نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 4، مهر- آبان 1397، ص. 583-573

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 4, Oct- Nov 2018, p.573-583

بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست غنی شده با ریزمغذی‌های آهن و روی

محمد گنجه[1]- سید مهدی جعفری[2*]- محمود حسین‌نژاد[3]

تاریخ دریافت: 1394/03/21
تاریخ پذیرش: 1394/09/25

چکیده

ماست از پر مصرف‌ترین فراورده‌های لبنی است و با وجود ارزش تغذیه‌ای بالا، از نظر املاح مهمی مانند آهن و روی کمبود دارد، از این روی در این پژوهش تاثیر افزودن این املاح بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست‌غنی‌شده با آهن و روی بررسی گردید. محصول مایه‌خورده با غلظت‌های برابر آهن و روی به میزان 20، 40 و 60 میلی‌گرم به ازای یک کیلوگرم شیر، غنی‌سازی شد و نمونه‌ها در دوره‌های زمانی یک، هفت و چهارده روزه مورد آزمون قرار گرفتند.سینرسیس محصول با گذشت زمان نگهداری، از 0/24 به صفر در نمونه‌های حاوی آهن و از 1/197 به 0/808 درصد در تیمار روی کاهش یافت. به‌ترتیب در تیمار آهن و روی، ظرفیت نگهداری آب از 50/08 به 55/5 و 43/57 به 55/47 درصد و ویسکوزیته از 855/55 به 961/11 و 677/78 به 833/3 میلی‌پاسکال ثانیه افزایش یافتند. با ارزیابی داده‌های آنالیز بافت نیز مشخص شد ویژگی‌های مهمی نظیر سختی و فنریت با گذشت زمان افزایش اندکی داشتند و کمترین میزان نیروی چسبندگی و بیشترین میزان پیوستگی، مربوط به روزهای میانی دوره نگهداری بود. ویژگی‌های حسی نیز در اکثر تیمارها اختلاف معنی‌داری (P<0/05) با نمونه‌های شاهد نشان ندادند. غلظت‌های مختلف آهن و روی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست نتوانستند تغییرات معنادار در سطح 5 درصد ایجاد کنند و تاثیر زمان بر این ویژگی‌ها بیشتر بود. با توجه به این نتایج می‌توان بدون نگرانی از افت کیفیت این محصول پرمصرف،به غنی‌سازی آن با این املاح حیاتی پرداخت.

واژه‌های کلیدی: ماست، غنی‌سازی، املاح، آنالیز بافت

مقدمه

با وجود تولید کافی غذا در جهان امروز، تعداد زیادی از افراد جامعه با مشکل تامین ترکیبات مغذی مواجه‌اند و در واقع با گرسنگی پنهان دست و پنجه نرم می‌کنند. طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی از هر 5 نفر حداقل 1 نفر در دنیا از کمبود عناصر ید، روی، آهن، اسید فولیک، کلسیم، ویتامین A و B رنج می‌برند (برنجی‌اردستانی و همکاران، 2008).

امروزه با توجه به اهمیت سلامت و کیفیت مواد غذایی و توجه بیشتر مصرف‌کنندگان به سلامتی محصولات و رفع نیازهای بدن از راه مصرف مواد غذایی مناسب و سالم و از طرفی به دلیل کمبود ریزمغذی‌ها در جوامع انسانی، استقبال از تولید و مصرف غذاهای غنی‌شده رو به افزایش است. از نظر متخصصان علوم تغذیه نیز یکی از بهترین راههای دریافت ریزمغذی‌ها، غنی‌سازی مواد غذایی و آشامیدنی است. غنی‌سازی به‌صورت افزودن یک یا چند ماده مغذی ضروری به مواد غذایی در سطوحی بالاتر از آنچه که به‌طور طبیعی در آن ممکن است وجود داشته باشد یا نداشته باشد، به‌منظور پیشگیری و اصلاح کمبود ناشی از یک یا چند ماده مغذی که در کل جامعه و یا گروه‌های خاصی از جمعیت وجود دارد، تعریف می‌شود (Stanton et *al*., 2001). در بسیاری از جوامع به علت شیوع وسیع کم‌خونی ناشی از فقر آهن، نیاز به افزایش جذب آهن در رژیم غذایی وجود دارد. استفاده از آهن در غنی‌سازی بیشترین پیچیدگی را نسبت به سایر ریزمغذی‌ها دارد (Johnson *et al*., 2004).

میزان روی در شیر در دو هفته‌ی اول پس از زایمان بالا می‌باشد، اما بعد از آن در طی شیردهی به شدت و با شیب زیاد کاهش می‌یابد (Krebs *et al*., 1995). بر اساس آمار اعلام شده توسط سازمان جهانی غذا، حدود 20 درصد جمعیت جهان از نظر جذب و

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
(*مسئول مکاتبات: Email: jafarism@hotmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v1395i0.47226

زیست‌دسترسی[1] فلز روی در معرض خطر هستند. کمبود فلز روی در بچه‌ها موجب کندی رشد و افزایش خطر ابتلا به انواع بیماری‌ها می‌شود (Rosemont, 1990).

ماست از پر مصرف‌ترین فراورده‌های تخمیری شیر است که به دلیل ارزش تغذیه‌ای بالا تاثیر مثبتی در سلامتی انسان و اهمیت ویژه‌ای در رژیم غذایی افراد دارد (Rosemont, 1990). به دلیل طعم و تنوع مطلوب، ماست به‌عنوان غذایی سالم مورد توجه عامه قرار گرفته است. همانند بسیاری از محصولات لبنی عامه‌پسند، ماست رشد مصرف قابل توجهی را دارد. میزان بالای کلسیم، ویتامین‌ها، مواد معدنی و محتوای پایین چربی آن و همچنین به دلیل تاثیر آن بر سلامتی و افزایش طول عمر، این فراورده مورد پسند عموم مردم است (Kowalski *et al*., 2000).

ویژگی‌های کلی ماست نظیر اسیدیته، میزان اسید چرب آزاد همراه با ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای از ویژگی‌های مهم در ماست هستند. این ویژگی‌ها تحت تاثیر ترکیب شیمیایی شیر اولیه، شرایط فرایند، اضافه کردن طعم‌دهنده‌ها و فعالیت باکتری‌های آغازگر در طی تخمیر قرار می‌گیرد (Boncza *et al*., 2002). Sendra و همکاران (2010) تاثیر استفاده از میوه‌ها به‌عنوان فیبرهای مغذی در ماست را بررسی کردند و نتایج حاکی از پایداری فیزیکوشیمیایی ماست‌های غنی‌شده در طی انبارداری بود. Hardi و Slacanac (2000) ویژگی‌های رئولوژیکی و بافت فراورده‌های تخمیری شیر را تحت تاثیر ترکیب شیر اولیه، میزان ماده خشک، عملیات حرارتی شیر، نوع کشت آغازگر، دمای گرمخانه‌گذاری، ویسکوزیته‌ی اولیه شیر، سنتیک تخمیر و هموژنیزاسیون دانستند و Jumah و همکاران (2001) نیز این نتایج را تایید کرده‌اند. Dave و Shan(1988) و Amira و همکاران (2011) گزارش کرده‌اند غنی‌سازی محصولات لبنی با آهن (20 میلی‌گرم در یک لیتر)در مقایسه با نمونه‌کنترل، تاثیر مهمی بر روی سینرسیس، تعداد باکتری‌های اسید لاکتیک و خصوصیات ارگانولپتیک محصول تولیدی نداشته است. Azzam (2009) منبع آهن استفاده شده برای غنی‌سازی ماست را در نرمی‌بافت در بدو تولید و طی انبارداری بی تاثیر دانسته است. Amaya liano و همکاران (2008) به بررسی ویژگی‌های بافتی محصولات غذایی تخمیری پرداخته است و دما، ترکیبات و شرایط تخمیر را در این ویژگی‌ها موثر ارزیابی کرده است. هدف از این پژوهش ارزیابی میزان تغییرات ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست غنی‌شده با آهن و روی در طی دوره ماندگاری و بررسی میزان و نحوه‌ی تاثیر این مکمل‌ها بر این ویژگی‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

شیر تازه گاو با چربی 2/5 درصد از یک کارخانه صنعتی تهیه گردید. شیر خشک بدون چربی (پارسا مهر آرین، تهران) همچنین سولفات روی هپتا هیدراته (سولفات روی 7 آبه)، آمونیوم آهن 3 سولفاته، و هیدروکسید سدیم (مرک، آلمان) تهیه گردیدند. استارتر[2]DVS(BV-08) مورد استفاده شامل دو باکتری *استرپتوکوکوس ترموفیلوس* و *لاکتوباسیلوس دلبروکی* زیرگونه بولگاریکوس بود که از شرکت اسپانیایی Caminox تهیه گردید.

انحلال املاح در شیر

با توجه به اینکه نقطه ذوب ماده آمونیوم آهن 3 سولفاته در محدوده 41-39 درجه سانتی‌گراد می‌باشد باانجام آزمایشات اولیه مشخص گردید چنانچه این ماده به‌صورت مستقیم به شیر با دمای 45-40 درجه سانتی‌گراد اضافه گردد شاهد رسوب و عدم انحلال این ماده خواهیم بود بنابراین تصمیم گرفته شد تا ابتدا مقادیر مورد نظر آمونیوم آهن 3 سولفاته و همچنین سولفات روی 7 آبه تحت شرایط یکسان، در مقدار 100 میلی‌لیتر شیر پاستوریزه با دمای 10 درجه سانتی‌گراد در بطری‌های پلی‌اتیلنی استریل حل گردد و تا زمان استفاده در دمای یخچال نگهداری گردد.

فرایند تولید ماست

در این تحقیق ابتدا شیر با چربی 2/5 درصد انتخاب گردید. سپس ماده‌ی خشک شیر خام با افزودن 2 درصد شیرخشک به 13 درصد رسانیده شد. پس از اعمال حرارت 85 درجه سلسیوس به مدت 20 دقیقه، شیر با فشار 150 بار هموژن گردید. در ادامه استارتر لیوفیلیزه (به میزان 2 گرم در 100 لیتر شیر) در دمای 43-44 درجه سانتی‌گراد به شیر اضافه شد. برای انجام عمل غنی‌سازی، نمونه‌های شیر مایه خورده به هفت قسمت تقسیم گردید (3 ظرف برای غنی‌سازی با آهن، 3 ظرف برای غنی‌سازی با روی و 1 نمونه نیز به‌عنوان کنترل). در ادامه، عمل غنی‌سازی با غلظت‌های برابر آهن و روی یعنی 20، 40 و 60 میلی‌گرم به ازای هر کیلوگرم شیر انجام پذیرفت. سپس نمونه‌های غنی شده با آهن، روی و همچنین نمونه کنترل به داخل ظروف 100 گرمی منتقل و با دستگاه دربندی و بدون دخالت دست درب‌بندی گردیدند. نمونه‌های تولیدی به گرماخانه با دمای 45 درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از رسیدن pH به 4/5-4/4 به سردخانه با دمای 4 درجه سانتیگراد انتقال یافتند. برای بررسی اثر غنی‌سازی بر ویژگی‌های ماست تولیدی، نمونه‌ها بعد از مدت زمان یک روز، یک هفته و چهارده روز مورد ارزیابی قرار گرفتند.

1 Bioavailability

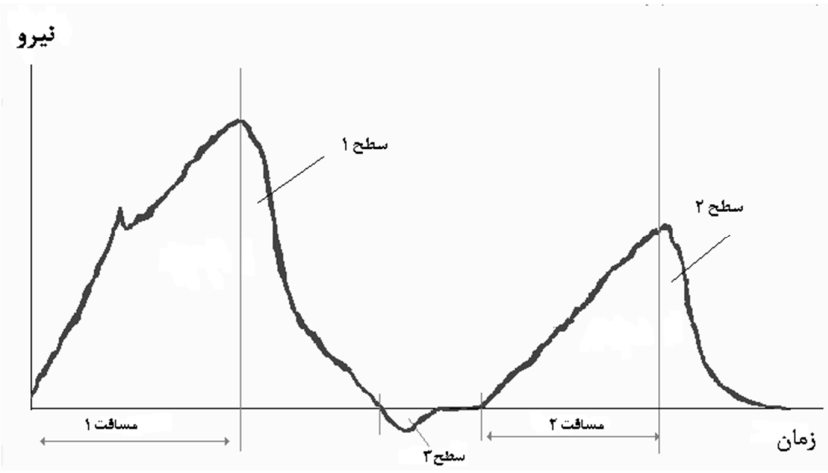
2 Lyophilized-mixed starter cultures

آنالیز بافت

آنالیز بافت با استفاده از دستگاه Texture Analyzer (Brookfield Model CT3 Texture Analyzer – USA) به روش Supavititpatana و همکاران (2008) با اندکی تغییرات انجام شد. ویژگی‌های بافتی نمونه‌ها با بارگذاری سلولی به وزن 5 کیلوگرم و با استفاده از پروب استوانه‌ای به قطر 1/83 میلی‌متر و سرعت 1 میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ 15 میلی‌متر در نمونه ماست بلافاصله بعد از خروج بسته‌های 100 گرمی از دمای 10 درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت. سختی، نیروی چسبندگی، پیوستگی و فنریت شاخص‌های تعیین شده در این آزمون بودند. با توجه به نمودار شکل 1، سختی حداکثر نیروی لازم برای تغییر شکل مورد نظر در سیکل اول فشردن است. از دیدگاه حسی، سختی حداکثر نیروی لازم برای فشردن ماده غذایی بین دندان آسیاب تا حصول تغییر شکل معین است. میزان شاخص سختی، بالاترین نیرویی که در سیکل فشردن اعمال می‌شود. نیروی چسبندگی نشان‌دهنده حداکثر نیروی منفی مورد نیاز برای خارج نمودن پروپ از ماده غذایی است که واحد آن گرم است، و از قسمت منفی نمودار (شکل1) به‌دست می‌آید. پیوستگی که به‌عنوان مقاومت درونی بافت مواد غذایی در برابر نیروی اعمال شده تعریف می‌شود، نسبت سطح مثبت سیکل دوم به سطح مثبت سیکل اول است (شکل 1) و از رابطه 1 به‌دست می‌آید. فنریت نیز مقدار برگشت ماده به حالت اولیه پس از برداشتن نیرو است، که با توجه به شکل 1 با رابطه 2 تعریف می‌شود (Bourne *et al*., 1978, Bourne *et al*., 1966;).

(1) سطح 1/ سطح 2= پیوستگی

(2) مسافت 1/ مسافت 2= فنریت



شکل 1- نمودار عمومی پروفایل بافت مواد غذایی

آزمون سینرسیس و ظرفیت نگهداری آب

میزان سینرسیس نمونه‌های ماست به روش Salvador و Fiszman (2004) با اندکی تغییرات تعیین گردید. در این روش بسته‌های 100 گرمی ماست در دمای اتاق (20 درجه سانتی‌گراد) بر یک سطح کاملا صاف قرار گرفتند. میزان سرم جدا شده بعد از گذشت یک ساعت، با استفاده از یک سرنگ حذف گردید. میزان سینرسیس به ازای 100 گرم نمونه گزارش شد. همچنین ظرفیت نگهداری آب با دستگاه سانتریفوژ (Hettich Universal 320R – Germany) و به روش گزارش شده توسط Sahin و همکاران (2008) با اندکی تغییر تعیین گردید. 10 گرم از نمونه ماست در ظروف پلاستیکی مخصوص سانتریفوژ قرار گرفته، با سرعت 4500 دور در دقیقه برای 20 دقیقه در دمای 10 درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ گردید. بعد از عمل سانتریفوژ و حذف سوپرناتانت، رسوب حاصل وزن گردید. ظرفیت نگهداری آب با استفاده از رابطه 3 محاسبه گردید:

$$WHC = [1 - \frac{W_t}{W_i}] \times 100 \quad (3)$$

W_t: وزن رسوب بر حسب گرم و W_i: وزن اولیه ماست بر حسب گرم

آزمون ویسکوزیته

برای تعیین ویسکوزیته از دستگاه ویسکومتر بروکفیلد (MYR viscometers, model v2, type:R - Spain) استفاده گردید. ویسکوزیته نمونه‌های ماست در دمای 10 درجه سانتی‌گراد با استفاده از اسپیندل شماره 9 در سرعت‌های 50 و 60 دور در دقیقه، بعد از گذشت 15 ثانیه بر حسب میلی پاسکال ثانیه گزارش گردید.

تعیین pH و اسیدیته

اسیدیته نمونه‌های ماست به روش Kimو Liu (2002) بر حسب

درصد اسید لاکتیک با انجام تیتراسیون با سود 0/1 نرمال در حضور فنل فتالئین به‌عنوان معرف مشخص گردید. همچنین pH با استفاده از دستگاه pH-Meter (Sabalanazmai Tehran; model:SAT-2100) که قبلا توسط بافرهای 4 و 7 کالیبره شده بود تعیین گردید.

ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی نمونه‌های ماست از نظر طعم، بو، رنگ، بافت و همچنین پذیرش کلی توسط 12 پانلیست (6 مرد و 6 زن)و با استفاده از آزمون هدونیک پنج امتیازی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایشات در قالب طرح فاکتوریل کاملا تصادفی انجام شده و جهت مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن با ضریب اطمینان 95 درصد و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1.3 (2003) استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

نتایج حاصل از ارزیابی تاثیر زمان نگهداری در غلظت‌های مختلف آهن و روی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ماست در جدول 1 آورده شده است. غلظتهای مختلف آهن و روی در هیچ یک از موارد اختلاف معنی‌داری در میزان تغییرات در اثر تغییر این پارامترها ایجاد نکردند. هر دو تیمار آهن و روی باعث کاهش pH محصول نسبت به نمونه‌های کنترل شدند، هرچند میزان این تاثیر چندان چشمگیر نبود. Azzam و همکاران (2009) نیز گزارش کرده‌اند که غنی‌سازی ماست با آهن تاثیری بر زمان لازم برای رسیدن به pH 4/3 ندارد. همچنین Abd-Rabou و همکاران (1999) و Osman و Ismail (2004) هیچگونه تندی اکسیداتیوی را در طی نگهداری بیوماست در طی انبارداری مشاهده نکردند در حالی که Mehanna و همکاران (2000) گزارش کردند که ماست غنی شده با آهن با شدت خیلی کم تحت تاثیر میزان غلظت آهن قرار می‌گیرد.

جدول1- بررسی تاثیر زمان نگهداری بر تغییرات فیزیکوشیمیایی محصول در غلظت های مختلف آهن و روی

ریزمغذی افزوده شده	روز	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)	اسیدیته	pH	ویسکوزیته	سینرسیس	ظرفیت نگهداری آب
	1		0.69	4.24	1000	0.37	54.49
	7	20	0.79	3.96	1500	0	50.87
	14		0.80	3.92	1233.33	0	51.31
	1		0.70	4.22	1466.66	0.34	56.22
Fe	7	40	0.76	3.99	1366.66	0.27	52.21
	14		0.77	4.01	1433.33	0	49.71
	1		0.73	4.19	1466.66	0	55.78
	7	60	0.74	4.06	1533.33	0	53.19
	14		0.77	4.02	1433.33	0	49.22
	1		0.64	4.33	900	0.38	55.23
	7	20	0.74	4.04	1366.66	0	50.91
	14		0.80	3.96	800	0.47	50.26
	1		0.65	4.39	1066.66	0.28	54.38
Zn	7	40	0.68	4.12	1333.33	0.81	49.71
	14		0.77	4.02	1333.33	0.31	47.46
	1		0.64	4.43	866.66	2.92	56.80
	7	60	0.70	4.12	1366.66	1.01	52.13
	14		0.76	4.05	833.33	1.63	49.5

به‌علاوه در طی انبارداری و تحت تاثیر گذشت زمان، pH کاهش و اسیدیته افزایش یافت. Mohamed و همکاران (2014)، Amira و همکاران (2011) و Abd-Rabou و همکاران (1999) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. Askary و Bolandi (2013) افزایش اسیدیته با گذشت زمان در ماست غنی شده با آهن را که در واقع متناظر با افت pH می‌باشد را تایید کرده‌اند. دلیلی که در اکثر این موارد برای این افت pH و افزایش اسیدیته ذکر شده است، تبدیل لاکتوز به لاکتیک اسید در طی انبارداری می‌باشد. Amira و همکاران (2011) عنوان کردند که غنی‌سازی ماست با نمک‌های مختلف آهن تاثیری بر میزان لاکتیک اسید باکتریا در طی انبارداری

ندارد که نتایج آنها با نتایج Hekmat و McMahon (1997) و El-Nagar و Shenana (1998) که گزارش کرده‌اند غنی‌سازی آهن تاثیری بر زمان گرمخانه‌گذاری ندارد مطابقت می‌کند.

افزایش زمان نگهداری در حضور آهن باعث کاهش شدید مقدار سینرسیس می‌گردد و حتی مقدار آن را به سمت صفر سوق می‌دهد که مطابق با نتیجه‌ی به‌دست آمده توسط Amira و همکاران (2011) می‌باشد. Dave و Shan (1988) این بهبود وضعیت سینرسیس و کاهش آنرا با افزایش توانایی جذب آب و هیدراته شدن بیشتر پروتئین‌ها با گذشت زمان مرتبط دانستند. Amaya liano و همکاران (2008) دلایل عمده سینرسیس در محصولات تخمیر شده را دمای بالای گرمخانه‌گذاری، میزان پایین مواد جامد کل و دمای نامناسب انبارداری دانستند. روی نمی‌تواند این تاثیر را در طی زمان اعمال کند و با وجود بالاتر بودن مقدار سینرسیس نسبت به تیمار آهن این روند تا پایان زمان نگهداری نیز ادامه می‌یابد و تغییر چندانی رخ نمی‌دهد، به‌علاوه با افزایش غلظت روی رشد بیشتر آبدهی محصول مشاهده شد، این عمل یعنی افزایش میزان آبدهی با افزایش غلظت در مورد آهن نیز صدق می‌کند به شکلی که کمترین میزان آبدهی مربوط به کمترین غلظت آهن بود و افزایش غلظت آهن استفاده شده، باعث افزایش آبدهی گردید.

ظرفیت نگهداری آب محصول با گذشت زمان افزایش نسبتا شدیدی را نشان می‌دهد و بیشترین مقدار آن در تیمارهای حاوی غلظت بالای آهن و روزهای ابتدایی نگهداری مشاهده شد، در حالی که در همین غلظت‌های بالا در روزهای پایانی نگهداری کمترین میزان ظرفیت نگهداری دیده شد که می‌تواند دلیلی بر تاثیر شدید زمان نگهداری بر این فاکتور باشد. Askary و Bolandi (2013)، Amira و همکاران (2011) و Sendra و همکاران (2010) نیز به نتایج مشابهی دست یافته‌اند که این بهبود حفظ آب به افزایش کیفیت شبکه ژل محصول و همچنین افزایش هیدراته شدن آب در پروتئین‌ها نسبت داده می‌شود.

ویسکوزیته به عکس سینرسیس با گذشت زمان افزایش یافت و سرعت این افزایش نیز در روزهای ابتدایی به مراتب بالاتر از روزهایی پایانی بود (در هر دو تیمار آهن و روی). میزان غلظت آهن و روی نیز چندان بر روند این فاکتور تاثیرگذار نبود و روند خاصی مشاهده نگردید. Sendra و همکاران (2010) نیز افزایش ویسکوزیته در ماست غنی‌شده با محصولات جانبی پرتقال را گزارش کرده است.

ویژگی‌های بافتی

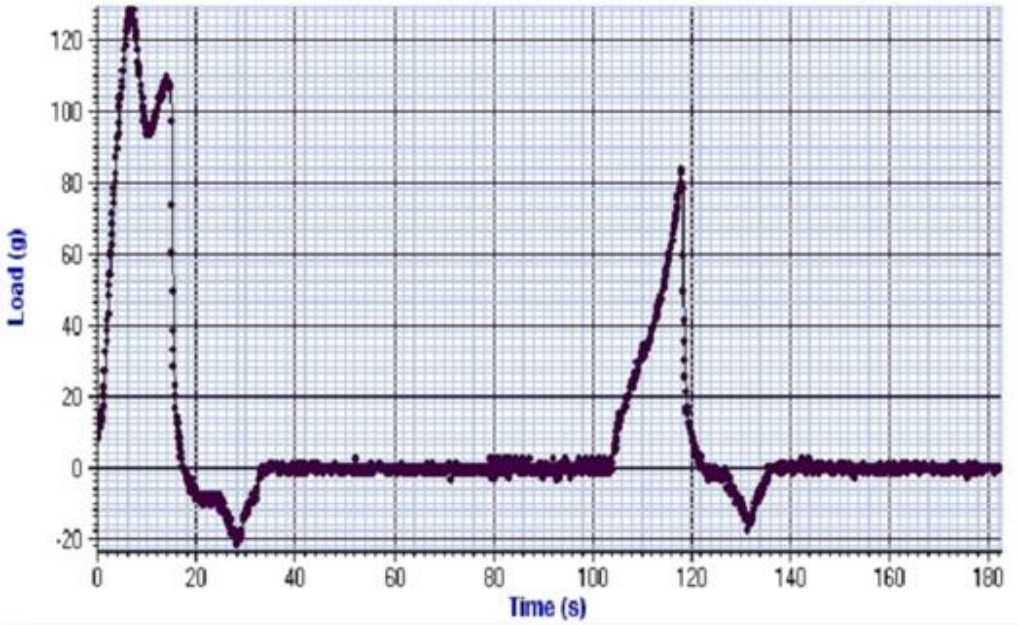
نتایج حاصل از ارزیابی تاثیر زمان نگهداری در غلظت‌های مختلف آهن و روی بر ویژگی‌های بافتی ماست در جدول 2 آورده شده است. هر دو تیمار آهن و روی باعث افزایش سختی محصول نسبت به نمونه‌های کنترل گردیدند و میزان این افزایش در نمونه‌های حاوی آهن اندکی بیشتر از تیمارهای روی بود. زمان نگهداری نیز تاثیر چندان قابل ذکری بر روی این فاکتور نداشت. نیروی چسبندگی محصول در روزهای میانی دوره نگهداری کمترین مقدار خود را نشان داد، که این روند در هر دو تیمار آهن و روی قابل ملاحظه است. در هر دو تیمار نیز کاهش محسوس نیروی چسبندگی محصول در مقایسه با نمونه کنترل رخ داد. به عکس بیشترین میزان پیوستگی محصول در روزهای میانی دوره نگهداری مشاهده شد، و هر دو تیمار آهن و روی نیز با افزایش غلظتشان افزایش اندکی را در این فاکتور باعث شدند. به عبارتی بالاترین میزان پیوستگی محصول مربوط به غلظت‌های بالا و در روزهای میانی نگهداری آنها بود.

به‌عنوان نمونه گرافی از دستگاه آنالیز بافت که مربوط به نمونه کنترل در روز اول نگهداری می‌باشد در شکل 2 آورده شده است. با توجه به مقادیر تعریف شده در نمودار عمومی ارائه شده در شکل 1، مقدار سختی در این تیمار برابر 128گرم، میزان نیروی چسبندگی 22-، میزان فنریت 0/89 و میزان پیوستگی برابر 0/39 درصد خواهد بود. با مقایسه این نمودار با نمودار شکل 3 که مربوط به تیمار 60 میلی‌گرم آهن در روز اول نگهداری می‌باشد، مشخص می‌شود که میزان سختی در نمونه حاوی 60 میلی‌گرم آهن افزایش داشته و به 162 گرم رسیده است. میزان فنریت با 50 درصد کاهش به 0/19 رسیده و به عکس میزان پیوستگی به 0/89 درصد افزایش پیدا کرده است، که همانگونه که ذکر شد این روند افزایش پیوستگی با افزایش غلظت املاح در سایر تیمارها نیز قابل مشاهده بود. میزان نیروی چسبندگی نیز کاهش داشته است و به 18- رسیده است، که این کاهش نیروی چسبندگی نسبت به نمونه‌های کنترل در میانگین‌های سایر تیمارها نیز مشاهده شد.

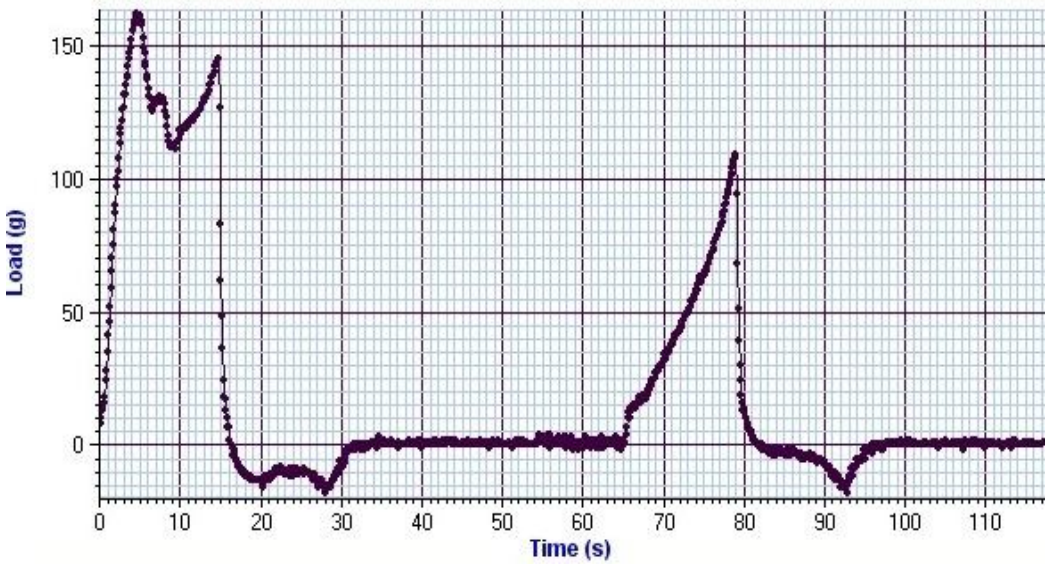
Augustin (2000) نیز در نتایجی مشابه تیمارهای مختلف آهن را در ماست در بهبود بدنه و بافت موثر دانسته است و علت آنرا نیز به بهبود ویژگی‌های آبگیری پروتئین‌ها نسبت داده است. این نتایج توسط Askary و Bolandi (2013) نیز تایید شده است. فنریت محصولات در طی زمان نگهداری با سرعت بالایی افزایش یافت که شیب این روند در روزهای آغازین به مراتب بیشتر بود. غلظت‌های مختلف آهن و روی تاثیر چندانی بر میزان این فاکتور نداشتند و تنها باعث کاهش اندک فنریت محصول نسبت به نمونه‌های کنترل شدند.

جدول2- بررسی تاثیر زمان نگهداری بر تغییرات بافتی محصول در غلظت های مختلف اهن و روی

ریزمغذی افزوده شده	روز	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)	سختی	نیروی چسبندگی	پیوستگی	فنریت
	1		201	-27	0.31	0.41
	7	20	176	-29	0.37	0.84
	14		186	-26	0.39	0.91
	1		196	-34	0.42	0.88
Fe	7	40	202	-29	0.39	0.94
	14		187	-25	0.34	0.98
	1		178	-29	0.32	0.94
	7	60	210	-35	0.34	0.93
	14		196	-29	0.36	0.95
	1		157	-29	0.37	0.91
	7	20	180	-30	0.38	0.96
	14		187	-30	0.37	0.98
	1		159	-32	0.38	0.95
Zn	7	40	160	-33	0.43	0.94
	14		176	-27	0.38	0.95
	1		148	-33	0.38	0.93
	7	60	95	-14	0.61	0.92
	14		135	-23	0.41	0.95



شکل 2- نمودار دستگاه آنالیز بافت نمونه شاهد در روز اول نگهداری



شکل 3- نمودار دستگاه آنالیز بافت نمونه حاوی 60 میلی‌گرم آهن در روز اول نگهداری

ارزیابی حسی

در جدول 3 تاثیر زمان نگهداری بر تغییرات حسی محصول در غلظت های مختلف آهن و روی مشخص شده است. زمان نگهداری محصول در غلظت‌های روی تاثیر معنی داری بر ارزیابی حسی محصول نداشت. بالاترین میزان طعم در روز هفتم نگهداری تشخیص داده شد و تغییرات میزان روی و آهن موجود در محصولات تقریبا بر روند مطلوبیت و یا افت طعم بی اثر بود و تنها نمونه‌های کنترل نسبت به دیگر تیمارها، دارای اندکی طعم بالاتر ارزیابی شدند. Amira و همکاران (2011) گزارش کردند ماست‌های غنی شده با منابع مختلف آهن در روزهای ابتدایی نگهداری از نظر امتیاز طعم دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نبوده اما افزایش زمان نگهداری به هفت روز و بیشتر از آن سبب کاهش تدریجی امتیاز طعم محصول خواهد شد و مطلوب‌ترین طعم را نیز نمونه‌های کنترل به خود اختصاص داده‌اند.

میزان رنگ و بوی محصول در طی زمان نگهداری ابتدا افزایش و سپس با شیب زیاد کاهش می‌یابد، که این روند در تیمار روی شدیدتر از تیمار آهن است. نکته قابل ذکر دیگر اینکه بیشترین میزان بو در غلظت‌های متوسط و روزهای میانی نگهداری مشاهده گردید و در ضمن تیمارهای مختلف نتوانستند تفاوت خاصی در بوی محصول نسبت به نمونه‌های کنترل ایجاد کنند ولی در رنگ کاهش اندکی را باعث شدند.

Gallardo-Escamilla و همکاران (2005) در طی بررسی ماست غنی‌شده با آهن در طی زمان عنوان کردند که در میزان ترکیبات اصلی عامل آرومای ماست یعنی استالدئید و دی استیل تغییر معنی‌داری ایجاد نمی‌شود. به‌علاوه این که بعد از 7 و 10 روز در بین هیچ یک از تیمارها اختلاف معنادار وجود نداشته است. Osman و Ismail (2004) نیز گزارش کرده‌اند که میزان تغییرات استالدئید در طی انبارداری بیوماست معنی‌دار نیست.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد میزان تاثیر غلظت‌های مختلف آهن و روی برویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی ماست بی‌تاثیر است و نمی‌تواند تغییرات معنادار را در سطح 5 درصد باعث شود. در مقابل تاثیر زمان بر این ویژگی‌های به نسبت بیشتر بود و به خصوص در مورد اسیدیته و pH توانست تغییرات معنادار را به وجود آورد. بنابراین با توجه به این نتایج و با توجه به اهمیتی که افزودن این ریز مغذی‌ها به رژیم غذایی جامعه دارد و از طرفی عدم تاثیر این مکمل‌ها بر ویژگی‌های بارز ماست می‌توان با در نظر گرفتن زمان نگهداری و کنترل کردن محدوده‌ی آن، از آنها در بهبود کیفیت تغذیه‌ای این فراورده پرمصرف استفاده کرد.

جدول 3- بررسی تاثیر زمان نگهداری بر تغییرات حسی ماست در غلظت‌های مختلف آهن و روی

ریزمغذی افزوده شده	روز	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)	طعم	بو	رنگ	بافت	پذیرش کلی
	1	20	3	3.33	4.16	4.33	3.33
	7		3.8	3.8	4.4	4.4	4
	14		2.33	3.83	3.83	3.5	2.66
	1		2.5	3	4.16	4.16	3
Fe	7	40	4.2	4.4	4.6	4.6	4.2
	14		2.66	3.83	3.83	4	2.83
	1		2.33	3.16	3.33	4.33	3
	7	60	3.2	3	4.4	4.2	3
	14		2.33	3.66	3.66	3.5	2.33
	1		3.83	3.83	4	4.16	3.83
	7	20	3.6	4.4	3.8	4	3.2
	14		3.83	4.16	4.16	3.33	3.33
	1		3.16	3.66	4	4.16	3.5
Zn	7	40	3.8	3.8	3.8	4	4.2
	14		4.16	4	4	4	4.16
	1		3.16	3.66	3.83	4.16	3.33
	7	60	3.8	4	4.2	4.2	3.8
	14		3.33	4.16	4.16	4.33	3.5

منابع

برنجی اردستانی، س.، عزیزی م. ح. و سحری م. ع.، 1386 ، اثر غنی سازی با اهن، اسید فولیک، روی و کلسیم بر ویژگی‌های رئولـوژیکی و شیمیایی ارد ستاره، فصلنامه علوم و صنایع‌غذایی ایران، 4، 4.

Abd-Rabou, N.S., Hofi, M.A & Abbas, H.M., 1999, Effect of milk enrichment with different Sources of zinc on the Properties of yoghurt. *Journal of Agricultural Science*, 24, 837-845.

Amayaliano, S.L., Martinez, A.L &Bustoe, F., 2008, Acid thinned Jicama and maize starh as fat substitute in stirred yoghurt. LWT - *Food Science and Technology*, 41, 1274-1281.

Amira, M., Osman, M., Gouda, A &GhareebWafaa, A., 2011, Fortification of yoghourt with iron, *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 6(2), 159-165.

Askary, N &Bolandi, M., 2013, assessment of iron fortification influence on organoleptic and physic chemical properties of yogurt. *Journal of Chemical Health Risks*, 3(2), 01-88.

Augustin, M.A., 2000, Mineral salts and their effect on milk functionality. *Australian Journal of Dairy Technology*, 55, 61-64.

Azzam, M.A., 2009, Effect of fortification with iron-whey protein complex on quality of yoghurt. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 37, 55-63.

Berenjiardestani S, Azizi MH &Sahari M. A., 2008, The Effect of Fortification with Iron, Folic acid, Zinc and Calcium on Rheology and Chemical Properties of Setareh Wheat Flour. *Iranian journal of food scence and technalogy*, 4(4), *33-43.*

Boncza, G., Wszolek, M &Siuta, A., 2002, the effects of certain factors on the properties of yoghurt made from ewe's milk. *Journal of Food Chemistry*, 79, 85-91.

Bourne, M.C., Moyer, J.C & Hand, D.B., 1966, Measurement of food texture by a universal testing machine. *Food Technology*, 20, 522.

Bourne, M.C., Kenny, J.F & Barnard, J., 1978, Computer-assisted readout of data from texture profile analysis curves. *Journal of Texture Studies*, 9(4), 481-494.

Dave, R.I & Shan, N.P., 1988, the influences of ingredient supplementation on the texture characteristics of yoghurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 53, 180-172.

El-Nagar, G.F &Shenana, M.E., 1998, Production and acceptability of bioyoghurt. 7 *Egyptian Conference of Journal of Dairy Science and Technology*, 227-240.

Gallardo-Escamilla, F.J., Kelley, A.L &Delahunty, C.M., 2005, Influence of starter culture on flavor and headspace volatile profiles of fermented whey and whey produced from fermented milk. *Journal of Dairy Science*, 88, 3745-3753.

Hardi, J &Slacanac, V., 2000, Examination of coagulation kinetics and rheological properties of fermented milk products: Influence of starter culture, milk fat content and addition of inulin. *Mljekarstvo*, 50(3), 217-226.

Hekmat, S & McMahon, D.J., 1997, Manufacture and quality of iron-fortified yogurt. *Journal of Dairy Science*, 80, 3114-3122.

Johnson, Q., Manner, V &Ranum P., 2004, Fortification hand book. *The Micronutrient Initiative*, 4, 1-120.

Jumah, R.Y, Shaker, R.R & Abu-Jdayil, B.A., 2001, Effects of milk source on the rheological properties of yoghurt during the gelation process. *International Journal of Dairy Technology*, 54(3), 89-93.

Kowalski, A., Jachnowicz, A. Z &Babuchowski, A., 2000, Yoghurt market in the United Kingdom. *Natural Sciences*, 6, 131-141.

Krebs, N.F., Reidinger, C, J., Hartley, S., Robertson, A.D&Hambidge, K.M., 1995, Zinc supplementation during lactation: effects on maternal status and milk zinc concentrations. *American Journal of Clinical Nutration*, 61, 1030–1036.

Kim, Y.J & Liu, R.H., 2002, Increase of conjugated linoleic acid content in milk by fermentation with lactic acid bacteria. *Journal of Food Science*, 67(5), 1731-1737.

Mehanna, N.M., Saleh, T.M., Mehanna, A.S & El-Asfory, S.M.A., 2000, Composition and some properties ofZabady made from iron-fortified buffalo's milk. *Egyptian Journal of Dairy Science*, 28: 183-194.

Mohamed, A.G., Abeer, F & Nadia, M., 2014, Physiochemical and sensory evaluation of yoghurt fortified with dietary fiber and phenolic compounds. *Life Science Journal*, 11(9).

Osman, M.M & Ismail, M.M., 2004, Effect of fortification with zinc; iron and ascorbic acid on the Chemical; microbiological and organoleptic properties of buffaloe's bio-yoghurt. *Journal of Agricultural Science*, 29: 237-251.

Rosemont, I.L., 1990, Yoghurt; its nutritional and health benefits. *National Dairy Council*, 61(2), 7-12.

Sahin, N., Yasar, K &Hayaloglu, A.A., 2008, Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by aB-glucanhydrocolloidalcomposite during storage. *Food Hydrocolloids*, 22, 1291-1297.

Salvador, A &Fiszman, S.M., 2004, Textural and sensory characteristics of whole and skimmed flavored set-type yogurt during long storage. *Journal of Dairy Science*, 87, 4033-4041.

Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Navarro, C& Pérez-Alvarez, J.A., 2010, Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. LWT - *Food Science and Technology*, 43(4), 708-714.

Stanton, C., Gardiner, G., Meehan, H., Collins, K., Fitzgerald, G & Lynch, P.B., 2001, Market Potential for probiotics. *American Journal of Clinical Nutration*, 73, 476-483.

Supavititpatana, P., IndrariniWirjantoro, T., Apichartsrangkoon, A&Raviyan, P., 2008, Addition of gelatin enhanced gelatin of corn-milk yogurt.*Journal of Food Chemistry*, 106, 211-216.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 14, No. 4, Oct- Nov 2018, p.573-583

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 14، شماره 4، مهر- آبان 1397، ص. 583-573

Evaluation of physicochemical, textural and sensory properties of fortified yogurt with zinc and iron micronutrients

M. Ganje[1], S. M. Jafari[2*], M. Hossennejad[3]

Received: 2016.06.11
Accepted: 2016.12.16

Introduction: Yogurt is the most frequently consumed fermented milk product with a positive impact on human health due to its high nutritional value. Characteristics such as acidity, amount of free fatty acids with sensory characteristics and nutritional properties of yogurt are very important. Food fortification is defined as addition of one or more essential nutrients at levels higher than naturally presence in food products. The World Health Organization estimates that at least 1 of every 5 people in the world suffer from lack of iodine, zinc, iron, folic acid, calcium, vitamin A and B. The aim of this study was to evaluate the changes in physicochemical, textural and sensory properties of iron and zinc enriched yogurt during the shelf-life period and to assess the extent and the effect of these supplements on these properties.

Materials and methods: To perform enrichment, milk was divided into seven parts: 3 containers for fortification with iron, 3 containers for fortification with zinc and 1 container as the control sample. Fortification with iron and zinc was performed by concentrations of 20, 40 and 60 mg per kg of milk (according to the daily requirement of iron and zinc). The samples were then transferred into the container of 100 grams which were incubated at 45 °C, and after reaching the pH of 4.4 to 4.5, they were transferred to cold storage at 4 °C. To investigate the effect of enriching on the produced yogurt properties, the samples were evaluated after a period of one, seven and fourteen days. The syneresis of yogurt samples was determined by Salvador and Fiszman (2004) method, with slight modification. Water holding capacity was determined by centrifuge (Hettich Universal 320R - Germany) as reported by Sahin et al (2008) with slight modification. The acidity of the yogurt samples was measured by Kim and Lee (2002) method based on the percentage of lactic acid. Sensory characteristics of our samples in terms of taste, odor, color and texture and overall acceptability were evaluated by 12 Panelists (6 males, 6 females, 45- 21 years) by using a five-point hedonic test. Texture analysis was performed using Texture Analyzer (Brookfield Model CT3 Texture Analyzer – USA) based on Supavititpatana et al (2008) method.

Results & discussion: Syneresis of product decreased from 0.24 to zero in yogurt samples containing iron and from 1.20 to 0.81% in zinc treatments. Increasing the storage time in the presence of iron causes a sharp decrease in the amount of the syneresis up to zero. The main reasons for syneresis in fermented products include high incineration temperature, low total solids and inadequate storage temperature. The water holding capacity of the product was shown a relatively increase over time and the highest amount was observed in the treatments containing high concentrations of iron during the early days of storage, while at the same high concentrations in the final days of storage, the lowest water holding capacity was observed, which could be due to the adverse effect of the storage time on this factor. The viscosity increased over time, and the rate of increase in the early days was far higher than the final days (in both iron and zinc treatments). In iron and zinc treatments respectively, water holding capacity increased from 50.08 to 55.50, and 43.57 to 55.47 % and viscosity from 855.55 to 961.11, and 677.78 to 833.30 mPa s. By analyzing data obtained from texture analyzer, important properties such as firmness and springiness increased and the lowest cohesiveness and the highest adhesiveness were observed in the middle of storage time. Both iron and zinc treatments increased the hardness of the product

1. PhD student, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
2. Associate Professor, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
3. MSc Graduate, Faculty of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(*Corresponding author Email: smjafari@gau.ac.ir)

compared to the control samples and the amount of this increase in iron containing yogurt samples was slightly higher than that of zinc. In both treatments, there was a significant decrease in the product adhesion force compared to the control sample. In contrast, the highest continuity of product was observed in the middle days of the storage period.The highest levels of flavor were detected on the seventh day of storage, and changes in the zinc and iron content of the products were almost ineffective in the desirability or taste loss, and only control samples were evaluated with a little higher flavor than other treatments. Sensory properties were not significantly different ($P < 0.05$) in many of treatments compared with control sample. Different concentration of iron and zinc couldn't cause a significant difference in terms of physicochemical, textural and sensory properties of fortified yogurt compared with control sample and effect of storage time was more obvious. Our results revealed that we can use these vital micronutrients in fortification of yogurt as a common product without any quality or sensory problems.

Key words: Yogurt, Fortification, Nutrients, Texture Analysis.