

(مقاله کوتاه پژوهشی)

## ریزپوشانی آستاگزانتین با روش توده‌ای شدن مرکب ژلاتین و صمغ عربی

آرینا احمدی<sup>۱</sup>، نادر حبیبی<sup>۲\*</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

## چکیده

توده‌ای شدن مرکب روشی است که به منظور ریزپوشانی ترکیبات زیست فعال در صنعت غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد. آستاگزانتین جزء کاروتنوئیدها می‌باشد و تأثیر زیادی روی سلامتی انسان دارد. هدف این پژوهش تولید آستاگزانتین ریزپوشانی شده با صمغ عربی و ژلاتین به روش توده‌ای شدن مرکب و بررسی مورفولوژی ریزکپسول‌ها توسط میکروسکوپ نوری، بازده، ظرفیت بارگیری و پایداری آنها در تیمار حرارتی با محاسبه درصد ماندگاری در دماهای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سلسیوس در زمان‌های ۳، ۹ و ۱۵ دقیقه بود. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. محلول روغنی آستاگزانتین با غلظت‌های متفاوت (۰/۷۵ و ۱/۵ درصد) با ژلاتین و صمغ عربی به نسبت مساوی ریزپوشانی شد. نتایج نشان داد ریزکپسول‌ها کروی، مات و غیرشفاف بودند. از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد آستاگزانتین از لحاظ زمان و درجه حرارت‌های مختلف بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد مشاهده شد. افزایش غلظت آستاگزانتین از ۰/۷۵ به ۱/۵ درصد، باعث افزایش مقدار ماده خشک سوسپانسیون ریزکپسول و کاهش معنی‌دار ( $P < 0.05$ ) ظرفیت بارگیری از ۳۰/۳۱ به ۱۹/۷۶ درصد شد، به همین ترتیب بازده ریزپوشانی از ۵۴/۶۴ به ۷۱/۱۳ درصد افزایش معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) پیدا کرد. درصد نرخ ماندگاری ریزکپسول‌ها با افزایش دمای تیمار حرارتی از ۵۰ به ۹۰ درجه سلسیوس در طی زمان ۳ الی ۱۵ دقیقه و همچنین در دمای معین کاهش یافت. بهترین تیمار برای ریزپوشانی غلظت ۱/۵ درصد آستاگزانتین بود.

واژه‌های کلیدی: ریزپوشانی، آستاگزانتین، توده‌ای شدن مرکب، پایداری.

## ۱- مقدمه

ریزپوشانی<sup>۱</sup> به عنوان تکنولوژی محصور کردن ترکیبات جامد، مایع و یا گاز در کپسول های کوچک و درزبندی شده تعریف می شود که می تواند محتوای کپسول را با سرعت کنترل شده و تحت شرایط خاص آزاد کند. ماده پوشش دهنده، دیواره<sup>۲</sup>، ماده دیواره<sup>۳</sup> یا حامل<sup>۴</sup> نامیده می شود و ماده ای که ریزپوشانی می شود ماده هسته<sup>۵</sup> یا فعال<sup>۶</sup> نامیده می شود (۷). تکنولوژی ریزپوشانی کردن در صنایع داروسازی، شیمیایی، آرایشی و غذایی کاربرد دارد. از اهداف ریزپوشانی کردن می توان به حفظ ترکیبات فعال در برابر تخریب شیمیایی (اکسیداسیون)، تخریب فیزیکی (ته نشینی و کریستالیزاسیون)، اکسیژن، نور، رطوبت، دما و تغییرات یونی نام برد. آزادسازی کنترل شده ترکیبات و یا آزادسازی تحت شرایط خاص مانند در حین عمل خوردن و یا هضم از اهداف دیگر ریزپوشینه دار کردن می باشد (۱۵). پوشینه دار کردن مواد هسته می تواند مواد هسته را در برابر رطوبت، گرما و دیگر تنش های شدید محیطی محافظت کند، بنابراین پایداری آن ها را افزایش می دهد و دستیابی زیستی آن ها را حفظ می کند. پوشینه دار کردن به عنوان یک مانع مؤثر تأثیرات نامطلوب روی رنگ، طعم، بافت، خواص حسی و ویژگی های محصول نهایی عمل کرده است (۱۷). پوشینه دار کردن یک ابزار مفید برای رهایش مولکول های زیست فعال از جمله: آنتی اکسیدان ها، مواد معدنی، ویتامین ها و فیتواسترول ها و سلول های زنده (به طور مثال پروبیوتیک ها) در یک مکان مطلوب و در یک زمان مناسب (۲۷ و ۷). بعضی از ترکیباتی که در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرند نامطلوب می باشند و نیاز به پوشش دهی دارند قبل از اینکه طعم و مزه آن ها در دهان حس شود. مثال هایی از این ترکیبات شامل پلی فتول ها، ویتامین ها و مواد معدنی است که این ترکیبات خواص تغذیه ای محصولات غذایی

را بهبود می بخشند (۱۷). هیدروکلوئیدهای مختلفی در فرایند پوشینه دار کردن با توده های کمپلکس استفاده شده اند. در میان پلی کاتیون ها، ژلاتین (به ویژه نوع A) بیشترین کاربرد را داشته است؛ که به علت در دسترس بودن و قیمت پایین آن است و نیز ساختار ژلی در حین سرد کردن تشکیل می دهد که به موجب آن یک پوشش کپسول نارس ایجاد می شود. در میان پلی آنیون ها نیز صمغ عربی (دارای گروه کربوکسیل) بیشترین کاربرد را داشته است که احتمالاً به دلیل حلالیت بالا، گرانی پایین آن در غلظت های بالا، قابلیت امولسیون کنندگی و پایدار کننده خوب امولسیون و خصوصیات فیلمی مطلوب آن است. بنابراین سیستم ژلاتین- صمغ عربی به طور وسیعی برای ریزپوشانی کردن استفاده شده است (۳). پوشینه دار کردن در توده های مرکب زیست بسپار هانسبت به بسیاری از روشهای ریزپوشانی کردن دیگر، دارای بازده ریزپوشانی<sup>۷</sup> و ظرفیت بارگیری بالاتر است و میزان مواد هسته پوشینه دار نشده در سطح ریز کپسول های تولید شده با این روش، کمتر است؛ در نتیجه ریز کپسول ها پایداری بیشتری دارند (۲۱). آستاگزانتین یک کاروتنوئید نارنجی مایل به قرمز گرانوفیلی است که در میکروارگانسیم های مختلف و در حیوانات دریایی یافت می شود. یک مولکول غیر اشباع با خواص آنتی اکسیدانی بسیار قوی است که فعالیت بیولوژیکی قوی تر از سایر کاروتنوئیدها دارد (۲۰). به دلیل غیر اشباعیت به راحتی در طی فرآیندهای حرارتی یا اکسیداتیو در هنگام تولید و انبارداری تخریب می شود. استفاده از آستاگزانتین به عنوان رنگدانه مواد غذایی در خوراکی دام و ماهی معجز اعلام شده است (۱۸). مصرف آستاگزانتین از خطر ابتلا به انواع بیماری ها و اختلالات در انسان و حیوانات جلوگیری می کند (۱۴ و ۱۲). هم چنین فعالیت های بیولوژیکی مختلفی از جمله، اثرات ضد التهابی، آنتی اکسیدانی و ضد سرطانی را نشان می دهد و دفع کننده رادیکال های آزاد و اکسیژن های فعال، مکمل غذایی و رنگ دهنده طبیعی می باشد و به مصارف درمانی آن توجه فراوانی شده است و آن را سوپر

- 1- Microencapsulation
- 2- Shell
- 3- Wall Material
- 4- Carrier
- 5- Core Material
- 6- Active Agent



معادله شماره (۱)

$$\% \text{تخریب آستاگزانتین} = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100$$

در این رابطه

$C_0$  غلظت آستاگزانتین در ریزکپسول بعد از تولید

$C$  غلظت آن در حین انبارداری تحت شرایط مختلف

۲-۲-۴- تعیین نرخ ماندگاری<sup>۱</sup>

نرخ ماندگاری از معادله شماره ۲ محاسبه شد (۲۵).

معادله شماره

$$\% \text{نرخ ماندگاری} = \frac{C_a}{C_b} \times 100$$

در این رابطه

$C_a$  غلظت میکروکپسول بعد از نگهداری

$C_b$  غلظت میکروکپسول قبل از نگهداری

۲-۲-۵- محاسبه بازده ریز پوشانی و ظرفیت بارگیری

ریز کپسول ها

۱۰ گرم از سوسپانسیون ریز کپسول به نسبت ۱ به ۵ با پترول اتر به مدت ۱۵ دقیقه همزده شد، به منظور به حداقل رساندن روغن آزاد روی میکروکپسول ها، دوبار به نسبت ۱ به ۱۰ به مدت ۱۵ دقیقه با هگزان در یک فلاسک در بسته همزده شد؛ میکروکپسول ها با کاغذ واتمن شماره ۴۲ جدا و حلال باقیمانده روی آن ها در آون تحت خلاء در دمای ۲۵°C جدا شد. روغن پوشینه دار نشده بعد از تبخیر دی کلرومتان به روش

وزن سنجی در سه تکرار اندازه گیری شد. بازده ریز پوشانی و بار مفید ریز کپسول بر اساس معادله شماره ۳ و ۴ محاسبه شد:

معادله شماره ۳

$$\% \text{بازده ریز پوشانی} = \frac{a}{b} \times 100$$

معادله شماره ۴

$$\% \text{ظرفیت بارگیری} = \frac{a}{c} \times 100$$

در این رابطه  $a$  میزان آستاگزانتین پوشینه دار شده،  $b$  کل آستاگزانتین مورد استفاده و  $c$  وزن خشک سوسپانسیون ریز کپسول است؛  $a$ ،  $b$  و  $c$  بر حسب گرم است (۲۵).

۲-۲-۶- اثر تیمار حرارتی بر پایداری

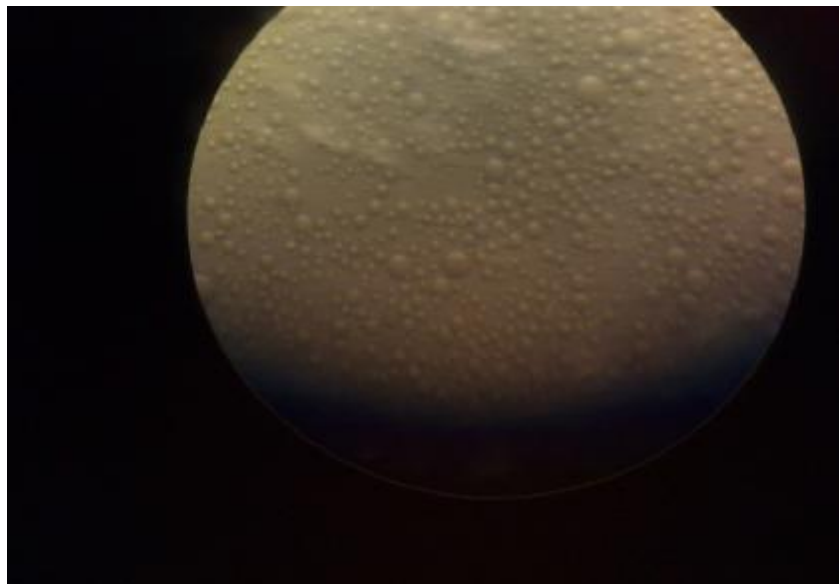
سوسپانسیون ریز کپسول ها در حمام آب با دمای ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد و بلافاصله در آب یختا دمای ۶°C سرد شد و تغییرات پایداری شیمیایی آستاگزانتین و مقدار باقیمانده آن در ریز کپسول ها با محاسبه نرخ ماندگاری بررسی شد.

۲-۳- طرح آماری

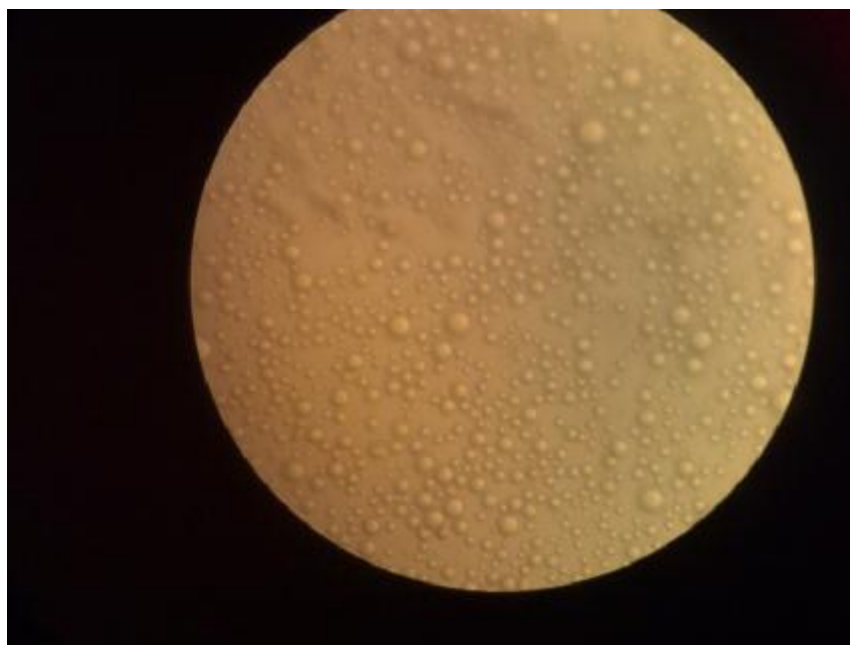
نتایج به دست آمده در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم افزار مینی تب ۱۶ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. بدین ترتیب میانگین سه تکرار با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد ( $P < 0.05$ ) مقایسه گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شکل و اندازه ریز کپسول ها با میکروسکوپ نوری



شکل ۱- تصویر ریزکپسول (غلظت ۰/۷۵ درصد مواد دیواره) بالنز  $\times 40$



شکل ۲- تصویر ریزکپسول (غلظت ۱/۵ درصد مواد دیواره) بالنز  $\times 40$

سرعت پایین هموژنیزاسیون ریزکپسول‌های بزرگ تک‌هسته‌ای تولید می‌کند در حالی که سرعت بالا، ریزکپسول‌های بزرگ چند هسته‌ای تولید می‌کند. با کاهش غلظت مواد تشکیل دهنده دیواره کپسول اندازه میکروکپسول‌ها افزایش یافت و سبب

تصاویر میکروسکوپ نوری حاکی از آن بود که ریزکپسول‌ها کروی، مات، غیرشفاف و در اندازه‌های میکرو بودند و توزیع اندازه غیریکنواخت داشتند. در دوسپانسیون آستاگزانتین با غلظت‌های ۰/۷۵ و ۱/۵ درصد تفاوت قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد (شکل ۱ و ۲). مورفولوژی ذرات به سرعت هموژنیزاسیون و غلظت امولسیون ژلاتین و صمغ عربی بستگی دارد.

مشاهده کردند که افزایش غلظت پلیمر منجر به افزایش محتوای آب میکروکپسول های خشک شده به روش انجمادی می گردد در حالی که نسبت موجود بین مواد هسته: دیواره تأثیر قابل ملاحظه ای بر نتایج آزمایش ندارد (۲۸). در تحقیقاتی که دیورا و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) در رابطه با ریزپوشینه دار کردن کازئین هیدرولیز شده به روش توده ای شدن پکتین-SPI انجام دادند، مشاهده شد که با افزایش غلظت مواد تشکیل دهنده دیواره کپسول از میزان رطوبت کاسته می شود که این نتیجه مطابق با نتایج به دست آمده از این پژوهش می باشد، به طوری که با افزایش غلظت مواد تشکیل دهنده دیواره کپسول با کم شدن مقدار رطوبت میزان ماده خشک افزایش می یابد (۶).

با اندازه گیری مقدار آستاگزانتین با استفاده از اسپکتروفتومتر مشخص گردید که با افزایش غلظت از ۰/۷۵ به ۱/۵ درصد مقدار آستاگزانتین در فاز زیرین افزایش و برعکس مقدار آن در فاز رویی کاهش یافت (جدول ۱).

### ۳-۳- محاسبه بازده ریزپوشانی و ظرفیت بارگیری ریز کپسول ها

با افزایش غلظت مواد تشکیل دهنده دیواره کپسول از ۰/۷۵ به ۱/۵ درصد ظرفیت بارگیری کاهش یافت. در غلظت ۰/۷۵ درصد ظرفیت بارگیری ریز کپسول ها ۳۱/۳۰ درصد و در غلظت ۱/۵ درصد ۱۹/۷۶ درصد بود. همچنین محاسبات مربوط به بازده ریزپوشانی نشان می دهد که بر خلاف ظرفیت بارگیری با افزایش غلظت مواد تشکیل دهنده دیواره کپسول، بازده ریزپوشانی افزایش یافت به طوری که در غلظت ۰/۷۵ درصد این مقدار برابر با ۵۴/۶۴ درصد و در غلظت ۱/۵ درصد برابر با ۷۱/۱۳ درصد بود (جدول ۱). با افزایش نسبت هسته به مواد پوشش دهنده، میزان مواد پوشش دهنده برای ایجاد پوشش مناسب در اطراف هسته ناکافی بوده و پوشش نازکی در اطراف هسته ایجاد شده و این منجر به کاهش راندمان ریزپوشانی می گردد. به طور کلی می توان اینگونه بیان کرد که وجود تعادل مناسب بین مواد پوشش دهنده و هسته در حصول بازده بالا بسیار مؤثر است. غلظت های پایین مواد

افزایش ریز کپسول های آزاد شد (۲۶). احمدی و همکاران (۱۳۹۳) کوآزیم Q10 را با روش توده ای شدن مرکب بتالاکتو گلوبولین و صمغ عربی پوشینه دار کردند و تصاویر میکروسکوپ نوری حاکی از آن بود که میکروکپسول ها کروی بودند. میکروکپسول های با راندمان بالاتر (۹۲/۴۵ درصد) کوچکتر با توزیع اندازه یکنواخت تری نسبت به میکروکپسول های با راندمان پایین تر (۸۵/۸۹ درصد) بود. به عبارت دیگر با کاهش مواد تشکیل دهنده دیواره کپسول اندازه ریز کپسول های حاصل افزایش یافته بود؛ همچنین ریز کپسول ها دارای سطحی صاف و بدون منفذ بودند. اندازه ذرات برای میکروکپسول ها به مقدار زیادی وابسته به اندازه ریزقطره های روغن است که این امر با نحوه آماده سازی امولسیون در ارتباط است (۱). همچنین تحقیقات گومز و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) نشان داد که در ریزپوشانی آستاگزانتین توسط ژلاتین و بادام هندی به روش توده ای شدن مرکب، ریز کپسول ها کروی بودند و در pH ۴ الی ۴/۲ تمایل به تجمع و خوش ای شدن داشتند. نتایج تحقیقات مذکور از لحاظ کروی بودن ریز کپسول ها مطابق با نتایج تحقیق حاضر می باشند (۱۰).

### ۳-۲- اندازه گیری میزان ماده خشک سوسپانسیون ریز کپسولها و آستاگزانتین (فاز زیرین)

با افزایش غلظت مواد دیواره از ۰/۷۵ به ۱/۵ درصد در سوسپانسیون مقدار ماده خشک ریز کپسول افزایش یافت. به طوری که این مقدار از ۰/۷ درصد در غلظت ۰/۷۵ درصد تا ۱۴/۰ درصد در غلظت ۱/۵ درصد متغیر بود. به نظر می رسد که می توان این روند روبه رشد را به افزایش میزان ماده خشک مواد استفاده شده در دیواره ریز کپسول ها نیز مربوط دانست (جدول ۱). زوانون و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) به ساخت میکروکپسول های تورمریک الئورزین با استفاده از توده ای شدن ژلاتین-صمغ عربی پرداختند. نتایج به دست آمده مشخص نمود که در تمامی سیستم های توده ای شده محتوای رطوبتی از ۴۳/۱ تا ۹۳/۳ درصد (برحسب وزن خشک) متغیر می باشد. به طوری که برخلاف نتایج به دست آمده از این پژوهش

پوشش‌دهنده قادر به ایجاد پوشش‌دهی همه ریزکپسول‌ها نخواهد بود. در تحقیقات احمدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز مشخص گردید که کاهش میزان روغن و افزایش درصد وزنی بتالاکتوگلوبولین و صمغ عربی افزایش بازده ریزپوشانی را در پی دارد به طوری که در نقاط دارای راندمان ۸۴/۸۰، ۷۹/۲۸، ۷۴/۵۴ و ۶۴/۳۳ درصد نسبت بیوپلیمرها به روغن به ترتیب برابر با ۰/۵۱، ۰/۳۳، ۰/۲۵ و ۰/۱۳ بوده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش نسبت بیوپلیمرها (مواد تشکیل‌دهنده دیواره) به روغن (هسته) راندمان ریزپوشانی افزایش یافته است که این نتیجه مشابه با نتایج حاصل از این پژوهش می‌باشد. به طوری که در هر دو مورد با افزایش غلظت بیوپلیمر راندمان ریزپوشانی افزایش یافته است (۱).

همچنین در تحقیق میلا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۵) در همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) در ریزپوشانی گزلیتول به روش توده‌ای شدن مرکب با افزایش غلظت بیوپلیمرها راندمان از ۳۱ به ۷۱ درصد افزایش یافته است (۱۶). نتایج تحقیق عزیز و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۴) برای ریزپوشینه دار کردن روغن کرپل در توده‌های ژلاتین-صمغ عربی بدون اتصالات عرضی، نشان داد که pH، سرعت همزدن و ترکیب فرمولاسیون تأثیر مهمی بر بازده پوشینه‌دار کردن دارد؛ و در این تحقیق نسبت ۱:۱ ژلاتین به صمغ، بیشترین بازده پوشینه‌دار کردن را در pH ۳ و نسبت مواد پوششی به مواد هسته ۱/۷۵:۱ را مشاهده کردند (۵).

جدول ۱- تجزیه واریانس و مقایسه میانگین های ظرفیت بارگیری، راندمان ریزپوشانی، ماده خشک میکروکپسول و مقدار آستاگزانتین فازهای زیرین و روئی تحت تاثیر دو تیمار غلظت

سوسپانسیون\*

غلظت سوسپانسیون	۰/۷۵ درصد	۱/۵ درصد
ظرفیت بارگیری (%)	۳۰/۳۱a	۱۹/۷۶b
راندمان ریزپوشانی (%)	۵۴/۶۴b	۷۱/۱۳a
ماده خشک میکروکپسول (%)	۰/۰۷b	۰/۱۴a
مقدار آستاگزانتین فاز زیرین (%)	۰/۰۲۱b	۰/۰۲۶a
مقدار آستاگزانتین فاز روئی (%)	۰/۰۱a	۰/۰۰۷b

\* اعداد به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار گزارش شده اند و حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار دو تیمار بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح ۵ درصد هستند.

۳-۴- تأثیر تیمار حرارتی بر پایداری ریزکپسول ها  
در غلظت های ۱/۵ و ۰/۷۵ درصد با افزایش دمای تیمار حرارتی از ۵۰ تا ۹۰ درجه سلسیوس در زمان های ۳، ۹ و ۱۵ دقیقه  
نرخ ماندگاری ریزکپسول ها کاهش یافت. به علاوه با گذشت زمان در یک دمای معین نیز نرخ ماندگاری ریزکپسول ها روندی نزولی داشت (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین های نرخ ماندگاری ریزکپسول ها تحت تاثیر دو تیمار غلظت سوسپانسیون در دماها و زمان های

مختلف\*

زمان (دقیقه)	دما (درجه سلسیوس)	نرخ ماندگاری ریزکپسول ها (درصد)	
		غلظت ۰/۷۵ درصد	غلظت ۱/۵ درصد
۳	۵۰	۰/۶۸۹b	۰/۸۷۶a
	۷۰	۰/۶۴۶b	۰/۸۳۶a
	۹۰	۰/۵۴۳b	۰/۷۷۵a
۹	۵۰	۰/۶۳۳b	۰/۷۹۱a
	۷۰	۰/۵۵۹b	۰/۷۴۷a
	۹۰	۰/۴۴۵b	۰/۶۷۹a
۱۵	۵۰	۰/۴۸۸b	۰/۷۱۳a
	۷۰	۰/۴۵۱b	۰/۶۰۷a
	۹۰	۰/۳۹۶b	۰/۵۵۸a

\* اعداد به صورت میانگین  $\pm$  انحراف معیار گزارش شده اند و حروف متفاوت در هر ردیف نشان دهنده تفاوت معنی دار دو تیمار بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی دار (LSD) در سطح ۵ درصد هستند.



مشخص گردید که ریزکپسول‌ها کروی، مات و غیرشفاف بودند. در هر دو تیمار نرخ ماندگاری ریزکپسول‌ها با افزایش دمای تیمار حرارتی از ۵۰ به ۹۰ درجه سلسیوس و نیز در دمای ثابت با افزایش مدت زمان حرارت دهی کاهش یافت. بنابراین فاز زیرین ایجاد شده در تولید ریزکپسول حاوی آستاگزانتین مناسب‌ترین نتیجه را دربر داشت. مناسب‌ترین تیمار، غلظت ۱/۵ درصد آستاگزانتین می باشد که می توان به عنوان ماده پوشش دهنده ژلاتین و صمغ عربی از آن استفاده کرد.

#### ۵- منابع

۱. احمدی، ن.، نصیرپور، ع.، شیخ زین الدین، م. و کرامت، ج. ۱۳۹۷. ریزپوشانی کوانزیم Q10 با روش توده‌ای شدن مرکب. مجله فرآوری و نگهداری مواد غذایی، جلد ۱۰، شماره ۱، ۱۶-۱
۲. شرافت، ن.، میرزایی، ح.، جعفری، س. م.، صفری، ر. و کاشانی نژاد، م. ۱۳۹۸. بهینه سازی تولید نانوکمپلکس کنساتره پروتئین آب پنیر صمغ عربی حامل آستاگزانتین با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM). مجله علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۱۶، شماره ۹۰، ۲۳۲-۲۱۹
3. Ach, D., Briançon, S., Broze, G., Puel, F., Rivoire, A., Galvan, J. et al. 2014. Formation of microcapsules by complex coacervation. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 93(2): 183-191.
4. AOAC. Official methods of analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC. 2000.
5. Aziz, S., Gill, J., Dutilleul, P., Neufeld, R., and Kermasha, S. 2014. Microencapsulation of krill oil using complex coacervation. *Journal of Micro-encapsulation*, 31(8): 774-784.
6. Debora, V., Mendanha, A., Sara, E., Ortiz, M., Carmen, S., Trindade, F. et al. 2009. Micro-encapsulation of casein hydrolysate by complex coacervation with SPI/pectin. *Food*

در تحقیق کیووی و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۱) که به منظور ریزپوشانی لوتئین توسط ژلاتین و صمغ عربی انجام شد، نتایج نشان داد درجه حرارت اثرات قابل توجهی بر روی پایداری مواد زیست فعال حساس به حرارت دارد و افزایش درجه حرارت نرخ ماندگاری لوتئین در داخل میکروکپسول‌های ژلاتین صمغ عربی را کاهش داد چرا که درجه حرارت‌های بالای دمای شیشه‌ای شدن باعث رهایش ماده‌هسته از میکروکپسول‌ها می‌گردد (۱۹). در تحقیقی وینبرگ و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۴) به بررسی توده‌ای شدن پروتئین ایزوله سویا و کیتوزان پرداختند. نتایج نشان داد که دما بر پیوندهای بین ایزوله پروتئین سویا و کیتوزان اثر می‌گذارد. راندمان ریزپوشانی در بازه دمایی ۴ تا ۴۵ درجه سلسیوس تغییر زیادی نداشته است اما در ۵۵ درجه سلسیوس به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. به طور کلی قدرت پیوندهای هیدروژنی در توده‌ای شدن پروتئین پلی ساکارید در دماهای پایین افزایش می‌یابد در حالی که در دماهای بالاتر پیوند های هیدروفوبیک غالب می شوند. در پیوند های میان ایزوله پروتئین سویا و کیتوزان دماهای بالا (بالاتر از ۵۵ درجه سلسیوس) موجب کاهش تشکیل توده‌ها می شود (۲۴). جرارد و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۲) نیز در بررسی توده‌ای شدن بتالاکتوگلوبولین و پکتین با متوکسیل بالا/پایین، مشاهده کردند افزایش دما موجب کاهش راندمان ریزپوشانی می‌شود (۹). وولنی و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۲۰) در بررسی ریزکپسوله شدن توده‌ای عصاره ی دارچین سیلان حساسیت اجزادریالاتر از ۵۰ درجه سلسیوس را مشاهده کردند که با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی دارد (۲۳).

#### ۴- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد با افزایش غلظت مواد دیواره از ۷۵/۷۵ تا ۱/۵ درصد مقدار ماده خشک سوسپانسیون ریزکپسول و همچنین درصد مقدار آستاگزانتین در فاز زیرین و بازده ریزپوشانی افزایش، اما برعکس مقدار آن در فاز رویی و ظرفیت بارگیری کاهش یافت. با توجه به مطالعات

- 
- 1- Qv et al
  - 2 - Weinbreck et al
  - 3 - Girard et al
  - 4 - Volnei et al

- double emulsion followed by complex coacervation. *Food Chemistry*, 171:32- 39.
17. Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Petrovic, T., and Bugarski, B. 2013. Encapsulation Systems in the Food Industry. *Advances in Food Process Engineering Research and Applications*. 229-253. 10.1007/978-1-4614-7906-2\_13.
  18. Pashkow, F. J., Watumull, D. G. and Campbell, C. L. 2008. Astaxanthin: A novel potential treatment for oxidative stress and inflammation in cardiovascular disease. *The American Journal of Cardiology*, 101(10):558-568.
  19. Qv, X.Y., Zeng, Z. P. and Jiang, J. G. 2011. Preparation of lutein micro-encapsulation by complex coacervation method and its physicochemical properties and stability. *Food Hydrocolloids*, 25(6): 1596-1603.
  20. Ranga R. A., Siew M. P., Sarada, R. and Ravishankar G. A. 2014. Astaxanthin: Sources, Extraction, Stability, Biological Activities and Its Commercial Applications—A Review. *Marine drugs*, 12: 128-152. doi:10.3390/md12010128.
  21. Tamjidi, A., Nasirpour, A. and Shahedi, M. 2012. Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food Science and Technology International*, 18(4):381-390.
  22. Tamjidi, F., Shahedi, M., Varshosaz, J. and Nasirpour, A. 2014. Design and characterization of astaxanthin-loaded nanostructured lipid carriers. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26: 366–374.
  23. Volnei, B. d. S., Marcelo, T., Isabela, E. C., Roselayne, F. F. and Carmen, S. F. T. 2020. Micro-encapsulation by complex coacervation as a tool to protect reduce astringency bioactive compounds and to reduce astringency strong flavor of vegetable extracts. *Food Hydrocolloids*, 98. Article 105244.
  24. Weinbreck, F., Nieuwenhuijse, H., Robijn, G. W. and Kruif, C. G. 2004. *Research International*, 42: 1099–1104.
  7. Fang, Z., and Bhandari, B. 2010. Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends Food Science and Technology*, 21(10):510–523.
  8. Faraonea, I., Sinisgallia, C., Ostunia, A. and Armentano, M. F. 2020. Carmosino, M. Milellaa, I. et al Astaxanthin anticancer effects are mediated through multiple molecular mechanisms: A systematic review. *Pharmacological Research*, 155. 104689.
  9. Girard, M., Turgeon, S. L. and Gauthier, S. F. 2002. Interbiopolymer complexing between  $\beta$ -lactoglobulin and low- and high-methylated pectin measured by potentiometric titration and ultrafiltration. *Food Hydrocolloids*, 16(6): 585-591.
  10. Gomez, E. J., Comunian, A., Montero, P., Ferro, F. R. and Favaro, T. C. S. 2016. Encapsulation of an astaxanthin-containing lipid extract from shrimp waste by complex coacervation using a novel gelatin–cashew gum complex. *Food Hydrocolloids*, 61:155-162.
  11. Green, B.K. and Schleicher, L. 1957. Oil-containing microscopic capsules and method for making them. *US Patent*, 2,217,507, NCRC.
  12. Guerin, M., Huntley, M. E. and Olaizola, M. 2003. Haematococcus astaxanthin: Applications for human health and nutrition. *Trends Biotechnology*, 21: 210–216.
  13. Khalida, N. and Barrow, C. J. 2018. Critical review of encapsulation methods for stabilization and delivery of astaxanthin. *Journal of Food Bioactives*, 1:104-115.
  14. Kidd, P. 2011. Astaxanthin, cell membrane nutrient with diverse clinical benefits and anti-aging potential. *Altern. Pavana Medicine Review*, 16: 355–364.
  15. Laurent, S. and Martin, L. 2010. Delivery Systems for Liquid Food Products. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15: 61-72.
  16. Milla, G. S., Fernanda, T., Bozza, M. T., Carmen, S. and Favaro, T. 2015. Micro-encapsulation of xylitol by

27. Zuidam N. J. and Nedovic, V. 2010. Encapsulation technologies for food active ingredients and food processing. Springer. Dordrecht, 31–100.
28. Zuanon, L. A. C., Malacrida, C. R., Telis, V. R. N. 2013. Production of Turmeric Oleoresin Microcapsules by Complex Coacervation with Gelatin–Gum Arabic. *Journal of Food Process Engineering*, 36(3): 364-373.
- Complexation of whey proteins with carrageenan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(11):3550-3555.
25. Westergaard, V., 2004. Milk powder technology, evaporation and spray drying. 5 th ed., Niro A/S., Copenhagen, PP. 207-21.
26. Yeo, Y., Bellas, E., Firestone, W., Langer, R., and Kohane, D. S. 2005. Complex coacervates for thermally sensitive controlled release of flavor compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(19): 7518-7525.

( Short Research Paper)  
**Microencapsulated Astaxanthin by Complex Coacervation of Gelatin and Gum Arabic**

Arina Ahmadi<sup>1</sup>, Nader Habibi<sup>2\*</sup>

1-MSc Graduated of Food Science and Technology, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj, Iran.

Received:14/02/2021

Accepted:09/06/2021

**Abstract**

Complex coacervation method of Microencapsulation bioactive compounds to be used in the food industry. Astaxanthin is a carotenoid that has a great impact on human health. The aim of this study was to produce encapsulated astaxanthin with gum arabic and gelatin by complex coacervation method and to study the morphology of microcapsules by light microscopy, their efficiency, loading capacity and stability in thermal treatment by calculating the retention percentage at 50, 70 and 90 degrees Celsius at 3, 9 and 15 minutes. All tests were performed in three replications. Astaxanthin oil solution with different concentrations (0.75 and 1.5%) was finely coated with gelatin and gum arabic in equal proportions. The results showed that the microcapsules were spherical, opaque and not clear. Statistically, there was a significant difference between the two treatments of 0.75 and 1.5% of astaxanthin in terms of time and different temperatures based on the least significant difference (LSD) test at the level of 5%. Increasing the concentration of astaxanthin from 0.75 to 1.5%, increased the dry matter content of microcapsule suspension and significantly reduced ( $P < 0.05$ ) the loading capacity from 30.31 to 19.76%, as well as the microencapsulation efficiency from 54.64 It increased significantly to 71.13% ( $P < 0.05$ ). The retention rate of microcapsules decreased with increasing the temperature of heat treatment from 50 to 90 degrees Celsius during 3 to 15 minutes and also at a certain temperature. The best treatment for microencapsulation was 1.5% astaxanthin.

**Keywords:** Micro-encapsulation, Astaxanthin, Complex Coacervation, Stability.

---

\*Corresponding Author: [naderhabibi@iausdj.ac.ir](mailto:naderhabibi@iausdj.ac.ir)