درون پوشانی روغن هسته انار به وسیله حامل‌های مختلف و تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن

سهیلا اکبرلو [۱]، محمد علیزاده خالدآباد [۲]، سجاد پیرسا [۳]، فروغ محترمی [۴*]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران
۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.
۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.
٤- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران،
(تاریخ دریافت: ۹٦ /۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰٦/۱۳)

چکیده

هدف اصلی از پژوهش حاضر، تعیین غلظت مناسب از صمغ عربی، سدیم کازئینات و بتاسیکلودکسترین برایدرون پوشانی روغن هسته انار بود. بدین منظور از بتاسیکلودکسترین، سدیم کازئینات و صمغ عربی بهعنوان پوشش دیواره با استفاده از طرح آماری مخلوط جهت به دام انداختن روغن هسته انار استفاده شد وسپس نمونه‌های بهینه با کمترین میزان کدورت جهت تعیین ویسکوزیته، راندمان درون پوشانی، پراکندگی نور دینامیکی(DLS)،طیف سنجی فروسرخ(FT-IR)،میکروسکوپ الکترونیکی روبشی(SEM) انتخاب گردیدند. میزان کدورت تیمارها در سطوح بالای سدیم کازئینات و همچنین در ترکیب صمغ عربی با بتاسیکلودکسترین در عدم حضور سدیم کازئینات یا مقادیر کم آن افزایش یافت. نتایج ویسکوزیته نشان داد نمونه حاوی بتاسیکلودکسترین و سدیم کازئینات در مقایسه با صمغ عربی و سدیم کازئینات ویسکوزیته بالایی داشت. بیشترین راندمان درون پوشانی در نمونه‌های حاوی سدیم کازئینات (۳۷/۱٪) و صمغ عربی (٦۲/۹٪) مشاهده شد که کمترین روغن سطحی را داشت. با توجه به نتایجDLS، اندازه قطر کپسولها با شاخص پلی دیسپرسیتی رابطه معکوس داشت که کوچکترین قطر کپسول‌ها مربوط به نمونه حاوی بتاسیکلودکسترین و سدیم کازئینات بود.مقادیر پتانسیل زتا در نمونه ٦۲/۹٪ صمغ عربی+ ۳۷/۱٪ سدیم کازئینات بالاترین بود(۲۵/۷- میلی‌ولت).نتایج FTIRتشکیلکمپلکس و ایجاد برهمکنشبینسدیم کازئینات، صمغ عربی،بتاسیکلودکسترین برای درون‌پوشانیروغن هسته انارارنشان داد.با توجه به تصاویرSEM کپسول‌های شکلگرفته به طور نامنظم و با مورفولوژی متفاوت بودند. بنابراین با توجه به نتایج حاصله مقادیر ۳۷/۱ ٪ سدیم کازئینات و ٦۲/۹ ٪ صمغ عربی برای درون پوشانی روغن هسته انار پیشنهاد می‌شود.

کلید واژگان: درون پوشانی، روغن هسته انار، FT-IR ، SEM، DLS

*مسئول مکاتبات: mohtarami.f@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

۱- مقدمه

آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که در غلظت‌های کم در مقایسه با سوبسترا به‌طور قابل ملاحظه‌ای باعث کاهش سرعت واکنش‌های اکسیداتیو با مکانیسم‌های مختلف می‌گردند. آنتی‌اکسیدان‌ها به دو فرم سنتتیک و طبیعی وجود دارند [۱]. دانشمندان و متخصصان تغذیه همواره درصدد یافتن ترکیبات طبیعی با خواص آنتی‌اکسیدانی جهت کاهش اثرات تحمیلی رادیکال‌های آزاد بر بدن می‌باشند [۲]. انار (Punica granatum L.) یکی از قدیمی ترین میوه‌های خوراکی شناخته‌شده است که دارای بالاترین غلظت از پلی فنل کل در مقایسه با سایر میوه‌های مورد مطالعه می‌باشد [۳]. هسته‌های انار بطور متوسط ۳/۷-۱٤/۳٪ از محتویات میوه راشامل می‌شوند [٤]. ترکیبات فنلی از مهم‌ترین مواد در انار بویژه بخش لیپیدی هسته می‌باشد [٦و ۵]. یکی از راه های استفاده از هسته، استخراج روغن و استفاده از آن در محصولات غذایی مختلف است. با این‌حال، اکثر روغن‌های خوراکی از نظر شیمیایی ناپایدار و حساس به تخریب اکسیداتیو هستند، به ویژه هنگامی‌که در معرض اکسیژن، نور، رطوبت و دما قرار می گیرند. لذا افزایش حلالیت، پایداری و حفاظت از ترکیبات آب‌گریز در سیستم های محلول و آبکی لازم به نظر می‌رسد [۷]. درون پوشانی[1] روش بسیاری مناسبی جهت حفظ مواد زیست فعال، ویتامین‌ها و اسیدهای چرب چند غیراشباعی است [۹و ۸] و امکان رهایش کنترل شده آنها را در روده کوچک فراهم میسازد.

درون پوشانی یک تکنولوژی جهت قرار دادن مواد مختلف مانند مایعات، جامدات و گازها درون یک پوشش هموژن یا هتروژن بعنوان ماده زمینه‌ای پیوسته برای حفاظت، تثبیت و کند کردن رهاسازی ترکیبات هسته می‌باشد. معمولاً از کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها و پروتئین‌ها برای دیواره یا کپسول استفاده می‌شود. امولسیفیه کردن، کوآسرواسیون، خشک‌کردن پاششی، سرد کردن پاششی، خشک‌کردن انجمادی، پوشش دادن به روش بستر سیال و اکستروژن از روش‌های درون پوشانی مواد غذایی هستند [۱۰]. گل محمد و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی، روغن هسته انار استخراج شده به روش پرس سرد را با استفاده از ترکیب دیواره های صمغ عربی و سدیم کازئینات به روش خشک‌کن پاششی به صورت میکرو کپسول در آوردند، نتایج نشان داد که مخلوط سدیم کازئینات و صمغ عربی دیواره‌ای مناسب برای فرایند میکروکپسوله کردن روغن با فرایند خشک‌کن پاششی بوده و ترکیبات مهم روغن طی این فرایند دستخوش تغییرات معنی‌داری نشده است [۱۱]. عزیزانباری و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی نانو کمپلکس‌های ژلان-کازئینات به‌عنوان حامل اسیدهای چرب امگا سه به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت ژلان و کاهش غلظت کازئینات اندازه ذرات کاهش و درصد درون پوشانی افزایش می یابد [۱۲].در پژوهشی Ilyasoglu و همکاران (۲۰۱٤) با بررسی شرایط اتصال روغن ماهی (منبع اسیدهای چرب EPA/DHA[2]) توسط کمپلکس‌های سدیم کازئینات و صمغ عربی، یک ترکیب پایدار با برهمکنش‌های الکترواستاتیک بهینه (pH و غلظت بیوپلیمر) به دست آوردند [۱۳]. مظلوم و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی ویژگی‌های نانو ذرات بلوبری میکروکپسوله شده توسط اینولین و بتا-سیکلودکسترین به این نتیجه رسیدند که استفاده از بتاسیکلودکسترین به تنهایی به‌عنوان پوشش دهنده منجر به کاهش قطر قطرات و افزایش روغن سطحی شد که علت آن بیش از حد کوچک بودن اندازه قطر ذرات بود [۱٤].

هدف اصلی از پژوهش حاضر بررسی اثرکاربرد نسبت‌های مختلف صمغ عربی، سدیم کازئینات و بتاسیکلودکسترینبه عنوان مواد دیواره برایدرون پوشانی روغن هسته انار در قالب طرح مخلوط بود تا اثر متغیرهای مورد مطالعه بر میزان کدورت انجام گیرد.در ادامه کار بهینه‌سازی نمونه‌ها با در نظر گرفتن کمترین میزان کدورت حاصله جهت تعیین ویسکوزیته، راندمان درون پوشانی، SEM،FT-IR وDLS انجام گرفت تا در نهایت بهترین نسبت ترکیبی از مواد دیواره با کمترین میزان کدورت و بالاترین راندمان درون‌پوشانی برای غنی‌سازی مواد غذایی معرفی شوند.

۲- مواد و روش ها

۲-۱-مواد

1. Encapsulation

2 . ایکوزا پنتانوئیک اسید/ دوکوزا هگزانوئیک اسید

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

مواد مورد استفاده در این پژوهش کازئینات سدیم (Ingredia، فرانسه)، صمغ عربی (شرکت Scharlou، اسپانیا)، بتاسیکلودکسترین (شرکت Sigma-Aldrich، آمریکا) و روغن هسته انار با حداقل ۷۶ درصد پونیسینیک اسید (شرکت نوشاد اصفهان) بود.

۲-۲-روش‌ها

۲-۲-۱-فرآیند درون پوشانی

ابتدا محلول‌هایی با نسبت مختلف از مواد دیواره(غلظت کل مواد جامد ۲۰ درصد وزنی/حجمی) شامل بتاسیکلودکسترین، صمغ عربی و سدیم کازئینات در آب مقطر مطابق با طرح آماری جدول ۱ تهیه شدند. سپس روغن هسته انار (۱۰ ٪) به تدریج به محلول‌های آماده اضافه شده و هموژنایزر اولتراسونیک (UP200Ht, Hielscher, Germany) برای هموژنه کردن نمونه ها مورد استفاده قرار گرفت. نمونه ها بعد از درون پوشانی، بوسیله خشک کن انجمادی (Dena vacuum industry, FD-5005-BT, Iran) به پودر تبدیل شده و برای آزمون های بعدی مورد ستفاده قرار گرفتند.

در ابتدا جهت تعیین نمونه بهینه، کدورت نمونه ها به عنوان تابعی از مواد دیواره اندازه گیری شده و نمونه هایی با میزان کدورت پایین به عنوان نمونه های بهینه انتخاب گردیدند. نمونه های بهینه با سطوح مورد نظر از مواد دیواره دوباره تهیه شده و آزمون های کدورت، ویسکوزیته، پتانسیل زتا، طیف سنجی فروسرخ، مورفولوژی سطح کپسول ها، راندمان درون پوشانی، قطر متوسط و توزیع اندازه ذرات بر روی نمونه های بهینه انجام گرفت.

Table 1 Formulas composition of microcapsules bymixture design

β-cyclodextrin(%)	Sodium caseinate(%)	Gum arabic (%)	Run
0	0	100	1
33.3	33.3	33.3	2
100	0	0	3
0	50	50	4
50	0	50	5
66.7	16.7	16.7	6
16.7	16.7	66.7	7
0	100	0	8
0	100	0	9
100	0	0	10
50	50	0	11
16.7	66.7	16.7	12
50	50	0	13
0	0	100	14

۲-۲-۲-اندازه‌گیری کدورت

کدورت نمونه ها با دستگاه توربیدومتر (HACH, 2100AN Turbidimeter, Germany) بر حسب واحد NTU اندازه گیری شد.

۲-۲-۳-تعیین قطر متوسط و توزیع ذرات

توزیع اندازه ذرات (PDI[3]) و قطر متوسط (Z-Average) آنها در دستگاه آنالیز کننده اندازه ذرات (Malvern instruments, Worcestershire, UK)براساس تفرق نور لیزر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد اندازه گیری شد. متوسط اندازه ذرات براساس میانگین قطر حجمی(فرمول ۱) تعیین شد:

$$D[4,3]=\frac{\sum nidi^4}{\sum ni\,di^3} \quad (۱)$$

d_i قطر ذرات D [4,3]; میانگین قطر حجمی

یکنواختی اندازه ذرات با استفاده از معادله میانگین قطر حجمی (فرمول ۲) ارزیابی گردید:

$$\text{Span}=\frac{D(90\%)-D(10\%)}{D(50\%)} \quad (2)$$

D (90%) عبارت است از قطری که حجم ذرات کوچکتر از آن،۹۰ درصد حجم کل ذرات موجود در سیستم را تشکیل میدهد. D (50%) قطری که حجم ذرات کوچکتر از آن، ۵۰ درصد حجم کل ذرات موجود در سیستم را تشکیل می دهد

3. polydispersity index

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

(قطر میانه).(10%) D قطری که حجم ذرات کوچکتر از آن،۱۰درصد حجم کل ذرات موجود در سیستم را تشکیل می دهد [۱۵].

۲-۲-٤-اندازه‌گیری پتانسیل زتا

پتانسیل زتای ذرات معلق یا محلول در یک مایع بر اساس تحرک الکتروفورتیکی آن‌ها بوده و برحسب میلی‌ولت بیان می‌شود .هدف از اندازه‌گیری پتانسیل زتا تعیین بار سطحی ذرات پراکنده در محلول‌های آبی است. پتانسیل زتای کپسول‌ها با استفاده از دستگاه زتا سایزر (Malvern Instruments, Worcestershire, UK) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. قبل از آنالیز، امولسیونها با استفاده از آب مقطر تا غلظت 0/06% رقیق شدند.

۲-۲-۵-اندازه‌گیری ویسکوزیته

ویسکوزیته نمونه ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با یک ویسکومتر بروکفیلد (LV DV-III Ultra, Ma, USA) Brookfield Engineering Laboratories Inc., مجهز به اسپیندل LV-1 با دور۶۰rpmبعد از ۳۰ ثانیه تعیین شد.

۲-۲-٦- راندمان درون پوشانی

برای محاسبه روغن درون پوشانی شده در میکرو کپسول‌ها، دو فاکتور روغن سطحی و روغن کل اندازه‌گیری شده و راندمان بر اساس فرمول ۳ محاسبه شد [۱٦].

راندمان درون پوشانی =(روغن کل − روغن سطحی)/روغن کل ×100

*روغن کل= روغن سطحی + روغن درون پوشانی شده

۲-۲-٦-۱-اندازه‌گیری روغن سطحی[4]

۱گرم نمونه با ۸ میلی‌لیتر Nهگزان در زیر هود مخلوط و به مدت ۲ دقیقه وورتکس گردید. سپس محلول با سرعت rpm ۱۰۰۰۰ به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شده و توسط کاغذ صافی (Whatman, 11cm, MN 615)، فیلتر شد. حلال موجود در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت در آون تبخیر و سپس روغن باقیمانده وزن گردید [۱۷].

۲-۲-٦-۲-اندازه‌گیری روغن کل[5]

در این روش، ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به ۰/۵ گرم پودر میکروکپسول روغن هسته انار اضافه و به مدت ۱ دقیقه ورتکس شد. محلول حاصل با ۲۵ میلی‌لیتر از هگزان/ ایزوپروپانول (۱:۳) استخراج شد سپس روغن کل با استفاده از روش ذکر شده برای روغن سطحی استخراج شد [۱٦].

۲-۲-۷-طیف‌سنجی فروسرخ(FT-IR)

آنالیز FT-IR برای مشاهده ساختار شیمیایی و کپسول‌های بهینه سازی شده انجام‌گرفت. نمونه‌ها با روش قرص سازی باKBr آماده شدند. پودر نمونه‌ها داخل یک قالب بصورت قرص کوچک با ضخامت حدود mm ۱ پرس شدند. طیف سنجی توسط اسپکتروفوتومتر(Shimadzu ir-prestige21) FT-IR با قدرت تفکیک $4cm^{-1}$ در محدوده $4000\ cm^{-1}$ تا $400\ cm^{-1}$ انجام گرفت.

۲-۲-۸-مورفولوژی سطح کپسول‌ها (SEM)

مورفولوژی سطحی ذرات و کپسول ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مشاهده شد. در این نوع میکروسکوپ، الکترون به سطح نمونه تابیده شده و منعکس می گردد. سپس توسط دتکتور جمع آوری و به فوتون نوری تبدیل می شود تا تصویر مرئی ایجاد گردد. بدین منظور نمونه‌ها با یک لایه نازک رسانای طلا پوشش داده شده و سپس مورفولوژی آنها با استفاده از یک میکروسکوپ الکترونیکی روبشی (VEGA/TESCAN-XMU) در یک ولتاژ شتاب دهنده ۱۰ تا ۲۰ کیلووات مشاهده گردید.

۲-۲-۹-طرح آزمایش و آنالیز آماری

طرح آماری مخلوط (Mixed Design)به منظور بررسی اثرات نسبت مواد دیواره (سدیم کازئینات، صمغ عربی و بتاسیکلودکسترین) بر روی کدورت استفاده شد. از آنالیز واریانس و رگرسیون برای پردازش و ارزیابی مدل‌ها استفاده گردید. سطح خطای نوع اول ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. برای آنالیز و رسم نمودارها از نرم افزار Design Expert 10 استفاده گردید.

۳-نتایج و بحث‌ها

4. Surface Oil

5. Total oil

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

۳-۱-کدورت

کدورت به عنوان تابعی از عوامل مورد مطالعه (صمغ عربی، سدیم کازئینات و بتاسیکلودکسترین) با استفاده از معادله ٤ بصورت زیر بدست آمد.

$$Y_1=8225.95*A+20570.4*B+8841.15*C-45701*A*B+23736.6*A*C-45481*B*C+101451*A*B*C \quad (٤)$$

که Y_1، A، B و C به ترتیب نشان دهنده کدورت، صمغ عربی، سدیم کازئینات و بتاسیکلودکسترین می باشند.

طبق نتایج آنالیز آماری، مدل چند جمله‌ای برازش داده شده با داده‌های آزمایشی از نظر آماری معنادار ($P<۰/۰۵$) و R^2 و adj-R^2 آن به ترتیب ۰/۹۹۸ و ۰/۹۹٤ و عدم تطابق مدل نیز غیر معنادار بود. در بین فاکتورهای مورد مطالعه اثر خطی فاکتورها و اثر برهمکنش بین آن ها یعنی A*B (صمغ عربی و سدیم کازئینات)،A*C (صمغ عربی و بتاسیکلو دکسترین)، B*C(سدیم کازئینات و بتاسیکلو دکسترین) نیز بر روی کدورت معنادار بود ($P<۰/۰۵$). همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، میزان کدورت در تیمارهای ترکیبی از صمغ عربی و بتاسیکلودکسترین در سطوح بالای سدیم کازئینات و همچنین در تیمارهایی با ترکیب صمغ عربی و بتاسیکلودکسترین در عدم حضور سدیم کازئینات یا مقادیر کم آن افزایش میابد ولی مقدار آن در تیمارهایی با مقادیر کم سدیم کازئینات همراه با بتاسیکلودکسترین و یا صمغ عربی کاهش می‌یابد. کمپلکس‌های حاصل از صمغ عربی، سدیم کازئینات وبتاسیکلودکسترین کدورت را به طور معنی‌داری افزایش داد.

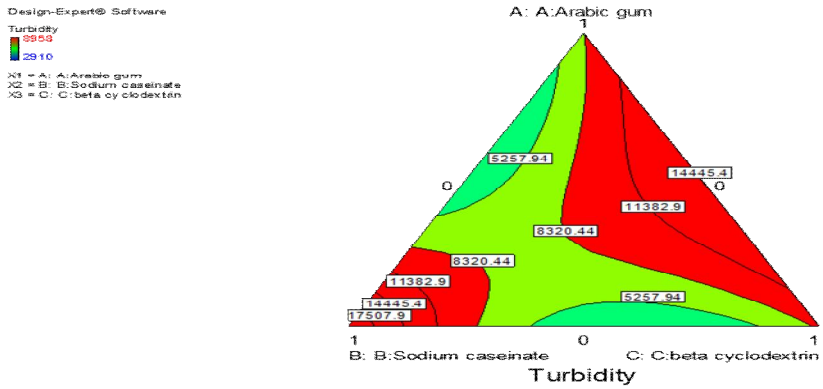


Fig 1 Contour plot effect of interaction between gum arabic, sodium caseinate and beta-cyclodextrin on the turbidity

با توجه به اینکه افزایش در میزان کدورت سیستمهای کلوئیدی حاوی کمپلکس پروتئین -پلی ساکارید، به دو عامل افزایش در اندازه ذرات و افزایش در تعداد کمپلکس‌های تشکیل شده مربوط می‌باشد [۱۲]، افزایش بار مثبت در غلظت‌های بالای کازئینات احتمالاً موجب افزایش اتصالات کازئینات با صمغ عربی و یا بتاسیکلودکسترین شده و در نتیجه موجب کاهش اتصال با آب می‌گردد و همچنین با کاهش گروه‌های با بار منفی در سطح صمغ عربی و بتاسیکلو دکسترین، ذرات به همدیگر متصل شده و اندازه ذرات افزایش یافته که در نهایت منجر به تشکیل کمپلکس نامحلول وافزایشکدورتمی‌شود [۱۸]. در نسبت ترکیبی از صمغ عربی و بتاسیکلودکسترین در عدم حضور یا مقادیر کم از سدیم کازئینات ممکن است به دلیل دافعه حاصل از تجمع بار منفی اطراف صمغ عربی و بتاسیکلودکسترین کدورت کاهش یابد. Ron و همکاران در سال ۲۰۱۰ کاهش کدورت کمپلکسپکتین- بتالاکتوگلوبولین را با افزایش غلظت پکتین گزارش نمودند [۱۹].

بهینه سازی نمونه ها با هدف تعیین نسبت مواد دیواره با کمترین میزان کدورت انجام یافت و سه نمونه (با درصد ترکیبات ٦۲/۹ صمغ عربی+۳۷/۱٪ سدیم کازئینات، ۵۰٪ صمغ عربی+۵۰٪ سدیم کازئینات، ۵۰٪ سدیم کازئینات+۵۰٪ بتاسیکلودکسترین) با تابع مطلوبیت یکبه عنوان نمونه‌های بهینه برای ادامه کار تعیین شدند. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می شود، تیمار ۳

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

(نسبت ۱ به ۱ سدیم کازئینات و بتاسیکلودکسترین) کمترین میزان کدورت را نشان می‌دهد. با افزودن بتاسیکلودکسترین به اجزاء دیواره کپسولی میزان کدورت کاهش یافت. با توجه به نتایج جدول ۲، کدورت با متوسط اندازه ذرات (Z-Average) رابطه مستقیم و با توزیع اندازه ذرات (PDI) رابطه عکس دارد.

Table 2 Encapsulation performance of pomegranate seed oil preparedfromoptimized ratiosof wall materials

Z.Potential (mV)	PDI	Z-Average (d.nm)	EE (%)	Viscosity (Pa/s)	Turbidity (NTU)	BC-D (%)	SC (%)	GA (%)	Run
-25.7	0.296	1680	73.31	29.2	3419	0	37.1	62.9	1
-18.8	0.148	2672	71.3	27.2	3449	0	50	50	2
-20.7	0.308	439	27.63	42	3348	50	50	0	3

EE: Encapsulation efficiency; BC-D: Beta- cyclodextrin; SC: Sodium caseinate; GA: Gum Arabic.

۳-۲-ویسکوزیته

با توجه به جدول ۲، ویسکوزیته با تغییر نوع و نسبت مواد دیواره تغییر می‌کند و افزایش نسبت سدیم کازئینات یا به عبارت دیگر کاهش نسبت صمغ عربی، ویسکوزیته را کاهش می دهد. درحالی‌که با تغییر نوع ماده دیواره یعنی افزودن بتاسیکلودکسترین به جای صمغ عربی افزایش چشمگیری در مقدار ویسکوزیته مشاهده می‌شود. بنابر تحقیقات پژوهشگران مختلف کاهش ویسکوزیته در تیمار ۲ را می توان چنین توجیه کرد کهدر غلظت های پایین پلی ساکاریدهای آنیونی مقادیرکافی آن برای پوشاندن ذرات کازئینی وجود نخواهد داشت و تنها بخشی از سطح کازئینت وسط پلی ساکارید آنیونی پوشانده می‌شود و زنجیره‌های آزاد آن‌ها می‌توانند با ذرات دیگرپل تشکیل دهند و نوعی انبوهش (فلاکولاسیون)که انبوهش ناشی از پل گفته می‌شود، رخ دهد که به نوبه خود می‌تواند منجر به افزایش ویسکوزیته گردد [۱۲].

۳-۳-راندمان درون پوشانی

با توجه به جدول ۲ مقادیر راندمان به‌دست‌آمده در مقادیر ثابت روغن هسته انار برای تیمار ۱ و ۲ بیشتر از تیمار ۳ بود که آن را می‌توان به توانایی امولسیفیه کنندگی صمغعربی نسبت داد [۲۰]. بطوریکه در نسبت ۳۷/۱٪ سدیمکازئینات+ ۶۲/۹٪ صمغ عربی، کارایی انکپسولاسیون در بیشترین مقدار (۷۳/۳۱ ٪) بود اما این مقدار با افزایش غلظت سدیم کازئینات نسبت به صمغ عربی به ۷۱/۱۳ ٪ کاهش یافت، این پدیده به ساختار پروتئینی کازئیناتها مربوط است که ترکیباتی با حلالیت بسیار بالا می‌باشند و با روغن موجود امولسیونی یکنواخت ایجاد می‌کنند [۱۱]. استفاده از بتاسیکلودکسترین در ترکیب با سدیم کازئینات باعث کاهش چشمگیر راندمان می‌شودکه علت این پدیده را می توان به کوچک بودن بیش از اندازه قطر ذرات بتاسیکلو دکسترین و عدم توانایی آن در جلوگیری از تراوش روغن به سطح ذرات نسبت داد [۱٤].

گل محمد و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه ای شرایط بهینه برای میکروکپسوله شدن روغن هسته انار با صمغ عربی و سدیم کازئینات به روش خشک‌کردن پاششی را مورد بررسی قرار دادند. در مقدار ثابت روغن، افزایش غلظت سدیم کازئینات منجر به کاهش راندمان میکروانکپسولاسیونشد [۱٤].

۳-٤-اندازه ذرات و پتانسیل زتا

با توجه به جدول ۲ می‌توان دریافت متوسط اندازه ذرات تحت تاثیر غلظت، نوع و نسبت مواد دیواره می باشد. اندازه ذرات میکروکپسوله تشکیل شده به‌وسیله بتاسیکلودکسترین-سدیم کازئینات نسبت به ذرات تشکیل‌شده به وسیله صمغ عربی-سدیم کازئینات کمتر بود. استفاده از بتاسیکلودکسترین به‌جای صمغ عربی در ترکیب با سدیم کازئینات منجر به تولید ذرات کوچک‌تر می‌شود که به علت ساختار نانو ذره ای آن می‌باشد [۱٤]. با کاهش نسبت صمغ عربی (تیمار ۲) به سدیم کازئینات، متوسط اندازه ذرات افزایش یافت. با توجه به اینکه خصوصیات

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

امولسیفایری صمغ عربی به وجود پروتئین در ساختار آن مربوط می باشد و لذا این بخش پروتئینی، سبب کاهش اندازه قطرات و پایداری امولسیون می‌شود [۲۱]. همچنین با توجه به وجود تعداد زیاد شاخه‌های جانبی در ساختمان صمغ عربی این ماده خاصیت امولسیفایری داشته و بااتصال کووالانسی این شاخه‌ها به قطرات روغن موجود در امولسیون ذرات کوچک‌تری را به وجود می‌آورد [۲۲].

با توجه به جدول ۲، کمترین PDI مربوط به ۵۰٪ سدیم کازئینات+ ۵۰٪ صمغ عربی با بیشترین اندازه ذرات و بالاترین PDI نیز مربوط به ۵۰٪ بتاسیکلو دکسترین+۵۰٪ سدیم کازئینات با کمترین اندازه ذرات می باشد. با افزایش غلظت سدیم کازئینات نسبت به صمغ عربی مقدار PDI کاهش می‌یابد درحالی‌که با تغییر نوع ماده دیواره به بتاسیکلودکسترین به‌جای صمغ عربی PDI افزایش می‌یابد. در پژوهشی علی پور و همکاران (۱۳۹٤) نشان دادند که کمترین PDI مربوط به نمونه ای با بیشترین نسبت پروتئین بود.

با افزایش نسبت سدیم کازئینات به صمغ عربی، بار منفی در سطح میکروکپسول ها کاهش پیدا می کند، زیرا با توجه به اینکه صمغ عربی دارای بار منفی بیشتری است با کاهش مقدار صمغ، میزان بار منفی کاهش می‌یابد [۲۳]. همچنینا جایگزینی بتاسیکلودکسترین به‌جای صمغ عربی در پوشش دیواره پتانسیل زتا کاهش می‌یابد. حسینی و همکاران (۱۳۹۲) نتایج مشابهی را در بررسی اثر صمغ دانه بالنگو شیرازی و پروتئین آب‌پنیر بر پایداری امولسیون روغن در آب گزارش کردند، در این پژوهش افزایش غلظت صمغ در غلظت های پایین پروتئین، باعث منفی‌تر شدن پتانسیل زتای امولسیون‌ها گردید اما افزایش غلظت پروتئین در امولسیون در غلظت‌های کم و زیاد صمغ به ترتیب همراه با افزایش پتانسیل زتا و کاهش آن شد [۲٤].

۳-۵-آنالیز FT-IR

عدد موجی و شدت پیوندها وگروه‌ها برای هر پلی ساکارید و پروتئینی اختصاصی است. لذا طیف سنجی فروسرخ، تشخیص گروه‌های شیمیایی اصلی در پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها و تغییر و تشکیل برهمکنش‌های جدید را میسر می‌سازد [۲۵]. در پروتئین‌ها، عدد موجی بین cm^{-1} ۱۷۰۰-۱۲۰۰مربوط به آمیدهای ۱ و ۲ و ۳ است. پلی ساکاریدها با گروه های بنیادین موجود روی پروتئین همچون NH_2 آزاد، NH، گروه های فنولی تیروزین و تیول سیستئین وارد واکنش می شود. این ترکیبات هم از نظر کمی و هم از نظر کیفی بر اساس محل برقراری پیوند بر طیف پروتئین تاثیر می‌گذارند [۲٦]. با توجه به شکل ۲ پیک‌های موجود در اعداد موجی cm^{-1} ۱۳۸۲ و cm^{-1} ۱٤۰۰ می‌تواند مربوط به آمیدها باشد. پیک مربوط به پیوند هیدروژنی در محدوده cm^{-1} ۳۵۰۰-۳۰۰۰رخ می‌دهد [۱۸]. لذا پیک طیفی در محل عدد موجی cm^{-1} ۳٤٤٤ و cm^{-1} ۳٤۰٤ مربوط به پیوند هیدروژنی است (شکل ۲). جابه جایی جزئی در محل پیوندها، می تواند نشان دهنده برهم کنش بین دو پلیمر باشد [۱۸]. پیک‌های ظاهر شده در عدد موجی cm^{-1} ۲۸٥٤ و cm^{-1} ۲۹۲٦ می‌تواند مربوط به گروه‌های عاملی C-H– اسیدهای چرب و در عدد موجی cm^{-1} ۱۷٤٥ مربوط به ارتعاشات کششی استری C=O –تری گلیسیریدها باشد [۲۷]. با توجه به طیف‌ها، میزان جذب IR در محدوده عدد موجی cm^{-1} ۳۵۰۰-۳۳۰۰ با افزایش مقدار سدیم کازئینات (شکل ۲(B)) افزایش و با جایگزینی سدیم کازئینات با بتاسیکلو دکسترین، کاهش یافت (شکل ۲(C)). درحالی‌که هیچ پیک جدید خاصی در ذرات دیده نشد. بنابراین طبق نتایج آزمون FT-IR می‌توان نتیجه گرفت که در درون‌پوشانی روغن هسته انار با بیوپلیمرهای مختلف، هیچگونه پیوند شیمیایی جدید مشخصی برقرار نشده است.بحرانی و همکاران نتایج مشابهی برای نانوانکپسولاسیون اسیدهای چرب امگا سه توسط سدیم کازئینات و پکتین گزارش کردند [۲۷].

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

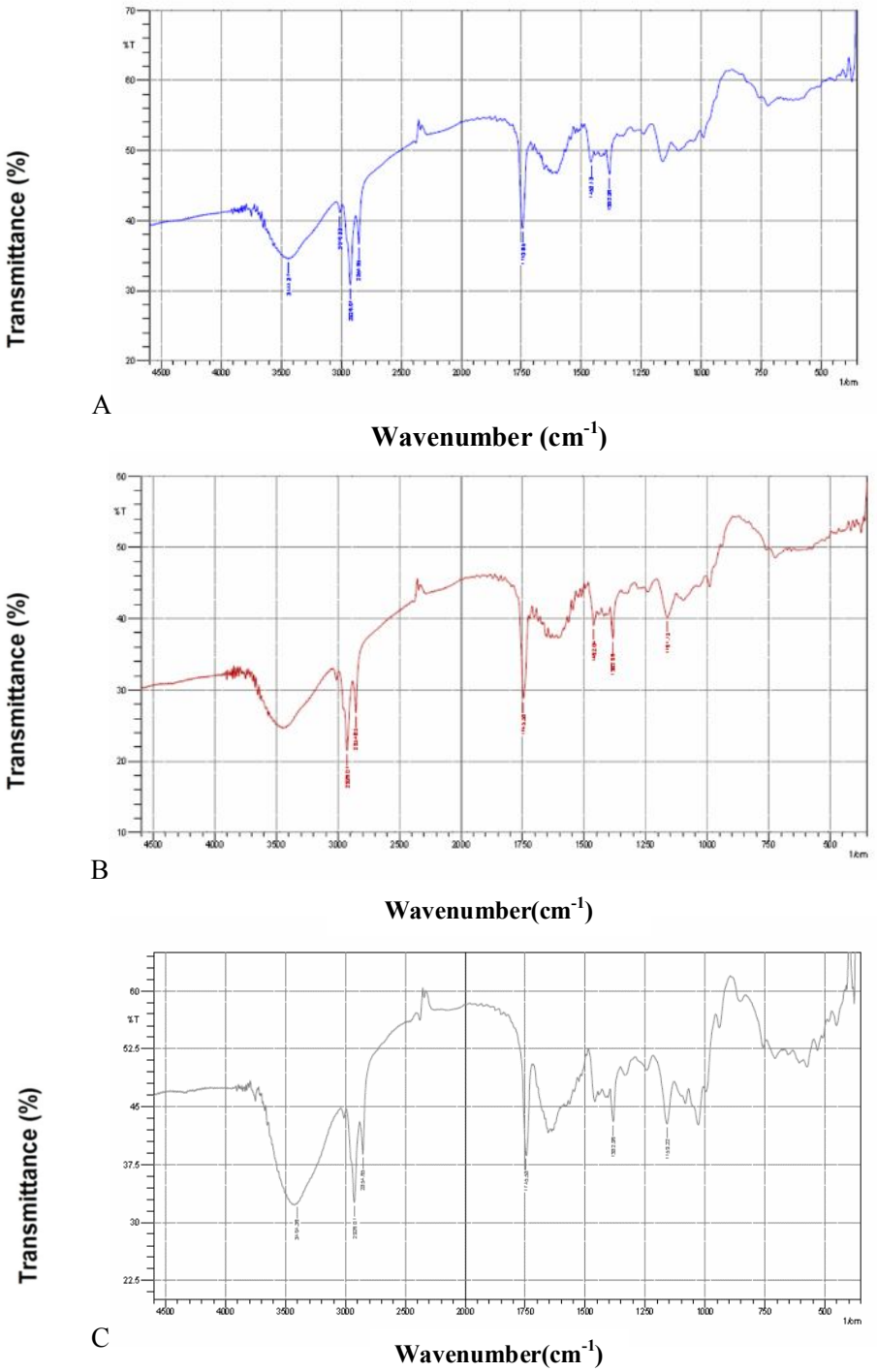


Fig 2 FT-IR spectra of: A 62.9% Arabic gum - 37.1% sodium caseinate; B 50% gum arabic - 50% sodium caseinate; C 50% sodium caseinate - 50% Beta-Cyclodextrin

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

۳-٦-آنالیز SEM

پس از خشک‌کردن انجمادی امولسیون، ذرات توسط SEM تحت بررسی قرار گرفتند. شکل ۳ (A، B و C) تصاویر میکروسکوپ الکترونیکی روبشی را برای کپسول‌های پوشیده شده با سدیم کازئینات، صمغ عربی و بتاسیکلودکسترین را نشان می‌دهد. با توجه به شکل، کپسول‌های شکل‌گرفته به‌طور نا منظم و با مورفولوژی متفاوت بودند. Ilyasoglu و همکاران (۲۰۱٤) نتایج مشابهی برای نانوانکپسولاسیون روغن ماهی توسط سدیم کازئینات و صمغ عربی ارائه نموده‌اند. آن‌ها گزارش کردند مکانیسم‌های فیزیکوشیمیایی مختلفی ممکن است مسئول تجمع قطرات پس از خشک‌کردن انجمادی باشد [۱۳].

با توجه به نتایج حاصله، شاخص پلی دیسپرسیتیبرای نمونه ۵۰٪ سدیم کازئینات+ ۵۰٪ صمغ عربی(۰/۱٤۸) کوچکتر از دو نمونه دیگر بود. که با نتایج حاصل از آزمون SEM مطابقت دارد بطوریکه یکنواختی ذرات در این کپسولها نسبت به دو نمونه دیگر بیشترین بود (شکل ۳).

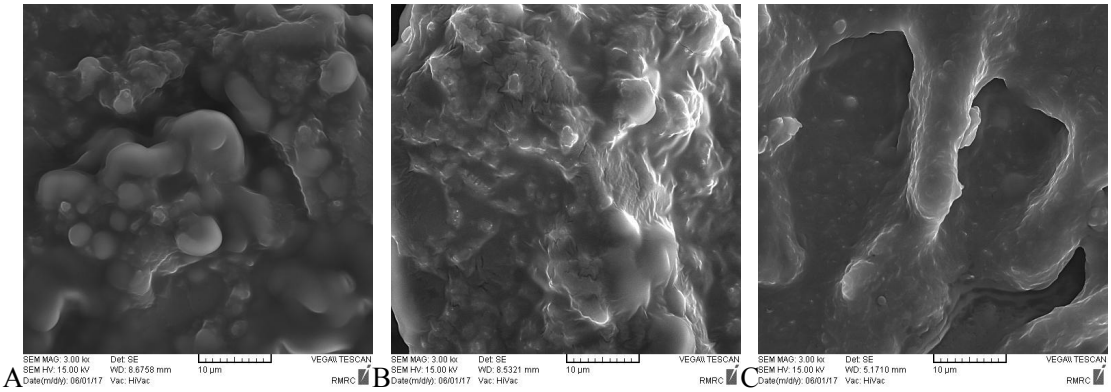


Fig 3 Scanning electron microscope image of pomegranate oil emulsion powder stabilized by; A: 62.9% Arabic gum and 37.1% sodium caseinate; B: 50% gum arabic and 50% Sodium Caseinate; C: 50% sodium caseinate and 50% beta-cyclodextrin

٤-نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه امروزه غنی‌سازی مواد غذایی از اهمیت خاصی برخوردار است، استفاده از مکمل‌های غذایی حاوی مواد آنتی‌اکسیدانی، می‌تواند بخشی از این خلأ را در صنعت غذایی برطرف نماید. در این پژوهش از بتاسیکلودکسترین، سدیم کازئینات و صمغ عربی به‌عنوان پوشش دیواره جهت انکپسولاسیون روغن هسته انار استفاده شد. با توجه به نتایج، کدورت با متوسط اندازه ذراترابطه مستقیم و با توزیع اندازه ذراترابطه عکس دارد. افزایش سدیم کازئینات و تغییر نوع ماده دیواره به بتاسیکلودکسترین به جای صمغ عربی ویسکوزیته را افزایش داد. مقادیر راندمان به‌دست‌آمده برای نمونه‌های حاوی سدیم کازئینات-صمغ عربی بیشتر از سدیم کازئینات- بتاسیکلو دکسترین بود. اندازه‌گیری‌های پتانسیل زتا نشان داد که صمغ عربی با افزایش پتانسیل منفی دور ذرات سدیم کازئینات، نقش مهمی را می‌تواند در پایداری آن‌ها ایفا کند. طیف سنجی فروسرخ تشکیل کمپلکس و ایجاد برهمکنش بین سدیم کازئینات، صمغ عربی، بتاسیکلودکسترین برای درون پوشانی روغن هسته انارارنشان داد. تصاویر SEM کپسول‌های شکل‌گرفته را به طور نامنظم و با مورفولوژی متفاوت مشخص نمود و بیشترین یکنواختی ذرات در نمونه ۵۰٪ صمغ عربی+ ۵۰٪ سدیم کازئینات مشاهده گردید.

۵-تشکر و قدردانی

از دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه بابت هماهنگی‌هایی ک هبه منظور تهیه نمونه‌ها صورت گرفت، مرکز تحقیقات کاربردی دارویی تبریز بابت انجام آنالیزDLS، از آزمایشگاه متالوژی رازی بابت انجام آنالیزSEM و از دانشکده علوم پایه دانشگاه ارومیه جهت انجام آنالیز FT-IR در اجرای این مطالعه سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

٦- منابع

[1] Maxwell, S. R. J., 1995. Prospects for the use of Antioxidant therapies. Drugs, 49(3), 345-361.

[2] Anilkumar, M., 2010. Ethnomedicinal plants as anti-inflammatory and analgesic agents. Ethnomedicine: A source of complementary therapeutics, 267-293.

[3] Fazaeli, M., Yousefi, S., and Emam-Djomeh, Z., 2013. Investigation on the effects of microwave and conventional heating methods on the phytochemicals of pomegranate (Punica granatum L.) and black mulberry juices. Food Research International, 50(2), 568-573.

[4] Eikani, M. H., Golmohammad, F.,and Homami, S. S., 2012. Extraction of pomegranate (Punica granatum L.) seed oil using superheated hexane. Food and Bioproducts Processing, 90, 32-36.

[5] Al-Maiman, S.A. and Ahmad, D., 2002. Changes in physical and chemical properties during pomegranate (Punica granatum L.) fruit maturation. Food Chem. 76, 437-441.

[6] Abbasi, H., Rezaei, K., Emamdjomeh, Z.and Ebrahimzadeh Mousavi, S. M., 2008. Effect of various extraction conditions on the phenolic contents of pomegranate seed oil. European journal lipid science and technology, 110, 435-440.

[7] Jones, O. G., Lesmes, U., Dubin, P., and McClements, D. J., 2010. Effect of polysaccharide charge on formation and properties of biopolymer nanoparticles created by heat treatment of β-lactoglobulin–pectin complexes. Food Hydrocolloids, 24(4), 374-383.

[8] Sekhon, B. S., 2010. Food nanotechnology – an overview. Nanotechnol Sci Appl, 3, 1-15.

[9] Vos, P., Faas, M. M., Strand, B. and Calafiore, R., 2006. Alginate-based microcapsules for immunoisolation of pancreatic islets. Biomat, 27, 5603–5617.

[10] Risch, S. J., 1995. Encapsulation: overview of uses and techniques. Washington, American ChemicalSociety, 1-7.

[11] Golmohammad, F., Eikani. M. H., Shokrollahzadeh. S. and sedrpoushan, A. L., 2016. Determination of Optimum Conditions for Microcapsulation of Pomegranate seed oil by spray dryer. Journal of Modern Food Science and Technology, 3(11), 25-38.

[12] Azizanbari, C., Ghanbarzadeh, B., Hamishekar, H., and Hosseini, M., 2013. Gellan-Caseinate Nanocomplexes as a Carrier of Omega-3 Fatty Acids: study of Particle size. Rheological Properties and Encapsulation Efficiency, 19-42.

[13] Ilyasoglu, H., El, S. N., 2014. Nanoencapsulation of EPA/DHA with sodium caseinate-gum arabic complex and its usage in the enrichment of fruit juice. LWT - Food Science and Technology, 56(2), 461-468.

[14] Mazloom, A., Hashemiravan, M., Farhadyar, N., and Farhadyar, F., 2012. Influence of Inulin and β-cyclodextrin on the Properties of Blueberry Nano-emulsion and its Microcapsules. Int. J. Bio-Inorg. Hybd. Nanomat, 1(2), 93-96.

[15] McClements, D. J., 2004. Protein-stabilized emulsions. Current opinion in colloid & interface science, 9(5), 305-313.

[16] Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., Decker, E. A., and McClements, D. J., 2006. Characterization of spray-dried tuna oil emulsified in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition. Food Research International, 39(4), 449-457.

[17] Hardas, N., Danviriyakul, S., Foley, J., Nawar, W., and Chinachoti, P., 2000. Accelerated stability studies of microencapsulated anhydrous milk fat. LWT-Food Science and Technology, 33, 506-513.

[18] Khoshmanzar, M., Ghanbarzadeh, B., Hamishehkar, H., Sowti., M. and Rezayi. M. R., 2012. Investigation of effective parameters on particle size, zeta potential and steady rheological properties of colloidal system based on carrageenan-caseinate nanoparticles. Journal of research and innovation in food science and technology, 255-272.

[19] Ron, N., Zimet, P., Bargarum, J., and Livney, Y. D., 2010. Beta-lactoglobulin-polysaccharide complexes as nanovehicles for hydrophobic nutraceuticals in non-fat foods and clear beverages. International Dairy Journal, 20, 686-693.

[20] Mir, A. M. M., arianfar, A., and shahidinoqhabi, M., 2015. Microencapsulation

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

of ginger oil in green tea extract using maltodextrin and modified starch. Iranian journal of food science and technology, 63-72.

[21] Dickinson, E., 2003a. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids, 17, 25-39.

[22] Randall, R. C., Phillips, G. O., and Williams, P. A., 1988. The role of the proteinaceous component on the emulsifying properties of gum Arabic. Food Hydrocolloids, 2, 131-140.

[23] Alipour, A., Koocheki, A., Kadkhodaee, R., and Varidi, M., 2015. The effect of alyssum homolocarpum seed gum-whey protein concentrate on stability of oil-in-water emulsion. Journal of Food Science and Technology, 48(12), 163-174.

[24] Hosseini, V. S., Najafi, M. N., Sani, S. A. and Kucheki, A., 2013. Effect of Balango Shirazi seed gum and Protein on the Stability of Oil Emulsion in Water. Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology, 2(2), 109-120.

[25] Sarblooki, M., 1995. Practical of Organic Chemistry. Publication of Jihad.

[26]Santinho, A. J., Pereira, N. L., de Freitas, O., and Collett, J. H., 1999. Influence of formulation on the physicochemical properties of casein microparticles. International journal of pharmaceutics, 186(2), 191-198.

[27] Bohrani, S., Ghanbarzadeh, B., Hamishehkar, H. and Khiyabani, M. S., 2013. Nanocapsulations of omega-3 fatty acids by pectin-caseinate carriers: Study of complex formation, particle size and encapsulation efficiency. Iranian journal of nutrition sciences and food technology, 8(3), 1-15.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]

Encapsulation of pomegranate seed oil by various carriers and determine its physicochemical characteristics

Akbarlou, S. [1], Alizadeh, M. [2], Pirsa, S. [3], Mohtarami, F. [4*]

1. MS Graduated in Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Urmia University.
2. Professor, Food Science and technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University
3. Associate professor, Food Science and technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University
4. Assistant professor, Food Science and technology Department, Agriculture Faculty, Urmia University

(Received: 2018/01/31 Accepted:2018/09/04)

The aim of the present study was to determine the proper concentrations ofgum arabic (GA), sodium caseinate (SC) and β-cyclodextrin (βC) for the encapsulation of pomegranate seed oil (PSO). To this end, βC, SC andGA were used as wall material for the encapsulation of PSO by mixture design and then the optimum samples with the least turbidity were selected for examining turbidity, the encapsulation efficiency, zeta potential, FT-IR and SEM. The turbidity value at high levels of SC and also in the combination of GA with βC in the absence of SC or its small amounts increased. However, the combination of low-SC with βC or GA reduced it. The results of viscosity indicated that the samples containing βC and SC had higher viscosity than the GA-SC. The highest encapsulation efficiency was related to the mixture of 37.1% SC and 62.9%GA, which had the lowest surface oil. According to the result of DLS, the diameter of capsules had inversely correlated with the polydispersity index, according to which the smallest capsule diameter was related to the mixture of βC and SC. The highest zeta potential was related to the mixture of 62.9%GA and 37.1%SC. The result of FTIR confirmed the formation of the complex and the interaction between SC, GA, βC for encapsulation of PSO. The electronic microscope indicated that the microcapsules were irregular and different in terms of morphology. Therefore, according to the results, the mixture of 37.1%SC and 62.9%GA is recommended for PSO encapsulation.

Keywords: Encapsulation, Pomegranate seed oil, FTIR, SEM, DLS

* Corresponding Author E-Mail Address: Mohtarami.f@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-03-29]