تاثیر سطوح مختلف زانتان و آلژینات بر کیفیت روغن ماهی ریز پوشانی شده

عیسی بهرامی‌زاده[1]، کاوه رحمانی فرح[2و3*]

* k.rahmani@urmia.ac.ir

۱- گروه فرآوری محصولات شیلاتی، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه
۲- گروه پاتوبیولوژی و کنترل کیفی، پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه، دانشگاه ارومیه
۳- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹٦

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی کارایی ریز پوشانی با استفاده از سطوح مختلف هیدروکلوئیدهای زانتان و آلژینات سدیم بود (با نسبت هسته به دیواره ۱ به ۲). تیمارهای آزمایشی با ترکیب دیواره شامل زانتان ۱ درصد، آلژینات ۱ درصد، زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد، زانتان ۰/۵ درصد+آلژینات ۰/۵ درصد و زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد بودند. این ترکیبات بر اساس طرح آزمایشی با سایر مواد دیواره مخلوط شدند. سپس به منظور دستیابی به پودر ریزپوشانی شده مخلوط هموژن و به روش خشک کردن انجمادی خشک شدند. یافته‌ها نشان داد روغن ریزپوشانی شده با زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد دارای کمترین اندازه ریزپوشینه، میزان رطوبت و مقدار روغن سطحی بود ($p<۰/۰۵$). همچنین بالاترین مقدار کارایی ریزپوشانی، قابلیت خیسی و شاخص قابلیت جذب آب نیز در این تیمار مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). تیماری که با زانتان ۱ درصد آماده شد، کمترین میزان پایداری امولسیون و چگالی ذرات را همراه با تیماری که با زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد تهیه شده بود، نشان داد ($p<۰/۰۵$). تیمار زانتان ۰/۵ درصد+آلژینات ۰/۵ درصد بیشترین میزان شاخص جذب آب را با مقدار ۲/۹ درصد نشان داد ($p<۰/۰۵$). استفاده از آلژینات ۱ درصد سبب دستیابی به بیشترین روشنایی (۷۵/۲۳) میان ریزپوشینه‌ها شد ($p<۰/۰۵$). بر اساس یافته‌های این پژوهش استفاده از ۰/۷۵ درصد زانتان+۰/۲۵ درصد آلژینات به منظور تولید ریزپوشینه روغن ماهی با بهترین ویژگی‌ها، مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: ریزپوشینه، هیدروکلوئید، کارایی ریزپوشانی، زانتان، آلژینات

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

مقدمه

در سال‌های اخیر تجارت روغن‌های با زنجیره‌های بلند اسیدهای چرب غیر اشباع (PUFA) از منابع مختلفی همچون کانولا (Waterhouse *et al*., 2014) زیتون (Calvo *et al*., 2012)، بزرک (قربانپور و همکاران، ۱۳۹۵) و روغن ماهی (Josquin *et al*., 2012) به سبب اهمیت برخورداری از آن‌ها برای سلامتی مصرف کنندگان، متداول شده است. روغن ماهی غالبا به عنوان منبع اسیدهای چرب امگا-۳ در رژیم غذایی در نظر گرفته می‌شود. اثرات این اسیدهای چرب بر سلامت انسان، پیشگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی، پیشگیری از ابتلا به سرطان، بهبود عملکرد مغز و بافتهای عصبی به خوبی مشخص شده است (امیرنژاد و حیدری کمال آبادی، ۱۳۹۴؛ دادگر و همکاران، ۱۳۹۳؛ Soares *et al*., 2016). ماهیان چرب به لحاظ ویژگی‌های حسی، بو و مزه خاص به طور رایج مقبولیت پایینی در میان مصرف کنندگان و در سطح جامعه دارند. با توجه به اهمیت دریافت روزانه اسیدهای چرب چند غیر اشباع، غنی‌سازی غذاهای مختلف با روغن ماهی می‌تواند از راه‌های جایگزین برای افزایش مصرف روغن ماهی باشد. افزودن مستقیم روغن ماهی به غذاهای مصرفی ممکن است تاثیر منفی بر عطر و طعم مواد غذایی داشته باشد، چون روغن ماهی تحت تاثیر اکسیداسیون قرار گرفته و به سرعت بد بو و بد مزه می‌شود. ریزپوشانی روغن‌های چندغیر اشباع جهت غنی سازی غذاهای مختلف، یکی از راهکارهای موجود برای افزایش سلامتی مصرف کننده، کاهش واکنش اکسایش و همچنین بهبود پایداری روغن می‌باشد (Oliveiraet *et al*., 2014; Pourashouri *et al*., 2014).

در فرآیند ریزپوشانی یک ماده زیست فعال مانند مواد مغذی، طعمی و دارویی توسط یک ماده دیگر (از جنس بیوپلیمر، پلیمر سنتزی یا ترکیبات لیپیدی) پوشش داده می‌شود (Mishra, 2016). در سیستم‌های غذایی استفاده از ذرات پلیمرهای زیستی برای محافظت از مواد فعال زیستی و همچنین به عنوان جایگزین چربی در غذاها کاربرد فراوانی دارد (Mokarram *et al*., 2009) که در این میان کربوهیدرات‌هایی نظیر صمغ‌ها (عربی، زانتان، آلژینات سدیم، پکتین، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، کربوکسی متیل سلولز و غیره)، انواع نشاسته، مالتودکسترین‌ها، شربت جامد ذرت به دلیل تنوع و قیمت ارزان و بعلاوه خصوصیاتی نظیر ویسکوزیته بالا در غلظت های پایین و حلالیت مطلوب، در سیستم‌های ریزپوشانی به وفور استفاده می گردند (Phillips & Williams, 2009). پس از ماده دیواره، انتخاب روش خشک کردن عامل مهم دیگری در کیفیت ریزکپسول‌های تولیدی می‌باشد. امروزه از روش‌های متعددی برای این منظور استفاده می گردد که یکی از این روش‌ها، خشک‌کردن انجمادی است. این روش یکی از سودمندترین و مناسب‌ترین روش‌ها برای خشک کردن و ریزپوشانی ترکیبات حساس به حرارت محسوب می‌شود (Augustin & Hemar, 2009). آلژینات، هتروپلی ساکارید خطی است که نسبت به سایر مواد حفاظت کننده برای ریزپوشانی کردن پروبیوتیک‌ها به دلیل سادگی، غیر سمی بودن و قیمت پایین آن ترجیح داده می شود. صمغ زانتان یک هتروپلی ساکارید آنیونی است که به دلیل خواص منحصر بفرد آن مانند توانایی تحمل در برابر تغییرات دما، تنش برشی، PH، حلالیت بالا در آب داغ یا سرد، ویسکوزیته بالا، پایداری عالی در سیستم های اسیدی، پایداری در مقابل انجماد و رفع انجماد در صنایع مختلف به طور وسیعی مورد استفاده قرار می گیرد (Phillips & Williams, 2009). پژوهشگران بسیاری ریزپوشانی روغن ماهی را از جنبه‌های گوناگون بررسی کرده‌اند. Pourashouri و همکاران (۲۰۱۴) تاثیر ترکیبات دیواره شامل ژلاتین، کیتوزان، مالتودکسترین و آنزیم ترانس گلوتامیناز را بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی ریزپوشینه روغن ماهی بررسی کردند (Pourashouri *et al*., 2014). کارامدی ترکیبات دیواره نشاسته اصلاح شده، صمغ عربی، مالتودکسترین، ایزوله پروتئین سویا، آنزیم ترانس گلوتامیناز، کازئین، گلوکز و لاکتوز جهت ریزپوشانی روغن چند غیر اشباع مطالعه شد (Chen *et al*., 2016). Icyer و همکاران (۲۰۱۷) تیمارهای مختلف را در فرایند خشک کردن پاششی و ترکیبات و نسبت‌های مختلف مواد دیواره (ژلاتین به صمغ عربی و روغن) را به منظور ریزپوشانی روغن دانه انجیر بررسی کردند. نتایج پژوهش این محققین نشان داد که شرایط بهینه ریزپوشانی روغن دانه انجیر شامل نسبت ۸، ۱ و ۳ به ترتیب برای میزان مالتودکسترین، صمغ عربی و روغن می‌باشد که در دمای ورودی ۱۵۰ درجه سانتیگراد توسط دستگاه خشک کن پاششی، تهیه شدند (Icyer *et al*., 2017).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

کیفیت ریزپوشینه‌ها با نوع و کیفیت مواد بکار رفته در دیواره آنها ارتباط نزدیک دارد. با توجه به اینکه جهت ریزپوشانی روغن‌های چند غیر اشباع از زانتان و آلژینات به طور همزمان استفاده نشده بود، هدف از این پژوهش بررسی اثرات افزودن نسبت‌های مختلف این صمغ‌ها بر جنبه‌های مختلف کیفی ریزپوشینه‌های تولید شده بود.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی امولسیون: در این پژوهش به منظور تولید ریزپوشینه‌های روغن ماهی، نخست روغن ماهی از شرکت داروسازی دانا (تحت لیسانس GMV nutrition استرالیا) خریداری شد. آماده‌سازی امولسیون و آزمایش‌های مرتبط با ریزپوشینه‌های تولید شده در پژوهشکده آرتمیا و آبزیان در دانشگاه ارومیه صورت پذیرفت. بطور خلاصه فرمولاسیون‌های مختلفی از مواد دیواره شامل مالتو دکسترین (به عنوان یک پرکننده)، آلژینات و زانتان در جدول ۱ آورده شده است. در ابتدا مالتودکسترین با آب مخلوط و نیم ساعت روی دستگاه همزن مغناطیسی (شرکت لابترون، ایران) گذاشته شد تا یکنواخت شود. این محلول از شب قبل خیسانده شد و فردای آن محلول مالتودکسترین را به مدت ۲ دقیقه با دستگاه هموژنایزر (Polytron Homogeniser PT3100, Switzerland) در دور ۱۰۰۰۰ rpm هموژن و سپس در مرحله بعدی صمغ‌های (زانتان و آلژینات) بر اساس فرمولاسیون که از قبل وزن شده بودند به آن اضافه شد و محلول بدست آمده دوباره به مدت ۳ دقیقه با دستگاه هموژنایزر در دور ۱۰۰۰۰ rpm هموژن شد (Fernandes *et al*., 2013). در مرحله آخر روغن ماهی به محلول اضافه شد و به مدت ۳ دقیقه با دستگاه هموژنایزر در دور ۱۰۰۰۰ rpm هموژن شد. مجموع میزان مالتودکسترین و صمغ‌ها در این تحقیق ۴۰ درصد امولسیون بود (۱ درصد صمغ به‌علاوه ۳۹ درصد مالتودکسترین). همچنین نسبت روغن به دیواره نیز ۱ به ۲ در نظر گرفته شده بود. امولسیون‌های بدست آمده پس از انجماد برای مدت ۴۸ ساعت در دستگاه خشک کن انجمادی (Christ, Alpha 1-2 LD plus, Germany) خشک شده و به آرامی آسیاب شدند.

جدول ۱: ترکیبات دیواره ریزپوشینه‌ها (تیمارهای آزمایشی)

Table 1: Microcapsule wall materials (experimental treatments)

ترتیب	تیمار	مواد دیواره (درصد از امولسیون)		
		زانتان	آلژینات	مالتودکسترین
۱	زانتان ۱/۰۰ درصد	۱/۰۰	۰	۳۹
۲	آلژینات ۱/۰۰ درصد	۰	۱/۰۰	۳۹
۳	زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد	۰/۷۵	۰/۲۵	۳۹
۴	زانتان ۰/۵۰ درصد+آلژینات ۰/۵۰ درصد	۰/۵۰	۰/۵۰	۳۹
۵	زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد	۰/۲۵	۰/۷۵	۳۹

بررسی ساختار ریزپوشینه‌ها: پس از همگن (هموژن) کردن امولسیون‌ها و پیش از خشک کردن آنها، یک قطره کوچک از امولسیون زیر میکروسکوپ نوری متصل به دوربین CCD با مدل BX Series – BX -41 از نظر ساختار با بزرگ‌نمایی ۴۰ بررسی گردید.

بررسی اندازه ریزپوشینه‌ها: بررسی اندازه ریزپوشینه‌ها بر اساس روش Chen و همکاران (۲۰۱۶) با اندکی تغییرات صورت گرفت. جهت بررسی سایز و اندازه ریزپوشینه‌ها ابتدا ۰/۱ گرم ریزپوشینه با ۵ گرم آب مقطر مخلوط شد و برای مدت ۱ دقیقه در معرض دستگاه همزن اولتراسونیک (Ultrasonic Disrupter, UD-201, Japan) قرار گرفت تا ذرات از هم جدا شوند. اندازه ریزپوشینه‌ها توسط دستگاه زتا آنالایزر (Malvern ZEN 3600, Worcestershire, UK) تعیین شد (Chen *et al*., 2016).

پایداری امولسیون: برای انجام این آزمایش ۱۰ میلی لیتر از هر امولسیون در ۳ تکرار به لوله‌های آزمایش منتقل شده و در دمای محیط (۲۷ درجه سانتیگراد) برای مدت ۲ هفته قرار گرفت. پس از طی دوره مورد نظر امولسیون مورد

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

بررسی قرار گرفت و با اندازه گیری بخش امولسیونی و بخش غیر امولسیونی پایداری آن از رابطه زیر تعیین شد (Klaypradit & Huang, 2008).

رابطه ۱

ارتفاع کل امولسیون (میلی‌متر)/۱۰۰×ارتفاع لایه سرم مانند (میلی‌متر) =پایداری امولسیون

اندازه‌گیری رطوبت ریزپوشینه‌ها: اندازه‌گیری میزان رطوبت ریزپوشینه‌ها، با استفاده از اختلاف وزن ۰/۵ گرم پودر ریزپوشینه پیش و پس از نگهداری در دستگاه آون (مدل FP53، شرکت Binder، کشور آلمان) با دمای ۱۰۲ درجه سانتیگراد برای مدت ۲ ساعت صورت گرفت (AOAC, 1997).

میزان روغن سطحی ریزپوشینه‌ها: ۲/۵ گرم پودر ریزپوشینه با ۱۵ میلی‌لیتر اِن هگزان در لوله فالکون ریخته و با هم مخلوط شدند (۲ دقیقه با دستگاه تکان داده)، سپس در ۴۰۰۰ rpm برای ۲۰ دقیقه سانتریفوژ کرده (Eppendorf Centrifuge 5810R, Germany) و بعد سوپر ناتانت را از کاغذ صافی عبور داده و مواد باقی مانده دو بار با ۵ میلی‌لیتر اِن هگزان شستشو داده شدند. عصاره سوپرناتانت به بشری کاملا خشک که از قبل وزن شده بود ریخته شد. کلیه محتویات اِن هگزان در بشر زیر هود تبخیر شد. اختلاف وزن بشر پیش از افزودن سوپرناتانت و پس از خشک شدن سوپرناتانت ثبت گردید (AOAC, 1997).

سنجش میزان روغن کل: جهت سنجش میزان روغن کل، به ۱ گرم پودر ریزپوشانی شده ۵ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده شد و برای ۳۰ ثانیه ورتکس شدند. این مخلوط با ۲۵ میلی لیتر ان هگزان/ایزوپروپانول (نسبت ۳ به ۱ حجمی/حجمی) مخلوط شدند. لوله‌ها برای مدت ۱۵ دقیقه در ۱۵۰ دور در دقیقه تکان داده شدند و برای ۱۵ دقیقه در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. پس از کامل شدن استخراج روغن با حلال، محلول بدست آمده در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد تبخیر شد و میزان روغن بجا مانده محسبه گردید (Pourashouri *et al*., 2014).

کارایی ریزپوشانی روغن ماهی: کارایی ریزپوشانی از رابطه زیر بدست آمد (Pourashouri *et al*., 2014).

رابطه ۲

روغن کل/۱۰۰×(روغن کل-روغن سطحی)=کارایی ریزپوشانی

چگالی ریزپوشینه‌ها: چگالی ریزپوشینه‌ها با پر کردن یک استوانه مدرج ۱۰ میلی‌لیتری که از پیش وزن شده بود، سنجیده شد. پس از اینکه از پر شدن استوانه با تکان دادن آن اطمینان حاصل شد، استوانه و پودرها دوباره وزن شده و چگالی آنها با ۳ تکرار ثبت شد (Venugopal, 2006).

قابلیت خیسی (Wettability): ۴۰۰ لیتر آب مقطر با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به یک بشر ۶۰۰ میلی‌لیتر منتقل شد و روی آن ۲ گرم پودر ریزپوشینه ریخته شد. زمانی که پودر به طور کامل خیس شد (در واقع زمانی که تمام پودرها به داخل مایع نفوذ کردند)، ثبت گردید (Barroso *et al*., 2014).

شاخص جذب آب (Water absorption index) و شاخص حلالیت در آب (Water solubility index): در ابتدا به یک لوله فالکون ۵۰ میلی‌لیتر خشک که از قبل وزن شده بود با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر پر شده و به آن ۲/۵ گرم پودر ریزپوشانی اضافه گردید، به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد و بعد از آن به مدت ۳۰ دقیقه در شیکر قرار گرفت. سپس در ۴۰۰۰ دور در دقیقه برای ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد و بعد از آن محلول سوپرناتانت را به یک پتری دیش که از قبل وزن شده بود، منتقل شد. سپس محتوی پتری دیش خشک شد و اختلاف وزن پتری دیش بر حسب درصد نمونه اولیه محاسبه گردید (WSI) (Barroso *et al*., 2014). وزن رسوبی که ته لوله فالکون بود محاسبه گردید و شاخص جذب آب (WAI) بر حسب گرم محاسبه شد (Anderson *et al*., 1969).

رابطه ۳

وزن لوله خالی/۱۰۰× (وزن لوله خالی-وزن لوله پس از سانتریفوژ)=شاخص جذب آب

اندازه گیری رنگ: رنگ پودرهای ریزپوشانی روغن ماهی که آسیاب شده بودند توسط دستگاه رنگ سنج سنجیده شد. نتایج رنگ سنجی بر اساس مولفه های L*، a* و b* ارائه گردید. شاخص L* بیانگر میزان روشنایی، شاخص a* بیانگر بعد قرمزی-سبزی و شاخص b* بیانگر بعد زرد–آبی بود.

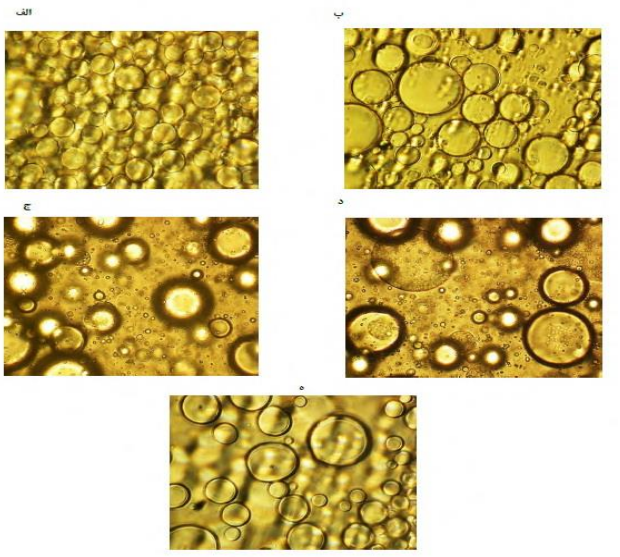
تجزیه و تحلیل آماری: آزمایش‌ها بر اساس طرح کاملا تصادفی در ۵ تیمار و ۳ تکرار انجام شد و نتایج به صورت (میانگین±انحراف معیار) بیان گردید. تفاوت معنی‌دار

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

($p<۰/۰۵$) بوسیله آنالیز آماری واریانس یکطرفه(One way ANOVA) و تفاوت میانگین‌ها توسط آزمون دانکن بررسی شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS۲۱ تجزیه و تحلیل شد.

نتایج

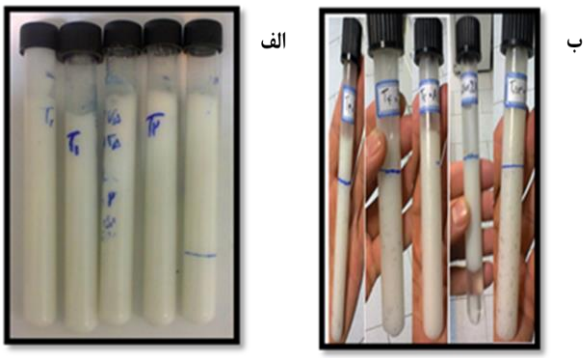
بررسی ساختار و اندازه ریزپوشینه‌ها: نتایج بررسی ساختار و اندازه ریزپوشینه‌ها در پاسخ به فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که صمغ آلژینات و زانتان بر قطر متوسط قطرات تاثیر معنی‌دار دارد ($p<۰/۰۵$) بطوریکه با افزایش نسبت آلژینات به زانتان، اندازه ذرات امولسیون از ۱۸۳/۲۰ میکرومتر به ۳۹۶/۴۰ میکرومتر افزایش پیدا کرد (شکل ۱ و جدول ۲). نتایج نشان داد، اندازه ذرات تحت تاثیر نوع ماده دیواره مورد استفاده در ریزپوشانی می‌باشد. البته در زمان حضور همزمان زانتان و آلژینات در دیواره ریزپوشینه‌ها اندازه ذرات کاهش یافت ($p<۰/۰۵$) که نشاندهنده برهمکنش مناسب نیروهای کشش میان این دو صمغ بود.



شکل ۱: تصویر میکروسکوپ نوری ریزپوشینه‌های مورد آزمایش تیمارهای الف) زانتان ۱ درصد، ب) آلژینات ۱ درصد، ج) زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵درصد، د) زانتان ۰/۵ درصد+آلژینات ۰/۵ درصد و ه) زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد

Figure 1: Optical microscopic image of experimental microcapsules a) 1% zanthan, b) 1% alginate, c) 0.75% zanthan+0.25%alginate, d) 0.5% zanthan+0.5% alginate, e) 0.25%zanthan+0.75%alginate.

پایداری امولسیون: بررسی پایداری امولسیون‌های تهیه شده در طول ۲ هفته بیانگر پایداری امولسیون‌ها در هفته اول بود (شکل ۲). پس از گذشت ۲ هفته از نگهداری امولسیون‌ها فقط تیمار زانتان ۱ درصد ناپایدار شد و سایر تیمارها امولسیون پایداری نشان دادند.



شکل ۲: میزان پایداری امولسیون‌های تهیه شده در هفته اول (الف) و هفته دوم (ب)

Figure 2: stability content of emulsion prepared in first week (a) and second week (b)

رطوبت ریزپوشینه‌ها: نتایج آنالیز رطوبت پودرهای ریزپوشانی شده در جدول ۲ نمایش داده شده است. تیمار آلژینات ۱ درصد (بدون زانتان) با مقدار ۵/۹۸ درصد بالاترین میزان رطوبت نسبت به سایر تیمارها را داشت ($p<۰/۰۵$). در حالیکه تیمار (زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد) پایین‌ترین مقدار رطوبت (۳/۳۴ درصد) را نشان داد ($p<۰/۰۵$).

میزان روغن سطحی و کل ریزپوشینه‌ها: نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تغییرات مقدار صمغ آلژینات و زانتان اثر معنی‌داری بر مقدار روغن سطحی نمونه‌ها دارد (جدول ۲) ($p<۰/۰۵$) اما تاثیری بر مقدار روغن کل مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). امولسیون آلژینات ۱ درصد (بدون زانتان) با مقدار روغن سطحی ۲۱/۶۶ درصد دارای بالاترین میزان این شاخص و تیمار زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد نیز با ۳/۹۷ درصد دارای کمترین میزان روغن سطحی نسبت به سایر تیمارهای مورد آزمایش بود ($p<۰/۰۵$).

کارایی ریزپوشانی روغن ماهی: نتایج میزان کارایی ریزپوشانی روغن‌های ماهی در جدول ۲ نشان داد که در میان ۵ تیمار مورد بررسی، تیمار آلژینات ۱ درصد (بدون زانتان)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

پایین‌ترین و تیمار (زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد) بیشترین میزان کارایی ریزپوشانی را داشتند و این اختلاف‌ها معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). میزان کارایی ریزپوشانی در این تحقیق از ۵۴/۲۱ تا ۹۱/۵۶ درصد متغیر بود.

جدول ۲: اندازه ریزپوشینه، رطوبت، روغن سطحی، روغن کل و کارایی ریزپوشانی ریزپوشینه‌های مورد آزمایش

Table 2: Microcapsule size, moisture, surface oil, total oil and encapsulation efficiency of experimental microcapsule

تیمار	شاخص‌های مورد بررسی				
	اندازه ریزپوشینه‌ها (میکرومتر)	رطوبت (درصد)	روغن سطحی (درصد)	روغن کل (درصد)	کارایی ریزپوشانی (درصد)
زانتان ۱/۰۰ درصد	۲۹۷/۲۰±۴۴/۱ [b]	۳/۷۶±۰/۶ [bc]	۱۸/۱۶±۱/۱ [b]	۴۷/۶۷±۱/۷ [a]	۶۱/۵۷±۲/۱ [c]
آلژینات ۱/۰۰ درصد	۳۹۶/۴۰±۳۸/۵ [a]	۵/۹۸±۰/۳ [a]	۲۱/۶۶±۱/۳ [a]	۴۸/۱۷±۱/۲ [a]	۵۴/۲۲±۲/۸ [d]
زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد	۱۸۳/۲۰±۳۳/۷ [d]	۳/۳۴±۰/۲ [c]	۳/۹۷±۰/۷ [d]	۴۸/۵۲±۱/۱ [a]	۹۱/۵۶±۱/۶ [a]
زانتان ۰/۵۰ درصد+آلژینات ۰/۵۰ درصد	۲۰۷/۶۱±۳۰/۵ [cd]	۴/۴۰±۰/۳ [b]	۵/۹۸±۰/۸ [c]	۴۸/۵۰±۰/۵ [a]	۸۷/۲۸±۲/۱ [b]
زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد	۲۳۶/۴۰±۲۵/۵ [c]	۵/۹۴±۰/۷ [a]	۷/۱±۰/۶ [c]	۴۷/۵۰±۱/۶ [a]	۸۵/۰۴±۱/۴ [b]

اعداد بیانگر میانگین±انحراف معیار می باشند.

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان شاخص مورد بررسی میان تیمارها می‌باشد.

چگالی ریزپوشینه‌ها: مطابق با جدول ۳ چگالی تیمارهای ریزپوشانی شده نشان داد که تیمار زانتان ۱ درصد (بدون آلژینات) بالاترین چگالی (۰/۸۹) را نسبت به سایر تیمارها داشت ($p<۰/۰۵$). چگالی تیمار آلژینات ۱ درصد (بدون زانتان) (۰/۸۳) کمترین میزان نسبت به سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$).

قابلیت خیسی: نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار (زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد) با زمان ۷/۲ دقیقه، دارای بالاترین مقدار قابلیت خیسی نسبت به سایر تیمارها می‌باشد (جدول ۳). تیمارهای زانتان ۱ درصد (بدون آلژینات) و آلژینات ۱ درصد (بدون زانتان) کمترین مقدار قابلیت خیسی را نشان دادند ($p<۰/۰۵$).

شاخص جذب آب و شاخص حلالیت در آب: نتایج آنالیزهای شاخص جذب آب و حلالیت در آب در جدول ۳ نشان داده شده است. مطابق با این داده‌ها، تیمار (زانتان ۰/۵ درصد+آلژینات ۰/۵ درصد) با مقدار ۲/۹ گرم دارای بالاترین میزان جذب در آب نسبت به دیگر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). تیمار زانتان ۱ درصد (بدون آلژینات) نیز با ۰/۹ گرم کمترین میزان شاخص جذب آب را نشان داد ($p<۰/۰۵$). بعلاوه بالاترین مقدار شاخص حلالیت در آب از (زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد) با مقدار ۸۱/۰ درصد و پایین‌ترین مقدار این شاخص تیمار آلژینات ۰/۵ درصد+زانتان ۰/۵ درصد با ۶۲/۰۵ درصد نسبت به سایر تیمارها بودند ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: چگالی، قابلیت خیسی، شاخص جذب آب و شاخص حلالیت در آب ریزپوشینه‌های مورد آزمایش

Table 3: Density, wettability, water absorption and water solubility index of experimental microcapsules

تیمار	شاخص‌های مورد بررسی			
	چگالی (میلی‌لیتر/گرم)	قابلیت خیسی (درصد)	شاخص جذب آب (گرم)	شاخص حلالیت در آب (درصد)
زانتان ۱/۰۰ درصد	۰/۸۹±۰ [a]	۲/۵۴±۰/۳ [b]	۰/۹۰±۰ [d]	۷۳/۳۲±۰/۰۹ [b]
آلژینات ۱/۰۰ درصد	۰/۸۳±۰ [b]	۲/۰۸±۰/۲ [b]	۱/۵۷±۰ [b]	۷۰/۴۳±۰/۸ [c]
زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد	۰/۸۸±۰ [ab]	۷/۱۹±۰/۳ [a]	۱/۱۴±۰ [c]	۸۱/۰±۰/۷ [a]
زانتان ۰/۵۰ درصد+آلژینات ۰/۵۰ درصد	۰/۸۷±۰ [ab]	۶/۷۶±۰/۵ [a]	۲/۰۹±۰ [a]	۶۲/۰۵±۰/۸ [d]
زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد	۰/۸۹±۰ [a]	۷/۱۰±۰/۳ [a]	۱/۶۱±۰ [b]	۷۰/۲۷±۰/۹ [c]

اعداد بیانگر میانگین±انحراف معیار می باشند.

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان شاخص مورد بررسی میان تیمارها می‌باشد.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

رنگ: نتایج رنگ سنجی نشان داد که ریزپوشینه‌های تهیه شده از زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد دارای پایین-ترین شاخص روشنایی و آلژینات ۱۰۰ درصد دارای بالاترین شاخص قرمزی است (جدول ۴). با مقایسه اثرات مواد دیواره‌ها روی رنگ ریزپوشینه‌ها نتایج نشان داد که شاخص زردی تیمار آلژینات در بالاترین سطح قرار دارد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۴: رنگ پودر روغن ماهی ریزپوشانی شده

Table 4: Encapsulated fish oil powder color

فرمولاسیون	L* روشنایی	a* قرمزی	b* زردی
زانتان ۱/۰۰ درصد	۷۰/۵۰±۳/۱ b	-۰/۷۴±۰/۵ a	۲/۱۱±۰/۹ b
آلژینات ۱/۰۰ درصد	۷۵/۲۳±۰/۵ a	-۱/۴۴±۰/۱ b	۶/۲۰±۱/۱ a
زانتان ۰/۷۵ درصد و آلژینات ۰/۲۵ درصد	۷۲/۷۱±۱/۲ ab	-۱/۳۶±۰ b	۳/۴۷±۰/۹ b
زانتان ۰/۵۰ درصد و آلژینات ۰/۵۰ درصد	۷۳/۸۸±۲/۸ ab	-۱/۱۳±۰ ab	۴/۱۰±۱/۴ ab
زانتان ۰/۲۵ درصد و آلژینات ۰/۷۵ درصد	۶۹/۱۰±۱/۴ b	-۱/۱۸±۰ ab	۳/۱۶±۱/۵ b

اعداد بیانگر میانگین±انحراف معیار می باشند.

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار میان شاخص مورد بررسی میان تیمارها می‌باشد.

بحث

در مطالعه حاضر اندازه ریزپوشینه‌ها ناشی از برهمکنش آلژینات و زانتان بود. بر اساس نتایج این پژوهش مشخص شد که آلژینات نسبت به زانتان ذرات بزرگتری را تولید می‌کند. همچنین افزودن صمغ‌های زانتان و آلژینات به صورت جداگانه، قطرات بزرگتر با دیواره نازک‌تری تولید کرد. البته در زمان حضور همزمان زانتان و آلژینات در دیواره ریزپوشینه‌ها، اندازه ذرات کاهش و قطر دیواره افزایش یافت که نشان‌دهنده برهمکنش مناسب نیروهای کشش میان این دو صمغ بود. در پژوهش Oliveira و همکاران (۲۰۱۴)، بر تولید روغن ریزپوشانی شده با استفاده از نسبت‌های مختلف مواد دیواره آلژینات و صمغ درخت بلارد[1] با افزایش میزان آلژینات در ترکیب دیواره ریزپوشینه‌ها اندازه ذرات بزرگتر شد (Oliveira *et al.*, 2014). در پژوهش Pourashouri و همکاران در سال ۲۰۱۴ بر ریزپوشانی روغن ماهی، نتایج نشان داد که استفاده از کیتوزان به تنهایی به عنوان ترکیب دیواره، اندازه ذرات کوچک‌تری نسبت به دیواره ژلاتین به تنهایی تولید می‌کند. همچنین ترکیب ژلاتین و کیتوزان به عنوان ترکیب دیواره سبب ایجاد ذرات کوچک‌تری شد. اثر ترکیبی زانتان و آلژینات در تحقیق حاضر مانند نتایج بررسی اثر ژلاتین و کیتوزان در تحقیق Pourashouri و همکاران (۲۰۱۴) بود (Pourashouri *et al.*, 2014). در تحقیقی بر تاثیر ترکیبات مختلف دیواره نشاسته اصلاح شده، صمغ عربی، مالتودکسترین، ایزوله پروتئین سویا، آنزیم ترانس گلوتامیناز، کازئین، گلوکز و لاکتوز بر اندازه ریزپوشینه‌های خشک شده به روش پاششی از روغن غنی از دوکوزاهگزاانوئیک[2] اسید، اندازه ذرات ریزپوشینه‌ها میان ۱۱۲/۲۰ تا ۰/۴۵ میکرومتر متغیر بود (Chen *et al.*, 2016). اندازه بیشتر ریزپوشینه‌ها در این پژوهش می‌تواند با روش خشک کردن انجمادی و همچنین کاربرد آلژینات در دیواره مرتبط باشد که هر دوی این عوامل سبب افزایش ذرات امولسیون می‌شوند.

پایداری و ترکیب امولسیون می‌تواند بسیاری از ویژگی-های ریزپوشینه‌ها همچون میزان روغن آزاد سطحی، ساختار (مورفولوژی) ریزپوشینه، کارایی ریزپوشانی و پایداری به اکسایش چربی را تعیین کند (Ramakrishnan *et al.*, 2014). با توجه به امولسیون‌های تولید شده، نتایج نشان داد که همه تیمارها در هفته اول پایدار بودند اما بعد ازگذشت زمان در هفته دوم فقط تیمار زانتان ۱ درصد مناسب نبود و میان سایر تیمارها اختلاف قابل توجهی مشاهده نشد. پایداری قطرات ریزپوشانی شده هنگام فرایند ریزپوشانی شاخص مهمی

[1] Cashew

[2] Docosahexaenoic acid (DHA)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

می‌باشد. در واقع نه تنها ذرات امولسیون بایست کوچک باشند بلکه بایست به اندازه کافی پایدار باشند و هیچ تجمع و بهم چسبیدگی نداشته باشند (Pourashouri *et al*., 2014; Jafari *et al*., 2007).

رطوبت و دما از مهمترین فاکتورهای موثر بر ماندگاری پودرهای ریزپوشانی شده به حساب می‌آیند (Barroso *et al*., 2014). با مقایسه نتایج میزان رطوبت با اندازه قطرات پیش از خشک کردن انجمادی می‌توان نتیجه گرفت که هر چه اندازه ریزپوشینه‌ها در امولسیون بزرگتر باشد، رطوبت ذرات ریزپوشانی شده پس از خشک کردن می‌تواند بیشتر باشد. بخش زیادی از رطوبت هنگام خشک کردن ریزپوشینه‌ها خارج می‌شود ولی پوسته‌های ریزپوشینه‌ها مقداری از رطوبت را حفظ کرده ب‌طوریکه پس از خشک کردن پودرها همچنان مقداری رطوبت را در زیر پوسته ریزپوشینه‌ها نگه می‌دارند (Mehrad *et al*., 2015).

مقدار روغن سطحی ریزپوشینه‌ها در میزان ماندگاری آن‌ها دارای اهمیت زیادی می‌باشد (Baranauskien *et al*., 2007). سطحی که پس از ریزپوشانی در روی سطح ریزپوشینه‌ها باقی می‌ماند می‌تواند به راحتی اکسید شده و منجر به تولید ترکیبات نامطلوب در روغن شود (Soottitantawat *et al*., 2003). میزان روغن سطحی ریزپوشینه‌ها در این تحقیق بستگی زیادی به اندازه ذرات امولسیون داشت. در مطالعات قبلی نشان داده شد که افزایش مقدار روغن سطحی با افزایش اندازه ذرات امولسیون همراه است (Baranauskien *et al*., 2007; Soottitantawat *et al*., 2003). البته ارتباط مستقیم اندازه ریزپوشینه‌ها با میزان روغن سطحی در این پژوهش برخلاف نتایج تحقیق Pourashouri و همکاران در سال ۲۰۱۴ از نظر ارتباط اندازه ذرات و میزان روغن سطحی بود (Pourashouri *et al*., 2014). در این رابطه بیان شده است که ذرات بزرگتر با بهبود نگهداری مواد هسته روغن سطحی کمتری هنگام فرایند خشک کردن خواهند داشت (Jafari *et al*., 2007). نتایج این پژوهشگران می‌تواند با توجه به روش خشک کردن با خشک کن پاششی با این پژوهش متفاوت باشد. همچنین در این پژوهش با توجه به نتایج ساختار ریزپوشینه‌های روغن ماهی پیش از خشک شدن، مشخص شد که ذرات بزرگتر دیواره‌های ضعیف‌تر و نازک‌تری نسبت به ذرات کوچکتر دارند.

بنابراین آسیب به ساختار ریزپوشینه‌ها در هنگام فرایند خشک کردن انجمادی می‌تواند عامل افزایش روغن سطحی در تیمارهای آلژینات ۱ درصد (بدون زانتان) و زانتان ۱ درصد (بدون آلژینات) باشد. Finney و همکاران (۲۰۰۲) میان اندازه ذرات و مقدار روغن سطحی ارتباطی مشاهده نکردند (Finney *et al*., 2002).

میزان روغن ماهی محصور در ریزپوشینه‌ها شاخص مهمی در ارتباط با مدت ماندگاری روغن ماهی می‌باشد (Pourashouri *et al*., 2014). در این پژوهش با توجه به نتایج اندازه و ساختار ریزپوشینه‌ها و همچنین میزان روغن سطحی می‌توان کارایی ریزپوشانی را متاثر از اندازه و ساختار دیواره ریزپوشینه‌ها بیان کرد. تیمارهایی که ترکیبی از آلژینات و زانتان بودند، روغن ماهی را بهتر احاطه کردند و هنگام خشک کردن احتمالا کمتر تحت تاثیر قرار گرفتند. در حالیکه تیمارهای با دیواره یک نوع صمغ و مالتودکسترین به تنهایی پایداری مناسبی نداشته و در مقایسه با تیمارهای با صمغ ترکیبی زودتر تحت تاثیر قرار گرفتند. در واقع بهترین دیواره ریزپوشینه‌ها سبب بدست آمدن بهترین مقدار کارایی ریزپوشانی می‌گردد (Jafari *et al*., 2007). از جمله فاکتورهای نوع و ترکیب دیواره، نسبت هسته به دیواره، روش خشک کردن مورد استفاده، پایداری و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی امولسیون می‌تواند کارایی ریزپوشانی را از ۰ تا ۹۵ درصد تغییر دهد (Shaw *et al*., 2007). Aghbashlo و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که تغییر ترکیب دیواره تاثیر زیادی در بهبود کارایی ریزپوشانی دارد (Aghbashlo *et al*., 2013).

چگالی پودرهای ریزپوشانی شده تحت تاثیر اندازه ریزپوشینه‌ها، ساختار فیزیکی دیواره پس از خشک شدن (شاخی شدن دیواره یا صاف بودن آن) (Aghbashlo *et al*., 2007)، میزان رطوبت و همگن بودن مولکولی آنها قرار دارد (Mehyar *et al*., 2014). ذراتی با اندازه کوچکتر و ساختار منظم‌تر احتمالا بهتر در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و چگالی بالاتری خواهند داشت (Lam *et al*., 2008). در این پژوهش تیمار (زانتان ۰/۷۵ درصد+آلژینات ۰/۲۵ درصد) کوچکترین اندازه و کمترین میزان رطوبت را داشت. چگالی این پودرها به جز تیمار زانتان ۱ درصد (بدون آلژینات) با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار نداشت.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

زمان مورد نیاز برای خیس شدن و غوطه‌ور شدن تمامی پودرها هنگامیکه بر سطح آب شناور هستند را قابلیت خیسی می‌نامند. این قابلیت پودرها با ترکیب غذایی، فاکتورهای فیزیکی مانند اندازه، شکل ذرات و همچنین دمای آب در ارتباط هستند (Barroso *et al*., 2014). بر اساس گزارش Maia و Golgher (۱۹۸۳) به نقل از Barroso و همکاران (۲۰۱۴) ارتباط معکوسی میان قابلیت خیسی و روغن آزاد وجود دارد (Maia & Golgher, 1983; Barroso *et al*., 2014). در این پژوهش هم راستا با برخی تحقیقات انجام شده بر شاخص قابلیت خیسی تیمارهای با روغن سطحی بیشتر، قابلیت خیسی کوتاهتری داشتند. این امر می‌تواند به دلیل عدم جذب آب در دیواره ریزپوشینه‌ها و کوتاه شدن زمان فرو رفتن در آب باشد. Barroso و همکاران (۲۰۱۴)، مدت زمان قابلیت خیسی ریزپوشینه‌ها روغن بذرکتان را ۶/۴ دقیقه به دست آوردند.

شاخص حلالیت در آب، قابلیت حل شدن مواد و یا ذرات پودر را در آب نشان می‌دهد. شاخص جذب آب نیز قابلیت جذب آب صمغ‌های زانتان و آلژینات را پس از قرار گرفتن در آب و جذب آب اضافی نشان می‌دهد. شاخص حلالیت در آب در تحقیق Barroso و همکاران (۲۰۱۴) بر پودر ریزپوشانی شده روغن کتان ۸۱/۸ درصد بود. همچنین در پژوهش ایشان قابلیت جذب آب پودرهای ریزپوشانی شده روغن کتان ۱/۸۲ گرم بود که بیانگر پخش شدگی بالا در آب و ظرفیت جذب آب پایین ریزپوشینه‌های تولید شده بود. در مطالعه حاضر با توجه به بالاترین مقدار شاخص حلالیت در آب که در تیمار زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد مشاهده شد، پخش شدگی بهتر ریزپوشینه‌های تهیه شده از این ترکیب دیواره را در مایعاتی همچون آب، شیر، آب میوه‌ها و سایر خوراک‌ها می‌توان انتظار داشت (Barroso *et al*., 2014).

با توجه به روشنایی پودرهای ریزپوشانی شده در این تحقیق به طور کلی مقدار بیشتر آلژینات سبب روشن شدن رنگ پودرها شد و با افزایش مقدار زانتان، روشنایی پودرها کاهش یافت. البته در شاخص روشنایی تیمار (زانتان ۰/۲۵ درصد+آلژینات ۰/۷۵ درصد) از الگوی گفته شده پیروی نکرد. مقدار پایین روشنایی این تیمار را به رغم مقدار بیشتر آلژینات نسبت به دو تیمار دارای صمغ‌های ترکیبی را شاید بتوان با روغن سطحی بیشتر آنها توجیه نمود (Drusch *et al*., 2006). روشنایی رنگ پودرهای ریزپوشانی شده با دیواره کیتوزان و ژلاتین در پژوهش Pourashouri و همکاران (۲۰۱۴) از حدود ۹۳ تا ۸۹ متغیر گزارش شد. روشنایی کمتر پودرهای تولید شده در این پژوهش می‌تواند با ترکیب دیواره، میزان روغن سطحی و شرایط خشک کردن مرتبط باشد (Pourashouri *et al*., 2014).

هدف از این پژوهش یافتن ترکیب مناسبی جهت ریزپوشانی روغن ماهی بود. بر پایه این یافته‌ها ترکیب آلژینات و زانتان به همراه مالتودکسترین می‌تواند پوشش بهتری برای روغن ماهی نسبت به استفاده آنها به تنهایی همراه با مالتودکسترین باشد. هرچند تمامی آزمایش‌ها برتری کیفی یک تیمار آزمایشی را نشان نداد اما بر پایه آزمایش‌هایی همچون اندازه ریزپوشینه‌ها، رطوبت، کارایی ریزپوشانی، چگالی، قابلیت خیسی و شاخص حلالیت در آب می‌توان امولسیون متشکل از ۰/۷۵ درصد زانتان+۰/۲۵ درصد آلژینات را تیمار بهینه این پژوهش معرفی کرد.

منابع

امیرنژاد، ح.، و حیدری کمال آبادی، ر.، ۱۳۹۴. عوامل مؤثر بر الگوی مصرف ماهی در خانوارها (مطالعه موردی: شهرستان ساری). مجله علمی شیلات ایران، ۳: ۱۷۸-۱۶۵.

دادگر، ش.، صالحی، ح.، حاجی میر رحیمی، س.د. و تیموری، م.، ۱۳۹۳. سنجش سرانه مصرف آبزیان و ارزیابی موانع و راه کارهای توسعه مصرف در استان مرکزی. مجله علمی شیلات ایران، ۴: ۲۹-۱۷.

قربانپور، آ.، نصیرپور، ع.، گلی، ا.ح. و طیبی، م.، ۱۳۹۵. ریزپوشینه کردن روغن بزرک و بررسی خصوصیات حسی و فیزیکوشیمیایی شیر غنی شده با آن. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۴: ۱۲۹-۱۳۸.

AOAC, 1997. Official methods of analysis of the AOAC. Association of the Official Analytical Chemists, Washington D.C., USA.

Aghbashlo, M., Mobli, H., Madadlou, A. and Rafiee, S., 2013. Influence of wall material and inlet drying air temperature on the

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

microencapsulation of fish oil by spray drying. Food and Bioprocess Technology, 6: 1561-1569. DOI: 10.1007/s11947-012-0796-7.

Anderson, R.A., Conway, H.F. and Peplinski, A.J., 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Science Today, 14: 11–12. DOI: 10.1002/star.19700220408.

Augustin, M.A. and Hemar, Y., 2009. Nano- and micro-structured assemblies for encapsulation of food ingredients. Chemical Society Reviews, 38: 902-912. doi: 10.1039/b801739p.

Baranauskien, R., Bylait, E., Zukauskait, J. and Venskutonis, R.P., 2007. Flavor retention of peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil spray-dried in modified starches during encapsulation and storage. Journal of Agricultural Food and Chemistry, 55(8): 3027-3036. doi: 10.1021/jf062508c.

Barroso, A.K.M., Rocha Pierucci, A.P.T., Freitas, S.P., Torres, A.G. and Miguez Rocha-Leao, M.H., 2014. Oxidative stability and sensory evaluation of microencapsulated flaxseed oil. Journal of Microencapsulation, 31(2): 193-201.
doi: 10.3109/02652048.2013.824514.

Calvo, P., Castano, A.L., Lozano, M. and Gonzalez-Gomez. D., 2012. Influence of the microencapsulation on the quality parameters and shelf-life of extra-virgin olive oil encapsulated in the presence of BHT and different capsule wall components. Food Research International, 45: 256-261.
doi: 10.1016/j.foodres.2011.10.036.

Chen, W., Wang, H., Zhang, K., Gao, F., Chen, S. and Li, D., 2016. Physicochemical properties and storage stability of microencapsulated DHA-rich oil with different wall materials. Applied Biochemistry and Biotechnology, 179(7): 1129-1142. doi: 10.1007/s12010-016-2054-3.

Icyer, N.C., Toker, O.S., Karasu, S., Tornuk, F., Kahyaoglu, T. and Arici, M., 2017. Microencapsulation of fig seed oil rich in polyunsaturated fatty acids by spray drying. Journal of Food Measurement and Characterization, 11(1): 50-57. doi: 10.1007/s11694-016-9370-8.

Drusch, S. and Schwarz, K., 2006. Microencapsulation properties of two different types of n-octenylsuccinate-derivatised starch. European Food Research and Technology, 222: 155-164. doi: 10.1007/s00217-005-0020-3.

Fernandes, R.V.B., Borges, S.V. and Botrel, D.A., 2013. Influence of spray drying operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 33: 171-178.
doi: 10.1590/S0101-20612013000500025.

Finney, J., Buffo, R. and Reineccius, G., 2002. Effects of type of atomization and processing temperatures on the physical properties and stability of spray-dried flavors. Journal of Food Science, 67**:** 1108-1114.
doi: 10.1111/j.1365-2621.2002.tb09461.x.

Jafari, S.M., He, Y. and Bhandari, B., 2007. Encapsulation of nanoparticles of d-limonene by spray drying: role of emulsifiers and emulsifying techniques. Drying Technology, 25: 1079-1089.
doi: 10.1080/07373930701396758.

Josquin, N.M., Linssen, J.P.H. and Houben,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

J.H., 2012. Quality characteristics of Dutch-style fermented sausages manufactured with partial replacement of pork back-fat with pure, pre-emulsified or encapsulated fish oil. Meat Science, 90: 81-86. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.06.001.

Klaypradit, W. and Huang, Y.W., 2008. Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. Food Science and Technology (LWT), 41: 1133-1139. doi: 10.1016/j.lwt.2007.06.014.

Lam, P.S., Sokhansanj, S.B.X., Lim, C.J., Naimi, L.J., Hoque, M., Mani, S., Womac, A.R., Ye, X.P. and Narayan, S., 2008. Bulk density of wet and dry wheat straw and switchgrass particles. Applied Engineering in Agriculture, 24: 351-358. doi:10.13031/2013.24490.

Maia, A.B.R. and Golgher, M., 1983. Parametros para avaliac¸a˜o da qualidade de reconstituic¸a˜o do leite em po´ desidratado em secador de aspersa˜o (‘‘Spray-Drier’’). Boletim SBCTA, 17: 235-254. doi: 10.1590/1981-6723.1516

Mehrad, B., Shabanpour, B., Jafari, S.M. and Pourashouri, P., 2015. Characterization of dried fish oil from Menhaden encapsulated by spray drying. AACL BIOFLUX, 8: 57-69.

Mehyar, G.F., Al-Isamil, K.M., Al-Ghizzawi, H.M. and Holley, R.A., 2014. Stability of Cardamom (*Elettaria cardamomum*) Essential Oil in Microcapsules Made of Whey Protein Isolate, Guar Gum, and Carrageenan. Journal of Food Science, 79: 1939-1949. doi: 10.1111/1750-3841.12652.

Mishra, M., 2016. Handbook of Encapsulation and Controlled Release. Taylor and Francis Group, New York, USA. 1516 p.

Mokarram, R.R., Mortazavi, S.A., Habibi, M.B. and Najafi, F.S., 2009. The influence of multi stage alginate coating on survivability of potential probiotic bacteria in simulated gastric and intestinal juice. Food Research International, 42: 1040-1045.

Oliveira, E.F., Paula, H.C. and Paula, R.C., 2014. Alginate/cashew gum nanoparticles for essential oil encapsulation. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 1(113): 146-151. doi: 10.1016/j.colsurfb.2013.08.038.

Phillips, G.O. and Williams, P.A., 2009. Handbook of Hydrocolloids. Woodhead Publishing, Cambridge, UK. 924 p.

Pourashouri, P., Shabanpour, B., Razavi, S., Jafari, S., Shabani, A. and Aubourg, S., 2014. Impact of wall materials on physicochemical properties of microencapsulated fish oil by spray drying. Food and Bioprocess Technology, doi: 7: 2354-2365. 10.1007/s11947-013-1241-2.

Ramakrishnan, S., Ferrando, M., Aceña-Muñoz, L., Mestres, M., De Lamo-Castellví, S. and Güell, C., 2014. Influence of emulsification technique and wall composition on physicochemical properties and oxidative stability of fish oil microcapsules produced by spray drying. Food and Bioprocess Technology, 7: 1959-1972. doi: 10.1007/s11947-013-1187-4.

Shaw, L.A., Mcclements, J.D. and Decker, E.A., 2007. Spray-dried multilayered emulsions as a delivery method for ω-3 fatty acids into food systems. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 3119-3112. doi: 10.1021/jf063068s.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

Soares, N.F., Martins, C.M.A. and Vicente, A.A., 2016. Food safety in the Seafood Industry. Wiley-Blackwell, New Jersey, USA. 200 p.

Soottitantawat, A., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M. and Linko P., 2003. Microencapsulation by spray drying: influence of emulsion size on the retention of volatile compounds. Journal of Food Science, 68(7): 2256–2262. doi: 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05756.x.

Waterhouse, G.I.N., Wang, W. and Sun-waterhouse, D., 2014. Stability of canola oil encapsulated by co-extrusion technology: Effect of quercetin addition to alginate shell or oil core. Food Chemistry, 142: 27-38. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.07.035.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]

Effect of different concentrations of xanthan and alginate on the quality of encapsulated fish oil

Bahramizadeh I.[1]; Rahmani Farah K.[2,3*]

*k.rahmani@urmia.ac.ir

1-Department of Fish Products Processing, Urmia Lake Research Institute, Urmia University.

2-Department of Pathology and quality control, Urmia Lake Research Institute, Urmia University.

3- Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, Urmia University.

Abstract

The aim of this study was to evaluate encapsulation efficiency of fish oil using different combinations of xanthan and sodium alginate (core-wall ratio of 1:2). Experimental treatments were consisted of xanthan 1%, Alginate 1%, xanthan 0.75% + Alginate 0.25%, xanthan 0.5% + Alginate 0.5% and xanthan 0.25% + Alginate 0.75% of the wall material. These experimental combinations of xanthan and sodium alginate were mixed with the other wall components. Afterward, the mixture were homogenized and subsequently freeze-dried to obtain encapsulated powder. Results revealed that encapsulated fish oil with xanthan 0.75% + Alginate 0.25% had the lowest particle size, moisture content and surface oil content as compared to the others ($p<0.05$). In addition, it showed the highest encapsulation efficiency, wettability and water absorption index. Treatment prepared using 1% xanthan had the lowest emulsion stability with the highest particle density which was the same as that of the treatment prepared with xanthan 0.25% + alginate 0.75%. The highest water absorption index (2.09%) was observed in the treatment containing xanthan 0.5% + alginate 0.5%. Using 1% of alginate lead to the highest lightness (75.23) for encapsulated fish oil as compared to the others ($p<0.05$). According to the results of the present investigation, the use of xanthan 0.75% + alginate 0.25% is suggested for the production of encapsulated fish oil with optimal properties.

Keywords: Encapsulated, Hydrocolloid, Encapsulation efficiency, Xanthan, Alginate

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.4.4.7]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.113931]