), 587-592.

Mattson, F.H., Grundy, S.M. & Crouse, J.R., 1982, Optimizing the effect of plant sterols on cholesterol absorption in man. American Journal of Clinical Nutrition, 35, 697-700.

Moghadasian, M.H. & Frohlich, J.J., 1999, Effects of dietary phytosterols on cholesterol metabolism and atherosclerosis: clinical and experimental evidence. American Journal of Medicine, 107, 588-594.

Nguyen, T.T., 1999, The cholesterol-lowering action of plant stanol esters. Journal of Nutrition, 129, 2109-2112.

Noakes, M., Clifton, P.M., Doornbos, A.M.E. &Trautwein, E.A., 2005, Plant sterol ester enriched milk and yoghurt effectively reduces serum cholesterol in modestly hypercholerolemic subjects. European Journal of Nutrition, 44, 214-222.

Ostlund, R.E., 2002, Phytosterols in human nutrition. Annual Review of Human Nutrition, 22,533-549.

Piironen, V., Toivo, J. & Lampi, A-M., 2000, Natural sources of dietary plant sterols. Journal of Food Compositon Analayse, 13, 619–624.

Quilez, J., Garcia- Lorda, P. & Slas-Salvado, J., 2003, Potential uses and benefits of phytosterols in diet: present situation and future directions. Clinical Nutrition, 22, 343-351.

Richelle, M., Enslen, M., Hager, C., Groux, M., Tavazzi, I., Godin, J.P., Berger, A., Metairon, S., Quaile, S., Piguet-Welsch, C., Sagalowicz, L., Green, H. & Fay, L.B., 2004, Both free and esterified plant sterols reduce cholesterol absorption and the bioavailability of beta-carotene and alpha-tocopherol in normocholesterolemic humans. American Journal of Clinical Nutrition, 80, 171-177.

Shaker, R.R., Jumah, R.Y. & Abu-Jdayil, B., 2000, Reological properties of plain yoghurt during coagulation process: impact of fat content and preheat treatment of milk. Journal of Food Engineering, 44, 175-180.

Supavititpatana, P., Wirjantoro, T.I. & Raviyan, P., 2010, Characteristics and shelf-life of corn milk yogurt. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences, 9, 133-149.

Tamime, A.Y. & Robinson, R.K. "Yogurt science and technology". 1999, 2th e.d. combridge, GB: CRC Press. Woodhead publishing Ltd.

Torre, L.A., Tamime, A.Y. & Muir, D.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.

Optimization of Producing Enriched Yogurt With Phytosterols in Order To Reducing Cholesterol Content

Z. Izadi [1]- G. Garoosi [2]- A. Nasirpour [3*]- J. Ahmadi [4] – B. Bahrami [5]

Received: 05-10-2010
Accepted: 31-07-2011

Abstract

Hypercholesterolemia is major risk factors for heart disease. Plant sterols have been used for reduction of cholesterol since 1950 decade; so enriching food materials with such components is important. Major problems related to enrichment of products with plant sterols are high melting temperature and chalky taste. In addition, crystal form of these components in comparison with lipid-in solved forms can not significantly reduce the blood cholesterol. In this study enrichment of yogurt and optimization of the process condition were investigated. A four components (plant sterols, emulsifier, vegetable oils and water) mixture design was used to define the percentage of each mixture component to simulate wide range of mixture with different oil quantities. Emulsifier and soy oil were used for dissolving and dispersing of plant sterols in water phase. Yogurt texture, syneresis susceptibility, acidity and viscosity were measures during storage. Gel strength of enriched samples was higher than control. The mean values of syneresis and viscosity of enriched yogurts with phytosterol, were significantly ($P < 0.05$) lower than the control yogurt. Addition of plant sterol into yogurt did not change titrable acidity. Taste and flavor tested by panelists, where enriched yogurt was preferred to control.

Keywords: Cholesterol, Plant sterol, Yogurt, Emulsion

1- MSc Student, Department of Agricultural Biotechnology, Faculty of engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
2&4- Assistant Prof., Dept. of Agricultural Biotechnology, Faculty of engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
3- Assistant Prof., Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156, Iran.
(*- Corresponding author Email: ali.nasirpour@cc.iut.ac.ir)
5- Dept. of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.