

پایداری اکسیداتیو ماست غنی شده با منابع گوناگون امگاسه طی مدت نگهداری

آزاده قربانی حسن سرایی^{۱*}، فخری شهیدی^۲، حمیدبهدار قدوسی^۳، علی معتمدزادگان^۴، مهدی وریدی^۲

- ۱- دانش آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
 - ۲- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
 - ۳- گروه پژوهش های میکروبیولوژی، دانشگاه متروپلیتن لندن، انگلستان
 - ۴- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
- (تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۱۲)

چکیده

در این پژوهش ماست هم زده با استفاده از سه نوع منبع امگا ۳ (روغن ماهی پوشش دار، روغن بزرک، مخلوط روغن ماهی پوشش دار و روغن بزرک)، در چهار سطح (۰، ۶۵۰، ۱۶۲۵ و ۳۲۵۰ میلی گرم در ۱۰۰۰ میلی لیتر شیر) و در دو مرحله افزودن (بعد از تیمار حرارتی و بعد از گرمخانه گذاری) در قالب آزمایش فاکتوریل به صورت طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تولید شد. پایداری اکسیداتیو و تعیین پروفایل اسیدهای چرب نمونه ها طی روزهای اول، دهم و بیستم نگهداری ارزیابی شد. میزان عدد پراکسید و اسیدتیوباربیتوریک ماست های غنی شده با روغن ماهی و نیز بعد از تیمار حرارتی به طور معنی داری بالاتر بود. میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع و امگا ۳ موجود در ماست های غنی شده با روغن بزرک نسبت به سایر نمونه ها بالاتر بود. نتایج نشان داد که با غنی سازی ماست با روغن بزرک در بعد از تیمار حرارتی می توان به ماستی هم زده با پایداری اکسیداتیو بالاتر دست یافت.

کلید واژگان: غنی سازی، ماست هم زده، امگا ۳، روغن بزرک، روغن ماهی

۱- مقدمه

در دهه اخیر فواید سلامتی زای اسیدهای چرب چند غیراشباع زنجیر بلند امگا ۳ توجه زیادی را به خود معطوف داشته است. از نقطه نظر تغذیه‌ای، مهم‌ترین اسیدهای چرب امگا ۳ شامل اسید آلفا لینولنیک، اسید ایکوزاپنتانوئیک و اسید دوکوزاهگزانوئیک هستند. اسید آلفا لینولنیک یک اسید چرب ضروری است که برای سلامتی انسان لازم می‌باشد اما توسط بدن انسان تولید نمی‌شود، از این رو باید از طریق غذا تأمین شود. این اسید چرب به میزان زیاد در روغن‌های گیاهی خاص نظیر روغن بزرک و به میزان کمتری در روغن‌های کانولا، سویا و گردو موجود است [۱، ۲ و ۳].

روغن بزرک خوراکی به دلیل پایداری اکسیداتیو بسیار پایین معمولاً به‌طور مستقیم به‌عنوان روغن خوراکی استفاده نمی‌شود. این روغن عمدتاً در راستای افزایش ارزش غذایی در خوراکی‌های مختلف استفاده می‌شود چراکه منبع خوبی از اسیدهای چرب امگا سه می‌باشد [۴، ۵ و ۶]. اسید ایکوزاپنتانوئیک و اسید دوکوزاهگزانوئیک از منابع دریایی نظیر ماهی، نرم‌تنان صدفی و گونه‌هایی از جلبک به دست می‌آیند [۳]. با توجه به مصرف کم ماهی توسط مصرف‌کنندگان در بیشتر نقاط جهان، دریافت EPA و DHA بسیار پایین‌تر از میزان توصیه شده است؛ لذا راه‌های جایگزین برای افزایش جذب نسبی اسید چرب غیراشباع امگا سه ضروری است. یک‌راه متداول برای افزایش جذب اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ بدون ایجاد تغییرات عمده در عادات غذایی، غنی‌سازی مواد غذایی گوناگون با روغن ماهی و روغن‌های حاوی این اسیدهای چرب می‌باشد. غنی‌سازی غذا عبارت از افزودن یک ماده مغذی (و یا بیشتر) به ماده غذایی است. هدف عمده از این کار، افزایش میزان مصرف ماده مغذی افزوده شده به‌منظور بهبود وضعیت تغذیه‌ای یک جمعیت معین است [۷ و ۸].

آگاهی از فواید بالقوه اسیدهای چرب غیراشباع امگا سه علاقه به غنی‌سازی مواد غذایی با این چربی‌ها را قوت بخشیده، باین‌حال، ورود اسیدهای چرب امگا سه در فرآورده‌های غذایی سبب بروز چالش‌های عمده‌ای در فرمولاسیون شده است. بسیاری از چربی‌ها نسبت به گرما، نور و اکسیژن حساس بوده و به‌سرعت اکسید می‌شوند. اکسیداسیون

اسیدهای چرب یکی از عوامل اصلی فساد ماده غذایی است و می‌تواند بر طعم، عطر، بافت، مدت‌زمان ماندگاری و رنگ ماده غذایی تأثیر گذارد که این امر استفاده از منابع حاوی اسیدهای چرب امگا سه در غنی‌سازی فرآورده‌های غذایی را محدود می‌سازد [۹ و ۱۰]. مشکل اصلی در رابطه با مصرف اسیدهای چرب چند غیراشباع امگا ۳ چه از نظر دارویی و چه از نظر غذایی حساسیت بالای آن‌ها نسبت به اکسیداسیون است. سوبستراهای اصلی برای واکنش اکسیداسیون چربی، اسیدهای چرب غیراشباع با یک یا چند پیوند دوگانه هستند [۱۱].

بر اساس یافته‌های موجود، به نظر می‌رسد که غذاهای مناسب برای غنی‌سازی با اسیدهای چرب غیراشباع امگا سه آن‌هایی هستند که به میزان بالایی مصرف می‌گردند، در مدت‌زمان کوتاه و در دمای پایین نگهداری و در بسته‌های غیرقابل نفوذ نسبت به هوا و نور بسته‌بندی می‌شوند. نمونه‌های خوبی از چنین مواد غذایی فرآورده‌های لبنی هستند [۱۲]. با توجه به تصویر مناسب فرآورده‌های لبنی در ذهن مردم و مصرف گسترده آن‌ها، این فرآورده‌ها می‌تواند حامل‌های خوبی برای افزایش مصرف روغن ماهی باشند. از آنجاکه منابع گوناگونی از اسیدهای چرب غیراشباع امگا سه با مقادیر متفاوتی از این ترکیبات حیاتی موجود است، در این پژوهش غنی‌سازی ماست با منابع حاوی اسیدهای چرب امگا سه (روغن ماهی پوشش‌دار شده، روغن بزرک و مخلوط روغن ماهی پوشش‌دار شده و روغن بزرک)، در سه سطح متفاوت انجام شد تا تأثیر آن‌ها بر پایداری اکسیداتیو فرآورده نهایی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

مواد اولیه

شیر از کارخانه کاله (آمل، ایران) با ۱/۵ درصد چربی، ۶۷- pH و دانسیته ۱/۰۲۸-۱/۰۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب تهیه شد. آغازگر مورد استفاده، آغازگر صنعتی YC-350 حاوی *Lactobacillus* و *Streptococcus thermophilus* و از نوع DVS¹ و *delbrueckii subsp. bulgaricus*

1. Direct Vat Set

تعیین عدد پر اکسید

روش اصلاح شده IDF برای تعیین عدد پر اکسید مورد استفاده قرار گرفت. این روش بر مبنای اکسیداسیون آهن (II) به آهن (III) توسط هیدروپراکسیدها و شکل‌گیری ترکیب مایل به قرمز تیوسیانات آهن (III) برای تعیین عدد پر اکسید با استفاده از اسپکتروفوتومتری بنا شده است [۱۷ و ۱۸].

تعیین مواد واکنش پذیر اسید تیوباریتوریک به

روش اسپکتروفوتومتری

تعیین عدد اسید تیوباریتوریک (TBA) روشی است که در آن فراورده‌های اکسیداسیون ثانویه اجزای محلول چربی ماست اندازه‌گیری می‌شوند. آزمایش بر اساس روش حکمت و مک‌ماهون [۱۹] انجام شد. یک گرم ماست در یک لوله‌آزمایش شیشه‌ای دارای درپوش توزین شد و ۹ میلی‌لیتر اسید تری‌کلرو استیک ۱۵ درصد وزنی/وزنی و ۰/۳۷۵ درصد (وزنی/حجمی) محلول واکنشگر اسید تیوباریتوریک در اسیدکلریدریک ۰/۲۵ نرمال به آن اضافه و به‌خوبی مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در یک حمام آب جوش (BM 402, Nuve, ترکیه) حرارت داده شد. نمونه‌ها به‌سرعت با استفاده از جریان آب سرد تا دمای اتاق خنک شده و به مدت ۵ دقیقه در ۲۰ درجه سانتی‌گراد در ۱۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. جذب در ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری شد و غلظت مالون آلدهید (MDA) با ضریب از بین رفتن $1 \times 10^5 \times 1/56$ با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$A\lambda = \varepsilon \times c \times L$$

که در آن $A\lambda$ میزان جذب خوانده شده است، ε ضریب از بین رفتن، c غلظت مولی به‌صورت مول‌های مالون آلدهید در کیلوگرم ماست و L طول عبور نور (ضخامت سل به مقدار ۱ سانتیمتر) است. عدد اسید تیوباریتوریک به‌صورت میکرو مول‌های مالون آلدهید در کیلوگرم ماست گزارش شد.

استخراج چربی از ماست

چربی از ماست با استفاده از روش استخراج بلیگ و دایر انجام شد [۲۰]. در موقع ویژه‌ای که لازم شد (عدم امکان انجام آزمایش در همان لحظه)، چربی استخراج‌شده در یک فریزر تا زمان آزمایش در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید.

به‌صورت خشک‌شده انجمادی (لیوفیلیزه^۱) از شرکت کریستین هانس^۲ تهیه گردید. شیر خشک بدون چربی (با ماده خشک ۹۷/۶ درصد) جهت استاندارد کردن ماده خشک شیر، از شرکت فونترا^۳ (نیوزلند)، روغن ماهی ریز پوشانی شده از شرکت اوشن نوتریشن^۴ (کانادا) و روغن کتان جهت غنی‌سازی از شرکت هلند و بارت^۵ (ایالات‌متحده آمریکا) خریداری شد. مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمایش‌های شیمیایی به‌طور عمده از شرکت مرک^۶ و سیگما آلدریچ^۷ تهیه شدند.

تولید ماست غنی‌شده

برای استاندارد کردن ماده خشک شیر تا ۱۴ درصد از افزودن شیر خشک بدون چربی استفاده شد. شیر خشک بدون چربی در دمای ۹۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد به شیر افزوده شد [۱۳]. سپس عملیات حرارتی شیر در دمای ۹۰-۹۵ درجه سانتی‌گراد برای مدت‌زمان ۵ دقیقه انجام شد. آغازگر ماست به شکل DVS در دمای 23 ± 2 درجه سلسیوس تحت شرایط سترون به شیر اضافه شد. پس از یکنواخت شدن مایه کشت، مخلوط به گرمخانه‌ای با دمای 42 ± 1 درجه سانتی‌گراد (Memmert, INB 400, Germany) منتقل شد. گرمخانه‌گذاری تا رسیدن به $pH = 4.7 - 4.6$ ادامه یافت. در ادامه دلمه حاصل هم زده شد و بسته‌بندی در ظروف پلاستیکی درب دار ۵۰ گرمی انجام پذیرفت. نمونه‌های ماست در دمای یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند [۱۴، ۱۵ و ۱۶].

اسید چرب امگا۳ با توجه به میزان توصیه‌شده اسیدهای چرب امگا۳، در سه سطح ۶۵۰، ۱۶۲۵ و ۳۲۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر شیر در نظر گرفته شد. این مقادیر به ترتیب ۱۰ درصد، ۲۵ درصد و ۵۰ درصد مقادیر توصیه‌شده می‌باشند. این مقادیر برای ارزیابی تأثیر فرایند گرمخانه‌گذاری بر اسیدهای چرب امگا۳ در دو مرحله متفاوت، قبل از گرمخانه‌گذاری و پس از گرمخانه‌گذاری، به فرایند تولید اضافه شدند.

1. Freeze-dried
2. CHR Hansen
3. Fonterra
4. Ocean Nutrition Canada
5. Holland & Barrett
6. Merck
7. Sigma-Aldrich

تعیین ترکیب اسیدهای چرب امگا ۳

به یک میلی‌لیتر محلول شامل حلال و چربی ماست، ۰/۵ میلی‌لیتر محلول ترانس استریفیه سدیم متواکسید (۳۰ میلی‌لیتر سدیم متواکسید در ۶۰ میلی‌لیتر متانول) اضافه شده و به مدت ۱ دقیقه به‌طور مداوم مخلوط شد. پس‌از آن، این مخلوط به مدت ۴ دقیقه به‌صورت منقطع مخلوط شد. ۵ میلی‌لیتر هیدروژن سولفات به آن اضافه و مخلوط شد تا از برگشت‌پذیری جلوگیری شود. پس از دو فاز شدن، لایه زیرین نهایی حذف شد و ۲-۳ گرم سولفات سدیم بدون آب اضافه شده و مخلوط حاصل هم زده شد و به مدت ۲۰-۳۰ دقیقه در حالت سکون قرار داده شد و پس‌از آن به مدت ۱۵ دقیقه در ۳۲۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. این مایع حاوی متیل استر با یک پیپت شیشه‌ای به یک لوله آزمایش ۱۰ میلی‌لیتری شیشه‌ای منتقل و یک نمونه ۰/۵ میلی‌لیتری آن به یک ویال کروماتوگرافی گازی منتقل شد.

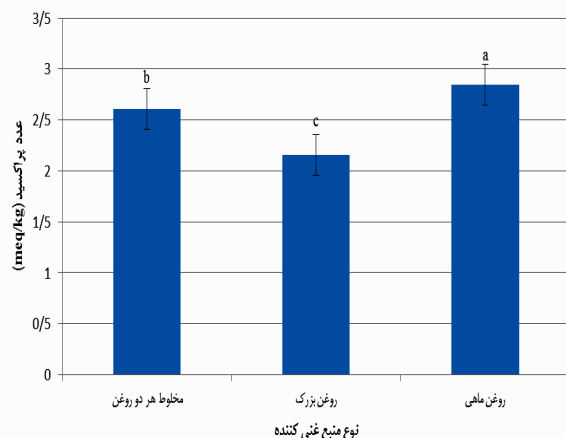
نمونه‌ها در دستگاه کروماتوگرافی گازی (YL6100 GC, Young Lin Instrument Co., Ltd, Korea) آزمون شدند. جداسازی در یک ستون موئینه SLB-IL 111 (Fused silica Capillary Column, Supelco, Sigma-Aldrich, USA) با مشخصات طول ۱۰۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲ میکرومتر انجام پذیرفت [۲۱].

روش تجزیه و تحلیل نتایج

آزمایش‌ها در قالب آرایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. جهت دستیابی به دقیق‌ترین نتایج، آزمایش‌های تعیین پایداری ماست طی مدت ماندگاری (روز اول، دهم و بیستم) در سه تکرار انجام شدند. جهت بررسی‌های آماری از نرم‌افزار آماری مینی تب نسخه ۱۶ و برای رسم نمودارها از نرم‌افزارهای مینی تب نسخه ۱۶ و اکسل نسخه ۲۰۰۷ استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

اندازه‌گیری عدد پراکسید برای تعیین محصولات اولیه اکسیداسیون در مواد غذایی لبنی انجام می‌شود. گرچه پراکسیدها فاقد طعم و مزه هستند، اما می‌توانند به‌عنوان شاخص تغییرات کیفی ایجادشده تحت تأثیر نور، در مورد هر فرآورده غذایی به کار روند [۲۲]. نتایج نشان داد که نوع روغن اثر معنی‌داری بر میزان عدد پراکسید حاصل از نمونه‌های ماست غنی شده دارد (شکل ۱)، ماست‌های حاوی روغن ماهی ریزپوشانی شده بالاترین و ماست‌های غنی شده با روغن بزرک پایین‌ترین عدد پراکسید را دارا بودند ($P < 0/05$). همچنین مشاهده شد که عدد پراکسید نمونه‌های ماست غنی شده با روغن ماهی ریز پوشانی شده اختلاف معنی‌داری با نمونه‌های ماست شاهد داشت، در حالیکه اختلاف معنی‌داری در میزان عدد پراکسید نمونه‌های ماست شاهد با نمونه‌های غنی شده با روغن بزرک و مخلوط دو روغن دیده نشد. این امر نشان می‌دهد که روغن ماهی با وجود اینکه ریز پوشانی شده بود تمایل بیشتری به اکسیداسیون از خود نشان داده است. اوتاوی [۱۱] بیان کرد که حساسیت به اکسیداسیون چربی با توجه به تعداد پیوندهای دوگانه در اسیدهای چرب افزایش می‌یابد به‌طوری‌که حساسیت به اکسیداسیون DHA پنج برابر بیش‌تر از اسید لینولئیک است. از آنجاکه روغن ماهی بیشتر حاوی اسیدهای چرب چند غیراشباع DHA و EPA و روغن بزرک حاوی اسید چرب اسید آلفا لینولئیک می‌باشند، لذا دستیابی به چنین نتیجه‌ای چندان دور انتظار نیست.



شکل ۱ اثر منبع غنی کننده بر عدد پراکسید نمونه‌های ماست.

تغییرات عدد پراکسید هریک از ماست‌های غنی‌شده با منابع گوناگون و نیز ماست شاهد در طول نگهداری ۲۰ روزه اندک بوده و معنی‌دار نیست؛ اما در مقایسه با یکدیگر این تغییرات معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱ اثر متقابل نوع منبع، مقدار استفاده‌شده، مرحله افزودن و زمان نگهداری بر مقدار پراکسید نمونه‌های ماست غنی‌شده

نمونه	مقدار امگا ۳	مرحله افزودن	روز اول	روز دهم	روز بیستم
شاهد	۰	-	۲۳۶۵±۱۷۳HIJKLMNOPQ	۲۰۵۵±۱۷۴GHIJKLMNOP	۲۰۵۵±۱۷۳EFGHIJKLMN
	(mg/L)	قبل	۱۹۶۰±۰۷۷NOPQ	۲۰۵۰±۰۷۴MNOPQ	۲۱۲۵±۰۷۳LMNOPQ
		بعد	۱۸۰۵±۰۷۳Q	۱۹۳۰±۰۷۰OPQ	۲۰۳۰±۰۷۴MNOPQ
ماست غنی شده با روغن بزرک	(mg/L)	قبل	۲۰۳۵±۰۷۰MNOPQ	۲۱۰۵±۰۷۰MNOPQ	۲۲۰۵±۰۷۴KLMNOPQ
		بعد	۱۹۱۵±۰۷۲OPQ	۲۰۵۵±۰۷۸MNOPQ	۲۱۲۵±۰۷۰LMNOPQ
	(mg/L)	قبل	۲۳۸۵±۰۷۲HIJKLMNOPQ	۲۴۴۵±۰۷۰HIJKLMNOPQ	۲۰۵۶±۰۷۸GHIJKLMNOP
		بعد	۲۲۸۰±۰۷۲JKLMNOPQ	۲۴۲۰±۰۷۱HIJKLMNOPQ	۲۴۵۵±۰۷۲HIJKLMNOPQ
	(mg/L)	قبل	۲۲۸۰±۰۷۱JKLMNOPQ	۲۳۷۵±۰۷۹HIJKLMNOPQ	۲۳۸۵±۰۷۰HIJKLMNOPQ
		بعد	۲۱۰۵±۰۷۱MNOPQ	۲۳۰۰±۰۷۸IJKLMNOPQ	۲۲۵۵±۰۷۲JKLMNOPQ
ماست غنی شده با روغن ماهی ریز پوشالی شده	(mg/L)	قبل	۲۰۸۰±۰۷۴CDEFGHIJK	۲۰۹۱±۰۷۴BCDEFGHIJ	۲۰۸۰±۰۷۴CDEFGHIJK
		بعد	۲۰۶۲±۰۷۹EFGHIJKLMN	۲۰۸۱±۰۷۳DEFGHIJKLM	۲۰۸۰±۰۷۳CDEFGHIJKL
	(mg/L)	قبل	۲۳۵۵±۰۷۳ABCD	۲۰۵۹±۰۷۳AB	۲۳۶۰±۰۷۹A
		بعد	۲۳۰۰±۰۷۷ABCDE	۲۰۴۰±۰۷۷ABC	۲۰۴۷±۰۷۷ABC
	(mg/L)	قبل	۱۹۹۰±۰۷۱NOPQ	۲۰۱۴±۰۷۴LMNOPQ	۲۰۴۲±۰۷۲HIJKLMNOPQ
		بعد	۱۹۲۰±۰۷۲OPQ	۲۰۱۲±۰۷۲LMNOPQ	۲۰۲۰±۰۷۸KLMNOPQ
ماست غنی شده با مخلوط روغن بزرک و روغن ماهی ریز پوشالی	(mg/L)	قبل	۲۰۵۰±۰۷۹GHIJKLMNOP	۲۰۶۱±۰۷۶FGHIJKLMN	۲۰۵۱±۰۷۳GHIJKLMNOP
		بعد	۲۰۳۸±۰۷۲HIJKLMNOPQ	۲۰۴۹±۰۷۶GHIJKLMNOP	۲۰۶۰±۰۷۲FGHIJKLMNO
شده	(mg/L)	قبل	۲۰۰۴±۰۷۶ABCDEFHG	۲۰۱۶±۰۷۳ABCDEFHG	۲۰۴۱±۰۷۴ABC
		بعد	۲۰۹۸±۰۷۱ABCDEFGHI	۲۰۱۷±۰۷۸ABCDEFHG	۲۰۲۴±۰۷۳ABCDEF

میانگین‌های با حروف متفاوت به لحاظ آماری متفاوت اند ($P < 0.05$). آزمایش‌ها با سه تکرار انجام شده‌اند.

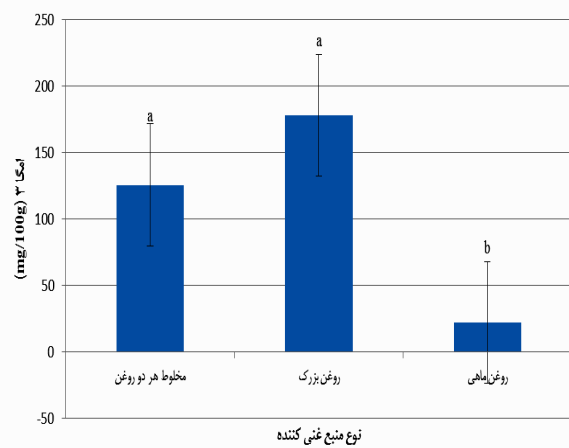
مقدار عدد پراکسید ماست‌های غنی‌شده با مقادیر گوناگون امگا ۳ اختلاف معنی‌داری را با هم و با نمونه شاهد نشان دادند ($P < 0.05$).

اثبات‌شده‌ای مبنی بر افزایش تمایل به اکسیداسیون چربی شیر و روغن‌های ماهی بر اثر حرارت دهی وجود دارد [۲۳ و ۲۴]. با افزایش مدت‌زمان ماندگاری ماست، در روز دهم نگهداری، عدد پراکسید ماست‌های غنی‌شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0.05$)، اما میزان عدد پراکسید ماست‌های غنی‌شده طی روز دهم تا بیستم تفاوت معنی‌داری نداشتند. نیلسن و همکاران [۲۵] نیز در مطالعه‌ای که بر روی پایداری اکسیداتیو

ماست‌های حاوی ۳۲۵۰ میلی‌گرم امگا ۳ دارای عدد پراکسید بالاتری نسبت به ماست‌های غنی‌شده با دو مقدار دیگر و نمونه شاهد بود. لذا می‌توان گفت با افزایش میزان امگا ۳ افزوده‌شده به نمونه‌های ماست، عدد پراکسید افزایش می‌یابد. افزودن اسیدهای چرب امگا ۳ قبل از مرحله گرمخانه‌گذاری به نمونه‌ها افزایش معنی‌داری در مقدار عدد پراکسید نمونه‌های ماست غنی‌شده را به همراه داشت ($P < 0.05$). نتایج

مجموع اسیدهای چرب امگا ۳ (ω۳)

نوع منبع امگا ۳، تفاوت‌های معنی‌داری را در مقدار امگا ۳ باقیمانده در نمونه‌های ماست غنی شده ایجاد کرد و مقدار امگا ۳ موجود در ماست‌های غنی شده با روغن بزرک و نیز مخلوط روغن بزرک و روغن ماهی ریزپوشانی شده به‌طور معنی‌داری بالاتر از میزان امگا ۳ موجود در ماست‌های حاوی روغن ماهی ریزپوشانی شده بود ($P < 0/05$). مقدار امگا ۳ در ماست‌های مذکور بین ۱/۵-۷/۵ برابر میزان آن در ماست‌های غنی شده با روغن ماهی ریزپوشانی شده بود (شکل ۳). وجود مقادیر بالاتر امگا ۳ در ماست‌های غنی شده با روغن بزرک به دلیل ماندگاری بالاتر اسیدآلفالیپونیک در این ماست می‌باشد.



شکل ۳ اثر نوع منبع غنی کننده بر میزان امگا ۳ نمونه‌های غنی شده

با افزایش مقدار امگا ۳ تا ۳۲۵۰ میلی‌گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر، میزان امگا ۳ باقیمانده در ماست‌های غنی شده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P < 0/05$). ارزیابی داده‌ها نشان داد که مرحله افزودن امگا ۳ و نیز مدت‌زمان نگهداری به لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری بر میزان امگا ۳ موجود در ماست‌های غنی شده نداشته است ($P > 0/05$). هر چند مقدار امگا ۳ باقیمانده در ماست‌هایی که قبل از گرمخانه گذاری غنی شدند، کمتر بود و بالاترین میزان امگا ۳ در روز اول دیده شد. کاهش تدریجی و غیر معنی‌دار میزان امگا ۳ طی مدت نگهداری در یخچال نشان‌دهنده این است که واکنش‌های اکسیداسیون در حال انجام است.

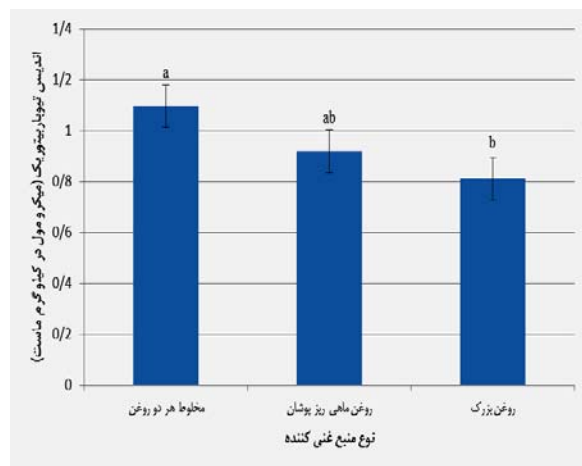
نتایج نشان داد که تفاوت‌های معنی‌دار در میزان امگا ۳ ماست‌های غنی شده در نتیجه تأثیر متقابل مرحله افزودن و نوع منبع امگا ۳، مقدار و نوع منبع امگا ۳، منبع امگا ۳ و مدت

ماست نوشیدنی غنی شده با یک درصد روغن ماهی و برخی مواد افزودنی انجام دادند به نتایج مشابهی دست یافتند.

عدد اسید تیوباریتوریک

پراکسیدهای چربی بر اثر حرارت تجزیه می‌شوند و سبب تولید فراورده‌های ثانویه اکسیداسیون می‌شوند. فراورده‌های ثانویه اکسیداسیون با اندازه‌گیری مواد واکنش‌پذیر اسید تیوباریتوریک تعیین می‌شود [۹].

تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تنها نوع منبع امگا ۳ بر میزان عدد اسید تیوباریتوریک تأثیر معنی‌دار می‌گذارد ($P < 0/05$) و ماست‌های حاوی روغن ماهی ریزپوشانی شده و مخلوط روغن ماهی و روغن بزرک دارای عدد اسید تیوباریتوریک بالاتری نسبت به نمونه‌های ماست غنی شده با روغن بزرک و نمونه ماست شاهد هستند (شکل ۲). این امر نشان می‌دهد که پیشرفت اکسیداسیون در ماست‌های حاوی روغن بزرک کمتر بوده است. از آنجاکه میزان عدد پراکسید نیز در این نمونه‌ها پایین‌تر بود، لذا می‌توان گفت که پایداری اکسیداتیو ماست‌های غنی شده با روغن بزرک و نیز ماست‌های شاهد بالاتر است.

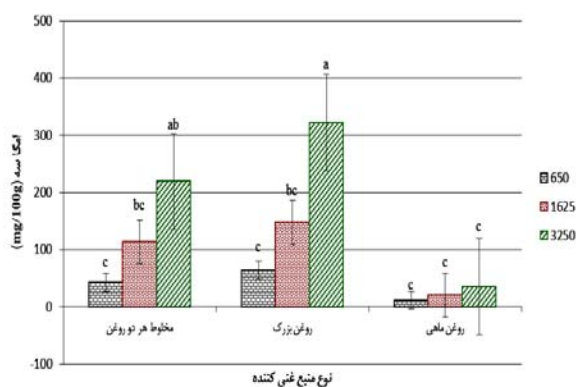


شکل ۲ اثر متقابل منبع بر میزان اسید تیوباریتوریک نمونه‌های ماست غنی شده

تغییرات عدد اسید تیوباریتوریک در نتیجه تأثیر هر یک از عوامل مقدار امگا ۳، مرحله افزودن امگا ۳ و نیز مدت‌زمان ماندگاری ماست‌ها معنی‌دار نبود ($P > 0/05$). عدد اسید تیوباریتوریک تمامی نمونه‌های ماست غنی شده و نمونه‌های ماست شاهد طی مدت‌زمان نگهداری (بیست روز) افزایش یافت، اما این میزان افزایش معنی‌دار نبود.

- [2] ZUIDAM, N. J. & NEDOVIC, V. 2009. Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing, Springer.
- [3] RUBIO-RODRÍGUEZ, N., BELTRÁN, S., JAIME, I., DE DIEGO, S. M., SANZ, M. T. & CARBALLIDO, J. R. 2010. Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: a review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 1-12.
- [4] FIRESTONE, D. 2006. Physical and chemical characteristics of oils, fats, and waxes, AOCS Press Champaign, IL.
- [5] GUNSTONE, F. 2011. Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses, John Wiley & Sons.
- [6] GUNSTONE, F. D., HARWOOD, J. L. & DIJKSTRA, A. J. 2012. The lipid handbook with CD-ROM, CRC Press.
- [7] AUGUSTIN M, A. & WILLIAMS R. P, W. 2002. Technological aspects of calcium fortification of milk and dairy products. *Food Australia*, 54, 131-133.
- [8] WIRAKARTAKUSUMAH, M. A. & HARIYADI, P. 1998. Technical aspects of food fortification. *Food & Nutrition Bulletin*, 19, 101-108.
- [9] YE, A., CUI, J., TANEJA, A., ZHU, X. & SINGH, H. 2009. Evaluation of processed cheese fortified with fish oil emulsion. *Food research international*, 42, 1093-1098.
- [10] JACOBSEN, C. 2010. Enrichment of foods with omega - 3 fatty acids: a multidisciplinary challenge. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1190, 141-150.
- [11] OTTAWAY, P. B. 2008. Food fortification and supplementation: Technological, safety and regulatory aspects, Elsevier.
- [12] KOLANOWSKI, W. & WEIßBRODT, J. 2007. Sensory quality of dairy products fortified with fish oil. *International dairy journal*, 17, 1248-1253.
- [13] PIRKUL, T., TEMIZ, A. & ERDEM, Y. K. 1997. Fortification of yoghurt with calcium salts and its effect on starter microorganisms and yoghurt quality. *International Dairy Journal*, 7, 547-552.
- [14] TAMIME, A. Y. & ROBINSON, R. K. 1999. *Yoghurt: science and technology*, Woodhead Publishing.
- [15] BönISCH, M. P., HUSS, M., LAUBER, S. & KULOZIK, U. 2007. Yoghurt gel formation by means of enzymatic protein

نگهداری، مرحله افزودن و مقدار امگا۳، مقدار امگا۳ و مدت نگهداری، مقدار، نوع منبع و مرحله افزودن امگا۳، مقدار و نوع منبع امگا۳ و مدت نگهداری وجود دارد (شکل ۴) ($P < 0.05$). درحالی که تأثیر همزمان مرحله افزودن و مدت زمان نگهداری، مقدار، مرحله افزودن امگا۳ و مدت نگهداری و مرحله افزودن، نوع منبع و مدت زمان نگهداری بر مقدار امگا ۳ موجود در نمونه های ماست غنی شده معنی دار نبود ($P > 0.05$).



شکل ۴ اثر متقابل نوع منبع غنی کننده و مقدار آن بر میزان امگا۳ نمونه های غنی شده

۴- نتیجه گیری

با توجه به این که ماست های غنی شده با روغن ماهی ریزپوشان طی مدت نگهداری دارای بالاترین عدد پراکسیدو عدد اسید تیوباربیتوریک بودند و هم چنین میزان اسیدهای چرب امگا سه باقیمانده در ماست های غنی شده با روغن بزرگ به ویژه نمونه های غنی شده پس از تیمار حرارتی می توان نتیجه گرفت که میزان پایداری اکسیداتیو ماست های غنی شده با روغن بزرگ بسیار بالاتر از سایر نمونه ها بوده و لذا روغن بزرگ به عنوان یک منبع مطلوب جهت غنی سازی ماست پیشنهاد می شود. علاوه بر این جهت کاهش اثرات فرایند و افزایش پایداری اکسیداتیو، افزودن روغن باید پس از فرایند گرمخانه گذاری صورت گیرد.

۵- منابع

- [1] SKALL NIELSEN, N., DEBNATH, D. & JACOBSEN, C. 2007. Oxidative stability of fish oil enriched drinking yoghurt. *International dairy journal*, 17, 1478-1485.

- [21] IDF 182| ISO 15884:2002 - Milkfat - Preparation of fatty acid methylesters, International IDF Standards International Dairy Federation, IDF-Square Vergote 41, Brussels, Sec.
- [22] MORTENSEN, G., SØRENSEN, J. & STAPELFELDT, H. 2002. Comparison of peroxide value methods used for semihard cheeses. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50, 5007-5011.
- [23] YIN, H. & SATHIVEL, S. 2010. physical properties and oxidation rates of unrefined menhaden oil (*Brevoortia patronus*). *Journal of food science*, 75, E163-E168.
- [24] AL-ROWAILY, M. A. 2008. Effect of heating treatments, processing methods and refrigerated storage of milk and some dairy products in lipids oxidation. *Pakistan Journal of Nutrition*, 7(1), 118-125.
- [25] NIELSEN, N. S., KLEIN, A. & 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.
- cross-linking during microbial fermentation. *Food Hydrocolloids*, 21, 585-595.
- [16] YILDIZ, F. 2010. Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products, CRC Press.
- [17] SHANTHA, N. C. & DECKER, E. A. 1993. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *Journal of AOAC International*, 77, 421-424.
- [18] IDF 74|ISO 3976:2006 -Milk Fat – Determination of Peroxide Value, International IDF Standards International Dairy Federation, IDF-Square Vergote 41, Brussels, Sec. 74A:1991.
- [19] HEKMAT, S. & MCMAHON, D. J. 1997. Manufacture and quality of iron-fortified yogurt. *Journal of dairy science*, 80, 3114-3122.
- [20] IVERSON, S. J., LANG, S. L. & COOPER, M. H. 2001. Comparison of the Bligh and Dyer and Folch methods for total lipid determination in a broad range of marine tissue. *Lipids*, 36, 1283-1287.

Oxidative stability of enriched yoghurts with different omega 3 sources during storage

Ghorbani-HasanSaraei, A. ^{1*}, Shahidi, F. ², Ghoddusi, H. B. ³,
Motamedzadegan, A. ⁴, Varidi, M. ²

1. Ph.D. Student, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3. Microbiology Research Unit, School of Human Sciences, London Metropolitan University, London, UK

4. Department of Food Sciences and Technology, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

5. Department of Food Science and Technology, Ayatollah Amoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran

(Received: 94/6/17 Accepted: 94/9/12)

In this research stirred yoghurt prepared by addition of three sources of omega-3s; encapsulated fish oil, flaxseed oil and mixtures of the two oils at four levels (0, 650, 1625 & 3250 mg/1000 ml) and two addition step (after heating and after incubation step). Experiments were carried out in three replicates and a completely randomized factorial design was used for statistical analysis. Oxidative stability and fatty acid profiles were determined during the first, tenth and twentieth of storage time. The peroxide values and thiobarbituric acid values of enriched yoghurt with fish oil and enriched yoghurts after heat treatment are significantly highest. Polyunsaturated fatty acids and omega3 of enriched yoghurt with flaxseed oil is significantly higher than other samples. Therefore, it could be achieve the stirred yoghurt with higher oxidative stability by enrichment with flaxseed oil after heat treatment.

Keywords: Enrichment, Stirred yoghurt, Omega3, Flaxseed oil, Fish oil.

*Corresponding Author E-Mail Address: Azade380@yahoo.com