مجله علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی
دوره 22، شماره 3، پاییز 91، صفحات 205 تا 210

Original Article

تولید میکروکپسول های امگا-3 با روش کوآسرواسیون

هدیه علوی طلب

استادیار و عضو هیات علمی، دکترای تخصصی، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی تهران

چکیده

سابقه و هدف: *سه اسید چرب امگا-3 که شامل آلفا لینولنیک اسید (ALA)، ایکوزا پنتانوئیک اسید (EPA) و دوکوزا هگزانوئیک اسید (DHA) هستند در جلوگیری از بیماری‌های قلبی-عروقی نقش مهمی ایفا می‌کنند. افزودن میکروکپسول های امگا-3 به شیر و آب‌میوه به منظور غنی سازی، ضمن آنکه باعث افزایش مدت زمان ماندگاری امگا-3 می‌شود، پایداری آن را نیز در برابر اکسیژن افزایش می‌دهد.*

روش بررسی: *میکروکپسولاسیون امگا-3 روغن کپور نقره ای به روش توده‌ای شدن ترکیبی با ژلاتین و صمغ عربی انجام گرفت. اثر دورهای متفاوت هم‌زن، اثر قدرت یونی با استفاده غلظت‌های متفاوت نمک و اثر دستگاه هموژنایزر در دورهای بال بر روی شکل ظاهری و میانگین اندازه میکروکپسول ها مورد بررسی قرار گرفت.*

یافته‌ها: *میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در دورهای 100 rpm، 300 rpm، 500 rpm، 750 rpm و 1000 rpm به ترتیب برابر با 537/2±0/8µm، 84/4± 0/5µm، 12/98±0/4 µm، 8/24±0/5 µm و 4 ± 0/7 µm بود. در غلظت 0/1 مولار نمک، میانگین اندازه میکروکپسول‌ها به 3/ 3±0/2 µm رسید.*

نتیجه‌گیری: *این بررسی نشان می‌دهد که شرایط بهتر برای تهیه میکروکپسول‌ها در دور هم‌زن 1000 rpm و غلظت 0/1 مولار نمک می‌باشد . میکروکپسول‌های به دست آمده با چنین شرایطی در دورهای 15000 rpm تا 75000 rpm هموژنایزر پایدار باقی ماندند.*

واژگان کلیدی: *ژلاتین، صمغ عربی، قدرت یونی، امگا-3، توده‌ای شدن ترکیبی.*

مقدمه

تهیه میکروکپسول‌های حاوی روغن ماهی می‌تواند گامی در جهت جلوگیری از واردات امگا-3 کشور و عدم خروج ارز باشد. با توجه به نیاز مصرفی اسیدهای چرب امگا-3 در زمینه‌های غذایی و دارویی و از طرفی با توجه به وجود دو دریای بزرگ در شمال و جنوب کشور و ماهیان و آبزیان موجود در آن که می‌توانند منبع مهمی از امگا-3 باشند، اما مقادیر زیادی از باقی مانده‌های این ماهیان و آبزیان به صورت باقی مانده‌های بی استفاده باعث آلودگی محیط زیست می‌شود، همچنین چون کپور نقره‌ای با شرایط محیطی کاملاً سازگار بوده و در تمام طول مدت سال در دسترس است، بنابراین به دلیل فراوانی این گونه ماهیان، تولید امگا-3 از باقی مانده‌ها و گوشت آن نیز مقرون به صرفه است (1)، لذا بر آن شدیم که با ارائه یک تحقیق کاربردی بتوانیم یک ماده با ارزش و مورد نیاز در صنایع غذایی و دارویی تولید کنیم. نسبت ماهیان گرمابی جهت پرورش به ترتیب کپور نقره ای 60-55%، کپور معمولی 20%، کپور آمور یا علفخوار 20-15% و کپور سرگنده 10-5% در نظر گرفته شده است (2). EPA برای کنترل فعالیت‌های عروقی، کنترل فرآیندهای التهابی، کنترل فرآیندهای انعقاد خون در تنظیم مواردی مانند التهاب، درد و ورم، فشارخون و ساختمان قلب نقش کلیدی دارد (3،4). DHA نیز با شرکت در ساختار شبکیه چشم، بافت خاکستری مغز و سیستم تولید مثل باعث عملکرد صحیح

آدرس نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد پزشکی، دکتر هدیه علوی طلب
(**email**: halavi@iautmu.ac.ir)

تاریخ دریافت مقاله: 1390/1/25
تاریخ پذیرش مقاله: 1390/7/25

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-23]

آنها می‌شود (5). تکنیک میکروکپسولاسیون در صنایع غذایی و دارویی برای حفاظت از آنزیم‌ها، حفظ طعم داروی کپسوله شده و کنترل رهش به کار می‌رود. یکی از شیوه‌های آن میکروکپسولاسیون توده‌ای است. توده‌ای شدن ترکیبی بر پایه تشکیل کمپلکس بین پلیمرهای دارای بار مخالف می‌باشد. در این تکنیک، از ژلاتین و صمغ عربی استفاده می‌شود (6). فرایند میکروکپسول کردن سبب بهبود و افزایش ماندگاری مواد هسته‌ای می‌شود (7). توده‌ای شدن ترکیبی در pHهای کمتر از pH ایزوالکتریک ژلاتین معتبر است. در این pHها ژلاتین دارای بار مثبت و صمغ عربی دارای بار منفی است. ماده هسته در محلول ژلاتین یا صمغ عربی پخش می‌شود (8). بررسی Heinzelman در سال 2000 نشان داد که یک پایداری اکسیداسیونی قابل قبولی در میکروکپسولاسیون که با استفاده از روش خشک کن انجمادی (FreezeDrying) انجام می‌شود می‌تواند به دست آید (9)، در صورتی که دانشمند دیگری به نام Marquez-Ruiz در سال 1999 نشان داده بود که به طور قابل ملاحظه‌ای اکسیداسیون در روغن میکروکپسوله شده با روش انجمادی حتی در مقایسه با روغن بدون پوشش سریع‌تر اتفاق می‌افتد (10). درمقاله دیگری در سال 2007 توسط Klaypradit&Wen Huang کپسوله کردن روغن ماهی با کایتوسان (Chitosan) بررسی شد (11). کایتوسان از فرایندهای ضایعات پوسته میگو به دست می‌آید. در این آزمایش تهیه امولسیون با مواد پوشاننده‌ای مانند کایتوسان (CS)، مالتودکسترین (MD)، پروتئین پنیر (WPI) و روغن ماهی تون اپتیمایز گردید (12). نتایج پایداری و امولسیون اندازه ذرات نشان داد که برخورد مواد پوشاننده بین CS و MD بهترین ظرفیت را دارد، چون از ناپایداری امولسیون جلوگیری کرده و کوچکترین اندازه ذرات را می‌دهد (12). در مقاله دیگری در سال 2006، Stephan Drusch و همکاران روغن ماهی را با روش خشک کن پاششی با گلوکز سیروپ (Glucose syrup) و ترهالوز(Trehalose) کپسوله کردند و نشان دادند که ترهالوز قابلیت بهتری برای میکروکپسولاسیون دارد (13).

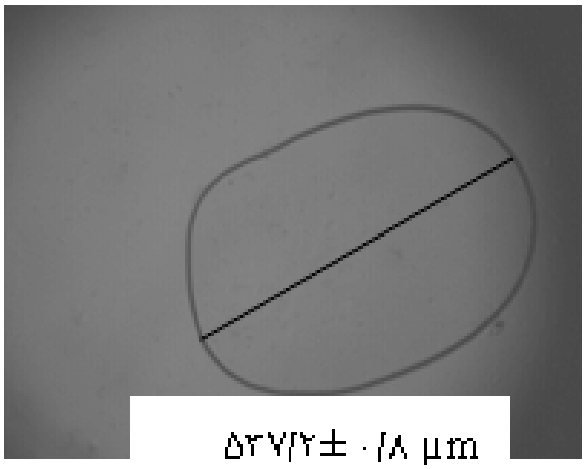
مواد و روشها

این مطالعه بر اساس نتایج آزمایشگاهی بود. ابتدا مخلوط روغن و پلی وینیل الکل(Polyvinyl alcohol, Merck) به محلول صمغ عربی و ژلاتین (Gum Arabic and Gelatin,M erck) اضافه شد. از پلی وینیل الکل به عنوان حلال و افزایش دهنده قدرت یونی استفاده شد (14). در این مرحله، pH حدود 4/5-5 (Metrohm,Japan) بود که پایین‌تر از نقطه ایزوالکتریک ژلاتین بود و بنابراین ژلاتین با بار مثبت و صمغ عربی با بار منفی توانستند تشکیل توده دهند. در حین فرایند مخلوط کردن، قدرت یونی مخلوط توسط نمک طعام (NaCl ,Merck) با غلظت‌های متفاوت 0/05، 0/1، 0/2 و 0/3 مولار تنظیم شد که بهترین میزان آن غلظت 0/1 مولار نمک بود. افزودن نمک به میزان زیاد فرایند میکروکپسولاسیون را متوقف می‌کند (15، 11). مرحله بعد مربوط به مستحکم سازی دیواره میکروکپسول‌ها بود که از گلوتارآلدئید (Gluteraldehyde,Merck) استفاده شد (7). پارامترهای تغییر داده شده در این آزمایش، دور همزن(Heidolph,Germany) 100، 300، 500، 750 و 1000 rpm و کلرید سدیم با غلظت‌های متفاوت بود. سپس مورفولوژی و میانگین اندازه میکروکپسول‌ها با میکروسکوپ نوری (Carl zeiss,Germany) و پارتیکل سایز آنالایزر (Leica DMLB,Germany) مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت پایداری میکروکپسول‌ها با استفاده از هموژنایزر (Heidolph,Silent crushers ,Taiwan) در دورهای متفاوت بررسی شد. تمام نتایج به دست آمده در این مطالعه بر اساس تعداد آزمایشات بیست تایی استوار بودند که با گرفتن میانگین و محاسبه انحراف معیار میزان تغییرات محاسبه شد. از نرم‌افزار آماری SPSS برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

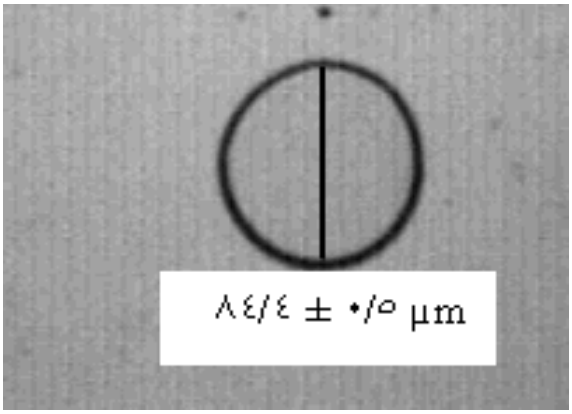
یافته‌ها

شکل ظاهری و میانگین اندازه میکروکپسول ها در دورهای متفاوت همزن از 100 rpm تا 1000rpm، بین 537/2±0/8µm (n=20) تا 4±0/7µm (n=20) متغیر بود. اندازه‌گیری ذرات توسط دستگاه پارتیکل سایزآنالایزر انجام گرفت و نتایج آن در شکل‌های 1 تا 5 نشان داده شده است. همانطور که این اشکال نشان می‌دهند، با افزایش سرعت همزن، میکروکپسول‌ها دارای اندازه‌های کوچک‌تر و محدودتری می‌شوند. سپس جهت بررسی پایداری میکروکپسول‌ها از هموژنایزر با دورهای 75000-15000 rpm استفاده شد.

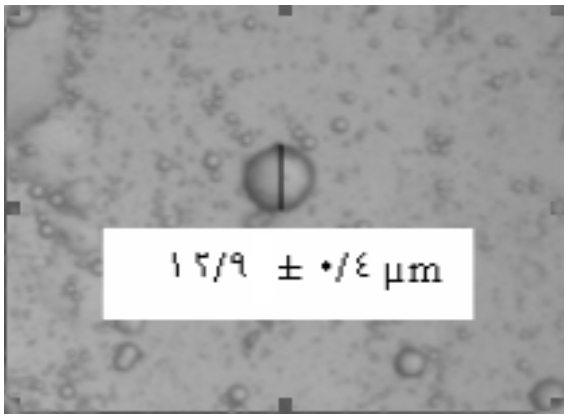
[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-23]



شکل 1- میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در 100 rpm با بزرگنمایی 30×



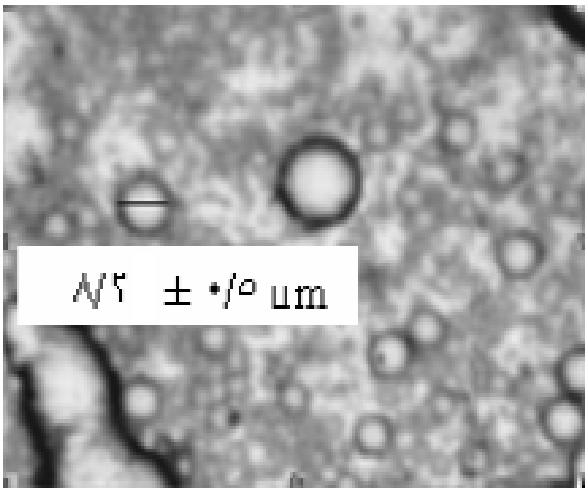
شکل 2- میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در 300 rpm با بزرگنمایی 100×



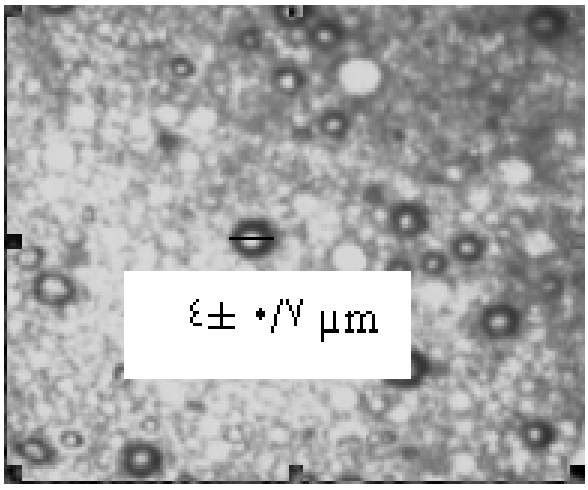
شکل 3- میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در500 rpm با بزرگنمایی 100×

بحث

همان طور که در شکل های 1 تا 5 مشخص است، افزایش سرعت هم‌زن باعث کروی‌تر شدن میکروکپسول‌ها و کوچک‌تر شدن اندازه آنها می‌شود (15، 16). گلوتارآلدئید با ایجاد شبکه تقاطعی به کوچکتر شدن اندازه میکروکپسول‌ها و کروی‌تر شدن آنها کمک مؤثری می‌نماید (7). همچنین اثر پلی وینیل الکل نیز در کوچک‌تر شدن اندازه میکروکپسول‌ها بسیار قابل توجه است.



شکل 4- میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در 750 rpm با بزرگنمایی 100×



شکل 5- میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در 1000 rpm با بزرگنمایی 100×

پلی وینیل الکل یک عامل افزایش دهنده قدرت یونی است و اثر قدرت یونی در فرآیند توده‌ای شدن ترکیبی یک اثر کلیدی و مهم است. پلی وینیل الکل به علت دارا بودن قدرت یونی زیاد استحکام محلول را بالا برده و اندازه میکروکپسول‌ها را کوچک‌تر می‌نماید. در جدول 1 با مقایسه شرایط مختلف عملیاتی در روش توده‌ای شدن ترکیبی می‌توان نتیجه گرفت که بهترین شرایط تهیه میکروکپسول در دور هم‌زن 1000rpm، همراه با پلی وینیل الکل و گلوتارآلدئید است که در این صورت شکل ظاهری میکروکپسول‌ها کروی‌تر و

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-23]

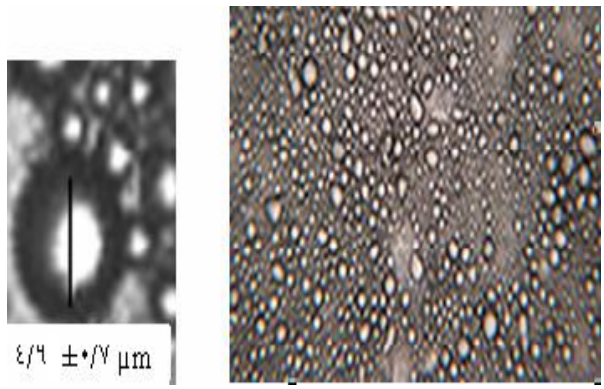
یکنواخت‌تر شده و اندازه میکروکپسول‌ها به 4±0/7µm می‌رسد. جهت کنترل اندازه نهایی میکروکپسول‌ها از نمک طعام با غلظت‌های متفاوت 0/05 مولار، 0/1 مولار، 0/2 مولار و 0/3 مولار استفاده شد.

جدول 1- مقایسه میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در شرایط مختلف عملیاتی به روش تودهٔ ی شدن ترکیبی

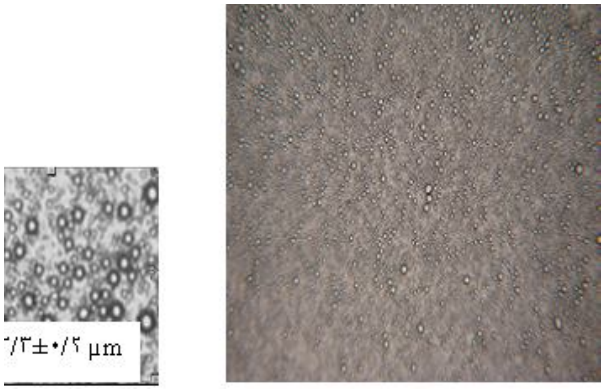
اندازه ذرات (µm)	افزودن غلظت‌های متفاوت نمک (مولار)	سرعت هم‌زن (rpm)
537/2± 0/8	-	100
84/4±0/5	-	300
12/9±0/4	-	500
8/2±0/5	-	750
4± 0/7	-	1000
4/9± 0/7	0/05	1000
3/3± 0/2	0/1	1000
4/9± 0/7	0/2	1000
6/5 ±0/5	0/3	1000

نمک طعام نیز به علت داشتن قدرت یونی بالا می‌تواند در جدایش فازی و توده‌ای شدن بهتر کمک کند و همان طور که شکل های 6 تا 9 نشان می دهد افزودن نمک با غلظت 0/1 مولار اندازه میکروکپسول‌ها را به 3/3±0/2µm کاهش می‌دهد. اما در غلظت‌های 0/05 ، 0/2 و 0/3 مولار نمک ، اندازه میکروکپسول‌ها یک مرتبه افزایش می‌یابد که نتیجه نامطلوبی است، زیرا افزودن نمک از توده‌ای شدن میکروکپسول‌ها جلوگیری می‌کند. بنابراین در بهترین شرایط، افزودن نمک با غلظت 0/1 مولار می‌باشد که اندازه میکروکپسول‌ها نسبت به قبل کاهش مطلوبی داشته و به 3/3±0/2 رسیده است. مزیت این روش نسبت به مطالعات قبلی این است که جهت انجام فرآیند میکروکپسولاسیون از روش ساده و ارزان قیمت توده‌ای شدن ترکیبی (coacervation) استفاده شد که مانند روش‌های انجمادی و خشک کن پاششی نیاز به تجهیزات خاصی ندارد. ضمن آنکه در روش انجمادی طبق مقالات موجود تخلخل‌هایی در محصول ایجاد می‌شود که اجازه می‌دهد اکسیداسیون محصول زودتر اتفاق بیفتد (17).

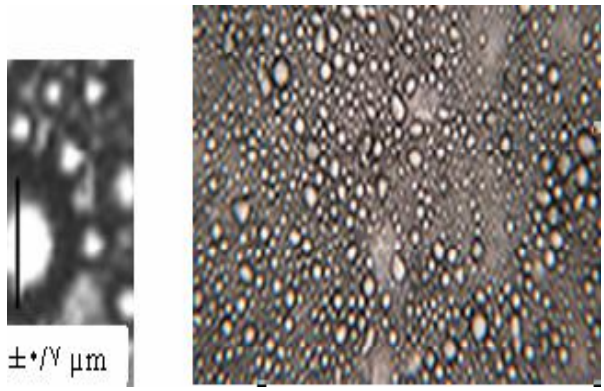
با روش کوآسرواسیون ترکیبی توانستیم میانگین قطر میکروکپسول‌ها را به 3/3±0/2 برسانیم، زیرا هرچه قطر میکروکپسول‌ها کوچکتر باشد در هنگام هموژن کردن آن با شیر و آب‌میوه جهت غنی‌سازی مواد غذایی، آسیب کمتری به جداره میکروکپسول‌ها وارد شده و از متلاشی شدن و در نهایت اکسیداسیون امگا-3 در این مواد غذایی جلوگیری می‌شود. در صورتی که در بهترین حالت میانگین اندازه ذرات با روش خشک کن پاششی در مقالات موجود بین 8-4 میکرومتر گزارش شده است (19،18).



شکل 6- مورفولوژی و میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در غلظت 0/05 مولار نمک با بزرگنمایی x 100

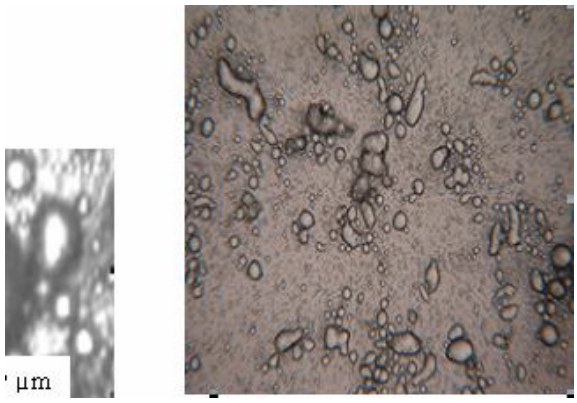


شکل 7 -مورفولوژی و میانگین اندازه میکروکپسول ها در غلظت 0/1 مولار نمک با بزرگنمایی ×100



شکل 8- مورفولوژی و میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در غلظت 0/2 مولار نمک با بزرگنمایی x 100

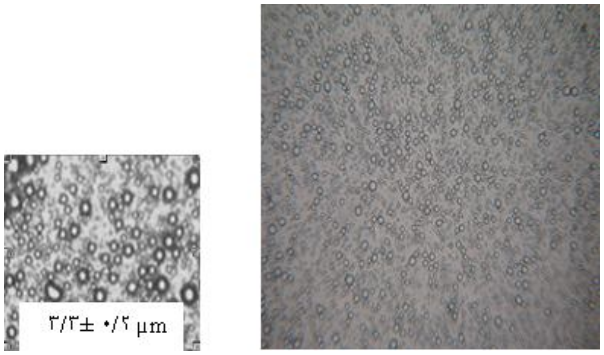
[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-23]



شکل 9- مورفولوژی و میانگین اندازه میکروکپسول‌ها در غلظت 0/3 مولار نمک با بزرگنمایی× 100

جهت بررسی پایداری و مدت زمان ماندگاری میکروکپسول‌ها از دستگاه هموژنایزر با 5 دور متفاوت **15000 rpm**، **30000rpm**، **45000rpm**، **60000 rpm** و **75000rpm** استفاده شد که همان طور که شکل 10 نشان می دهد میکروکپسول‌های تهیه شده در این شرایط، در دورهای هموژنایزر از بین نرفتند و کوچکترین اندازه خود یعنی **3/3 ±0/2µm** را حفظ کردند.

این نتایج نشان می دهد که دیواره میکروکپسول‌ها استحکام داشته و در دور هموژنایزر 75000 rpm نیز گسسته نشده و همچنان پایدار باقی مانده است. این امر نشان می‌دهد که روش انتخابی و شرایط مختلف عملیاتی تهیه میکروکپسول‌ها موفقیت آمیز بوده است و در مقیاس پایلوت و صنعتی پیشنهاد می‌گردد.



شکل 10- مورفولوژی و میانگین اندازه میکروکپسول ها در هموژنایزر با دور 15000-75000 rpm با بزرگنمایی× 100

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری‌های مؤسسه تحقیقات شیلات ایران تشکر و قدردانی می‌نماییم.

REFERENCES

1. Alizadeh M. Carp fish culture. Iranian Fisheries research Organization .1380; 2-9.[In Persian]
2. Annual Statistics of Iranian Fisheries. Planning and development office of Iranian Fisheries Organization. 2008; 1-63. [In Persian]
3. Shojaei A. Investigation of Kilka Oil for Edible Usage. Ecology of Caspian Sea. Iranian Fisheries research Organization .1378-1380; 29-38.[In Persian]
4. Rezaei SH, What is omega-3 fatty acid? Standard Journal 2001; 24: 2-5. [In Persian]
5. Szentmihályi K, Vinkler P, Lakatos B, Illés V, Then M. Rose hip (Rosa canina L.) oil obtained from waste hip seeds by different extraction methods. Bioresour Technol 2002; 82: 195-201.
6. Tajdaran R. Saffron Microencapsulation (Dissertation). Tehran: Islamic Azad University; 2007. [In Persian]
7. Drusch S, Benedetti S, Scampicchio M, Mannino S. Stabilisation of omega-3 fatty acids by microencapsulation .Focus on omega-3. Agro Food industry hi-tech 2008; 19: 31-32.
8. Abbasi S. Technology of microencapsulation and use in food industrial. Standard Journal 1997; 68: 25-30. [In Persian]
9. Heinzelmann K, Franke K. Using freezing and drying techniques of emulsions for the microencapsulation of fish oil to improve oxidation stability. Colloids Surf B Biointerfaces 1999; 12: 223-29.
10. Zuta CP, Simpson BK, Chan HM, Phillips L. Concentrating PUFA from Mackerel processing waste. JAOCS 2003; 80: 933-36.
11. Dong ZJ, Xia SQ, Hua S, Hayat K, Zhang XM, Xu SY. Optimization of cross-linking parameters during production of transglutaminase-hardened spherical multinuclear microcapsules by complex coacervation. Colloids Surf B Biointerfaces 2008; 63: 41-47.
12. Kolanowski W, Laufenberg G, Kunz B. Fish oil stabilisation by microencapsulation with modified cellulose. Int J Food Sci Nutr 2004; 55: 333-43.

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-23]

13. Drusch S, Yvonne S, Van Den Heuvel A, Schwarz K .Physicochemical characterization and oxidative stability of fish oil encapsulated in an amorphous matrix contaning trehalose. Food Res Int 2006; 39: 807-15.

14. Versic RJ. Coacervation for flavor encapsulation.J Microencapsul 2003; 14: 126-131.

15. Dong ZJ, Touré A, Jia CS, Zhang XM, Xu SY. Effect of processing parameters on the formation of spherical multinuclear microcapsules encapsulating peppermint oil by coacervation. J Microencapsul 2007; 24: 634-46.

16. Chang CP, Leung TK, Lin SM, Hsu CC. Release properties on gelatin-gum Arabic microcapsules containing camphor oil with added polystyrene. Colloids Surf B Biointerfaces 2006; 50: 136-40.

17. Priscilla V. Microencapsulation of ascorbic acid in maltodextrin and capsul using spraydrying, 2nd mrrcosur congression Chemical Engineering PanAmerican collaboration, 19-20 Sep, Rio de Janeiro, Brazil, 2005.

18. Kolanowski W, Laufenberg G, Kunz B. Fish oil stabilisation by microencapsulation with modified cellulose. Int J Food Sci Nutr 2004; 55: 333-43.

19. Zuta CP, Simpson BK. Concentrating PUFA from Mackerel processing waste. Journal American Oil Chemistry 2003; 80: 933-36.

[Downloaded from tmuj.iautmu.ac.ir on 2026-11-23]