نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۲۴ شماره ۳/ سال ۱۳۹۳

# ویژگی‌های نانو ذرات بلوبری پوشینه دار توسط اینولین و بتا-سیکلودکسترین

**آتنااالسادات مظلوم*[۱]، مهناز هاشمی روان[۲]، نازنین فرهادیار[۳] و سید حسام الدین عرفانی[۴]**

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۲۶

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا
[۲] استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا
[۳] استادیار گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا
[۴] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران
* مسئول مکاتبه: Email: atena.mazloom@yahoo.com

**چکیده**

بلوبری سرشار از آنتی‌اکسیدان و ترکیبات فنولیک اسید می‌باشد که در جلوگیری از سرطان پروستات، به تاخیر انداختن آلزایمر، جلوگیری از رشد پاتوژن‌های روده‌ای مانند *سالمونلا* و ... نقش مهمی دارد. لذا در این پژوهش، از دو ماده بتاسیکلودکسترین و اینولین به عنوان دیواره به صورت تکی و ترکیبی در نسبت های ۱۰۰،۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۰ درصد (وزنی/وزنی) و اسانس بلوبری به عنوان هسته با نسبت ۱:۵برای تولید نانوامولسیون توسط دستگاه اولتراسوند با شدت ۲۴ کیلوهرتز امواج فراصوت و مدت زمان ۱۳۰ ثانیه استفاده شد. اندازه قطر ذرات نانوامولسیون‌ها توسط دستگاه پارتیکل سایزر اندازه‌گیری و سپس در خشک‌کن پاششی خشک گردید. پودر حاصله جهت تعیین راندمان، روغن سطحی و مرفولوژی توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی در دمای ۴ °C در یخچال نگهداری شد. نتایج نشان داد سطوح مختلف مواد دیواره‌ای تفاوت کاملا معنی‌داری ($P<0/01$) با اندازه قطر ذرات، روغن سطحی و راندمان کپسولاسیون دارند. در بین تمامی نمونه‌ها، بیشترین راندمان کپسولاسیون در نمونه حاوی اینولین (۷۵٪ وزنی) و بتا-سیکلودکسترین (۲۵٪ وزنی) مشاهده که کوچکترین اندازه قطر قطرات و کمترین روغن سطحی را داشت. براساس ضریب پیرسون اندازه قطر ذرات رابطه مستقیمی با میزان روغن سطحی دارد، بطوریکه با کاهش اندازه قطر ذرات، میزان روغن سطحی نیز کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، اندازه قطر ذرات رابطه معکوسی با راندمان کپسولاسیون و نیز روغن سطحی دارد. طبق بررسی-های حاصله استفاده از اینولین به تنهایی به عنوان پوشینه منجر به افزایش راندمان کپسولاسیون می‌شود که نشان‌دهنده قدرت پوشانندگی بالاتری نسبت به بتاسیکلودکسترین در نسبت ۱:۵ می‌باشد.

**واژگان کلیدی**: اینولین، بتا-سیکلودکسترین، تمشک آبی، ریزکپسول، نانوامولسیون

Archive of SID
www.SID.ir

**مقدمه**

ریزپوشانی، تکنیک بسته‌بندی اجزا و ترکیبات حساس در داخل یک پوشش یا دیوارهاست، تا از تأثیر عوامل فیزیکوشیمیایی محیطی مصون بمانند . با استفاده از این روش ضمن جلوگیری از هدر رفتن ترکیبات فرار و حساس به شرایط محیطی، می‌توان آنها را تحت شرایط کنترل شده‌ای رها کرد . لذا ترکیبات فعال، حساس یا فرار مانند ویتامین ها، ترکیبات مولد طعم و بو، عصاره-های گیاهی، اسانس‌ها و .... می توانند با استفاده از این روش به شکل پایداری تبدیل شوند (نجفی و همکاران ۱۳۸۹). سمو و همکاران (۲۰۰۷) ویتامین $D_2$ را توسط میسل‌های کازئین به منظور غنی سازی محصولات غذایی بدون چربی یا کم چرب نانوکپسوله کردند. نتایج حاصل از آزمون محافظت این ویتامین در برابر نور ماورابنفش نشان داد که تخریب فتوشیمیایی در ویتامین $D_2$ کپسوله نشده در مقایسه با نوع کپسوله شده با کازئین خیلی سریع‌تر رخ می‌دهد. اغلب از بیوپلیمرهای مختلفی به عنوان ماده دیواره‌ای در فرآیند ریزپوشانی استفاده می‌شود، اما در صنایع غذایی آن دسته از موادی مورد استفاده قرار می‌گیرند که از لحاظ کاربرد مجاز باشند. در این پژوهش از دو ماده اینولین و بتاسیکلودکسترین به عنوان دیواره استفاده شد.

سیکلودکسترین‌ها مولکول‌های حلقوی هستند که از اتصال ۶،۷ یا ۸ مولکول گلوکز ایجاد می‌شوند که به ترتیب $\alpha$ ، $\beta$ و $\gamma$ سیکلودکسترین نامیده می‌شوند (لیرا و همکاران ۲۰۰۹). سیکلودکسترین‌ها که گاهی آن‌ها را دکسترین‌های شاردینگر، سیکلوآمیلوز یا سیکلوگلوکان هم می‌خوانند، مجموعه‌ای از الیگوساکاریدها هستند که به وسیله فرایند آمیلاز باکتری *باسیلوس ماسرانس* روی نشاسته و ترکیبات مربوط به آن تولید می‌شوند. هر سیکلودکسترین دارای یک شکل دونات مانند است که دارای حفره درونی آبگریز است در حالی که سطح خارجی آن آبدوست است. سیکلودکسترین‌ها در فرمولاسیون غذا برای محافظت یا آزادسازی طعم به کار می‌روند. آن‌ها با مولکول‌های متفاوتی از چربی‌ها گرفته تا طعم‌ها و رنگ ها تشکیل کمپلکس می‌دهند. اغلب طعم‌های طبیعی و مصنوعی، روغن‌ها یا مایعات فراری هستند و کمپلکس شدن آن‌ها با سیکلودکسترین‌ها نوعی جایگزین برای فناوری‌های معمول کپسوله کردن مورد استفاده برای محافظت طعم‌هاست. از سایر کاربردهای آن‌ها می‌توان به محافظت مواد از تخریب ناشی از میکروارگانیسم‌ها، پایدارسازی مواد حساس به نور یا اکسیژن، بهبود فعالیت شیمیایی مولکول مهمان، کاهش طعم تلخ و بوی بد در نگهداری طولانی اشاره نمود (آسترای و همکاران ۲۰۰۹).

اینولین که یکی دیگر از مواد دیواره‌ای به کار رفته در این تحقیق است که از نظر شیمیایی جز دسته فروکتان-ها و پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای طبقه بندی شده است. در ساختار شیمیایی اینولین مولکول های D-فروکتوز توسط پیوند فروکتوزیل ( ۲→۱)$\beta$ به یکدیگر متصل شده است (طباطبایی و زندی ۱۳۸۵). در بسیاری از سبزیجات، میوه‌ها و غلات مانند کنگر فرنگی، کاسنی، پیاز، سیر، موز و گندم یافت می‌شود. این الیگوساکارید از دسته فیبرهای رژیمی هضم نشدنی است که دارای خواص پری‌بیوتیکی و بیفیدوژنیکی می باشد. از مزایای کاربرد اینولین در صنعت غذا می‌توان به عدم افزایش گلوکز خون، افزایش دفعات و حجم مدفوع، تحریک بیفیدوباکتری‌های روده، بهبود جذب کلسیم، جلوگیری از فعالیت باکتری‌های بیماری‌زا (مانند *اشریشیاکلی* و *کلستریدیوم‌ها*)، جلوگیری از سرطان های سینه و روده بزرگ و... اشاره نمود (رحیمی و همکاران ۱۳۸۷). رحیمی و همکاران (۱۳۸۷) به تولید آدامس عملگر با استفاده از اسید سیتریک ریز کپسوله شده با اینولین و کازئین پرداختند. آن‌ها گزارش نمودند که آدامس‌های حاوی ریز کپسول‌های پوشش‌دار شده با اینولین از لحاظ دو ویژگی ماندگاری طعم و پس‌مزه در جایگاه نخست بوده و برای ویژگی بافت ریز

Archive of SID

www.SID.ir

کپسول‌های تجاری بیشترین امتیاز را به خود اختصاص دادند.

تمشک آبی[۱] گیاهان گلدار از خانواده *Vaccinium* و یکساله هستند که دارای انواع کوتاه بوته و بلند بوته هستند. آن‌ها یکی از میوه‌های بومی شمال آمریکا می باشند. سرشار از آنتی اکسیدان و ترکیبات فنولیک مانند فلاونوئید و فنولیک اسید و فعالیت ضد سرطانی می-باشند (یی و همکاران ۲۰۰۶). اسشمیت و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که پروآنتوسیانیدین‌های موجود در تمشک آبی می‌تواند عامل درمانی جدیدی برای مرحله اولیه سرطان پروستات یا جلوگیری از سرطان پروستات باشد. دیواری و همکاران (۲۰۰۷) نشان داده است که ترکیبات فنولیک موجود در تمشک آبی از پوکی استخوان که به علت کمبود هورمون تخمدان ایجاد می شود، و همچنین از رشد پاتوژن‌های روده‌ای مثل *سالمونلا* و *استافیلوکوکوس* جلوگیری می‌کند. مصرف تمشک آبی در به تاخیر انداختن بیماری آلزایمر نقش مهمی ایفا می‌کند (رامیئرز ۲۰۰۵).

هدف از انجام این تحقیق، نقش مواد دیواره‌ای اینولین و بتاسیکلودکسترین در بررسی قطر ذرات، راندمان کپسوله کردن، روغن سطحی، مرفولوژی ریزکپسول‌ها و اثر متقابل آن‌ها بود.

## مواد و روش ها

### مواد شیمیایی

بتاسیکلودکسترین و اینولین به عنوان مواد دیواره ای از شرکت آلدریچ آمریکا تهیه شدند. توئین ۸۰ به عنوان امولسیفایر، هگزان و ایزوپروپانول از شرکت مرک آلمان واسانس روغنی تمشک آبی به عنوان هسته از شرکت فرموتک هلند تهیه شدند. برای تهیه کلیه محلول-ها ار آب مقطر استفاده گردید.

## روش‌ها

### آماده سازی مواد دیواره‌ای

ابتدا مواد دیواره‌ای با نسبت‌های وزنی/وزنی مختلف از بتاسیکلودکسترین و اینولین ( ۱۰۰٪ ,۷۵٪، ۵۰٪، ۲۵٪، ۰٪ ) با حل شدن در آب مقطر به منظور دستیابی به ۲۰٪ وزنی ماده خشک تهیه شد و توسط همزن مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰°C همزده شدند. سپس محلول‌های تولید شده برای حداکثر جذب آب در دمای محیط به مدت ۱ شبانه روز نگهداری شدند (مظلوم و همکاران ۲۰۱۲).

### تهیه نانوامولسیون

برای این منظور نخست اسانس تمشک آبی با چند قطره توئین ۸۰ به نسبت ۱:۵ (دیواره:هسته) توزین و به محلول‌های قبلی اضافه شد. سپس توسط همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه همزده شدند. برای تولید نانوامولسیون از اولتراسوند (S-4000-010, USA) با شدت ۲۴ کیلوهرتز و به مدت ۱۳۰ ثانیه استفاده شد. همچنین قطر قطرات نانوامولسیون‌ها توسط دستگاه تحلیلگر اندازه قطر ذرات ,Stabisizr PMX200C ) (Germany اندازه‌گیری شد. pH نانوامولسیون‌ها نیز توسط pH متر اندازه‌گیری شد.

### خشک‌کردن پاششی نانوامولسیون‌ها

نانوامولسیون‌ها توسط خشک‌کن پاششی ( Buchi B – 191, Switzerland) با دمای هوای ورودی و خروجی به ترتیب ۱۲۰°C و ۶۵°C خشک گردیدند. نمونه‌های پودری به ظروف پلاستیکی مات منتقل شد و در دمای ۴°C جهت آنالیزهای بیشتر در یخچال نگهداری شد.

### بررسی خصوصیات ریزکپسول‌ها

### راندمان کپسولاسیون

برای محاسبه راندمان کپسولاسیون دو فاکتور روغن سطحی و روغن کل اندازه‌گیری می‌شود و راندمان براساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

[۱] Blueberry

Archive of SID
www.SID.ir

$$\text{راندمان کپسولاسیون} = \frac{\text{روغن سطحی} - \text{روغن کل}}{\text{روغن کل}} \times ۱۰۰$$

**اندازه‌گیری روغن سطحی**

۱گرم پودر را با ۸ میلی لیتر N- هگزان در زیر هود مخلوط نموده و به مدت ۲ دقیقه توسط همزن مغناطیسی همزده شد. سپس توسط سانتریفوژ با سرعت ۸۰۰۰ rpm به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ شده و توسط کاغذ صافی (Whatman, 11cm, MN 615)، محلول صاف شد. حلال موجود در دمای ۷۰ $^{\circ}C$ تبخیر و سپس روغن باقیمانده وزن گردید (خان محمدی و همکاران ۱۳۸۹).

**اندازه‌گیری روغن کل**

۱۰ میلی لیتر آب مقطر ۵۰ $^{\circ}C$ را با ۰/۵ گرم پودر مخلوط نموده و به مدت ۲ دقیقه توسط همزن مغناطیسی همزده شد. ایزوپروپانول و N- هگزان را به نسبت ۳:۱ به آن افزوده و به مدت ۵ دقیقه همزده شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۸۰۰۰ rpm سانتریفوژ گردید و سپس فاز آلی شفاف جدا شده و در دمای ۷۰ $^{\circ}C$ حلال آن تبخیر گردید. سپس روغن باقیمانده وزن شد (خان محمدی و همکاران ۱۳۸۹).

**بررسی‌های میکروسکوپی**

جهت بررسی مرفولوژی و اندازه نمونه‌های پودری تولید شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (مدلS360، Mv2300) ساخت کشور انگلیس استفاده شد. نخست نمونه‌ها روی پایه‌های آلومینیومی که اصطلاحا به آن استاب گفته می‌شود، با استفاده از نوار چسب قرار داده شد و سپس نمونه‌ها توسط دستگاه پوشش دهنده تحت خلا با طلا پوشش‌دهی شد که علت پوشش‌دهی با طلا، رسانا شدن آن برای گرفتن تصاویر می‌باشد. سپس از سطح خارجی نمونه‌ها با استفاده از اسکن میکروسکوپ الکترونی در ولتاژ ۱۵ کیلوولت و با بزرگنمایی‌های متفاوت تصویربرداری شد (جعفری و همکاران ۲۰۰۸).

**تجزیه و تحلیل آماری**

کلیه آزمایشات در قالب طرح کاملا تصادفی با استفاده از آزمایش فاکتوریل انجام شد. به منظور تجزیه واریانس از نرم افزار $SPSS_{19}$ استفاده گردید و برای بررسی اختلاف موجود بین میانگین‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. همچنین جهت بررسی رابطه بین صفات از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. هریک از آزمایش‌ها ۳ بار تکرار شد.

## نتایج و بحث

**تاثیر مواد دیواره‌ای روی اندازه قطر ذرات امولسیون**

بررسی اندازه قطر ذرات نشان داد که نسبت مواد دیواره‌ای تاثیر کاملا معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بر اندازه قطر ذرات داشتند (جدول ۱). استفاده از بتاسیکلودکسترین به تنهایی جهت ریزکپسوله کردن اسانس تمشک آبی منجر به تولید کوچکترین قطرات شد که به علت ساختار نانوذره آن می‌باشد، در حالی که در ترکیب با اینولین، اندازه قطر ذرات افزایش یافت (شکل ۱). تصور می‌شود که این افزایش در اندازه قطر ذرات به جهت به هم چسبیدن قطرات و یا تغییر ساختار فضایی مواد دیواره‌ای می‌باشد. از طرفی با افزایش اندازه قطر ذرات، نسبت سطح به حجم کاهش می‌یابد و بنابراین مقدار آزاد سازی ترکیبات هسته با بزرگ‌تر شدن اندازه ذرات کاهش می‌یابد.

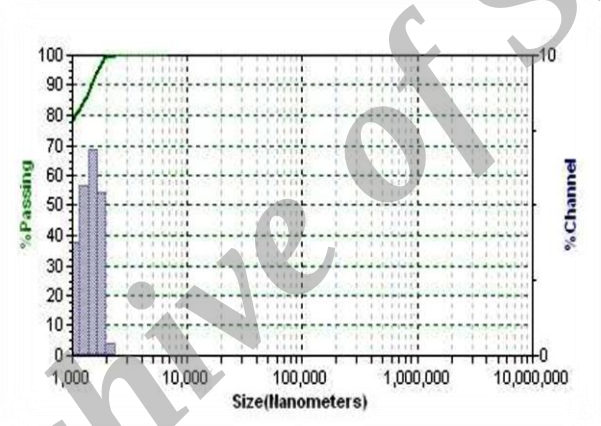
Archive of SID

www.SID.ir

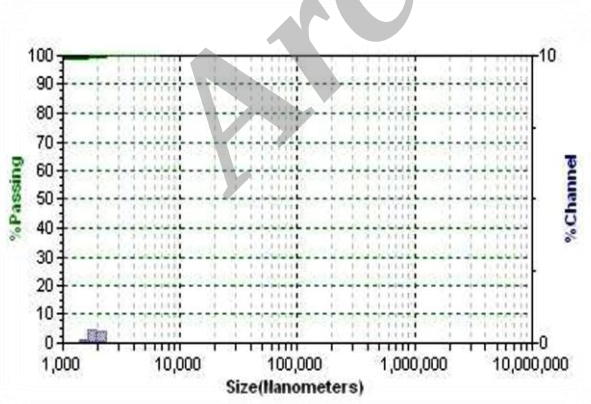
**جدول۱- تاثیر غلظت مواد دیواره‌ای بر اندازه قطر قطرات، راندمان و روغن سطحی (بر حسب انحراف معیار ± میانگین)**

| اینولین (gr) | بتا-سیکلودکسترین (gr) | اندازه قطر قطرات امولسیون (nm) | راندمان کپسولاسیون (٪) | روغن سطحی (گرم/ صدگرم پودر) |
|---|---|---|---|---|
| ۲۰ | ۰ | ۹۷/۱۲±٤/۲ [b] | ۹۹/٤٥±۰/۰٥ [a] | ۰/۰۰٤±۰/۰۰۱ [c] |
| ۰ | ۲۰ | ۸/۲۸±۰/۱۱ [d] | ۹۸/۸۲±۰/۰۳ [c] | ۰/۰۲±۰/۰۰۲ [a] |
| ۱۰ | ۱۰ | ۱۲۷/٥٤±٥/۰۸ [a] | ۹۷/۱۹±۰/۰٥ [e] | ۰/۰۱±۰/۰۰۱ [b] |
| ۵ | ۱٥ | ۷۲/۲٥±۱/۸۱ [c] | ۹۸/۷۳±۰/۰۲ [d] | ۰/۰۰٤±۰/۰۰۱ [c] |
| ۱۵ | ٥ | ۷۰/٦۳±۲/٥٥ [c] | ۹۹/۱۳±۰/۰٦ [b] | ۰/۰۰۳±۰/۰۰۱ [c] |

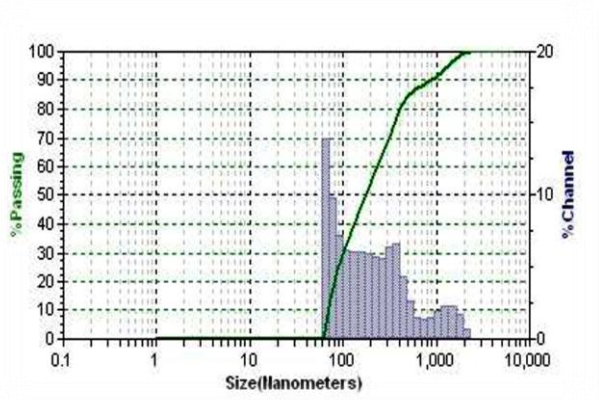
*مقادیری که در هر ستون با حرف متفاوت نشان داده شده‌اند، حداقل در سطح اطمینان ٥ درصد دارای تفاوت معنی‌داری هستند.




الف




ج




ب

**شکل ۱- اندازه قطر قطرات نانوامولسیون حاوی تمشک آبی با نسبت‌های مختلف مواد دیواره‌ای**
**الف: ۲۰٪ اینولین ب: ۱۰٪ اینولین و ۱۰٪ بتاسیکلودکسترین ج: ۲۰٪ بتاسیکلودکسترین**

Archive of SID

www.SID.ir

**تاثیر اندازه قطر ذرات روی راندمان کپسولاسیون**

براساس نتایج حاصله سطوح مختلف مواد دیواره ای اختلاف کاملا معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بر اندازه قطر ذرات نانواملسیون و میزان راندمان کپسولاسیون نشان دادند (جدول۱). نتایج نشان داد که استفاده از بتاسیکلودکسترین به تنهایی جهت ریزکپسوله کردن اسانس تمشک آبی منجر به تولید کوچکترین قطرات شد که به علت ساختار نانوذره آن می‌باشد، در حالی که در ترکیب با اینولین، اندازه قطر ذرات افزایش یافت. تصور می‌شود که این افزایش در اندازه قطر ذرات به جهت به هم چسبیدن قطرات و یا تغییر ساختار فضایی مواد دیواره‌ای می‌باشد. همچنین بین اندازه قطرات و راندمان کپسولاسیون رابطه معکوسی وجود داشت، به طوری که با افزایش اندازه قطرات املسیون، راندمان کپسولاسیون کاهش یافت (جدول۲).

کائوشیک و رز (۲۰۰۷) با بررسی‌هایی که بر روی راندمان و اندازه قطرات نمونه‌ها انجام دادند، دریافتند که به طور کلی با افزایش اندازه قطرات راندمان کپسوله کردن کاهش یافت. به طوریکه بالاترین راندمان مربوط به نمونه حاوی لیمونن کپسوله شده با صمغ عربی بود که نتایج آن‌ها با این تحقیق متشابه بود.

کلایپردیت و هوآن (۲۰۰۸) در بررسی‌هایی که بین نمونه حاوی ۲۰ گرم روغن ماهی کپسوله شده با ۱ گرم کیتوزان و ۱۰ گرم مالتودکسترین با نمونه حاوی ۲۰ گرم روغن ماهی کپسوله شده با ۱ گرم کیتوزان و ۱ گرم پروتئین آب پنیر تغلیظ شده انجام دادند، دریافتند که با افزایش قطر قطرات راندمان کپسوله کردن کاهش یافت که با نتایج این تحقیق هماهنگی داشت.

**جدول ۲- همبستگی بین صفات مورد بررسی براساس ضریب پیرسون**

| صفات مورد بررسی | اندازه قطر ذرات | روغن سطحی | راندمان کپسولاسیون |
|---|---|---|---|
| اندازه قطر ذرات | $۱^{ns}$ | $۰/۲۰۵^{*}$ | $-۰/۲۰۸^{*}$ |
| روغن سطحی | $۰/۲۰۵^{*}$ | $۱^{ns}$ | $-۰/۹٤۸^{**}$ |
| راندمان کپسولاسیون | $-۰/۲۰۸^{*}$ | $-۰/۹٤۸^{**}$ | $۱^{ns}$ |

*علامت منفی نشان همبستگی معنی‌دار منفی (یک صفت اثر معکوس بر صفت دیگر دارد) و علامت مثبت نشان همبستگی معنی‌دار مثبت (یک صفت اثر مستقیم با صفت دیگر دارد). همچنین ns فاقد تفاوت معنی‌دار، ** $p<۰/۰۱$ ، * $p<۰/۰۵$ می‌باشد.

**تاثیر اندازه قطر قطرات بر روغن سطحی**

همانطور که ذکر شد میزان روغن سطحی در نمونه‌های کپسوله شده قسمتی از روغن است که قابل استخراج با حلال‌های آلی می‌باشد. براساس جدول ۲ رابطه مستقیمی بین اندازه قطر قطرات و روغن سطحی وجود داشت. با کاهش اندازه قطر ذرات، روغن سطحی نیز کاهش یافت. بدیهی است که قطرات کوچک اسانس تمشک آبی به طور موثرتری داخل ماتریکس دیواره ریزکپسول‌ها محصور و جای داده می‌شوند و همچنین املسیون حاصله در طی فرایند خشک کردن به روش پاششی پایدارتر خواهد بود، در نتیجه راندمان کپسولاسیون افزایش یافته و مانع تراوش اسانس به سطح کپسول‌ها می‌شود. در بین نمونه‌هایی که از اینولین و بتاسیکلودکسترین به صورت ترکیبی به عنوان دیواره استفاده شده بود، نمونه حاوی ۱۵٪ وزنی اینولین و ۵٪ وزنی بتاسیکلودکسترین بالاترین راندمان را داشت. زیرا کمترین اندازه قطرات و روغن سطحی را داشت.

جعفری و همکاران (۲۰۰۸) روغن ماهی (هسته) را توسط نشاسته اصلاح شده، پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و مالتودکسترین (مواد دیواره‌ای) در نسبت ۱:۳ (به ترتیب دیواره: هسته) ریز کپسوله کردند و میزان

Archive of SID

www.SID.ir

روغن سطحی ریزکپسول‌ها را بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که اندازه قطرات امولسیون با روغن سطحی نسبت مستقیم دارد. به طوری که هر چه اندازه قطرات امولسیون کمتر شد، روغن سطحی نیز کاهش یافت. همچنین آن‌ها دریافتند که هر چه اندازه قطرات امولسیون کوچکتر باشد، راندمان کپسوله کردن بیشتر می‌شود.

دانویرییاکول و همکاران (۲۰۰۲) امولسیون‌های چربی شیر را توسط کازئینات سدیم و شربت ذرت را توسط لسیتین با خشک‌کن پاششی خشک کردند. آن‌ها رابطه بین روغن سطحی و اندازه قطرات امولسیون را بررسی کردند و دریافتند که میزان روغن سطحی با افزایش اندازه قطرات امولسیون از ۰/۵ میکرومتر (۲٪ روغن سطحی) به ۱/۲ میکرومتر (۱۳٪ روغن سطحی) افزایش یافت که علت این افزایش را ناپایداری امولسیون‌ها دانستند.

**تاثیر راندمان کپسولاسیون بر روغن سطحی**

نتایج تحقیقات نشان داد که تفاوت کاملا معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بین روغن سطحی و راندمان کپسولاسیون وجود دارد. همچنین رابطه معکوسی بین روغن سطحی و راندمان کپسولاسیون وجود داشت (جدول۲)، به طوریکه با افزایش راندمان کپسولاسیون، روغن سطحی کاهش یافت. نتایج نشان داد که روغن سطحی در نمونه حاوی اسانس ریزکپسوله شده با بتاسیکلودکسترین افزایش یافت. زیرا هر چه تشکیل پوسته آهسته‌تر و کندتر صورت گیرد، روغن سطحی افزایش می‌یابد. در حالی که در نمونه ریزکپسوله شده با اینولین، به علت تشکیل سریع پوسته روغن سطحی کمتر بود. از طرفی در نمونه‌هایی که از اینولین به تنهایی به عنوان دیواره استفاده شده بود، بالاترین راندمان مشاهده شد که حاکی از آن است که اینولین قدرت پوشانندگی بالایی دارد و از تراوش اسانس به سطح کپسول جلوگیری می‌کند.

جعفری و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر راندمان کپسوله کردن بر روغن سطحی را نیز بررسی کردند. براساس نتایج بدست آمده از تحقیق آن‌ها، راندمان کپسوله کردن رابطه معکوسی با روغن سطحی داشت. به طوری که کمترین روغن سطحی در نمونه‌های روغن ماهی کپسوله شده با نشاسته اصلاح شده بود که بالاترین راندمان کپسوله کردن را داشت. همچنین در نمونه‌هایی که از پروتئین آب پنیر تغلیظ شده جهت کپسوله کردن روغن ماهی استفاده شده بود، به دلیل تشکیل آهسته پوسته روغن سطحی افزایش یافت.

**بررسی مرفولوژی ریزکپسول‌ها**

همان طور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، هنگامی که از بتاسیکلودکسترین به تنهایی جهت ریزکپسوله کردن اسانس تمشک آبی استفاده شد، ذراتی کروی، با کمترین فرورفتگی‌های سطحی و بدون چروک خوردگی ایجاد شد. هنگامی که از اینولین به تنهایی جهت ریزکپسوله کردن اسانس استفاده شد (شکل ۲)، ذراتی با چروکیدگی و فرورفتگی‌های سطحی بیشتری در مقایسه با نمونه‌های ریزکپسوله شده با بتاسیکلودکسترین ایجاد شد. تشکیل فرورفتگی‌های سطحی در نمونه‌هایی که توسط خشک‌کن پاششی خشک می‌گردند، نه تنها به ترکیب مواد دیواره‌ای و پارامترهای خشک کردن بستگی دارد، بلکه به اندازه قطر ذرات امولسیون نیز بستگی دارد. نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان داد در نمونه‌هایی که از اینولین در ترکیب با بتاسیکلودکسترین برای ریز پوشانی اسانس تمشک آبی استفاده شد، چروکیدگی‌ها بیشتر و سطح ناهموارتر شد. به عبارت دیگر اینولین تاثیر عمیقی روی ساختار و مرفولوژی سطح پودرهای کپسوله شده داشت. همچنین لازم به ذکر است برای رسیدن به یک شکل کروی با سطح کاملا صاف می توان از موادی با جرم مولکولی پایین مانند بتاسیکلودکسترین در تهیه ماده دیواره‌ای استفاده نمود که این مواد نقش نرم کننده را ایفا می کنند و باعث

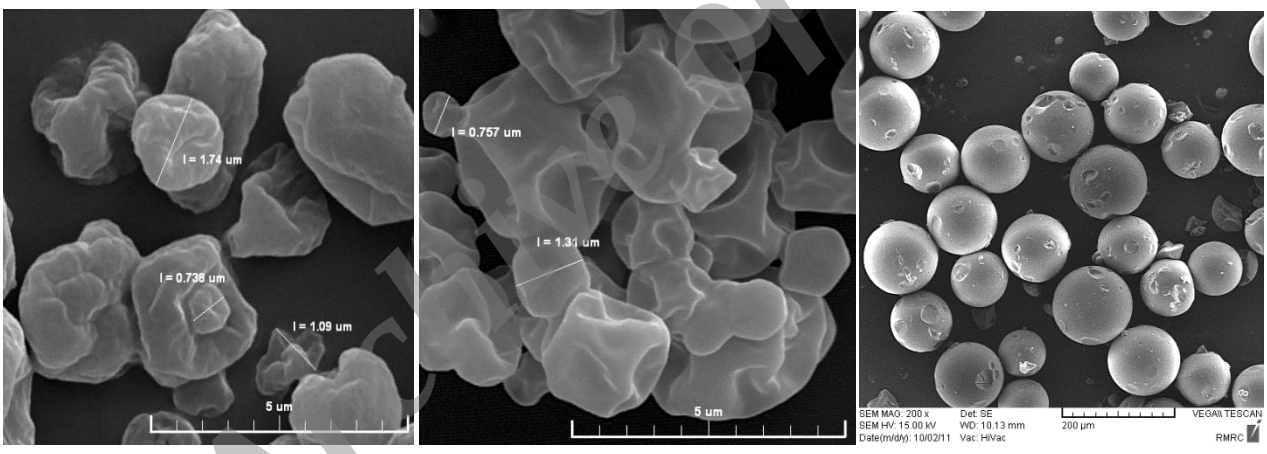
Archive of SID

www.SID.ir

جلوگیری از دندانه‌ای شدن سطح و صاف شدن سطح ذرات می شوند. همچنین فرورفتگی‌ها ارتباط مستقیمی با اندازه امولسیون‌ها دارد، به طوریکه هر چه اندازه قطرات امولسیون کاهش یافت فرورفتگی‌ها نیز کاهش یافت. به عنوان مثال در شکل ۲نمونه حاوی ٤٪ وزنی اسانس تمشک آبی که توسط ۲۰٪ وزنی بتاسیکلودکسترین کپسوله شده، نشان داده شده است. این نمونه کوچکترین اندازه قطره در حدود ۸/۲۸ نانومتر و کمترین فرورفتگی را داشت.

نتایج نشان داد که پوسته در ریزکپسوله‌های حاوی اینولین ، سریع‌تر تشکیل شده که این امر با مقادیر کمتر روغن سطحی موجود در این ریزکپسوله‌ها در مقایسه با نمونه حاوی بتاسیکلودکسترین (۲۰٪) هماهنگی داشت. وجود مقادیر کمتر روغن سطحی نشان دهنده این است که فرصت کمتری برای قطرات اسانس تمشک آبی به عنوان هسته وجود دارد که به سطح ذرات حرکت نمایند، در حالیکه در تیمارهای حاوی بتاسیکلودکسترین تشکیل پوسته کندتر است که نشان دهنده این است که قطرات اسانس بیشتری می‌توانند به سمت سطح حرکت نمایند.

با توجه به تصاویر میکروسکوپ الکترونی، افزایش اندازه نمونه‌ها بعد از خشک کردن به روش پاششی دلایل مختلفی دارد که می توان به اندازه نازل خشک‌کن پاششی، کاهش پایداری امولسیون‌ها در طی خشک کردن به روش پاششی و نوع مواد دیواره‌ای اشاره نمود که نیازمند بررسی‌های بیشتری می‌باشد.




ج ب الف

**شکل۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی ریزکپسول‌های حاوی اسانس تمشک آبی**
**الف : ۲۰٪ بتاسیکلودکسترین ب: ۲۰٪ اینولین ج: ۱۰٪ اینولین و ۱۰٪ بتاسیکلودکسترین**

## نتیجه‌گیری

به طور خلاصه، براساس نتایج این تحقیق استفاده از اینولین (۱۰۰٪) به عنوان ماده دیواره‌ای منجر به افزایش راندمان ریزکپسوله کردن در نسبت ۱:۵ شد که حاکی از آن است که در مقایسه با بتاسیکلودکسترین قدرت پوشانندگی بالایی دارد و از تراوش اسانس به سطح کپسول جلوگیری می‌کند. درست است که استفاده از بتاسیکلودکسترین تنها به عنوان پوشش‌دهنده منجر به کاهش اندازه قطر قطرات و تشکیل پوسته‌ای با سطحی صاف و بدون چروکیدگی شد اما روغن سطحی را افزایش داد که این نشان دهنده این است که نمی تواند به خوبی اینولین از تراوش اسانس به سطح جلوگیری کند و احتمال می‌رود که علت آن بیش از حد کوچک بودن اندازه قطر ذرات می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

**منابع مورد استفاده**

اخوان طباطبایی س ح و زندی پ، ۱۳۸۵، بررسی ارزش تغذیه‌ای، خواص تکنولوژی و کاربرد اینولین در صنایع غذایی، مقاله‌های کلیدی شانزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی، دانشگاه مشهد، ۱۲ – ۱.

خان محمدی ف، رضوی زاده ب م و عزیزی س ن، ۱۳۸۹، تهیه نانوامولسیون و کپسوله کردن روغن سبوس برنج، مقاله‌های کلیدی دومین همایش ملی نانو مواد و نانوتکنولوژی، دانشگاه تهران، ٤٤ – ۳۷.

رحیمی س، عباسی س و عزیزی تبریززاد م ح، ۱۳۸۷، تولید آدامس عملگر توسط اسیدسیتریک ریزکپسوله شده با اینولین، مقله‌های کلیدی هجدهمین کنگره صنایع غذایی، دانشگاه مشهد، ۲۰ – ۱۵.

نجف نجفی م، مرتضوی س ع، کدخدایی ر و طباطبایی ف، ۱۳۸۹، بررسی تاثیر برهم کنش Hi-Cap 100 وTween 80 بر خصوصیات امولسیون روغن هل در آب و میکروکپسول تهیه شده از آن، نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ششم، شماره٤، ۲٥٤ – ۲٦۲.

Astray G, Gonzalez-Barreiro C, Mejuto JC, Rial-Otero R and Simal-Gandara J, 2009. A review on the use of cyclodextrins in food. Journal of Food Hydrocolloids 23: 1631–1640.

Danviriyakul S, McClements D J, Decker E, Nawar WW and Chinachoti P, 2002. Physical stability of spray-dried milk fat emulsion as affected by emulsifiers and processing conditions. Journal of Food Science 67: 2183–2189.

Devareddy L, Hooshmand S, Collins Jk, Lucas EA, Chai SC and Arjmandi BH, 2007. Blueberry prevents bone loss in ovariectomized rat model of postmenopausal osteoporosis. Journal of Nutritional Biochemistry 19: 694–699.

Jafari S M, Assadpoor E, Bhandari B and He Y, 2008. Nano-particle encapsulation of fish oil by spray drying. Journal of Food Research International 41: 172–183.

Kaushik V and Roos Y H, 2007. Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic sucrose-gelatin systems. Journal of Food Science and Technology 40: 1381–1391.

Klaypradit W and Huang Y W, 2008. Fish oil encapsulation with chitosan using ultrasonic atomizer. Journal of Food Science and Technology 41: 1133–1139.

Lira CB, Ferraz MS, da Silva VC, Cortes ME, Teixeira KI and Caetona NP, 2009. Inclusion complex of usnic acid with β-cyclodextrin:characterization and nanoencapsulation into liposomes. Journal of Inclusion Phenomena Macrocyclic Chemistry 64: 215–224.

Mazloom AS, Hashemiravan M, farhadyar N and Farhadyar F, 2012. Influence of Inulin and β-cyclodextrin on the Properties of Blueberry Nano-emulsion and its Microcapsules. International Journal of Bio Inorganic Hybrid Nanomaterial 2:93 –96.

Ramierz MR, 2005. Effect of daily fruit ingestion on angiotensin converting enzyme activity, blood pressure, and oxidative stress inchronic smokers. Journal of Free Radic Research 39: 1241–1248.

Schmidt BM, Erdman J and Lila MA, 2005. Differential effects of blueberry proanthocyanidins on androgen Sensitive and insensitive human Prostate cancer cell lines. Journal of Cancer Letters 231: 240–246.

Semo E, Kesselman E, Danino D and Livney YD, 2007. Casein micelle as a natural nano-capsular vehicle for nutraceuticals. Journal of Food Hydrocolloids 21: 936–942.

Yi W, Akoh C, Fischer J and Krewer G, 2006. Effects of phenolic compounds in blueberries and muscadine Grapes on HepG2 cell viability and apoptosis. Journal of Food Research International 39: 628–638.

Archive of SID

www.SID.ir

# Properties of blueberry nanoparticle encapsulation by inulin and β cyclodextrin

**A S Mazloom[*1], MHashemiravan[2], N Farhadyar[3] and S Hesameddin Erfani[4]**

Received: October 30, 2013 Accepted: April 15, 2014

[1]MSc Graduated Student. Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
[2]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Chemistry, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
[4]MSc Graduated Student. Department of Food Science and Technology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[*]Corresponding author: E mail: atena.mazloom@yahoo.com

## Abstract

Blueberries are full of antioxidants and phenolic acid compounds that play an important role to prevent cancer, delay Alzheimer, and prevent the growth of pathogens such as *salmonella*. In this study, inulin and β-cyclodextrin were used as wall materials at 5 ratios (100, 75, 50, 25, 0 w/w) and blueberry as core at a ratio of 1:5 to produce nanoemulsion by ultrasound with 24 KHz ultrasound intensity for 130 seconds. Nanoemulsion diameter were measured by particle sizer and then dried through spray dryer. Dried powder was stored at 4˚C in refrigerator for determining encapsulation efficiency, surface oil content and morphology properties of encapsulated powders by scanning electron microscope. The results showed that different ratios of wall materials had very significant difference ($P<0.01$) with emulsion droplet size, surface oil content and encapsulation efficiency. Among all of samples, sample containing 75% of inulin and 25% of β-cyclodextrin had the highest encapsulation efficiency. Because, it had the smallest emulsion droplet size and least surface oil content. Based on Pearson's value, there is a direct relation between emulsion droplet size and surface blueberry content; on the other hand, there is a reverse relation between the surface blueberry content and encapsulation efficiency with emulsion droplet size. Based on results, Inulin had the best covering power compared with β-cyclodextrin at a ratio of 1:5 and prevented from leaking core material to surface of capsules more and more.

**Keywords:** Blueberry, β-cyclodextrin, Inulin, Microcapsule, Nanoemulsion

Archive of SID

www.SID.ir