



## اثر افزودن موسیلاژ و روغن دانه چیا (*Salvia hispanica L.*) بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی ماست طی زمان نگهداری

سیده زهرا سید محمدی فرد<sup>۱</sup>، سهیلا زرین قلمی<sup>۲\*</sup>، محسن زندی<sup>۲</sup>، مریم پاکپور<sup>۳</sup>

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، فناوری مواد غذایی، دانشگاه زنجان

۲-دانشیار، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان ۳۸۷۹۱-۴۵۳۷۱، ایران

۳-استادیار گروه مواد، انرژی‌ها و فناوری‌های کوانتومی، دانشکده فناوری‌های همگرا، موسسه رهیافت‌های نوآور برتر پاسارگاد، تهران

### چکیده

### اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۳۱

کلمات کلیدی:

روغن دانه چیا،

موسیلاژ دانه چیا،

ماست،

ویژگی‌های کیفی،

زمان نگهداری.

هدف از پژوهش حاضر بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی ماست غنی‌شده با موسیلاژ و روغن دانه چیا، به‌عنوان منبع غنی از اسید چرب امگا ۳ بود. برای این منظور ابتدا موسیلاژ و روغن آزاد و ریزپوشانی‌شده به ترتیب به میزان ۰/۲۱۳ و ۳/۴۱ درصد به فرمولاسیون ماست اضافه شدند. نمونه‌ها طی ۳۰ روز نگهداری در دمای یخچال، از نظر برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (میزان pH، اسیدیته قابل تیترا، آب‌اندازی، ماده خشک، رنگ و پراکسید) و حسی با نمونه شاهد (بدون روغن و موسیلاژ) مقایسه شدند. نتایج نشان داد که افزودن موسیلاژ و روغن دانه چیا به صورت آزاد و ریزپوشانی‌شده، باعث افزایش معنی‌دار در ظرفیت نگهداری آب (کاهش در میزان آب‌اندازی)، اسیدیته (کاهش pH) و ماده خشک طی نگهداری شد ( $p < 0/05$ ). به‌علاوه، نمونه حاوی روغن ریزپوشانی‌شده کمترین اختلاف رنگ ( $E\Delta$ ) را با نمونه شاهد داشت و شاخص سفیدی (WI) آن بیشتر و شاخص زردی (YI) نیز کمتر از نمونه حاوی روغن آزاد بود. میزان پراکسید نمونه‌ها طی حاوی روغن آزاد و ریزپوشانی‌شده پس از ۳۰ روز نگهداری به ترتیب ۳/۱۹ و ۱/۱۶ میلی‌اکی‌والان اکسیژن در کیلوگرم روغن به دست آمد که بیانگر اثر حفاظتی ریزپوشش در برابر اکسایش نمونه‌ها بود. ارزیابی ویژگی‌های حسی نیز نشان داد که افزودن روغن دانه چیا ریزپوشانی‌شده و موسیلاژ آن تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی ماست نداشته است ( $p > 0/05$ ).

DOI: 10.22034/FSCT.19.132.237

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.132.18.1

\* مسئول مکاتبات:

zaringhalami@znu.ac.ir

## ۱- مقدمه

لبنیات به‌عنوان یکی از پرمصرف‌ترین محصولات غذایی در جهان به شمار می‌روند و در این بین، محصولات لبنی تخمیری به ویژه ماست، از جایگاه ویژه‌ای برخوردارند [۱]. در طول سال‌های گذشته، با توجه به تقاضای مداوم بازار و با توجه به ترجیح مصرف‌کنندگان برای سبک زندگی سالم‌تر که شامل غذاهای سالم و با ارزش غذایی بالا است، ماست به یک محصول پرطرفدار تبدیل شده است. با توجه به گسترش تولید و مصرف روزافزون انواع ماست، غنی‌سازی این محصول با ترکیبات مفید از جمله فیبرها و منابع روغنی حاوی اسیدهای چرب ضروری بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۲-۶].

چیا<sup>۱</sup> گیاهی از خانواده لامیاسه<sup>۲</sup> و جنس مریم‌گلی، بومی جنوب مکزیک و گواتمالای شمالی است. اما امروزه برخی از گونه‌های آن به دلیل خواص تغذیه‌ای و اثرات مفید بر سلامتی انسان، در بسیاری از نقاط جهان کشت و استفاده می‌شوند [۷]. دانه‌های خوراکی چیا حدود ۲۵ تا ۵۰ درصد روغن دارند که منبع گیاهی غنی از اسید آلفا-لینولنیک می‌باشند و امروزه بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند [۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱]. از طرفی، دانه‌های چیا حاوی تقریباً ۳۴-۳۰ درصد فیبر رژیمی هستند که با جذب آب به میزان تقریبی ۲۷ برابر وزن خود، توانایی تولید موسیلاژ را دارند. فیبرها از فشار خون، چربی بالا، دیابت و به دنبال آن چاقی و خطر بروز بیماری‌های قلبی-عروقی و سکنه مغزی جلوگیری می‌کنند. در صنعت غذا نیز این ترکیبات به‌عنوان تثبیت‌کننده کف<sup>۳</sup>، عامل تعلیق<sup>۴</sup>، بهبود دهنده بافت و تشکیل پوشش در مواد غذایی مختلف بسیار کاربرد دارند [۹]. از دانه‌های چیا به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده یا مواد افزودنی در برخی از مواد غذایی نظیر موسلی<sup>۵</sup>، نوشیدنی‌های لبنی، اسموتی میوه یا سالاد و همچنین به‌عنوان قوام‌دهنده در سوپ‌ها و سس‌ها، غلات صبحانه [۱۲]، کیک و کلوچه [۱۳]، آب‌میوه و انواع ماست [۱۱]، ماکارونی [۱۴ و ۱۵]، پنیر [۱۶]، بستنی [۱۷]، سوسیس، ژامبون و مارگارین [۱۸] و مایونز [۱۹] استفاده شده

1. Chia
2. Lamiaceae
3. Foam stabilizer
4. Suspending agent
5. Muesli

است.

بنابراین هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر افزودن موسیلاژ و روغن دانه چیا بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و حسی ماست طی مدت نگهداری در دمای یخچال بوده است. اما به علت حساسیت روغن دانه چیا نسبت به دمای بالا و اکسیژن، ابتدا روغن آن با استفاده از آلژینات‌سدیم و موسیلاژ دانه چیا به کمک روش امولسیون‌سازی-ژلاسیون داخلی<sup>۶</sup> ریزپوشانی شد. سپس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی (میزان pH، اسیدیته قابل تیتر، آب اندازه‌ی، ماده خشک، رنگ و پراکسید) و حسی (طعم، بافت، رنگ، بو و پذیرش کلی) نمونه‌های ماست حاوی موسیلاژ و روغن آزاد و ریزپوشانی‌شده با نمونه شاهد (بدون روغن و موسیلاژ) طی مدت ۳۰ روز نگهداری در دمای یخچال مقایسه شد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

شیر پاستوریزه پرچرب (میهن، ایران) و ماست پرچرب ۳ درصد به‌عنوان مایه ماست (میهن، ایران) از بازار محلی تهیه شد. دانه چیا از یکی از عطاری‌های محلی خریداری گردید. کلیه مواد و محیط کشت‌های مورد استفاده از شرکت مرک (آلمان) با درجه خلوص تجزیه‌ای تهیه گردید.

### ۲-۲- استخراج موسیلاژ از دانه‌های چیا

به‌منظور استخراج موسیلاژ، ابتدا دانه‌های چیا و آب با نسبت ۱ به ۲۰ (وزنی/حجمی) مخلوط گردید و در دمای  $50 \pm 2$  درجه سلسیوس به مدت ۴۵ دقیقه توسط همزن مغناطیسی با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه به‌طور مداوم هم‌زده شد. مخلوط نهایی به مدت ۸ ساعت در دمای یخچال (۴ درجه سلسیوس) قرار داده شد. سپس دانه‌ها به همراه موسیلاژ در سینی‌های فلزی ریخته شد و درون آن در دمای ۵۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا کاملاً خشک شوند. سپس ماده خشک‌شده توسط صافی با مش ۲۵، الک شد. پودر به‌دست‌آمده تا انجام آزمون‌های بعدی، در دمای اتاق و در ظروف شیشه‌ای درب بسته نگهداری شد [۹].

6. Emulsification-internal gelation method

## ۲-۳- استخراج روغن دانه چیا

استخراج روغن دانه چیا با استفاده از پرس هیدرولیک سرد با فشار ۲۰ مگاپاسکال، در دمای اتاق و در مدت ۱۵ دقیقه انجام گرفت. به منظور به حداقل رساندن اکسایش، روغن حاصله تا زمان استفاده در ظروف تاریک و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردید [۱۶].

## ۲-۳-۱- تعیین نمایه اسیدهای چرب روغن دانه چیا

ابتدا جهت آماده‌سازی نمونه‌ها، فرآیند مشتق‌سازی (متیل استر کردن) اسیدهای چرب انجام شد. به این منظور ابتدا به ۰/۵ گرم از هر نمونه استخراج‌شده مقدار ۲ میلی‌لیتر حلال هگزان نرمال و ۳۰۰ میکرولیتر محلول پتاسیم هیدروکسید متانولی شده اضافه گردید و به مدت ۵ دقیقه شدیداً همزده شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۵ دقیقه و با سرعت چرخش ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و در نهایت فاز بالایی جهت تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی جمع‌آوری گردید. سپس به منظور تعیین نمایه اسیدهای چرب از دستگاه کروماتوگرافی گازی مجهز به ستون موئین سیلیکا (ضخامت ۲/۵۶ میکرومتر، با طول ۱۰ متر و قطر داخلی ۰/۵۳ میلی‌متر) استفاده شد. دمای اولیه ۵۰ درجه سلسیوس انتخاب شد که به مدت ۳ دقیقه در این دما ثابت نگه داشته شد. سپس دما با افزایش ۲ درجه سلسیوس در دقیقه به ۱۷۵ درجه سلسیوس رسید و در این دما ۲۵ دقیقه نگهداری شد. دمای درجه تزریق ۲۳۰ درجه سلسیوس و دمای آشکارساز ۲۷۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان گاز حامل نیتروژن ۱/۲ میلی‌لیتر بر دقیقه تنظیم شد. تزریق به صورت اسپیلت با نسبت ۱ به ۲۰ و با حجم تزریقی ۱ میکرولیتر تنظیم گردید [۱۱].

## ۲-۴- فرآیند ریزپوشانی روغن دانه چیا

فرآیند ریزپوشانی توسط روش زندی و همکاران به همراه کمی اصلاحات انجام شد [۲۰ و ۲۱]. برای این منظور، پس از مخلوط پودر موسیلاژ دانه چیا و آلژینات سدیم با (نسبت ۱ به ۱) به نسبت ۲ به ۱۰۰ (وزنی/حجمی) در آب مقطر و هم‌زدن به مدت ۲ ساعت در دمای محیط، به مدت یک شبانه‌روز درون یخچال آب‌گیری گردید. در ادامه ۳۰ گرم از مخلوط و ۱۰ گرم روغن دانه چیا با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۶ دقیقه هم‌زده شد و امولسیون حاصل جهت تثبیت دیواره به آرامی و قطره قطره

به محلول کلرید کلسیم (۱ درصد وزنی/حجمی) اضافه گردید و پس از تشکیل ریزپوشش‌ها، شستشوی آن‌ها توسط محلول کلرور کلسیم ۰/۰۵ مولار انجام شد. ریزپوشش‌های تشکیل‌شده با کمک فیلتر نیتروسولوزی و سیستم خلاء شیشه‌ای میلی‌پور جداسازی شد و با آب مقطر شستشو داده شد. در نهایت ریزپوشش‌ها به نسبت ۱ به ۹ در آب مقطر ریخته شد و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد.

## ۲-۵- تهیه نمونه‌های ماست

به منظور تهیه نمونه‌های ماست ابتدا شیر پاستوریزه در حمام آب گرم تا دمای ۴۵ درجه سلسیوس حرارت داده شد. سپس ۳ درصد مایه ماست به آن افزوده شد و ۳ نمونه ماست تهیه گردید؛ نمونه ۱: بدون افزودنی، نمونه ۲: حاوی ۳/۴۱ درصد روغن بدون پوشش (آزاد) و ۰/۲۱۳ درصد موسیلاژ و نمونه ۳: حاوی ۳/۴۱ درصد روغن ریزپوشانی‌شده و ۰/۲۱۳ درصد موسیلاژ. در ادامه به منظور تشکیل شبکه ژلی و تولید ماست، نمونه‌های شیر در آن با دمای ۴۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. در نهایت، پس از رسیدن به pH=۴/۵ (حدود ۳ ساعت)، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

## ۲-۶- ارزیابی ویژگی‌های کیفی ماست

### ۲-۶-۱- میزان اسیدیته و pH

اسیدیته و pH ماست مطابق با استاندارد ملی ایران (۱۳۸۵) به شماره ۲۸۵۲ انجام شد [۲۲].

### ۲-۶-۲- ماده خشک

جهت اندازه‌گیری ماده خشک، جرم ( $m_1$ ) مشخصی از نمونه‌های ماست در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس تا حدودی خشک شدند. سپس آب باقی‌مانده در آن با دمای  $105 \pm 2$  درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت ( $m_2$ ) تبخیر گردید و میزان ماده خشک بر حسب درصد با استفاده از رابطه ۳ به دست آمد [۲۳]:

$$\text{مقدار کل ماده خشک (درصد)} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

### ۲-۶-۳- میزان آب‌اندازی (ظرفیت نگهداری آب)

میزان آب‌اندازی ماست یا ظرفیت نگهداری آب مطابق با روش تمجیدی و همکاران (۲۰۱۱) اندازه‌گیری شد [۲]. مقدار ۳۰ گرم

### ۲-۶-۶- ارزیابی حسی

ارزیابی حسی نمونه‌های ماست شامل طعم، بافت، رنگ، بو و پذیرش کلی، توسط ۱۵ نفر ارزیاب و بر اساس آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای به صورت خیلی خوب: امتیاز ۵، خوب: امتیاز ۴، متوسط: امتیاز ۳، بد: امتیاز ۲ و خیلی بد: امتیاز ۱ انجام شد.

### ۲-۶-۷- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با کمک نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۶، ایالات متحده آمریکا) و با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) انجام گردید. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد.

## ۳- نتایج و بحث

### ۳-۱- بررسی نمایه اسیدهای چرب روغن دانه

#### چیا

با توجه به اینکه محصولات لبنی از نظر اسیدهای چرب ضروری غنی نمی‌باشند، می‌توان با افزودن ترکیبات غنی از اسیدهای چرب ضروری میزان این ترکیبات را در محصولات لبنی افزایش داد [۲۴]. با توجه به نتایج کروماتوگرام روغن دانه چیا (شکل ۱)، افزودن این روغن به ماست می‌تواند سبب افزایش مقدار اسید آلفا-لینولنیک شود.

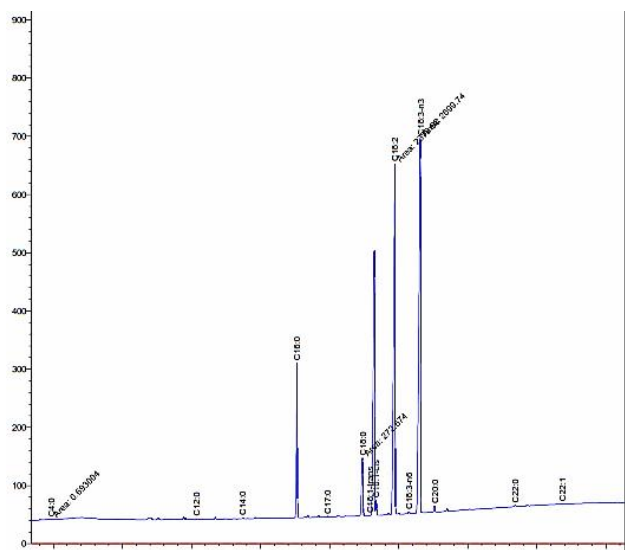


Fig 1 Chromatogram of fatty acids profile of chia seed oil

ماست به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۰ درجه سلسیوس روی کاغذ صافی قرار داده شد و درصد آب یا سرم خارج شده از رابطه ۴ محاسبه گردید:

$$(4) \quad \text{درصد آب اندازی} = \frac{\text{مقدار سرم خارج شده}}{\text{مقدار اولیه ماست}} \times 100$$

### ۲-۶-۸- عدد پراکسید

۵ گرم از نمونه ماست با ۳۰ میلی‌لیتر از محلول استیک اسید گلاسیال-کلروفرم (با نسبت ۲:۳ (حجمی/حجمی)) کاملاً مخلوط شد و بعد از اضافه نمودن ۰/۵ میلی‌لیتر از پتاسیم یدید اشباع به مدت ۱۰ دقیقه در محیط تاریک قرار داده شد. در ادامه ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱ میلی‌لیتر از چسب نشاسته ۱ درصد به نمونه اضافه گردید. پس از هم‌زدن، مخلوط با سدیم تیوسولفات ۰/۰۱ مولار تیترو شد و میزان عدد پراکسید از رابطه ۵ محاسبه گردید و نتایج به صورت میلی‌اکی والان اکسیژن فعال بر کیلوگرم لیپید گزارش گردید [۲]:

$$(5) \quad PV = \frac{N(N-B)}{W} \times 1000$$

S: حجم سدیم تیوسولفات مصرفی برای نمونه، B: حجم سدیم تیوسولفات مصرفی برای شاهد، N: نرمالته سدیم تیوسولفات و W: وزن نمونه

### ۲-۶-۵- تعیین شاخص‌های رنگی

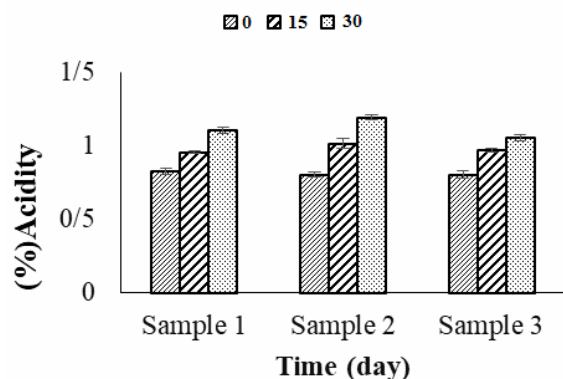
تصویربرداری سطحی از نمونه‌های ماست در یک محفظه پردازش تصویر با دو لامپ SMD<sup>۱</sup> (با زاویه ۴۵ درجه) و با کمک دوربین کانن (EOS 70D) انجام شد. در مرحله پیش پردازش پس از تقطیع تصویر و استفاده از فیلتر میانه با شعاع ۲ پیکسل، شاخص‌های رنگی نمونه‌های ماست ( $a^*$ ،  $b^*$  و  $L^*$ ) و تفاوت رنگ (نسبت به نمونه شاهد،  $\Delta E$ )، شاخص سفیدی (WI) و شاخص زردی (YI) از تصاویر آن‌ها و با کمک نرم‌افزار Image J (g ۱/۴۰، ایالات متحده آمریکا) به ترتیب از رابطه‌های ۶، ۷ و ۸ به دست آمد [۴۰].

$$(6) \quad \Delta E = \sqrt{(L^* - L^*_0)^2 + (a^* - a^*_0)^2 + (b^* - b^*_0)^2}$$

$$(7) \quad WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$(8) \quad YI = b^* \times 142.86 / L^*$$

1. Surface mounted device (SMD)



**Fig 3** Effect the type of prepared yogurts and storage time on acidity (%) changes (sample 1: without additives, sample 2 containing 3.41% free oil and 0.213% mucilage and sample 3 containing 3.41% encapsulated oil and 0.213% mucilage)

### ۲-۲-۳- تغییرات آب‌اندازی ماست و ظرفیت نگهداری آب

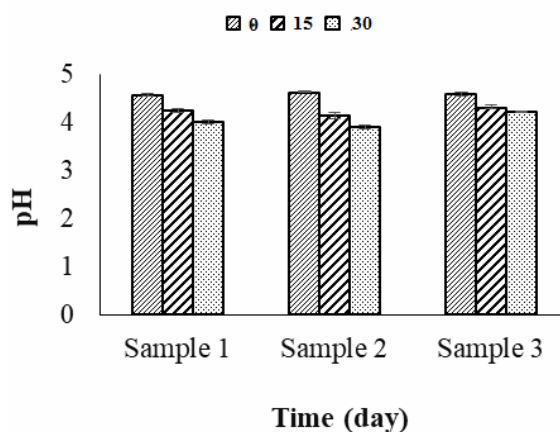
یکی از مشکلات عمده کیفی ماست آب‌اندازی است که در واقع به پیدایش سرم یا آب ماست در سطح آن اطلاق می‌شود. آب‌اندازی در ماست به دلیل چروکیدگی ساختار سه‌بعدی شبکه پروتئینی رخ می‌دهد که منجر به کاهش قدرت اتصال پروتئین‌های سرمی به لخته و خروج آن‌ها از ماست می‌گردد [۳۲]. برای کاهش میزان آب‌اندازی و افزایش ظرفیت نگهداری آب، می‌توان از پایدارکننده‌هایی نظیر هیدروکلوئیدها، موسیلاژها و صمغ‌ها استفاده کرد. بررسی تغییرات آب‌اندازی نمونه‌های نگهداری‌شده در دمای یخچال طی ۳۰ روز نگهداری (شکل ۴)، مشخص کرد که زمان و اثر متقابل نوع ماست-زمان، تاثیر معنی‌داری ( $p < 0.05$ ) بر میزان آب‌اندازی نمونه‌ها دارد. افزودن موسیلاژ و ریزپوشش‌های روغن دانه چیا به‌طور معنی‌داری میزان آب‌اندازی را کاهش داده است ( $p < 0.05$ ). به‌طوری‌که طی دوره نگهداری همواره نمونه‌های حاوی روغن آزاد و ریزپوشانی‌شده دارای کمترین میزان آب‌اندازی و نمونه فاقد روغن دارای بیشترین میزان آب‌اندازی بوده است.

### ۲-۳- تغییرات ویژگی‌های کیفی و حسی ماست-

#### ها طی مدت زمان نگهداری

#### ۱-۲-۳- تغییرات pH و اسیدیته

نتایج تغییرات میزان pH و اسیدیته نمونه شاهد و نمونه‌های ماست حاوی موسیلاژ و روغن آزاد و ریزپوشانی‌شده، نگهداری شده به مدت ۳۰ روز در دمای یخچال در فواصل زمانی ۱۵ روز به‌ترتیب در شکل ۲ و ۳ آورده شده است. مطابق نتایج مقدار pH تمام نمونه‌ها در دامنه ۴/۵۹-۴/۶۴ و محدوده‌ی اسیدیته بین ۰/۸۰ تا ۱/۱۹ درصد اسیدلاکتیک، طی زمان نگهداری قرار داشت. به‌علاوه مطابق نتایج شکل ۲ و ۳ با گذشت زمان، pH و اسیدیته نمونه‌ها به‌ترتیب کاهش و افزایش معنی‌دار داشت ( $p < 0.05$ ). علت این پدیده می‌تواند با تکثیر باکتری‌های آغازگر به‌ویژه لاکتوباسیلوس‌ها و تداوم فرایند تخمیر توسط آن‌ها طی زمان نگهداری مرتبط باشد. نتایج مشابه گزارش‌شده توسط سایر محققان تاییدکننده این مطلب است [۲۶-۳۱].



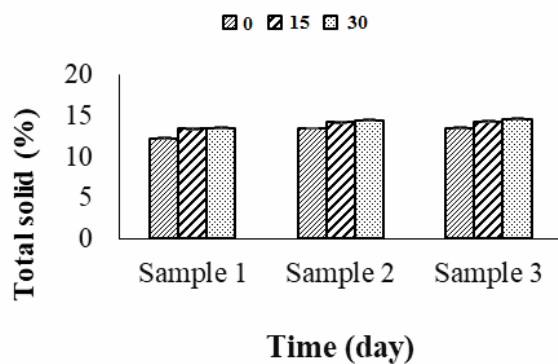
**Fig 2** Effect the type of prepared yogurts and storage time on pH changes (sample 1: without additives, sample 2 containing 3.41% free oil and 0.213% mucilage and sample 3 containing 3.41% encapsulated oil and 0.213% mucilage)

ماست طی ۲۸ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس نسبت به نمونه شاهد گزارش کردند [۲۹ و ۴]. نتایج مشابهی توسط نور محمدی و همکاران طی غنی‌سازی ماست با ریزپوشش اسپرولینا نیز گزارش شده است [۳۴].

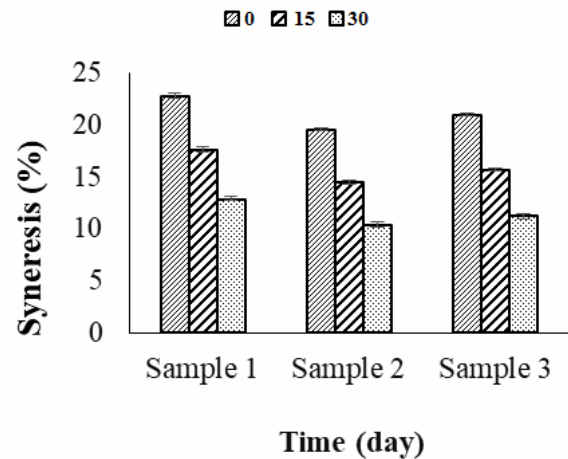
به‌علاوه افزودن موسیلاژ و روغن دانه چیا به صورت آزاد نیز می‌تواند سبب کاهش آب‌اندازی نسبت به نمونه شاهد شود. گروسی و همکاران (۲۰۱۱)، نیز در بررسی اثر غنی‌سازی ماست با فیتوسترول طی ۲۸ روز نگهداری در دمای یخچال به این نتیجه رسیدند که در ماست غنی‌شده افزایش ماده خشک سبب پایدار کردن شبکه ژل و افزایش ظرفیت اتصال آب و کاهش آب‌اندازی در نمونه‌های غنی شده می‌شود [۳۳].

### ۳-۲-۳- ارزیابی تغییرات ماده خشک

مطابق نتایج شکل ۵، طی ۳۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس نوع ماست، زمان نگهداری و اثر متقابل نوع ماست- زمان، تاثیر معنی‌داری بر تغییرات ماده خشک نمونه‌های ماست دارد ( $p < 0/05$ ). افزودن روغن، ریزپوشش روغن و موسیلاژ دانه چیا سبب افزایش ماده خشک در نمونه‌های غنی شده در مقایسه با نمونه شاهد گردید. نتایج همچنین مشخص نمود که با افزایش زمان نگهداری میزان ماده خشک به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد ( $p < 0/05$ ) که می‌تواند به‌دلیل جذب آب در نمونه‌های حاوی روغن آزاد و ریزپوشانی شده و افزایش تبخیر آب در تمامی نمونه‌ها در این دوره باشد [۴، ۳۳ و ۳۵].



**Fig 5** Effect the type of prepared yogurts and storage time on total solid (%) changes (sample 1: without additives, sample 2 containing 3.41% free oil and 0.213% mucilage and sample 3 containing 3.41% encapsulated oil and 0.213% mucilage)



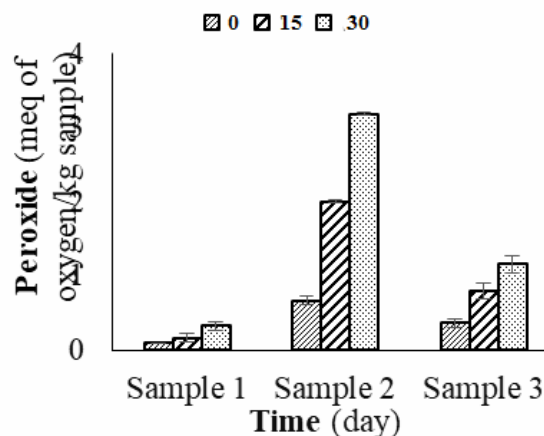
**Fig 4** Effect the type of prepared yogurts and storage time on the percentage of syneresis (sample 1: without additives, sample 2 containing 3.41% free oil and 0.213% mucilage and sample 3 containing 3.41% encapsulated oil and 0.213% mucilage)

این امر می‌تواند به دلیل غنی‌سازی ماست با موسیلاژ و ریزپوشش که ایجاد ژل با استحکام بالا، نفوذپذیری پایین‌تر، ایجاد شبکه پروتئینی مستحکم و کاهش آب‌اندازی می‌شود، باشد. همچنین نتایج شکل ۴ نشان داد که درصد آب‌اندازی در تمامی نمونه‌ها با گذشت زمان به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است ( $p < 0/05$ ). کمترین و بیشترین میزان آب‌اندازی در تمامی نمونه‌ها به ترتیب مربوط به روز سی‌ام و اول نگهداری بوده است. کاهش آب‌اندازی طی نگهداری می‌تواند به‌دلیل تبخیر آب و افزایش ماده خشک در نمونه‌های ماست باشد [۴]. به علاوه در دماهای پایین‌تر، پیوندهای بین ذرات ژل قوی‌تر می‌شود و یا تعداد آن‌ها بیشتر می‌گردد که می‌تواند ناشی از تورم ذرات ژل یا متصل شدن آن‌ها به هم باشد. قربان‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) طی پژوهشی در بررسی اثر غنی‌سازی ماست با نانولیپوزوم‌های روغن ماهی طی ۲۱ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس گزارش کردند که کاهش pH طی زمان نگهداری اثر انقباضی روی شبکه میسل کازئین داشت و می‌تواند باعث آب‌اندازی بیشتر در ماست شود [۴]. از آنجا که در تحقیق حاضر، نمونه‌های حاوی موسیلاژ و روغن ریزپوشانی شده، میزان pH بالاتری از نمونه شاهد داشتند (شکل ۴)، بنابراین مقدار آب‌اندازی کم‌تری را هم نشان دادند. آکالین و همکاران (۲۰۱۲) نیز کاهش آب‌اندازی را در اثر افزودن سدیم کلسیم کازئینات و کنسانتره پروتئین آب پنیر به



## ۳-۲-۴- میزان تغییرات عدد پراکسید

مطابق شکل ۶ نوع ماست و زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر تغییرات پراکسید نمونه‌های ماست دارند ( $p < 0/05$ ). عدد پراکسید نمونه شاهد در روزهای ۰، ۱۵ و ۳۰ به ترتیب ۰/۱، ۰/۱۶ و ۰/۳۳ میلی‌اکی‌والان اکسیژن فعال بر کیلوگرم روغن به دست آمد.



**Fig 6** Effect the type of prepared yogurts and storage time on peroxide value changes ((sample 1: without additives, sample 2 containing 3.41% free oil and 0.213% mucilage and sample 3 containing 3.41% encapsulated oil and 0.213% mucilage)

در نمونه ماست حاوی روغن آزاد و موسیلاژ مقدار عدد پراکسید طی نگهداری به ترتیب برابر ۰/۲۶، ۰/۲۰۱ و ۰/۳۱۹، و در نمونه حاوی ریزپوشش و موسیلاژ به ترتیب برابر ۰/۳۶، ۰/۰۸ و ۰/۱۶ میلی‌اکی‌والان اکسیژن فعال بر کیلوگرم روغن به دست آمد. عدد پراکسید در نمونه حاوی روغن ریزپوشانی شده نسبت به نمونه فاقد روغن طی ۳۰ روز نگهداری افزایش معنی‌داری یافت ( $p < 0/05$ ). اما قابل ذکر است که در مقایسه با نمونه حاوی روغن آزاد، میزان عدد پراکسید کمتر بود. حضور اسیدهای چرب آزاد بیشتر یا اسیدیته بالاتر (شکل ۲)، در نمونه حاوی روغن آزاد می‌تواند یکی از دلایل اصلی افزایش اکسایش روغن طی دوره نگهداری باشد. بنابراین ریزپوشانی روش مناسبی برای پیشگیری از اکسایش روغن و به دنبال آن تغییر در طعم و کاهش ارزش تغذیه‌ای محصول است. تمجیدی و همکاران (۲۰۱۱) در غنی‌سازی ماست با ریزپوشش‌های روغن ماهی نیز گزارش کردند که فرایند ریزپوشانی سبب جلوگیری از اکسایش روغن

نسبت به حالت آزاد می‌گردد [۲]. قربانزاده و همکاران (۲۰۱۷)، در غنی‌سازی ماست با روغن ماهی ریزپوشانی شده نیز شاهد کاهش شاخص پراکسید در نمونه‌ها طی دوره نگهداری در مقایسه با نمونه‌های حاوی روغن به صورت آزاد بودند [۴]. فرجی و همکاران (۱۳۹۹)، نیز در غنی‌سازی ماست با نانویمولسیون‌های موسیر ایرانی به نتیجه مشابه دست پیدا کردند [۳۶].

## ۳-۲-۵- تغییرات رنگ

جدول ۱ شاخص‌های رنگی ( $L^*$ ،  $a^*$ ،  $b^*$ ،  $WI$  و  $AE$ ) نمونه‌های ماست طی زمان نگهداری را نشان می‌دهد. مطابق نتایج جدول ۱، اثر نوع ماست بر شاخص  $L^*$  (میزان روشنایی) طی زمان نگهداری معنی‌دار است ( $p < 0/05$ ). ریزپوشش‌ها به علت سفید و روشن بودن می‌توانند سبب افزایش نواحی سطحی پخش کننده نور در ماست [۲، ۳۴] و به دنبال آن افزایش میزان روشنایی نمونه ماست حاوی روغن ریزپوشانی شده نسبت به نمونه حاوی روغن آزاد، در مقایسه با نمونه شاهد شوند که نشان‌دهنده موفقیت فرآیند ریزپوشانی در پوشش دادن رنگ روغن دانه چیا (زرد کم‌رنگ) است. بررسی تاثیر افزودن بذر کتان بر شاخص  $L^*$  نمونه‌های ماست طی ۲۱ روز نگهداری در دمای یخچال نیز بیانگر کاهش شاخص روشنایی در اثر افزایش مقدار بذر کتان در مقایسه با نمونه شاهد بوده است [۷]. همچنین، نتایج جدول ۱ نشان داد که نوع ماست سبب تفاوت معنی‌دار در شاخص  $a^*$  می‌گردد ( $p < 0/05$ ). اما زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر این شاخص ندارد ( $p > 0/05$ ). مقادیر مثبت در شاخص  $a^*$  به منزله افزایش میزان قرمزی و کاهش میزان سبزی است. ریزپوشش‌ها روغن و موسیلاژ دانه چیا سبب افزایش شاخص  $a^*$  و کاهش سبزی در نمونه‌های ماست حاوی روغن ریزپوشانی شده به صورت ناچیز اما معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) شده‌اند. اما روغن به صورت آزاد سبب کاهش شاخص  $a^*$  در نمونه حاوی روغن آزاد گردید.

با توجه به نتایج جدول ۱، تفاوت معنی‌داری در نوع ماست، زمان و اثر متقابل نوع ماست-زمان در شاخص  $b^*$  طی ۳۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سلسیوس مشاهده شد ( $p < 0/05$ ). مقادیر  $b^*$  در نمونه حاوی روغن آزاد مثبت و در نمونه‌های شاهد و حاوی روغن ریزپوشانی شده منفی به دست آمد که بدان معنی

اردبیلچی و همکاران (۲۰۲۰)، نیز افزایش میزان پودر بذر کتان، سبب افزایش  $b^*$  و  $YI$  و کاهش سطح درخشندگی در نمونه‌های ماست حاوی بذر کتان در مقایسه با نمونه شاهد گردید [۳۷]. با توجه به نتایج جدول ۱، نوع ماست، زمان و اثر متقابل نوع ماست- زمان در تغییرات رنگ ( $AE$ ) تفاوت معنی‌داری ایجاد کردند ( $p < 0/05$ ). اما در بین نمونه حاوی روغن آزاد و ریزپوشانی‌شده، نمونه حاوی روغن ریزپوشانی‌شده اختلاف کمتری با نمونه شاهد نشان داد که باز هم نشان از موفقیت‌آمیز بودن فرایند ریزپوشانی در حفظ و بهبود ویژگی‌های رنگی داشته است.

است که غنی‌سازی می‌تواند سبب کاهش شاخص زردی در نمونه‌ها شود. بررسی شاخص سفیدی در جدول ۱ نشان داد که نوع ماست، زمان و اثر متقابل نوع ماست- زمان تاثیر معنی‌داری بر شاخص سفیدی داشت ( $p < 0/05$ ). افزودن روغن به صورت آزاد سبب کاهش شاخص سفیدی در نمونه‌ها گردید و فرآیند ریزپوشانی سبب کاهش تفاوت با نمونه شاهد در شاخص سفیدی شد. با توجه به نتایج جدول ۱، افزودن روغن به صورت آزاد سبب افزایش شاخص زردی در نمونه‌ها شده است. نوع ماست، زمان و رابطه متقابل ماست- زمان، اثر معنی‌داری بر شاخص زردی داشتند ( $p < 0/05$ ) که نتایج با میزان تغییرات  $b^*$  و  $YI$  در ماست حاوی روغن آزاد، متناسب بود. در مطالعه

Table 1 Changes in color attributes during storage time

Storage time (day)	Sample	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$AE$	$WI$	$YI$
0	1	98.19±0.07 <sup>a</sup>	8.47±0.08 <sup>b</sup>	-0.36±0.04 <sup>a</sup>	-	91.32±0.09 <sup>a</sup>	0.52±0.05 <sup>a</sup>
	2	92.02±0.14 <sup>c</sup>	6.93±0.09 <sup>d</sup>	3.04±0.23 <sup>g</sup>	6.56±0.25 <sup>d</sup>	89.56±0.19 <sup>c</sup>	3.67±0.34 <sup>c</sup>
	3	97.77±0.1 <sup>c</sup>	8.79±0.14 <sup>a</sup>	-0.27±0 <sup>c</sup>	0.58±0.23 <sup>a</sup>	91.0±0.15 <sup>b</sup>	0.40±0.08 <sup>a</sup>
15	1	98.01±0.09 <sup>a</sup>	8.5±0.03 <sup>b</sup>	-0.33±0.01 <sup>b</sup>	-	91.30±0.05 <sup>a</sup>	0.45±0.02 <sup>a</sup>
	2	91.99±0.11 <sup>f</sup>	6.92±0.12 <sup>b</sup>	4.32±0.2 <sup>h</sup>	7.74±0.06 <sup>c</sup>	88.56±0.09 <sup>d</sup>	6.70±0.3 <sup>d</sup>
	3	97.15±0.06 <sup>d</sup>	8.72±0.07 <sup>a</sup>	-0.19±0.01 <sup>d</sup>	0.90±0.05 <sup>b</sup>	90.82±0.06 <sup>b</sup>	0.28±0.08 <sup>b</sup>
30	1	97.92±0.03 <sup>b</sup>	8.33±0.03 <sup>c</sup>	-0.12±0.01 <sup>c</sup>	-	91.38±0.03 <sup>a</sup>	0.16±0.05 <sup>b</sup>
	2	90.26±0.17 <sup>g</sup>	7.12±0.09 <sup>e</sup>	5.14±0.18 <sup>i</sup>	9.37±0.14 <sup>f</sup>	86.7±0.13 <sup>c</sup>	8.13±0.28 <sup>c</sup>
	3	97.02±0.06 <sup>d</sup>	8.79±0.08 <sup>a</sup>	-0.07±0.01 <sup>f</sup>	0.99±0.05 <sup>c</sup>	90.71±0.09 <sup>b</sup>	0.81±0.03 <sup>b</sup>

\*Numbers with different letters in each column have a significant difference at the level of 0.05.

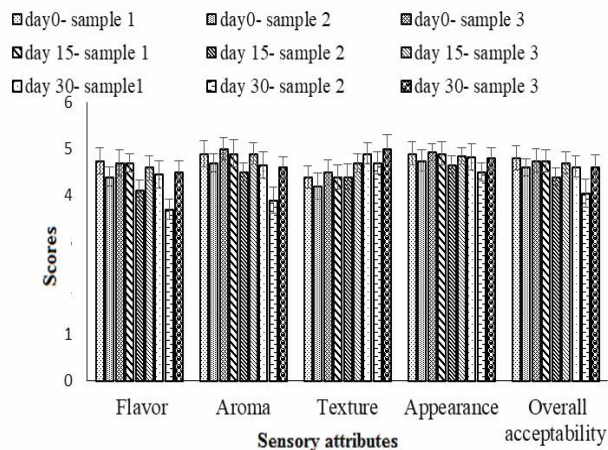
Sample 1: without additives, sample 2 containing 3.41% free oil and 0.213% mucilage and sample 3 containing 3.41% encapsulated oil and 0.213% mucilage.

معنی‌دار ( $p < 0/05$ ) در طعم و بو محصول می‌شود، باشد. بافت از مهم‌ترین ارزیابی‌های اولیه کیفیت ماست توسط مصرف‌کننده به‌شمار می‌رود. بنابراین بررسی آن از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به نتایج شکل ۷، افزودن ریزپوشش روغن دانه چیا و موسیلاژ اثر چشم‌گیری بر ویژگی بافت داشته است. نتایج به‌دست آمده از ارزیابی حسی بافت، با نتایج حاصل از آب‌اندازی نمونه‌ها (شکل ۴) مطابقت کامل داشت. به‌طوری‌که افزودن ریزپوشش روغن دانه چیا و موسیلاژ آن سبب افزایش سفتی بافت شده است و با افزایش زمان، امتیاز قوام نیز افزایش پیدا کرده است. علت سیر صعودی امتیاز قوام، طی زمان نگهداری را می‌توان به تأثیر افزودن موسیلاژ و تبخیر آب و افزایش میزان ماده خشک نسبت داد. موسیلاژ به‌دلیل خاصیت

### ۳-۲-۶- ویژگی‌های حسی

مطابق شکل ۷، تجزیه‌وتحلیل نتایج ارزیابی حسی نشان داد که اثر نوع ماست و اثر زمان روی تغییرات ویژگی‌های حسی معنی‌دار بوده است ( $p < 0/05$ ). بیشترین امتیاز طعم و بو مربوط به نمونه‌های فاقد روغن و حاوی روغن ریزپوشانی‌شده در روز صفر، بدون اختلاف آماری معنی‌دار بود ( $p > 0/05$ ). اما در نمونه حاوی روغن آزاد طعم خاص مربوط به روغن دانه چیا سبب کاهش مطلوبیت ویژگی طعم این نمونه شد. این امر نشان‌دهنده موفقیت فرآیند ریزپوشانی در محافظت از طعم و بوی حاصل از روغن دانه چیا است به‌طوری‌که بو و طعم آن توسط مصرف‌کنندگان قابل تشخیص نبوده است. کاهش امتیاز طعم و بو طی دوره نگهداری ممکن است به‌دلیل افزایش اسیدیته که سبب تغییر





**Fig 7** Effect of prepared yogurts and storage time on sensory changes (sample 1: without additives, sample 2 containing 3.41% free oil and 0.213% mucilage and sample 3 containing 3.41% encapsulated oil and 0.213% mucilage).

#### ۴- نتیجه گیری کلی

مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر افزودن روغن و موسیلاژ دانه چیا بر ویژگی‌های کیفی، تغذیه‌ای و حسی ماست طی مدت زمان نگهداری ۳۰ روز در دمای یخچال انجام شد. نتایج نشان داد که افزودن موسیلاژ و روغن دانه چیا به صورت آزاد و ریزپوشانی شده، باعث افزایش معنی‌دار در ظرفیت نگهداری آب و ماده خشک طی مدت زمان نگهداری شد ( $p < 0.05$ ). به‌علاوه از نظر شاخص‌های رنگی نمونه حاوی ریزپوشش، کمترین اختلاف رنگ ( $\Delta E$ ) را با نمونه شاهد داشت. همچنین فرآیند ریزپوشانی سبب افزایش شاخص سفیدی ( $WT$ ) و کاهش شاخص زردی ( $YI$ ) در مقایسه با نمونه حاوی روغن در حالت آزاد داشت. ارزیابی‌های حاصل از اندازه‌گیری پراکسید طی دوره نگهداری نشان از اثر محافظتی پوشش از اکسایش اسیدهای چرب آزاد داشت. تجزیه و تحلیل ارزیابی حسی نشان داد که فرآیند ریزپوشانی جهت حفظ طعم و بو حاصل از روغن دانه چیا موثر بوده است و سبب افزایش امتیاز طعم، بو و ظاهر نمونه حاوی ریزپوشش نسبت به شاهد شده است.

آب‌دوستی بالا با آب تعامل قوی برقرار کرده است و با حبس آب آزاد موجود در ساختار ماست موجب بهبود بافت و افزایش قوام آن شده است [۳۹].

از نظر ارزیابی ظاهر نمونه‌ها، نمونه‌های شاهد و حاوی روغن ریزپوشانی شده تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ( $p > 0.05$ ). اما افزودن روغن به صورت آزاد سبب کاهش امتیاز ظاهر از نظر مصرف‌کنندگان گردید. پذیرش کلی برآوردی از همه شاخص‌های حسی است. با توجه به اینکه همه شاخص‌های حسی مورد بررسی جز بافت، با افزایش زمان کاهش یافته است، کاهش پذیرش کلی محصول طی نگهداری قابل انتظار بود. ولی تغییر معنی‌داری در نمونه‌های حاوی ریزپوشش روغن دانه چیا و موسیلاژ و شاهد در طی نگهداری مشاهده نشد ( $p > 0.05$ ). در مجموع افزودن ریزپوشش روغن دانه چیا و موسیلاژ سبب افزایش امتیاز ارزیابی حسی در نمونه‌های ماست غنی شده گردید و بهبود طعم، بو، بافت، رنگ و پذیرش کلی را به دنبال داشت. به علاوه، افزودن موسیلاژ و ریزپوشش روغن دانه چیا تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی ماست در مقایسه با نمونه شاهد نداشت. قربان‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش کردند که نمونه‌های ماست حاوی نانولیپوزوم روغن ماهی از نظر ویژگی‌های حسی تقریباً مشابه نمونه شاهد بودند. اما نمونه‌های حاوی روغن آزاد، کم‌ترین امتیاز حسی را نسبت به نمونه شاهد به دست آوردند [۴]. نورمحمدی و همکاران (۲۰۲۰)، نیز در غنی‌سازی ماست با اسپروولینا به صورت آزاد و ریزپوشانی شده، دریافتند که فرآیند ریزپوشانی سبب بهبود عطر و طعم نمونه‌ها می‌گردد [۳۳]. اما، فرجی و همکاران (۱۳۹۹)، طی پژوهشی روی بررسی اثر غنی‌سازی ماست با نانومولسیون‌های موسیر ایرانی طی ۲۱ روز نگهداری در دمای یخچال، به این نتیجه رسیدند که افزایش در غلظت نانومولسیون‌ها روی امتیازات حسی تاثیر معنی‌داری نداشته است [۳۶].

## ۵- منابع

- Rios, A., and Flôres, S. H. 2017. Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) as wall material: Characterization and stability evaluation. *Food Chemistry*. 234, 1–9.
- [10] Imani Motlagh, Y., and Gharachorloo, M. 2020. Chemical evaluation of oil extracted from chia seed (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Food Technology and Nutrition*. 18 (1), 27–36. (In Farsi).
- [11] Kowaleski, J., Quast, L. B., Steffens, J., Lovato, F., dos Santos, L. R., da Silva, S. Z., and Felicetti, M. A. 2020. Functional yogurt with strawberries and chia seeds. *Food Bioscience*. 37, 100726.
- [12] Fernandes, S. S., and Mellado, M. M. 2017. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. *Food Chemistry*. 227, 237–244.
- [13] Felisberto, M. H. F., Wahanik, A. L., Gomes-Ruffi, C. R., Clerici, M. T. P. S., Chang, Y. K., and Steel, C. J. 2015. Use of chia (*salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. *LWT-Food Science and Technology*. 63(2), 1049–1055.
- [14] Menga, V., Amato, M., Phillips, T., Angelino, D., Morreale, F., and Fares, C. 2016. Gluten-free pasta incorporating chia (*salvia hispanica* L.) as thickening agent: An approach to naturally improve the nutritional profile and the in vitro carbohydrate digestibility. *Food Chemistry*. 221, 1954–1961.
- [15] Aranibar, C., Pigni, N. B., Martinez, M., Aguirre, A., Ribotta, P., Wunderlin, D., and Borneo, R. 2018. Utilization of a partially-deoiled chia flour to improve the nutritional and antioxidant properties of wheat pasta. *LWT-Food Science and Technology*. 89, 381–387.
- [16] Muñoz-Tébar, N., De la Vara, J. A., de Elguea-Culebras, G. O., Cano, E. L., Molina, A., Carmona, M., and Berruga, M. I. 2019. Enrichment of sheep cheese with chia (*salvia hispanica* L.) oil as a source of omega-3. *LWT - Food Science and Technology*. 108, 407–415.
- [17] Campos, B. E., Ruivo, T. D., da Silva Scapim, M. R., Madrona, G. S., and Bergamasco, R. D. C. 2016. Optimization of the mucilage extraction process from chia seeds and application in ice cream as a
- [1] Corrieu, G., and Béal, C. 2016. Yogurt: the product and its manufacture. *Encyclopedia of Food and Health*. 617–624. DOI : 10.1016/B978-0-12-384947-2.00766-2.
- [2] Tamjidi, F., Nasirpour, A., and Shahedi, M. 2011. Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food Science and Technology International*. 18(4), 381–390.
- [3] Sanz, T., Salvador, A., Jimenez, A., and Fiszman, S. M. 2008. Yogurt enrichment with functional asparagus fibre. Effect of fibre extraction method on rheological properties, colour, and sensory acceptance. *European Food Research and Technology*. 227(5), 1515–1521.
- [4] Ghorbanzade, T., Jafar, M. S., Akhavan, S., and Hadavi, R. 2017. Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt. *Food Chemistry*. 216, 146–152.
- [5] Abdolshahi, A., Heydari Majd, M., Abdollahi, M., Fatemizadeh, S., and Monjazebe Marvdashti, L. 2020. Edible film based on *lallemania peltata* L. seed gum: Development and characterization. *Journal of Chemical Health Risks*. 10(0), DOI: 10.22034/jchr.2020.1896596.1118.
- [6] Atik, D. S., Demirci, T., Öztürk, H. İ., Demirci, S., Sert, D., Akın, N. 2020. Chia seed mucilage versus guar gum: effects on microstructural, textural, and antioxidative properties of set-type yoghurts. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 63, 1–12.
- [7] Marcinek, K., and Krejpcio, Z. 2017. Chia seeds (*salvia hispanica*): health promoting properties and therapeutic applications – a review. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 68(2), 123–129.
- [8] Julio, L. M., Ixtaina, V. Y., Fernández, M. A., Sánchez, R. M. T., Wagner, J. R., Nolasco, S. M., and Tomás, M. C. 2015. Chia seed oil-in-water emulsions as potential delivery systems of  $\omega$ -3 fatty acids. *Journal of Food Engineering*. 162, 48–55.
- [9] De Campo, C., Dos Santos, P. P., Costa, T. M. H., Paese, K., Guterres, S. S., de Oliveira

- properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high-pressure homogenization-treated milk. *Food Hydrocolloids*. 23(1), 82–91.
- [27] Vénica, C.I., Wolf, I.V., Suárez, V.B., Bergamini, C.V., and Perotti, M.C. 2018. Effect of the carbohydrate composition on physicochemical parameters and metabolic activity of starter culture in yogurts. *LWT - Food Science and Technology*. 94, 163–171.
- [28] Delikanli, B., and Ozcan, T. 2017. Improving the textural properties of yogurt fortified with milk proteins. *Journal of Food Processing and Preservation*. 41 (5), 1–8.
- [29] Akalın, A. S., Unal, G., Dinkci, N. A. Y. İ. L., and Hayaloglu, A. A. 2012. Microstructural, textural, and sensory characteristics of probiotic yogurts fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. *Journal of Dairy Science*. 95(7), 3617–3628.
- [30] Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V., and Zeppa, G. 2015. Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. *LWT - Food Science and Technology*. 63, 1145–1154.
- [31] Baba, W. N., Jan, K., Punoo, H. A., Wani, T. A., Dar, M. M. and Masoodi, F. A. 2018. Techno-functional properties of yoghurts fortified with walnut and flaxseed oil emulsions in guar gum. *LWT – Food Science and Technology*. 92, 242–249.
- [32] Arianfar, A., Sardroodian, M., and Abdollahi, H. 2017. Study of *Aloe vera* gel powder on physicochemical and sensory properties of non-fat Greek yoghurt. *Innovation in Food Science and Technology* 9, 75–87. (In Farsi).
- [33] Growsi, Gh., Izadi, Z., Ahmadi, J., and Bahrami, B. 2011. Optimization of producing enriched yogurt with phytosterols in order to reduce cholesterol content. *Iranian Journal Food Science and Technology Research Journal*. 7(2), 156–163. (In Farsi).
- [34] Nourmohammadi, N., Soleimani Zad, S., and Shekarchizadeh, H. 2020. Effect of *Spirulina (Arthrospira platensis)* microencapsulated in alginate and whey protein concentrate addition on stabilizer and emulsifier. *LWT-Food Science and Technology*. 65, 874–883.
18. Nadeem, M., Imran, M., Taj, I., Ajmal, M., and Junaid, M. 2017. Omega-3 fatty acids, phenolic compounds and antioxidant characteristics of chia oil supplemented margarine. *Lipide in Health and Disease*. 102(16), 2–12.
- [19] Rojas, V. M., Marconi, L. B., Inácio, A. G., Leimann, F. V., Tanamati, A., MariaGozzo, Â., and Gonçalves, O. H. 2019. Formulation of mayonnaises containing PUFAs by the addition of microencapsulated chia seeds, pumpkin seeds and baru oils. *Food Chemistry*. 274, 220–227.
- [20] Zandi, M., Ganjloo, A., and Bimakr M. 2022. Encapsulation of musk willow (*Salix aegyptiaca* L.) essential oil with sodium alginate and whey protein: Characterization, controlled release and mathematical modeling. *Journal of food science and technology*. 19(125), 121–133.
- [21] Zandi, M., Mohebbi, M., Varidi, M., and Ramezani, N. 2014. Evaluation of diacetyl encapsulated alginate–whey protein microspheres release kinetics and mechanism at simulated mouth conditions. *Food Research International*. 56, 211–217.
- [22] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 2006. Milk and milk products-Determination of titrable acidity and value pH-Test method. ISIRI no 2852. 1st Revision, Karaj: ISIRI. (In Farsi).
- [23] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2005). Yogurt – Specifications and test methods. ISIRI no 695. 4th Revision, Karaj: ISIRI. (In Farsi).
- [24] Arabsalehi Nasrabadi, M., Ghorbani, M., Sadeghi Mahonak, A. R., and Khomeiri, M. 2019. Yogurt enrichment with Common purslane oil (*Portulacaoleracea*) and its physicochemical, antioxidant and sensory properties. *Journal of Food Science and Technology*. 92 (16), 23–36. (In Farsi).
- [25] Ikram, A., Raza, Q., Saeed, F., Afzaal, M., Munir, H., Ahmed, A., and Anjum, F. 2021. Effect of adding *Aloe vera* jell on the quality and sensory properties of yogurt. *Food Science and Nutrition*. 9(1), 480–488.
- [26] Serra, M., Trujillo A. J., Guamis, B. and Ferragut, V. 2009. Evaluation of physical

- and evaluation of its fatty acid profile, physicochemical, antioxidant, and sensory properties. *Powder Technology*. 329, 76–84.
- [38] Asaadi Yasaghi, Y., and Arianfar, A. 2019. The effect of *Alyssum homolocarpum* seed gum on physicochemical, rheological and sensory properties of low-fat yoghurt. *Journal of Food Science and Technology*. 84 (15), 189–201. (In Farsi).
- [39] Salami, M., Mehrban Sangatash, M., and Ehtiati, A. 2021. Effect of adding zucchini (*Cucurbita pepo*) on the physico-chemical and sensory properties of stirred yogurt during storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 17 (1), 93–106.
- [40] Karami, P., Zandi, M., and Ganjloo, A. 2022. Evaluation of physicochemical, mechanical, and antimicrobial properties of gelatin-sodium alginate-yarrow (*Achillea millefolium* L.) essential oil film. *Journal of Food Processing and Preservation*. 46 (7), 1-9.
- physicochemical and organoleptic properties of functional stirred yogurt. *Science of Food and Agriculture*. 3, 5260–5268.
- [35] Barkallah, M., Dammak, I. Louati, Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M. A. , Fendri, I., Attia, H., and Abdelkafi. S. 2017. Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT - Food Science and Technology*. 84, 323–330.
- [36] Faraji, N., Alizadeh, M., Almasi, H., Pirs, S., and Faraji, S. 2020. Investigation of physical, chemical and sensory properties of low fat fatty probiotic yogurt enriched with nanoemulsion of Iranian shallot essential oil containing omega fatty acids. *Journal of Food Science and Technology*. 17 (100), 77–101.
- [37] Ardabilchi, M., Amjadi, S., Ardabilchi, M., Roufegarinejad, L., and Jafari, M. 2020. Fortification of yogurt with flaxseed powder



## Influence of the mucilage and chia seed (*Salvia hispanica* L.) oil addition on the physicochemical and sensory properties of yoghurt during storage time

Seid Mohammadifard, S. Z.<sup>1</sup>, Zarringhalami, S.<sup>2\*</sup>, Zandi, M.<sup>2</sup>, Pakpour, M.<sup>3</sup>

1. Graduated M.s. student, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Food Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
3. Assistant professor, Department of Materials, Energy and Quantum Technologies. Faculty of Convergent Technologies of Science, Pasargad Institute for Advanced Innovative Solutions (PIAIS), Tehran.

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received 2021/ 06/ 03  
Accepted 2022/ 05/ 21

#### Keywords:

Chia seed oil,  
Chia seed mucilage,  
Yogurt,  
Quality characteristics,  
Storage time.

**DOI:** 10.22034/FSCT.19.132.237  
**DOR:** 20.1001.1.20088787.1401.19.132.18.1

\*Corresponding Author E-Mail:  
zarringhalami@znu.ac.ir

### ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the physicochemical and sensory properties of yogurt fortified with chia seed mucilage and oil, as a rich source of omega-3 fatty acids. For this purpose, mucilage (0.213%), free and encapsulated oil (3.41%) were added to the yogurt formulation. The prepared samples were compared in terms of some physicochemical (pH, titratable acidity, syneresis, dry matter, peroxide values and color attributes) and sensory properties with control (without oil and mucilage) during storage for 30 days at refrigerator temperature (4 °C). The results showed that the addition of mucilage and chia seed oil in a free and encapsulated forms caused a significant increase in water holding capacity (decrease in syneresis), acidity (decrease in pH) and dry matter during storage ( $p < 0.05$ ). In addition, the sample containing mucilage and encapsulated oil showed the lowest color difference ( $\Delta E$ ) with the control. Furthermore, this sample showed an increase in whiteness index ( $WI$ ) and a decrease in yellowness index ( $YI$ ) compared to the sample containing free oil. The amount of peroxide value in the samples containing free and encapsulated oil after 30 days of storage was 3.19 and 1.16 meq / kg of oil, respectively, which indicates the protective effect of encapsulation process against oxidation of samples. Evaluation of sensory attributes showed that the addition of mucilage and encapsulated chia seed oil did not have significantly effects on the sensory properties of fortified yogurt samples ( $p > 0.05$ ).