www.rifst.ac.ir/jrifst.aspx
نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی
سال ۱۳۹۱، جلد ۱، شماره ۴، صفحات ۲۴۰-۲۲۹

JRIFST

تأثیر فراصوت روی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی دوغ غنی‌شده با اسیدهای چرب امگا-۳

فاطمه شیخ‌شعاعی[۱]، سلیمان عباسی[۲*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
* نویسنده مسئول (sabbasifood@modares.ac.ir)

چکیده

اسیدهای چرب چند غیراشباعی امگا-۳ گروهی از اسیدهای چرب هستند که تاکنون پژوهش‌های گوناگونی اثرات سودمند مصرف آن‌ها را در توسعه‌ی سلامت و ممانعت از بیماری‌ها به اثبات رسانده‌اند. ولی از آن‌جایی‌که عمدتاً فاصله‌ی زیادی بین میزان دریافت اسیدهای چرب امگا-۳ نسبت به مقدار توصیه شده وجود دارد بنابراین، به نظر می‌رسد افزودن آن‌ها به فرآورده‌های غذایی، روشی منطقی برای دست‌یابی به مقدار مورد نیاز از این مواد باشد. اما افزودن اسیدهای چرب به غذا نیز ممکن است اثرات قابل توجهی روی طعم و مزه داشته باشد. لذا، در پژوهش حاضر امکان استفاده از امواج فراصوت (تا شدت ۱۰۰ درصد) برای غنی‌سازی دوغ با اسیدهای چرب امگا-۳ (در مقادیر ۰/۲۵ تا ۱ درصد) بررسی شد و تفاوت ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی با استفاده از آزمون دانکن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که امواج فراصوت قادر به همگن‌سازی و پایدارسازی دوغ غنی‌شده با اسیدهای چرب امگا-۳ بود و نمونه‌ی دارای ۰/۲۵ درصد روغن ماهی از لحاظ حسی مطلوبیت بیشتری نسبت به کل نمونه‌ها و نمونه‌ی شاهد (در سطح احتمال ۹۵ درصد) داشت. در ضمن، مناسب‌ترین مدل رئولوژیکی برای نمونه‌های حاوی روغن (تا سطح یک درصد وزنی) و بدون اعمال تیمار حرارتی، مدل قانون توان و برای نمونه‌ی حاوی یک درصد روغن همراه با اعمال تیمار حرارتی مدل سیسکو شناخته شد.

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۱۷
تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۹/۲۲

واژه‌های کلیدی
اسیدهای چرب امگا-۳
امواج فراصوت
دوغ غنی‌شده
پایداری

مقدمه

اسیدهای چرب امگا-۳ گروهی از اسیدهای چرب هستند که دارای اولین پیوند دوگانه در موقعیت ۳ از انتهای متیل هستند. اثرات سلامت‌بخش اسیدهای چرب چند غیراشباعی امگا-۳ خصوصاً بلند زنجیرهای EPA و DHA تاکنون به خوبی به اثبات رسیده است (Kolanowski and Laufenberg, 2006)؛ در ضمن نتایج پژوهش‌های گوناگون، اثرات سودمند مصرف اسیدهای چرب چند غیراشباعی امگا-۳ را در توسعه‌ی سلسله اعصاب و بینایی و ممانعت از بیماری‌هایی از قبیل بیماری قلبی، فشارخون بالا، سرطان، دیابت، تورم مثانه، تنگی نفس، ورم مفاصل، افسردگی، جنون جوانی (schizophrenia) و اختلال حواس به اثبات رسانده‌اند (Gallaher et al., 2005). اساساً، منبع اصلی

Archive of SID
www.SID.ir

اسیدهای چرب چند غیراشباعی بلند زنجیر در رژیم غذایی انسان، روغن ماهی و فرآورده‌های دریایی هستند و از آن‌جایی‌که یک شکاف و فاصله‌ی بزرگ بین مصرف واقعی ماهی روغنی (oily fish) و دریافت اسیدهای چرب امگا-۳ نسبت به مقدار توصیه شده به وسیله‌ی بسیاری از کمیته‌های تخصصی وجود دارد، بنابراین، متخصصان تغذیه اغلب پیشنهاد می‌کنند که باید مصرف اسیدهای چرب چند غیراشباعی امگا-۳ افزایش یابد (Kolanowski and Laufenberg, 2006) که به نظر بسیاری از پژوهشگران یک راه عملی و منطقی برای افزایش مصرف اسیدهای چرب چند غیر اشباعی بلند زنجیر امگا-۳، غنی‌سازی غذاهای مختلف با روغن ماهی می‌باشد.

غنی‌سازی غذا با روغن ماهی علی‌رغم افزایش دریافت اسیدهای چرب چند غیراشباعی بلندزنجیر امگا-۳، ممکن است اثرات منفی بر کیفیت حسی غذا داشته باشد. به طوری که بعضاً طعم نامطبوع غیرقابل قبول روغن ماهی و حساسیت به تخریب اکسایشی، که به طور اضافی شکل‌گیری طعم نامطبوع را تسریع می‌کند، استفاده از روغن ماهی برای غنی‌سازی غذا را محدود می‌سازد. در ضمن، وجود تعداد محدودی پژوهش در رابطه با غنی‌سازی غذا با روغن ماهی نشان داده است که میزان این اثرات شدیداً بستگی به مقدار روغن ماهی اضافه شده و نوع غذا دارد (Kolanowski and Weibrodt, 2007) لازم به ذکر است که برای افزودن اسیدهای چرب و روغن ماهی به فرآورده‌های غذایی باید آن‌ها را به‌صورت امولسیون درآورد. در ضمن، با توجه به این که امولسیون‌های غذایی روغن در آب، پایه و اساس بسیاری از محصولات غذایی هستند و ویژگی‌های آن‌ها تا حد زیادی کیفیت غذا را تعیین می‌کنند. لذا از جمله مهم‌ترین خصوصیات امولسیون‌ها می‌توان به پایداری، رفتار رئولوژیکی، خصوصیات سطح مشترک، برهم‌کنش‌ها، بافت و طعم آن‌ها اشاره کرد که عواملی مانند نوع و غلظت امولسیفایرها و فاز روغن، روش همگن‌سازی و تهیه‌ی امولسیون و محتویات فاز آبی می‌توانند این ویژگی‌ها را تحت تأثیر قرار دهند (Nikovska, 2010).

در رابطه با غنی سازی ماست و نوعی ماست نوشیدنی غلیظ (مورد مصرف در کشورهای اسکاندیناوی) در فاصله‌ی سال‌های ۲۰۰۷ تاکنون چندین بررسی از منظرهای مختلف انجام شده‌اند (Giroux et al., 2008a; 2008b; Let et al., 2007; Kolanowski and Laufenberg, 2006; Kolanowski and Weibrodt, 2007; Nielsen et al., 2007; Nielsen et al., 2009). ولی چون اولاً فراورده‌ی مورد نظر تشابه چندانی به دوغ نداشته دوماً روش همگن‌سازی از نوع همگن‌ساز فشاری بود، در ضمن، با توجه به تأثیر روش همگن‌سازی، نوع و غلظت روغن هم بر ویژگی‌های حسی و هم بر رفتار رئولوژیکی غذاهای غنی‌شده در پژوهش حاضر، اثر تیمار فراصوت (با شدت‌های متفاوت از ۲۰ تا ۱۰۰)، سطوح متفاوت غنی‌سازی (در مقادیر ۰/۲۵ تا ۱ درصد) و تیمار حرارتی پاستوریزاسیون (۸۳ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه) روی ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی دوغ ایرانی غنی‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد وروش ها

مواد

برای تولید دوغ از ماست پاستوریزه‌ی ۲/۵٪ چربی (شیر و لبنیات پاستوریزه چوپان، تهران) استفاده شد. کتیرای نواری گونه *آستراگالوس گامیفر* (*Astragalus gummifer*) از فروشگاه‌های عطاری سنتی تهران خریداری شد و پس از آسیاب شدن (آسیاب خانگی Moulinex مدل 320 ساخت اسپانیا) و عبور دادن از الک آزمایشگاهی (دماوند با شماره مش ۶۰)، پودر حاصل برای انجام آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در ضمن، در این پژوهش از نمک خوراکی تصفیه شده (گلها، تهران)، روغن خام سویا و کلزا (کارخانه‌ی روغن‌کشی بهپاک، بهشهر)، روغن ماهی (Seven Seas، انگلستان) و اسانس نعناع (شرکت تک عصاره، مشهد) استفاده شد. مواد شیمیایی مورد نیاز با خلوص بالا نیز از شرکت‌های مواد شیمیایی مرک (دارمشتات، آلمان) و سیگما-آلدریچ (سنت لوئیس، آمریکا) خریداری شدند.

روش ها

روش تهیه دوغ غنی شده

به منظور تهیه‌ی مخلوط پایدارکننده-نمک جهت تولید دوغ، افزودن فاز محلول کتیرا و نمک طوری

www.SID.ir

صورت گرفت که غلظت آن‌ها در دوغ به ترتیب ۰/۲ و ۰/۷ درصد باشد. تهیه‌ی دوغ غنی‌شده به دو روش انجام شد. در روش اول، ماست با محلول آب، نمک و پایدارکننده مخلوط شد و در ادامه روغن (ماهی، کلزا و سویا به صورت جداگانه و یا مخلوط روغن ماهی با روغن سویا یا کلزا) به آن افزوده و با امواج فراصوت همگن شد. در روش دوم ابتدا روغن با ماست به وسیله‌ی امواج فراصوت همگن شد و پس از آن مخلوط حاصله به محلول آب، نمک و پایدارکننده اضافه و مجدداً عمل همگن‌سازی با امواج فراصوت انجام شد.

ارزیابی میزان پایداری فیزیکی نمونه‌های دوغ غنی شده

در این مرحله میزان دو فاز شدن دوغ و حضور یا عدم حضور روغن بر سطح دوغ غنی‌شده طی ۳۵ روز نگه‌داری در دمای ۱± ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد، در فاصله‌های زمانی مشخص مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفت (آذری‌کیا و همکاران، ۱۳۸۸).

بررسی اثر تیمار حرارتی (پاستوریزاسیون) روی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی دوغ غنی‌شده

در این مرحله نمونه‌هایی که از لحاظ فیزیکی پایداری خوبی داشتند، تهیه شدند و پس از بسته‌بندی، در دمای ۸۳ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه پاستوریزه شدند. سپس تا دمای اتاق خنک گردیدند و پس از پوشش دادن با فویل آلومینیوم در دمای ۱± ۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۵ روز نگه‌داری شده و میزان تغییرات عدد پراکسید و پایداری فیزیکی آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت.

اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های رئولوژیکی

در این مرحله نمونه‌های دوغ با اعمال شدت‌ها و زمان‌های متفاوت همگن‌سازی با همگن‌ساز فراصوت، تولید شد و در نهایت بهترین شدت و زمانی که با تیمار فراصوت می‌توان پایدارترین دوغ را (از لحاظ خصوصیات ظاهری) تهیه کرد، برگزیده شد و در ادامه نمونه‌های منتخب (نمونه‌های تولید شده با روش دوم: تیمار فراصوت با شدت ۶۰ به مدت ۴۵ ثانیه بر مخلوط ماست و روغن اعمال شد و دوغ غنی‌شده‌ی حاصل با شدت ۲۰ به مدت ۱۰ ثانیه با همگن‌ساز فراصوت همگن شد.) مورد ارزیابی رئولوژیکی قرار گرفتند. برای بررسی اثر تیمار حرارتی (پاستوریزاسیون) روی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی دوغ غنی‌شده، نمونه‌هایی که از لحاظ فیزیکی پایداری خوبی داشتند، تهیه شدند و پس از بسته‌بندی، در دمای ۸۳ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه پاستوریزه شدند سپس تا دمای اتاق خنک گردیدند و بعد از یک روز نگه‌داری در دمای یخچال ($5\pm1^{\circ}C$) مورد ارزیابی رئولوژیکی قرار گرفتند.

برخی ویژگی‌های رئولوژیکی دوغ‌های غنی‌شده، یک روز پس از تهیه، در دمای ۱±۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد توسط دستگاه رئومتر Physica Anton Paar (مدل MCR 300، ساخت اتریش) مجهز به ژئومتری استوانه‌های هم‌مرکز (Concentric cylinder geometry, CC27) مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت. برای این منظور، ارتباط تنش برشی و گرانروی به صورت تابعی از سرعت برشی برای تعیین نوع رفتار جریانی نمونه‌ها در یک فاصله زمانی ۲۰ دقیقه، در ۱۰ دقیقه اول روند افزایشی و ۱۰ دقیقه دوم روند کاهشی (سرعت برشی از $0/01\ s^{-1}$ تا $1000\ s^{-1}$ سپس از $1000\ s^{-1}$ به $0/01\ s^{-1}$) اندازه‌گیری شد. در ضمن، گرانروی ظاهری به‌دست آمده از منحنی بالارونده در سرعت برشی $53/6\ s^{-1}$، به‌عنوان گرانروی ظاهری نمونه‌ها گزارش شد. به‌علاوه، میزان برازش داده‌های به‌دست آمده از آزمون‌های عملی (در محدوده سرعت برشی $0/01\ s^{-1}$ تا $1000\ s^{-1}$) با مدل‌های نیوتنی (Newtonian)، قانون توان (Power law)، بینگهام (Bingham)، هرشل–بالکلی (Herschel-Bulkley)، کاسون (Casson) و سیسکو (Sisco) مورد بررسی قرار گرفت (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Azarikia and Abbasi, 2010).

ارزیابی برخی ویژگی‌های حسی

برخی ویژگی‌های حسی نمونه‌ها (شامل طعم، قوام، رنگ، بو و پذیرش کلی) در چهارچوب آزمون هدونیک پنج طبقه‌ای (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ به ترتیب معادل خیلی بد، بد، متوسط، خوب و خیلی خوب)

Archive of SID

www.SID.ir

توسط ۲۳ ارزیاب (۱۰ ارزیاب زن و ۱۳ ارزیاب مرد، در محدوده‌ی سنی ۵۵-۲۴ سال)، ارزیابی شد. به منظور بهبود طعم نمونه‌ها، پوشش طعم نامطبوع ناشی از افزودن روغن‌های مختلف و مشابه‌سازی آن‌ها با انواع تجاری، از مخلوط اسانس‌های طبیعی نعناع (۱۱۰ ppm) و نعناع فلفلی (۲ ppm) استفاده شد. نمونه‌ها یک روز پس از آماده‌سازی در دمای ۱± ۵ درجه سانتی‌گراد در اختیار ارزیاب‌ها قرار گرفتند (آذری‌کیا و همکاران، ۱۳۸۸؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی اختلاف موجود بین مقادیر میانگین‌های داده‌های حاصل از ارزیابی حسی، از روش مقایسه‌ی چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ ($p<۰/۰۵$) استفاده شد. هم‌چنین، اطلاعات به‌دست آمده از آزمایش‌های رئولوژیکی با استفاده از نرم افزارهای EXCEL و MATLAB 2008a به منظور تعیین مدل ریاضی مناسب مورد برازش قرار گرفته و در این راستا از رگرسیون‌های خطی و غیرخطی استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر روش تهیه‌ی دوغ غنی‌شده بر پایداری فیزیکی آن

در بررسی دوغ‌های تهیه شده به روش اول (روغن در دوغ) مشاهده شد تهیه دوغ غنی‌شده‌ای که در طول مدت نگه‌داری (۳۵روز) از لحاظ فیزیکی پایداری خوبی داشته باشد، با غلظت ۰/۲ درصد فاز محلول کتیرای مورد استفاده در این پژوهش، امکان‌پذیر نمی‌باشد. اگرچه در طول مدت نگه‌داری، روی سطح هیچ یک از نمونه‌ها روغن مشاهده نشد، اما دو فاز شدن در همه‌ی نمونه‌ها دیده شد. میزان دو فاز شدن در نمونه‌های مختلف (از نظر شدت و زمان اعمال فراصوت) تقریباً مشابه و در روز سی و پنجم حدود ۱۵-۱۰ درصد بود. در توضیح این مسئله شاید بتوان گفت که در اثر اعمال تیمار فراصوت روی نمونه‌های دوغ غنی‌شده، ساختار صمغ آسیب دیده و قادر به پایدارسازی کامل نمونه‌ها نمی‌باشد و یا این‌که در اثر شدت و مدت زمان بالای فرآیند، ذرات ریزتر شده و مقدار صمغ موجود، برای پایدار ساختن این سطوح کافی نبوده است.

نتایج حاصل از بررسی دوغ‌های تهیه شده به روش دوم (روغن در ماست) نیز نشان داد که تهیه‌ی دوغ غنی‌شده با استفاده از شدت‌ها و زمان‌های متفاوت همگن‌سازی با همگن‌ساز فراصوت، امکان‌پذیر می‌باشد و دوغ‌های غنی‌شده‌ی حاصل، در طول مدت نگه‌داری از لحاظ فیزیکی پایداری خوبی داشتند. در تفسیر این نتیجه شاید بتوان گفت که انرژی حاصل از امواج فراصوت موجب شکستن گویچه‌های روغن به گویچه‌های ریزتر شده و پروتئین‌های موجود در ماست، سطوح این گویچه‌ها را پوشش داده و منجر به عدم مشاهده‌ی روغن در سطح می‌شود. علاوه بر این، افزودن محلول پایدارکننده-نمک به مخلوط حاصل، به دلیل برهم‌کنش بین پروتئین‌های حاضر در سطح گویچه‌های روغن و سایر پروتئین‌ها با مولکول‌های تراگاکانتین، سبب ایجاد دوغ غنی‌شده‌ای شد که در طول مدت نگه‌داری از لحاظ فیزیکی پایداری خوبی داشت.

در مقایسه‌ی کلی دو روش می‌توان گفت که آماده‌سازی نمونه‌های دوغ غنی‌شده با روش روغن در ماست، سریع‌تر و با صرف انرژی کم‌تر نسبت به روش دیگر انجام می‌پذیرد. در هر دو روش مقدار ماست استفاده شده و در نتیجه غلظت پروتئین‌های موجود در دوغ یکسان بود اما در روش دوم در مرحله‌ی اول که مخلوط روغن و ماست تحت تیمار فراصوت قرار می‌گرفت، غلظت پروتئین‌های موجود در دسترس روغن، در مقایسه با روش اول بیشتر بود و این مسئله موجب می‌شد که شکل‌گیری امولسیون بهتر انجام شود و بعد از رقیق ساختن مخلوط حاصل با محلول پایدارکننده-نمک در مرحله‌ی بعد، احتمال از هم گسستن آن‌ها کم‌تر باشد. Let و همکاران نیز در سال ۲۰۰۷ در بررسی اکسایش لیپید در ماست غنی‌شده با روغن ماهی خالص و روغن ماهی از قبل امولسیون شده به این نتیجه رسیدند که ماست غنی‌شده با روغن ماهی خالص نسبت به ماست‌هایی که با امولسیون روغن ماهی در آب غنی شده بودند، پایداری بیشتری داشتند.

Archive of SID

www.SID.ir

در فرآورده‌های اسیدی بر پایه‌ی تخمیر نیز گزارش شده است که با کاهش pH، در صورت وجود گویچه‌های چرب، این ذرات با ذرات پروتئینی پوشش داده می‌شوند یا با آن‌ها وارد واکنش می‌گردند و در نهایت رفتارشان مانند ذرات پروتئینی خواهد شد (Walstra et al., 2006). پس از همگن‌سازی، پروتئین‌های پلاسما عمدتاً کازئین، سطح گویچه‌های چربی را می‌پوشانند و این مسئله موجب می‌شود که گویچه‌ها تا اندازه‌ای شبیه میسل‌های کازئین رفتار کنند. همان‌طور که می‌دانیم در pH طبیعی شیر، هیچ برهم‌کنشی بین هیدروکلوئید جاذب و پروتئین کازئین شیر رخ نمی‌دهد اما با کاهش pH و کاسته شدن از بار منفی کازئین و افزایش بار مثبت آن، هیدروکلوئیدهای دارای بار منفی با جذب شدن در سطح میسل کازئین، قادرند مانند کاپاکازئین در pH طبیعی، سبب پایداری سامانه گردند. لذا هیدروکلوئید جاذب با حضور در چنین سامانه‌ای به سرعت و به طور مؤثرتر با قرارگیری در سطح کازئین، مولکول کازئین را به حالت اولیه در می‌آورد و مانع ناپایداری و در نتیجه رسوب آن می‌گردد. کتیرا در زمره‌ی هیدروکلوئیدهای آنیونی قرار دارد و تراگاکانتین به عنوان هیدروکلوئید جاذب مطرح است. سازوکار پایدارسازی توسط تراگاکانتین را می‌توان این‌گونه تفسیر کرد که با توجه به ساختار تراگاکانتین، احتمالاً به واسطه‌ی جاذبه‌ی الکترواستاتیک، برهم‌کنشی بین گروه‌های باردار (بار منفی) شاخه اصلی تراگاکانتین با کازئین‌های دارای بار مثبت رخ داده است، در نتیجه، پس از جذب سطحی تراگاکانتین روی سطح کازئین، شاخه‌های جانبی متصل به شاخه‌ی اصلی با تشکیل لایه‌ای مویی شکل در اطراف ذرات کازئین و حضور بار الکتریکی هم‌نام روی شاخه‌ی اصلی و شاخه‌های فرعی تراگاکانتین، از نزدیک شدن آن‌ها به یک‌دیگر و ایجاد تجمع ممانعت کرده‌اند. به این ترتیب احتمالاً براساس سازوکار دافعه‌ی فضایی و الکترواستاتیک، پایدارسازی نمونه‌های دوغ اتفاق افتاده است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

در بررسی امکان غنی‌سازی با روغن‌های مختلف در سطوح متفاوت، نتایج نشان داد که تهیه‌ی دوغ غنی‌شده با هر دو روش تا سطح ۲ درصد (وزنی روغن اضافه در دوغ) امکان‌پذیر است اما همان‌طور که اشاره شد در دوغ‌های تهیه شده به روش اول دوفاز شدن مشاهده گردید. به‌طورکلی به دلیل این‌که این سطح از غنی‌سازی اثر نامطلوبی در طعم دوغ غنی‌شده (احساس حالت روغنی در دهان) ایجاد کرد که حتی افزودن اسانس هم در بهبود آن تأثیری نداشت، از تهیه‌ی دوغ غنی‌شده در سطوح بالاتر از یک درصد روغن (درصد وزنی در دوغ) صرف نظر شد.

تأثیر افزودن روغن و تیمار حرارتی روی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی دوغ غنی‌شده

تعیین مدل ریاضی

جهت پیش‌گویی رفتار جریانی دوغ‌ها، میزان برازش داده‌های رئولوژیکی (مد بالارونده) با ۶ مدل ریاضی ارزیابی شد (با استفاده از نرم‌افزار MATLAB 2008a) و مناسب‌ترین مدل برای نمونه‌های حاوی روغن اضافه تا سطح یک درصد وزنی (۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ درصد) و بدون اعمال تیمار حرارتی، مدل قانون توان و برای نمونه‌ی حاوی یک درصد روغن همراه با اعمال تیمار حرارتی مدل سیسکو شناخته شد. نتایج به‌دست آمده در این بررسی نشان داد که افزودن غلظت‌های مختلف روغن (تا یک درصد)، تأثیری بر تغییر مدل رفتار جریانی دوغ‌های پایدارشده با تراگاکانتین نداشت، اما اعمال تیمار حرارتی منجر به تغییر مدل رفتار جریان از مدل قانون توان به مدل سیسکو گردید.

Azarikia و Abbasi (۲۰۱۰) در بررسی اثر افزودن هیدروکلوئیدها روی برخی ویژگی‌های رئولوژیکی دوغ، قانون توان را به‌عنوان مدلی مناسب برای پیش‌گویی رفتار جریانی دوغ‌های پایدارشده با فاز محلول کتیرا (تراگاکانتین) مطرح کردند. به‌علاوه، قانون توان توسط پژوهش‌گران دیگری نیز به‌عنوان مدلی مناسب برای پیش‌گویی رفتار جریان فرآورده‌هایی مشابه دوغ و نوشیدنی‌های تخمیری شیر پایدار شده توسط هیدروکلوئیدها مطرح شده است (Janhoj et al., 2008; Koksoy and Kilic, 2004; Penna et al., 2001). هم‌چنین، محمدی و همکاران (۱۳۸۹) نیز مناسب‌ترین مدل برای پیش‌گویی رفتار

Archive of SID

www.SID.ir

جریان مخلوط شیر- آب‌پرتقال پایدارشده با تراگاکانتین را قانون توان عنوان کردند.

بررسی رفتار جریانی دوغ‌ها

جدول ۱ میزان گرانروی ظاهری نمونه‌های دوغ را در سرعت برشی $۵۳/۶\ s^{-1}$ و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد افزودن روغن موجب افزایش جزئی در گرانروی شده است. در پژوهش‌های گوناگون به افزایش گرانروی امولسیون‌های روغن در آب در اثر بالا بردن سطح روغن اشاره شده است (Dluzewska et al., 2006; Nikovska, 2010) به‌طوری‌که در نمونه‌ی شماره‌ی ۵، گرانروی به میزان بیشتری افزایش یافت و تفاوت این نمونه با نمونه شماره‌ی ۴، تنها در اعمال تیمار حرارتی پاستوریزاسیون بر نمونه‌ی شماره‌ی ۵ بود. بنابراین به نظر می‌رسد که در نمونه‌های با شرایط ترکیبی برابر، تیمار حرارتی سبب شده که رفتار جریان تغییر کند و گرانروی آن نیز به مقدار قابل توجهی افزایش یابد.

نتایج پژوهش‌های انجام شده در بررسی اثر حرارت روی گرانروی صمغ کتیرا، حاکی از آن بود که اعمال تیمار حرارتی موجب افزایش گرانروی گردید (Chenlo et al., 2009). به‌علاوه، اعمال حرارت ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه، منجر به افزایش گرانروی فاز محلول کتیرا شد (دبستانی، ۱۳۹۰). هم‌چنین، پژوهش‌گران بیان داشتند که پروتئین‌های سرمی اثر کمی بر قوام دارند، هر چند دناتوراسیون پروتئین‌های سرمی در طول تیمار حرارتی شیر، سبب افزایش گرانروی می‌شود (Lucey et al., 1999). وقتی شیر در دمای بالای ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد حرارت داده شود، پروتئین‌های سرمی دناتوره شده از طریق شکل‌گیری پیوندهای دی‌سولفیدی داخل مولکولی، به میسل‌های کازئین متصل می‌شوند و پروتئین‌های سرمی نیز در شبکه ژل شرکت می‌کنند (Let et al., 2007). علی‌رغم این‌که شیر برای تهیه ماست، تیمارهای حرارتی شدید دیده و کمپلکس‌های پروتئین سرمی با کازئین تشکیل شده است ولی باز ممکن است در حین فرآیند حرارتی بعدی، دناتوراسیون‌هایی اتفاق افتاده باشد که باعث شده تغییراتی در گرانروی و رفتار دوغ دیده شود ضمن این‌که در فرمول دوغ هیدروکلوئید حضور داشته که احتمالاً در اثر حرارت به قوی شدن برهم‌کنش‌های ایجاد شده کمک کرده است. شاید بتوان افزایش گرانروی نمونه‌ی ۵ نسبت به نمونه‌ی ۴ را این‌گونه تفسیر کرد که اعمال تیمار حرارتی بر نمونه‌ی ۵، علاوه بر این‌که موجب افزایش گرانروی تراگاکانتین موجود در این نمونه شده، منجر به تشکیل مجدد پیوندهای عرضی بین پروتئین‌های سرمی با میسل‌های کازئین (که در طول تهیه‌ی نمونه‌ها شکسته‌اند) نیز می‌گردد و در مجموع، این عوامل سبب افزایش چشم‌گیر در میزان گرانروی شده است.

همان‌طور که مشاهده شد شاخص رفتار جریان (شاخص قانون توان) برای نمونه‌های دوغ کم‌تر از ۱ بود، که این مطلب تأییدکننده وجود نوعی رفتار شبه پلاستیکی است. باید توجه داشت که در این حالت، هر چه n به ۱ نزدیکتر باشد، نشانگر تمایل سیال به جریان نیوتنی و تمایل به صفر نشانگر جریان‌های غیرنیوتنی است (عباسی، ۱۳۸۶و ۱۳۸۷). نمونه‌های حاوی ۱ و ۵ به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص توان و به عبارت دیگر رفتار جریانی آن‌ها بیش‌ترین و کم‌ترین تمایل و نزدیکی به جریان نیوتنی را نشان دادند. به عبارتی حضور مقادیر مختلف روغن سبب تغییر در رفتار جریانی سیال و افزایش میزان تمایل به سیال‌های غیرنیوتنی شده است. در بررسی انجام شده روی کارآیی و سازوکار برخی هیدروکلوئیدها در پایدارسازی دوغ نتایج نشان داد که دوغ‌های پایدارشده با تراگاکانتین دارای رفتار نرم‌شونده برشی بودند (Azarikia and Abbasi, 2010).

همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیش‌ترین ضریب قوام به‌ترتیب به نمونه‌های ۵، ۴، ۳، ۲ و ۱ تعلق داشت که این روند با روند مشاهده شده برای تغییرات گرانروی ظاهری یکسان بود. در ضمن، مقایسه نمونه‌های ۱ و ۴ نشان داد که با افزایش میزان روغن در نمونه‌ها، ضریب قوام افزایش، شاخص قانون توان کاهش و رفتار شبه‌پلاستیکی افزایش یافت که مشابه این رفتار نیز برای امولسیون‌های روغن گردو در آب (با فزایش میزان روغن)، گزارش شده است (Nikovska, 2010). هم‌چنین، در بسیاری از تحقیقات

www.SID.ir

این نوع رفتار غیرنیوتنی برای توصیف نوع رفتار جریانی نوشیدنی‌های اسیدی شیر، دوغ کره تخمیر شده و آیران گزارش شده است (آذری کیا و همکاران، ۱۳۸۸؛ فروغی‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶؛ Janhoj et al., 2008; Koksoy and Kilic, 2004; Penna et al., 2001).

شکل ۱ تغییرات تنش برشی را به‌صورت تابعی از سرعت برشی برای نمونه‌های دوغ نشان می‌دهد. این منحنی‌ها تأیید کننده نتایج به‌دست آمده از برازش‌های انجام شده هستند. همه نمونه‌ها رفتار غیرنیوتنی نشان دادند و با افزایش سرعت برشی، تنش برشی افزایش و گرانروی کاهش یافت که این نوع رفتار وجه مشخصه سیالات شبه پلاستیک است.

همان‌گونه که در شکل ۱ دیده می‌شود حلقه پسماند (Hystersis loop) در همه‌ی نمونه‌ها قابل مشاهده بوده و منحنی‌های بالارونده و پایین رونده روی یک‌دیگر منطبق نیستند. طبق نتایج مشخص شد که بیشترین ویژگی تیکسوتروپیک به نمونه‌ی ۵ تعلق داشت. اصولاً در نمودار تنش برشی/ سرعت برشی وجود حلقه پس‌ماند بین مد بالارونده و پایین رونده حاکی از وجود ویژگی تیکسوتروپیک در سیالات وابسته به زمان است (عباسی، ۱۳۸۶ و۱۳۸۷). در پژوهش حاضر این حلقه در نمونه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ به مقدار جزئی و در نمونه‌ی ۵ به میزان چشم‌گیر مشاهده شد که احتمالاً می‌توان آن را به گسسته شدن پیوندهای ضعیف بین و داخل مولکولی تراگاکانتین در همه‌ی نمونه‌ها و نیز گسسته شدن پیوندهای ضعیف بین و داخل مولکولی که در طول تیمار حرارتی در نمونه‌ی ۵ شکل گرفته بودند، نسبت داد. حلقه‌ی پس‌ماند در نمونه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ در سرعت‌های برشی پایین دیده می‌شود و در سرعت‌های برشی بالاتر تغییر ساختاری مد بالارونده و مد پایین رونده تفاوت چندانی با یکدیگر نداشته و نمودارها تقریباً بر هم منطبق هستند. در ضمن، اندازه حلقه‌ی پس‌ماند در چهار نمونه با سطوح متفاوت روغن، به ویژه نمونه‌ی ۱ با سایر نمونه‌ها، تفاوت محسوسی دارد و به ویژه در نمونه‌ی ۴ که حاوی یک درصد روغن است اندازه حلقه به‌طور محسوسی بزرگ‌تر از نمونه‌ی ۱ است و در دامنه سرعت‌های برشی پایین‌تر نمودار قابل ترسیم است. لذا، در این ارتباط شاید بتوان گفت که روغن اضافه شده به دوغ همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد با پروتئین‌های کازئین پوشش داده شده و رفتار مشابه کازئین دارد و تنها برهم‌کنش بین پروتئین‌های کازئین و گویچه‌های پوشش داده شده با پروتئین‌های کازئین با مولکول‌های تراگاکانتین تعیین کننده نوع رفتار جریانی دوغ‌ها و بزرگی یا کوچکی حلقه‌ی پس‌ماند بوده است. اما از آن‌جا که بر نمونه‌ی ۵ تیمار حرارتی اعمال شده، احتمالاً این حرارت منجر به تغییر برهم‌کنش‌های موجود شده و سبب شد که حلقه‌ی پس‌ماند در نمونه‌ی ۵ بزرگ‌تر از سایر نمونه‌ها باشد و این مسئله نشان‌گر این است که ویژگی تیکسوتروپیک در نمونه‌ی ۵ در قیاس با سایر نمونه‌ها پررنگ‌تر و این به معنی این است که نمونه‌ی ۵ نسبت به سایر نمونه‌ها، دیرتر می‌تواند به حالت اولیه خود باز گردد. هم‌چنین در این نمونه، نمودار تنش برشی/ سرعت برشی در دامنه پایین‌تر سرعت برشی به تنش برشی نسبتاً بالایی نیاز داشته که نشان‌گر وجود ساختار نسبتاً قوی در این نمونه است.

تأثیر افزودن انواع روغن روی برخی ویژگی‌های حسی دوغ

مقایسه‌ی ویژگی طعم نمونه‌ها نشان داد (جدول۲) که تنها نمونه‌های ۷ و ۵ تفاوت معنی‌داری ($p< ۰/۰۵$) با نمونه‌ی شاهد داشتند. کم‌ترین میزان مطلوبیت در نمونه‌ی ۷ و بیشترین میزان مطلوبیت در نمونه‌های ۱ و ۲ دیده شد. از آن‌جایی که هر دو نمونه‌ی ۵ و ۷ حاوی روغن خام کلزا هستند، به نظر می‌رسد این روغن از نظر طعم گزینه مناسبی برای غنی‌سازی دوغ نمی‌باشد. اما با این وجود نمونه‌های ۲، ۳، ۴ و ۶ که حاوی روغن خام سویا و روغن ماهی بودند، از لحاظ طعم تفاوت معنی‌داری با نمونه‌ی شاهد (نمونه‌ی ۱) نداشتند. به‌طوری‌که نمونه‌ی ۲ بعد از نمونه‌ی شاهد بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داد. شاید بتوان گفت نکته‌ی قابل توجه در زمینه این نتایج، پایین بودن سطح غنی‌سازی (۰/۲۵ درصد روغن در محصول نهایی) در این نمونه بود. بعد از نمونه‌ی ۲، نمونه‌های ۴ و ۶ با یک امتیاز یکسان و پس از آن‌ها نمونه‌ی ۳ قرار داشت. شاید بتوان گفت بیشتر بودن امتیاز نمونه‌ی ۴ با وجود سطح غنی‌سازی بالاتر (۱ درصد

www.SID.ir

روغن در محصول نهایی) نسبت به نمونه‌ی ۳ (۰/۵ درصد روغن در محصول نهایی)، به علت پوشش دادن طعم نامطبوع روغن ماهی به وسیله‌ی روغن خام سویا بوده است. بالاتر بودن امتیاز نمونه ۶ (حاوی ۱ درصد روغن خام سویا در نمونه نهایی) نسبت به نمونه ۳ (حاوی ۰/۵ درصد روغن ماهی در نمونه نهایی) نیز احتمالاً نشان دهنده این است که برای غنی سازی دوغ، روغن خام سویا از نظر طعم نسبت به روغن ماهی مطلوب‌تر است.

در بررسی میزان قوام نمونه‌ها از ارزیاب‌ها خواسته شد که امتیازدهی را طبق مطلوبیت قوام نمونه انجام دهند. به این معنی که بالا بودن امتیاز مربوط به قوام نمونه‌ها، بیانگر بالا بودن مطلوبیت قوام آن نمونه است و منظور بالا بودن گرانروی نیست. بنابراین، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که تنها نمونه‌های ۶ و ۷ تفاوت معنی‌داری با نمونه‌ی شاهد داشتند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود در مورد ویژگی رنگ تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های ۱، ۲ و ۳ با سایر نمونه‌ها وجود داشت. علت این امر آن است که نمونه ۱ بدون روغن و نمونه‌های ۲ و ۳ حاوی روغن ماهی با رنگ زرد بسیار کم رنگ و نمونه‌های ۴، ۵، ۶ و ۷ حاوی روغن‌های خام سویا وکلزا هستند که رنگ زرد روغن خام سویا و رنگ سبز روغن خام کلزا منجر به کاهش امتیاز در نمونه‌های حاوی این روغن‌ها شده است.

ارزیابی‌های انجام شده در مورد ویژگی بو نیز نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار میان نمونه‌ی ۵ و ۷ با نمونه‌ی شاهد بود. در حالی‌که، هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های ۳، ۴ و ۶ و نمونه‌ی شاهد مشاهده نشد. نمونه‌ی ۷ و ۵ به ترتیب حاوی ۱ و ۰/۵ درصد روغن خام کلزا بودند و پایین بودن امتیاز آن‌ها نسبت به سایر نمونه‌ها به دلیل بوی علفی روغن خام کلزا می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده از پذیرش کلی نمونه‌ها هم نشان داد که به‌ترتیب نمونه‌های ۲، ۱، ۳، ۴ و ۶ بیشترین پذیرش کلی را داشته؛ در حالی‌که کم‌ترین پذیرش کلی به نمونه‌های ۵ و ۷ تعلق داشت. هم‌چنین، نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌های ۵، ۶ و ۷ با نمونه‌ی شاهد بود. البته، سایر نمونه‌ها نیز فاقد اختلاف معنی‌دار با یک‌دیگر و با نمونه‌ی شاهد بودند. نکته مورد توجه در مقایسه‌ی امتیاز نمونه‌ها این بود که نمونه‌ی ۲ با وجود دارا بودن ۰/۲۵ درصد روغن ماهی نسبت به نمونه‌ی شاهد امتیاز بالاتری داشت و شاید بتوان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که تهیه‌ی دوغ غنی‌شده‌ای با پذیرش بالا که مصرف روزانه سه لیوان (۲۰۰ میلی‌لیتر) از آن، نیاز بدن به اسیدهای چرب چندغیراشباعی امگا-۳ را تأمین کند، امکان‌پذیر است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که روش آماده‌سازی دوغ غنی‌شده تأثیر قابل توجهی روی میزان همگن شدن و پایداری فیزیکی نمونه‌ها دارد و تنها نمونه‌های دوغ تهیه شده به روش روغن در ماست در تمام مدت نگه‌داری از لحاظ فیزیکی پایداری خوبی داشتند. طبق نتایج این پژوهش مناسب‌ترین مدل رئولوژیکی برای نمونه‌های حاوی روغن اضافه تا سطح یک درصد وزنی و بدون اعمال تیمار حرارتی، مدل قانون توان و برای نمونه‌ی حاوی یک درصد روغن همراه با اعمال تیمار حرارتی مدل سیسکو شناخته شد. استفاده از تیمار حرارتی در نمونه‌ی حاوی یک درصد روغن علاوه بر افزایش گرانروی، موجب تغییر نوع مدل از قانون توان به سیسکو گردید و بیش‌ترین گرانروی ظاهری به نمونه دارای یک درصد روغن و تیمار حرارتی دیده تعلق داشت و این نمونه کم‌ترین و نمونه‌ی بدون روغن بیش‌ترین تمایل به جریان نیوتنی را نشان دادند. نمونه‌ی دارای ۰/۲۵ درصد روغن ماهی از لحاظ حسی مطلوبیت بیشتری نسبت به کل نمونه‌ها داشت. شاید بتوان این‌طور نتیجه‌گیری کرد که تهیه‌ی دوغ غنی‌شده‌ای با پذیرش بالا که مصرف روزانه سه لیوان (۲۰۰ میلی‌لیتر) از آن، نیاز بدن به اسیدهای چرب چندغیراشباعی امگا-۳ را تأمین کند، امکان‌پذیر است.

Archive of SID

www.SID.ir

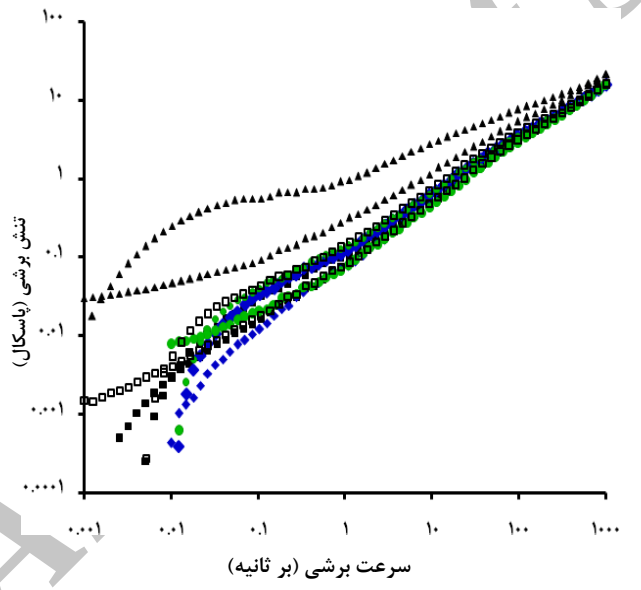
جدول ۱- نمایش تأثیر میزان روغن و تیمار پاستوریزاسیون روی گرانروی ظاهری در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت برشی $۵۳/۶\ s^{-1}$ و متغیرهای قانون توان و سیسکو نمونه‌های دوغ

نمونه	میزان روغن اضافه شده	گرانروی ظاهری (Pa.s) (η_{app})	ضریب قوام (k) (Pa.s^n)	شاخص قانون توان (n)	گرانروی بی‌نهایت (Pa.s) (η_∞)
۱[a]	بدون روغن اضافه	۲/۲۸	۰/۱۴۵۵	۰/۶۷۶۸	–
۲[a]	۰/۲۵ درصد وزنی روغن ماهی	۲/۳۷	۰/۱۶۷۱	۰/۶۵۴۵	–
۳[a]	۰/۵ درصد وزنی روغن ماهی	۲/۳۷	۰/۱۷۰۲	۰/۶۵۰۲	–
۴[a]	۱ درصد وزنی روغن ماهی	۲/۶۸	۰/۲۱۲۲	۰/۶۲۶۷	–
۵[b*]	۱ درصد وزنی روغن ماهی	۵/۹۴	۱/۱۴۸	۰/۳۹۵	۰/۰۰۳۵

a. مدل قانون توان b. مدل سیسکو

* تیمار حرارتی پاستوریزاسیون (دمای ۸۳ درجه‌ی سانتی‌گراد به مدت ۱ دقیقه) تنها روی نمونه‌ی شماره‌ی ۵ اعمال شده است.

برای تهیه همه‌ی نمونه‌ها، تیمار فراصوت با شدت ۶۰ به مدت ۴۵ ثانیه بر مخلوط ماست و روغن اعمال شد و دوغ غنی‌شده‌ی حاصل با شدت ۲۰ به مدت ۱۰ ثانیه با همگن‌ساز فراصوت همگن شد.



شکل ۱- تأثیر میزان روغن و تیمار پاستوریزاسیون روی نمودار تنش برشی-سرعت برشی نمونه‌های دوغ در دمای ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (■: نمونه‌ی شاهد، ◆: ۰/۲۵ ٪ روغن ماهی، ●: ۰/۵٪ روغن ماهی، □: ۱٪ روغن ماهی، ▲ : ۱٪ روغن ماهی همراه با اعمال تیمار حرارتی پاستوریزاسیون)

www.SID.ir

جدول ۲- میزان و نوع روغن اضافه شده به نمونه‌ها و میانگین امتیازهای برخی ویژگی‌های حسی نمونه‌های دوغ غنی‌شده با انواع مختلف روغن در غلظت‌های متفاوت

نمونه	نوع و مقدار روغن اضافه شده	ویژگی حسی (امتیاز از ۵)				
		طعم	قوام	رنگ	بو	پذیرش کلی
۱	فاقد روغن (شاهد)	۳/۸۲^{a}	۴/۱۷^{a}	۴/۴۳^{a}	۴/۰۰^{a}	۳/۸۶^{ab}
۲	۰/۲۵٪ روغن ماهی	۳/۶۰^{a}	۳/۹۱^{ab}	۴/۳۹^{a}	۴/۰۸^{a}	۳/۹۵^{a}
۳	۰/۵٪ روغن ماهی	۳/۱۷^{ab}	۴/۰۴^{ab}	۴/۲۱^{ab}	۳/۷۸^{ab}	۳/۴۳^{abc}
۴	۰/۵٪ روغن ماهی + ۰/۵٪ روغن خام سویا	۳/۲۶^{ab}	۴/۱۳^{ab}	۳/۷۸^{bc}	۳/۵۶^{ab}	۳/۴۳^{abc}
۵	۰/۵٪ روغن ماهی + ۰/۵٪ روغن خام کلزا	۲/۶۰^{bc}	۳/۸۶^{abc}	۳/۶۵^{c}	۳/۲۶^{bc}	۲/۸۶^{cd}
۶	۱٪ روغن خام سویا	۳/۲۶^{ab}	۳/۷۳^{bc}	۳/۵۶^{c}	۳/۶۰^{ab}	۳/۳۴^{bc}
۷	۱٪ روغن خام کلزا	۲/۱۳^{c}	۳/۴۷^{c}	۲/۹۱^{d}	۲/۸۶^{c}	۲/۵۲^{d}

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده‌ی اختلاف معنادار در سطح ۹۵ درصد ($p< ۰/۰۵$) بین نمونه‌ها می‌باشد.

برای تهیه همه‌ی نمونه‌ها، تیمار فراصوت با شدت ۶۰ به مدت ۴۵ ثانیه بر مخلوط ماست و روغن اعمال شد و دوغ غنی‌شده‌ی حاصل با شدت ۲۰ به مدت ۱۰ ثانیه با همگن‌ساز فراصوت همگن شد.

درصد روغن به‌صورت وزنی/وزنی می‌باشد.

منابع

۱- آذری‌کیا، ف.، عباسی، س. و عزیزی، م. ح. ۱۳۸۸. بررسی کارآیی و سازوکار برخی ترکیبات هیدروکلوئیدی در جلوگیری از دو فاز شدن دوغ. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۴ (۱): ۲۲-۱۱.

۲- دبستانی، م. ۱۳۹۰. بررسی برخی خواص کاری و رئولوژیکی مخلوط صمغ فارسی- کتیرا و سازوکار برهم‌کنش آن‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، ۸۰ ص.

۳- عباسی، س. ۱۳۸۶. بافت و گرانروی مواد غذایی: مفهوم و اندازه‌گیری. (تألیف: مالکوم بورن). چاپ اول، انتشارات مرز دانش، تهران.

۴- عباسی، س. ۱۳۸۷. هندبوک رئولوژی مقدماتی. (تألیف: هوارد بارنس). چاپ اول، انتشارات مرز دانش، تهران.

۵- فروغی‌نیا، س.، عباسی، س. و حمیدی اصفهانی، ز. ۱۳۸۶. تأثیر افزودن تکی و ترکیبی صمغ‌های کتیرا، ثعلب و گوار در پایدارسازی دوغ. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۲ (۲): ۲۵-۱۵.

۶- محمدی، س.، عباسی، س. و حمیدی، ز. ۱۳۸۹. تأثیر برخی هیدروکلوئیدها بر پایداری فیزیکی، ویژگی های رئولوژیکی و حسی مخلوط شیر-آب‌پرتقال. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۵ (۴): ۱۲-۱.

7- Azarikia, F. & Abbasi, S. 2010. On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. Food Hydrocolloids, 24: 358–363.

8- Chenlo, F., Moreira, R., Pereira, G. & Silva, C. 2009. Rheological modelling of binary and ternary systems of tragacanth, guar gum and methylcellulose in dilute range of concentration at different temperatures. Food Science and Technology, 42: 519–524.

9- Cho, Y. H., Lucey, J. A. & Singh, H. 1999. Rheological properties of acid milk gels as affected by the nature of the fat globule surface material and heat treatment of milk. International Dairy Journal, 9: 537–545.

10- Dluzewska, E., Stobiecka, A. & Maszewska, M. 2006. Effect of oil phase concentration on rheological properties and stability of beverage emulsions. Technologia Alimentaria, 5 (2): 147–156.

11- Gallaher, J. J., Hollender, R., Peterson, D. G., Roberts, R. F. & Coupland, J. N. 2005. Effect of composition and antioxidants on the oxidative stability of fluid milk supplemented with an algae oil emulsion. International Dairy Journal, 15: 333–341.

12- Giroux, H. J., Amant, J. B. S., Fustier, P., Chapuzet, J. M. & Britten, M. 2008a. Effect of electroreduction and heat treatments on oxidative degradation of a dairy beverage enriched with polyunsaturated fatty acids. Food Research International, 41: 145–153.

Archive of SID

www.SID.ir

13- Giroux, H. J., Acteau, G., Sabik, H., & Britten, M. 2008b. Influence of dissolved gases and heat treatments on the oxidative degradation of polyunsaturated fatty acids enriched dairy beverage. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 5710–5716.
14- Janhoj, T., Bom Frost, M. & Ipsen, R. 2008. Sensory and rheological characterization of acidified milk drinks. Food Hydrocolloids, 22: 798–806.
15- Koksoy, A. & Kilic, M. 2004. Use of hydrocolloids in textural stabilization of a yoghurt drink, Ayran. Food Hydrocolloids, 18: 593–600.
16- Kolanowski, W. & Laufenberg, G. 2006. Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. European Food Research and Technology, 222: 472–477.
17- Kolanowski, W. & Weibrodt, J. 2007. Sensory quality of dairy products fortified with fish oil. International Dairy Journal, 17: 1248–1253.
18- Let, M. B., Jacobsen, C. & Meyer, A. S. 2007. Lipid oxidation in milk, yoghurt, and salad dressing enriched with neat fish oil or pre-emulsified fish oil. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 7802–7809.
19- Lucey, J. A., Munro, P. A. & Singh, H. 1999. Effects of heat treatment and whey protein addition on the rheological properties and structure of acid skim milk gels. International Dairy Journal, 9: 275–279.
20- Nielsen, N. S., Debnath, D. & Jacobsen, C. 2007. Oxidative stability of fish oil enriched drinking yoghurt. International Dairy Journal, **17**: 1478–1485.
21- Nielsen, N. S., Klein, A. and Jacobsen, C. 2009. Effect of ingredients on oxidative stability of fish oil-enriched drinking yoghurt. European Journal of Lipid Science and Technology, 111: 337–345.
22- Nikovska, K. 2010. Oxidative stability and rheological properties of oil-In-water emulsions with walnut oil. Advance Journal of Food Science and Technology, 2 (3): 172–177.
23- Penna, A. L. B., Sivieri, K. & Oliviera, M. N. 2001. Relation between quality and rheological properties of lactic beverages. Journal of Food Engineering, 49: 7–13.
24- Walstra, P., Wouters J. & Geurts, T. 2006. Dairy Science and Technolody. 2nd ed. New York: CRC Press LLC.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of sonication on sensory and rheological properties of Doogh enriched with omega-3 fatty acids

F. Sheikhshoaei[1], S. Abbasi[2]*

1- MSc. student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

2- Associate professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University

*Corresponding author (sabbasifood@modares.ac.ir)

Abstract

Generally speaking, the beneficial effects of polyunsaturated fatty acids (PUFA) on health and prevention of diseases have already been demonstrated. However, there is still a gap between the practical consumption of oily fish and the recommended daily intake of PUFAs. As a result, it seems that a rational approach to achieve the needed value is the enrichment of food products where this process may have a significant effect on their tastes. Therefore, in this research the capability of ultrasound (intensity up to 100%) for enrichment of Doogh with PUFAs as well as its influence on rheological and sensorial properties were evaluated. Our results showed that ultrasound was able to homogenize and stabilize ω-3 fatty acid enriched Doogh. Furthermore, the highest sensorial acceptability was seen in Doogh containing 0.25% fish oil. In addition, the most appropriate rheological model for samples containing up to 1% fish oil without thermal treatment and one with thermal pasteurization were Power law and Sisco models, respectively.

Keywords: Enriched Doogh; Omega-3 fatty acids; Stability; Ultrasound

Archive of SID

www.SID.ir