

## استخراج و ریزپوشانی کپسایسینوئیدهای اولئورزین فلفل قرمز

بی‌بی‌مرضیه رضوی‌زاده<sup>۱\*</sup>، رسول کدخدایی<sup>۲</sup>، زینب زعفرانی<sup>۳</sup>

۱- استادیار گروه شیمی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد  
\* نویسنده مسئول (bmrz110@gmail.com)

۲- دانشیار گروه نانوفناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد

۳- کارشناس آزمایشگاه بیوفیزیک، گروه نانوفناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، مشهد

### چکیده

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۶

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۱۴

### واژه‌های کلیدی

اولئورزین فلفل قرمز  
ریزپوشانی  
صمغ عربی  
کپسایسینوئید  
کنسانتره پروتئینی آب پنیر

اولئورزین فلفل، عصاره روغنی غلیظ و یا تقریباً نیمه‌جامدی است که به‌عنوان طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده در محصولات غذایی مختلف استفاده می‌شود. تندی فلفل قرمز به علت وجود گروهی از آلکالوئیدها موسوم به کپسایسینوئیدها است. در این پژوهش ابتدا استخراج اولئورزین فلفل قرمز با حلال‌های اتانول، متانول، و ۲- پروپانول انجام شد. سپس، ریزپوشانی کپسایسینوئیدهای موجود در اولئورزین فلفل قرمز با صمغ عربی و کنسانتره پروتئینی آب پنیر (WPC) به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده دیواره کپسول به روش خشک‌کن پاششی مورد بررسی قرار گرفت. تأثیر ترکیب دیواره (در غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) و نیز نسبت اجزای سازنده ماده دیواره شامل صمغ عربی و WPC (با نسبت ۱۰:۱۰ درصد از هر یک و یا نسبت مساوی از هر دو) بر اندازه پودرهای حاصل از خشک‌کردن امولسیون و راندمان کپسوله‌کردن کپسایسینوئید ارزیابی شدند. نتایج آماری نشان داد که نوع حلال تأثیر معنی‌داری بر راندمان استخراج اولئورزین داشت درحالی‌که نسبت پودر به حلال بر روی راندمان استخراج اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین، در مرحله ریزپوشانی نوع و غلظت ماده دیواره تأثیر معنی‌داری بر متوسط قطر، توزیع اندازه و سطح مخصوص قطرات امولسیون‌های حاصله داشت. به‌طوری‌که صمغ عربی نسبت به WPC حفاظت بیشتری را در میزان نگهداری مواد مؤثره از خود نشان داد. علاوه بر این، داده‌ها حاکی از آن بود که با افزایش میزان غلظت ماده دیواره از ۵ تا ۱۵ درصد میزان ابقای مواد مؤثره افزایش یافت.

### مقدمه

(CAPS) است. مقدار کپسایسینوئیدها در ارقام مختلف فلفل قرمز متفاوت است و به شدت نور و دمای دوره داشت، عمر میوه این گیاه و محل قرار گرفتن آن بر روی بوته بستگی دارد. کپسایسینوئیدها نسبت به دما بسیار حساسند. این حساسیت با افزایش دما تشدید می‌شود (Barbero et al. 2006 a).

روش‌های متفاوتی به‌منظور استخراج کپسایسینوئیدها از فلفل به کار گرفته می‌شود که از جمله آنها می‌توان به خیساندن (Green et al., 2008)، استخراج آنزیمی (Santamarí et al., 2000)،

اولئورزین فلفل، عصاره روغنی غلیظ و یا تقریباً نیمه‌جامدی است که به‌عنوان طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده در محصولات غذایی مختلف استفاده می‌شود. فلفل قرمز دارای ۱۱/۵-۱۶/۵ درصد مواد مؤثره به نام اولئورزین است. این فرآورده علاوه بر ترکیبات اصلی رنگ و طعم حاوی ویتامین ث، ویتامین‌های گروه B، آهن، منیزیم و پتاسیم می‌باشد. تندی فلفل قرمز به علت وجود گروهی از آلکالوئیدها موسوم به کپسایسینوئیدها<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> Capsaicin

ریزپوشانی ترکیبات مولد طعم و بو به‌عنوان دیواره مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه اغلب از کربوهیدرات‌ها به‌ویژه پلی ساکاریدها به‌عنوان ترکیب دیواره در ریزپوشانی مواد مولد طعم و بو استفاده می‌شود، اما پروتئین‌های غذایی نظیر کازئینات سدیم، پروتئین آب پنیر و ایزوله پروتئین سویا هم به این منظور به‌کار می‌روند (Kim, 1996). پروتئین‌های آب پنیر از خصوصیات عملکردی ویژه‌ای برخوردار هستند. این ویژگی‌ها سبب شده که از آنها به‌عنوان یک ترکیب مناسب برای دیواره کپسول‌ها نامبرده شود (Rosenberg, 1985, 1993, 1996, 1997).

تکنیک‌ها و روش‌های زیادی برای ریزپوشانی اجزای غذایی وجود دارد. خشک کردن پاششی یکی از رایج‌ترین و متداول‌ترین این روش‌ها است (Beristain *et al.*, 1996). اساس ریزپوشانی به روش خشک کردن پاششی شامل تهیه امولسیون روغن در آب ماده هسته و پاشش آن در هوای گرم محفظه خشک‌کن می‌باشد. پایداری و اندازه ذرات امولسیون نقش مهمی در راندمان ریزپوشانی ترکیبات مولد طعم و عطر دارند (Mofidi *et al.*, 2000). به‌طوری که با افزایش پایداری امولسیون و کاهش اندازه ذرات، راندمان ریزپوشانی و حفظ و ماندگاری ترکیبات فرار در داخل ریزکپسول‌ها نیز زیاد می‌شود (Champagne *et al.*, 2000). برای تولید امولسیون و خردکردن و پخش فاز پراکنده به انرژی نیاز است که به روش‌های مختلفی از قبیل همزدن مکانیکی، آسیاب کلوئیدی، همگن‌کننده‌های تحت فشار و اخیراً توسط امواج فراصوت تأمین می‌شود (Abismail, *et al.* 1999; Benech, *et al.* 2002).

در زمینه ریزپوشانی کپسایسین فلفل قرمز نیز مطالعاتی صورت گرفته است که بیشتر جنبه کاربرد دارویی این ماده مد نظر بوده است. از جمله، ریزپوشانی کپسایسین فلفل قرمز با استفاده از ژلاتین (Jincheng, 2008) و نیز مخلوط ژلاتین و صمغ آکاسیا به روش جداسازی فازی<sup>۱</sup> (Jincheng *et al.*, 2010) با هدف بررسی اثر تنش برشی و زمان اتصال عرضی بر توزیع اندازه ذرات و ساختار نانو

استخراج با کمک امواج فراصوت (Barbero *et al.*, 2008)، روش سوکسله (Rafajlovska *et al.*, 2007; Chinn *et al.*, 2011)، استخراج به روش مایع فوق-بحرانی (Daood *et al.*, 2002; Duarte *et al.*, 2004)، استخراج با مایع تحت فشار (Gnayfeed *et al.*, 2001) و استخراج با کمک امواج مایکروویو (Barbero *et al.*, 2006b) اشاره کرد. روش سوکسله یکی از روش‌های مرسوم می‌باشد که غالباً برای استخراج اولئورزین استفاده می‌شود، اگرچه این روش نسبت به روش‌های جدید بسیار زمان‌بر است و به مقدار زیادی حلال نیاز دارد اما به لحاظ هزینه و انرژی ارزان‌تر است. Rafajlovska و همکاران (۲۰۰۷) استخراج اولئورزین را در شرایط متفاوت در حلال‌های استون و اتانول بررسی کردند. آنها تأثیر اندازه ذرات فلفل، سرعت جریان حلال و دما را نیز بر فرآیند استخراج بررسی کردند.

پایداری ترکیبات مولد طعم و بو در غذاهای مختلف بسیار مورد توجه قرار گرفته است زیرا اثر مهمی در کیفیت و قابلیت پذیرش آن ماده غذایی دارد. لذا جلوگیری از تجزیه‌شدن یا ازبین‌رفتن ترکیبات مولد طعم و بو در حین فرآوری و نگهداری بسیار مفید است و امروزه این مهم با کمک تکنیک ریزپوشانی ترکیبات فرار انجام می‌گیرد (Landy *et al.*, 1995). ریزپوشانی تکنیکی است که در آن به کمک یک یا چند ماده، ترکیب مورد نظر گرفتار گردیده و پوشانده می‌شود. فرآیند ریزپوشانی ترکیبات حساس معمولاً شامل دو مرحله است: ابتدا یک امولسیون از ماده فعال مانند ترکیبات مولد طعم و بو بر پایه چربی، در یک محلول سنگین‌تر از ماده دیواره مانند یک پلی‌ساکارید یا پروتئین تولید می‌شود و سپس فرآیند خشک‌کردن انجام می‌گیرد (Whorton *et al.*, 1995; Goubet *et al.*, 1998).

در تکنیک ریزپوشانی از انواع مختلف کربوهیدرات‌ها غالباً به‌عنوان ماده دیواره یا حامل استفاده می‌شود (Reineccius, 1991; McNamee *et al.*, 1995; Kenyon, 1998). صمغ عربی به دلیل حلالیت مطلوب، گرانبوی پایین، خصوصیات امولسیون‌کنندگی و ظرفیت نگهداری بالای ترکیبات فرار توسط آن، مهم‌ترین صمغی است که در سیستم

<sup>1</sup> Coacervation

گردید. زمان اولیه استخراج ۶ ساعت انتخاب گردید و پس از صاف کردن مخلوط توسط پمپ خلأ، بار روی صافی مجدداً به مدت ۲ ساعت دیگر تحت استخراج با حلال قرار گرفت. عصاره‌های استحصالی در دو مرحله استخراج با یکدیگر مخلوط و برای جداسازی و بازیابی حلال، تبخیر در خلأ در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. جداسازی نهایی حلال، با انتقال عصاره تغلیظ شده به آون و نگهداری آن تا رسیدن به وزن ثابت در نقطه جوش حلال انجام گرفت (Tipsrisukond *et al.*, 1998; Borges & Pino, 1993). اولئورزینی که به این ترتیب بدست آمد تا زمان انجام آزمون‌های بعدی دور از نور و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. راندمان استحصال اولئورزین فلفل قرمز تحت اثر ۳ نوع حلال (متانول، اتانول و ۲-پروپانول) و نیز نسبت‌های مختلف حلال به پودر خشک (۲:۱، ۳/۵:۱ و ۵:۱)، در دمای ثابت استخراج ۵۰ درجه سانتی‌گراد بررسی شد. لازم به ذکر است که راندمان استخراج از روی نسبت وزنی اولئورزین استحصالی به وزن پودر اولیه محاسبه گردید (Rafajlovska *et al.*, 2007).

#### تهیه محلول‌های دیواره

محلول صمغ عربی و کنسانتره پروتئینی آب پنیر (WPC) با غلظت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی-وزنی در آب دیونیزه تهیه شد. عملیات همزدن و انحلال به مدت یک ساعت و به کمک همزن مغناطیسی انجام گرفت و سپس محلول‌های آماده شده برای حداکثر جذب آب به مدت ۲۴ ساعت در دمای یخچال نگهداری گردیدند. شایان ذکر است که pH کلیه محلول‌ها با استفاده از سود ۰/۱ نرمال در نقطه ۷ تنظیم و برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و فعالیت میکروبی در طول دوره نگهداری به میزان ۲۰۰ پی‌پی‌ام سدیم آزاید به آنها افزوده شد. به محلول‌های کلئیدی بدست آمده حاوی یک درصد وزنی-وزنی توپین ۸۰ مقدار ۲ درصد وزنی-وزنی اولئورزین اضافه شد و به کمک همزن مغناطیسی به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط گردیدند. سپس مخلوط‌های حاصله به محفظه مخصوص اعمال امواج فراصوت منتقل گردیدند. برای تولید امولسیون از

کپسول‌ها انجام شده است. از سوی دیگر Xing و همکاران (۲۰۰۵) از همین مواد به‌عنوان دیواره استفاده کردند و نانوکپسول‌های حاوی کیسایسین را به‌طریق مخلوط‌سازی دو محلول پلیمری با بارهای متضاد تهیه کردند و سپس تحت تأثیر تانین‌های هیدرولیز پذیر قرار دادند تا اثر آن را بر کارایی ریز-پوشانی و نیز میزان جای‌گذاری ماده در کپسول مطالعه کنند.

هدف از این تحقیق، بررسی عوامل مؤثر بر استخراج کیسایسین موجود در اولئورزین فلفل قرمز و ریزپوشانی آن به روش خشک‌کن پاششی به جهت حفظ طعم و سهولت کاربرد آن در فرآورده‌های غذایی و پروتئینی است.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد

پودر فلفل قرمز از بازار ایران تهیه شد و تا زمان مصرف در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری گردید. سوربیتان منو ۹-۱۰کتادکنونات (Tween 80) از شرکت سیگما آلدریج (کشور آلمان) تهیه شد. کنسانتره پروتئینی آب پنیر (تهیه شده به روش آنزیمی- حاوی ۳۵ درصد پروتئین و ۳/۳۶ درصد رطوبت) از شرکت شیر مولتی تأمین گردید. صمغ عربی، اتانول و استونیتریل از شرکت مرک (کشور آلمان) خریداری شدند. استاندارد کیسایسین و دی‌هیدروکیسایسین از شرکت اکسترا سنتز (کشور فرانسه) خریداری گردیدند. سایر مواد شیمیایی مورد نیاز با درجه خلوص بالا از شرکت مرک (کشور آلمان) تهیه شدند. برای تهیه و آماده‌سازی کلیه محلول‌ها از آب دیونیزه استفاده گردید.

##### روش‌ها

##### استخراج اولئورزین

به‌منظور استخراج اولئورزین ابتدا پودر فلفل قرمز از الک مش ۱۶ گذرانده شد و سپس ۵۰ گرم از آن به یک بالن ته گرد به ظرفیت ۵۰۰ میلی‌لیتر منتقل و با حلال مخلوط گردید. فلاسک حاوی نمونه و حلال در داخل حمام آب با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و از سامانه رفلکس برای استخراج استفاده

منظور ۰/۰۲۵ گرم پودر با ۱۰ میلی‌لیتر حلال استو- نیتریل مخلوط و برای مدت ۵ دقیقه با شیکر همزده شد. سپس ذرات پودر با کمک کاغذ صافی واتمن شماره ۱، از مخلوط جدا شدند. محلول حاصله با کمک حلال به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به- منظور اندازه‌گیری میزان کپسایسینوئیدها جذب آن در طول موج ۲۸۰ نانومتر (اسپکتروفوتومتر مرئی- فرابنفش شرکت Shimadzu، مدل 160A، ژاپن) اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌های با غلظت‌های مختلف کپسایسینوئیدها در استونیتریل رسم گردید. از نمونه استونیتریل نیز به عنوان شاهد برای جلوگیری از خطای جذب استو- نیتریل در دستگاه استفاده شد (Peusch *et al.*, 1997).

#### بررسی پایداری و رهایش مواد مؤثره

به‌منظور بررسی ثبات دیواره ریزکپسول‌ها و پایداری آن در رطوبت‌های بالا، نمونه‌های پودر به مدت ۴ هفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت نسبی ۷۰ درصد در انکوباتور نگهداری شدند و میزان ابقای کپسایسینوئیدها در داخل پودر در فواصل زمانی معین و با استفاده از معادله ذیل محاسبه گردید:

رابطه (۳)

$$R (\%) = \frac{C_t}{C_0} \times 100$$

در این معادله R درصد ابقای ماده مؤثره،  $C_0$  مقدار ماده مؤثره موجود در داخل کپسول‌ها در زمان صفر و  $C_t$  مقدار آن در زمان t می‌باشد (Krishnan *et al.*, 2005).

میزان ابقای هریک از ترکیبات مورد بررسی در مقیاس نیمه‌لگاریتمی نسبت به زمان رسم و شیب منحنی (k) به‌عنوان سرعت رهایش محاسبه گردید. به‌منظور تعیین نیمه‌عمر ( $t_{1/2}$ ) ترکیبات مؤثره در ریز- کپسول‌ها از رابطه زیر استفاده شد (Krishnan *et al.*, 2005):

رابطه (۴)

$$t_{1/2} = 0.693/k$$

دستگاه مولد امواج فراصوت با توان اسمی ۷۵۰ وات و فرکانس ۲۰ کیلوهرتز (شرکت Sonics & Material، مدل VCX750، آمریکا) استفاده شد. مدت زمان انجام این فرآیند ۵ دقیقه و در بیشینه توان اسمی دستگاه انجام شد. دمای محلول در طول مدت انجام فرآیند با چرخش مداوم آب سرد در بین دو جداره استوانه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد (Jafari *et al.*, 2007).

#### اندازه‌گیری قطر و سطح مخصوص ذرات امولسیون

قطر متوسط و توزیع اندازه قطرات امولسیون به کمک دستگاه سنجش اندازه ذره (شرکت Fritsch، مدل Analysett 22، آلمان) مطابق با معادله ۱ محاسبه شده و بر حسب عدد ساتر یا قطر سطح-حجم ( $D_{3,2}$ ) بیان شد. سطح مخصوص ذرات (SSA) نیز بر حسب مترمربع بر میلی‌لیتر از روی قطر متوسط محاسبه گردید.

رابطه (۱)

$$D_{3,2} = \frac{\sum z_i d_i^3}{\sum z_i d_i^2}$$

رابطه (۲)

$$SSA = 6 / D_{3,2}$$

برای سنجش اندازه و سطح مخصوص ذرات پودر- های حاصل از خشک‌کن پاششی ابتدا دیسپرسیون آن‌ها در اتانول تهیه گردید و سپس مطابق بالا عمل شد (Partanen *et al.*, 2005).

#### تهیه پودر ریز کپسول‌ها

نمونه‌های امولسیونی تهیه شده، با استفاده از یک خشک‌کن پاششی آزمایشگاهی (شرکت Büchi، مدل B190، سوئیس) با دمای ورودی  $10 \pm 18.0$  درجه سانتی‌گراد، دمای خروجی  $10 \pm 9.0$  درجه سانتی‌گراد، سرعت خوراک‌دهی ۱۰ میلی‌لیتر بر دقیقه و سرعت جریان هوای ۶۰۰ لیتر بر ساعت و فشار ۴ بار خشک شدند. به‌منظور جلوگیری از جذب رطوبت، پودرهای حاصله در داخل دسیکاتور و در دمای اتاق دور از نور مستقیم برای آزمون‌های بعدی نگهداری گردیدند (Shaikh *et al.*, 2006).

مقدار کپسایسینوئیدهای موجود بر روی سطح ذرات پودر به روش طیف‌سنجی تعیین گردید. بدین

### کارآیی ریزپوشانی

تأثیر نسبت حلال به پودر فلفل قرمز در نسبت-های (۲ به ۱، ۳/۶ به ۱ و ۵ به ۱) به عنوان عوامل مؤثر بر راندمان استخراج بررسی گردیدند. نتایج تحلیل واریانس حاکی از این بود که اختلاف معنی-داری بین راندمان استخراج در سه نسبت یاد شده وجود نداشت. از این رو، به نظر می‌رسد نسبت وزنی دو برابر حلال به پودر برای رسیدن به بیشینه بازده استخراج کفایت می‌کند، کما این که از نظر اقتصادی نیز توجیه پذیرتر می‌باشد.

شکل ۲ اثرات متقابل نسبت حلال به ماده خشک بر راندمان کپسایسینوئیدهای بازیافت شده از فلفل قرمز را برای سه حلال متانل، اتانل، و ۲-پروپانل نشان می‌دهد. از سه حلال یادشده راندمان استخراج کپسایسینوئید تفاوت معنی‌داری میان حلال‌های اتانول و ۲-پروپانول وجود نداشت اما راندمان استخراج کپسایسینوئید در متانول نسبت به دو حلال دیگر نه تنها کمتر بود بلکه به لحاظ آماری تفاوت معنی‌دار نیز داشت. از آنجایی که اتانل و ایزوپروپانل نسبت به متانل به لحاظ ساختاری برای ایجاد پیوند هیدروژنی با هیدروژن عاملی گروه هیدروکسیلی و یا آمینی مستعدتر می‌باشند این امر می‌تواند به برهم‌کنش‌های حلال با کپسایسینوئیدها مرتبط باشد (Amruthraj, et al. 2014; Rostango, et al. 2003).

### امولسیون

برای تهیه امولسیون اولئورزین فلفل قرمز از دو ترکیب صمغ عربی و نیز کنسانتره پروتئینی آب پنیر به‌عنوان مواد تشکیل‌دهنده دیواره کپسول استفاده شد. اندازه قطرات امولسیون یک عامل مهم در تعیین خصوصیات امولسیون می‌باشد و به ویژه ثبات امولسیون به این عامل وابسته است. به‌طور کلی نتایج بدست آمده از سنجش‌های اندازه قطرات امولسیونی (شکل ۳) نشان می‌دهد که امولسیون‌های تهیه شده با صمغ عربی دارای منحنی‌های توزیع اندازه قطرات تیزتر و باریک-تری با متوسط قطر قطرات کوچک‌تری نسبت به امولسیون‌های حاوی WPC بودند. لذا می‌توان چنین نتیجه گرفت که امولسیون‌های تهیه شده با صمغ عربی دارای اندازه قطرات کوچک‌تر و توزیع یکنواخت-تری می‌باشند. این مطلب ممکن است به تفاوت

کارآیی ریزپوشانی بر حسب میزان ابقای کپسایسینوئیدها در داخل ریزکپسول‌ها و بلافاصله بعد از فرایند خشک کردن امولسیون تعیین گردید. بر این اساس کارآیی ریزپوشانی برابر است با نسبت مقدار کپسایسینوئیدها در پودر حاصله (گرم پودر بر گرم کپسایسینوئیدها در پودر) به مقدار کپسایسینوئیدها در امولسیون (گرم امولسیون بر گرم کپسایسینوئیدها در امولسیون اولیه).

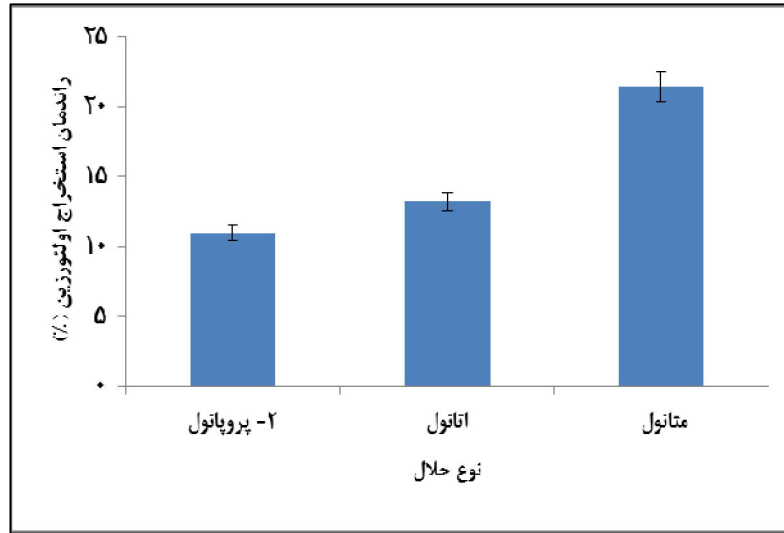
### محاسبات آماری

این پروژه در قالب طرح کاملاً تصادفی ساده با آزمایش فاکتوریل انجام شد. قابل ذکر است که آزمون‌های مربوط به استخراج در سه تکرار و آزمایشات مرتبط با ریزپوشانی با دو بار تولید فرمولاسیون و هر تولید با دو تکرار انجام شد. مقایسه میانگین توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان  $P < 0.05$  و با کمک نرم افزار MSTATC صورت گرفت.

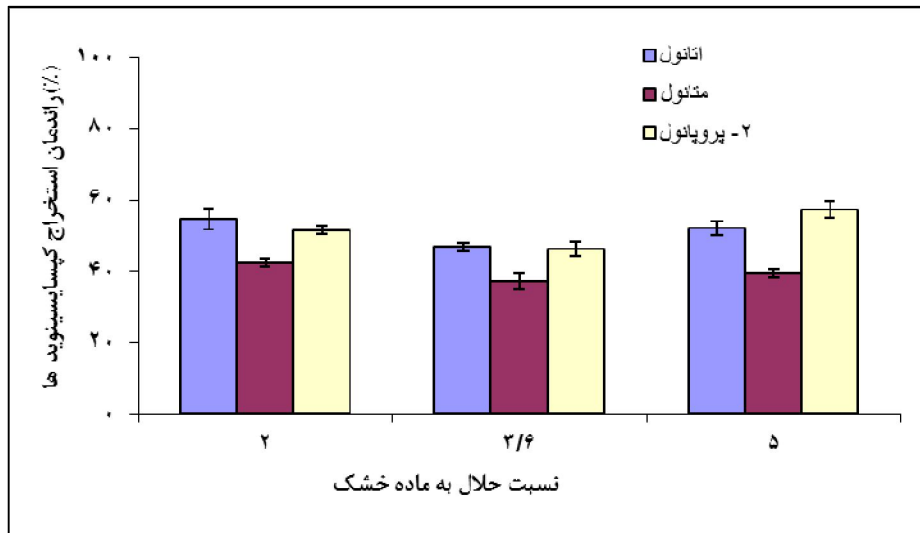
### نتایج و بحث

#### استخراج

در این مطالعه تأثیر حلال‌های متانول، اتانول، و ۲-پروپانول که از درجات قطبیت مختلفی برخوردارند، بر راندمان استخراج اولئورزین فلفل قرمز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل واریانس نشان داد که نوع حلال تأثیر معنی‌داری بر راندمان استخراج داشت؛ به-طوری که با افزایش قطبیت راندمان استخراج نیز افزایش یافت (شکل ۱). تأثیر قطبیت حلال بر راندمان استخراج توسط دیگر محققین نیز تأیید شده است (Amaya Guerra, et al. 1997; Peusch, et al. 1997; Govindarajan, et al. 1986). از جمله Amaya Guerra و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که برای چهار حلال اتانول، استن، اتیل استات و هگزان میزان استخراج کپسایسینوئیدها و رنگدانه از پودر فلفل با قطبیت حلال افزایش نشان داد. بر اساس گزارش این گروه، بیشترین استخراج اولئورزین با اتانول شامل ۸۲ درصد کپسایسینوئیدها و ۷۴ درصد کاروتنوئیدها بدست آمد.



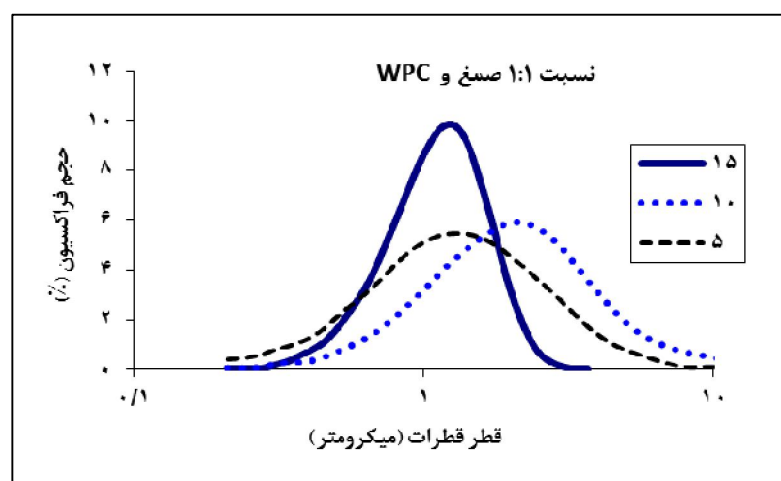
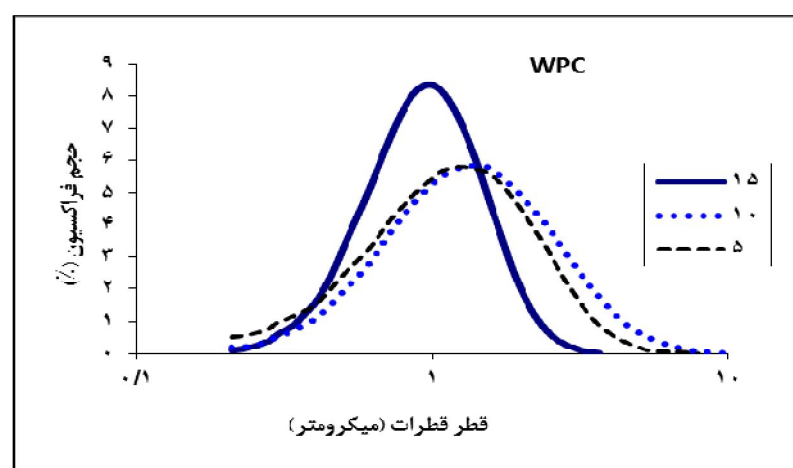
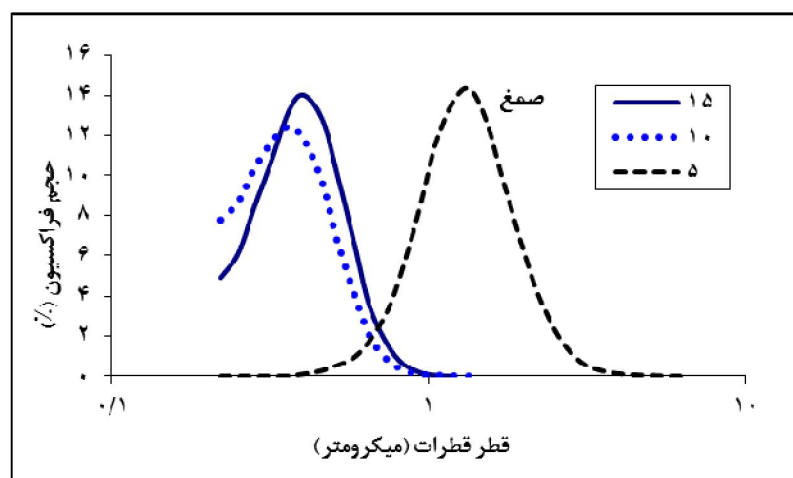
شکل ۱- ضریب استخراج اولئورزین فلفل قرمز برای حلال‌های آلی مختلف



شکل ۲- تأثیر اثر متقابل نسبت حلال به ماده خشک در برابر حلال‌های مختلف بر راندمان کپسایسینوئیدهای باز یافت شده از فلفل قرمز

تمامی فرمولاسیون‌ها با افزایش غلظت ماده دیواره از ۵ به ۱۰ و به ۱۵ درصد، توزیع اندازه قطرات به صورت نرمال باقی ماند، اما شکل آن باریک‌تر و تیزتر شد ضمن اینکه به سمت چپ نیز تغییر مکان داد. این مشاهدات حاکی از این است که با افزایش غلظت ماده دیواره، جمعیت قطرات با اندازه کوچک‌تر افزایش می‌یابد.

خصوصیات امولسیون‌کنندگی این دو ماده از قبیل فعالیت سطحی آنها، سرعت جذب سطحی در سطح قطره، خصوصیات شکل‌پذیری و برهم‌کنش داخل مولکولی در فصل مشترک روغن - آب مربوط باشد. از طرفی بررسی شکل منحنی‌های توزیع اندازه قطرات امولسیون‌ها (شکل ۳) دلالت بر این داشت که همگی آنها از نوع تک‌کوهانه بودند و توزیع اندازه ذرات نیز به صورت نرمال بود. قابل ذکر است که به‌طور کلی در



شکل ۳- منحنی توزیع اندازه قطرات امولسیون در ترکیب‌های مختلف ماده دیواره (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد)

۱۵ درصد صمغ عربی یا WPC و یا هر دو استفاده گردید از قدرت پوشش بهتری نسبت به سایر نمونه‌ها برخوردار بودند ( $P < 0.05$ ). این امر به این دلیل است که غلظت بالاتر ماده دیواره، سرعت تشکیل لایه نیمه-تراوا را در سطح قطرات روغن افزایش می‌دهد و در نتیجه مقدار روغنی که در داخل این پوشش قرار نگرفته است مطابق با تئوری انتشار انتخابی<sup>۳</sup> کاهش می‌یابد (Thijssen & Rulkens, 1968). بر اساس این تئوری، با کاهش غلظت آب در سطح قطره، ضریب انتشار ترکیبات فرار چندین برابر بیشتر از آب کاهش پیدا می‌کند. درحالی که آب به طور مداوم با یک سرعت معین از میان پوسته تشکیل گردیده به خروج خود ادامه می‌دهد، ترکیبات فرار با سرعت بسیار ناچیزی می‌توانند خارج شوند چراکه در داخل بستری از مواد جامد در حال خشک شدن گرفتار شده‌اند. بنابراین، سطح خشک پوسته به‌عنوان یک غشاء نیمه-تراوا اجازه خروج به مولکول‌های آب را داده در حالی که موجب کاهش خروج ترکیبات فرار از درون ریز-کپسول‌ها می‌گردد.

همچنین، نتایج نشان داد که نوع و غلظت ماده دیواره به‌طور معنی‌داری اندازه و سطح مخصوص پودرهای حاصل را تحت تأثیر قرار می‌دهد ( $P < 0.05$ ). با تغییر غلظت از ۵ به ۱۵ درصد،  $d_{32}$  پودرهای ریز-پوشانی شده با صمغ عربی و WPC افزایش یافت (جدول ۱). این افزایش در اندازه ذرات پودر می‌تواند مربوط به تشکیل یک شبکه بین مواد اضافی دیواره و افزایش ضخامت لایه اطراف روغن باشد. از سوی دیگر نتایج مشخص کرد که افزایش اندازه ذرات پودر سبب افزایش مقدار کپسایسین باقی‌مانده در میکروکپسول گردید. این امر می‌تواند نتیجه سرعت تشکیل پوسته و تئوری نفوذ انتخابی در هنگام خشک کردن باشد. ترکیبات فرار معمولاً می‌توانند قطرات در حال خشک شدن را قبل از این که دیواره در اطراف قطره شکل گیرد یا در مراحل اولیه خشک کردن ترک نمایند. بنابراین ترکیباتی که سریع‌تر این پوسته را در اطراف قطره تشکیل دهند، قادر خواهند بود تا مقدار ترکیبات فرار بیشتری را در خود نگه دارند (Sootitantawat et

ترکیبی از دو بیوپلیمر به نسبت مساوی در توزیع اندازه قطرات مؤثر بوده و موجب افزایش اندازه قطرات امولسیون می‌شود (شکل ۴). این افزایش در اندازه قطرات می‌تواند مربوط به تشدید برهم‌کنش‌های بین پلیمرهای جذب شده در فصل مشترک آب-روغن با یکدیگر یا با پلیمرهایی باشد که به‌طور آزادانه در فاز پیوسته وجود دارند و حرکت می‌نمایند. تحت این شرایط انجام برهم‌کنش‌های قطره-قطره و احتمال تشکیل شبکه با کمک پل<sup>۱</sup> یا تشکیل خوشه<sup>۲</sup> بیشتر می‌شود.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که ترکیب دیواره به‌طور معنی‌داری بر قطر متوسط قطرات تأثیر دارند ( $P < 0.05$ ). بررسی روند تغییرات اندازه قطرات در پاسخ به اختلاط WPC با صمغ عربی به نسبت مساوی حاکی از آن بود که قطر گویچه‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین مشخص گردید که تأثیر ترکیب دیواره در تمامی امولسیون‌های تولیدی بر روی سطح مخصوص قطرات کاملاً معنی‌دار بود. به‌طوری که امولسیون‌های حاوی ۱۵ درصد ماده دیواره سطح مخصوص به‌مراتب بزرگ‌تری نسبت به امولسیون‌های تهیه شده با ۱۰ و ۵ درصد ماده دیواره داشتند ( $P < 0.05$ ). Taherian و همکاران (۲۰۰۶) نتایج مشابهی را برای افزایش معنی‌دار اندازه ذرات امولسیون به‌ازای افزایش غلظت نشاسته در فاز پیوسته گزارش کرده‌اند.

### ریزپوشانی

مقدار ترکیب فرار باقی‌مانده و راندمان ریزپوشانی مهم‌ترین خصوصیات مورد بررسی در طی این فرآیند می‌باشند که به‌طور مستقیم بستگی به مقدار روغن باقی‌مانده در داخل میکروکپسول پس از عملیات خشک کردن دارد. اثر غلظت صمغ عربی و WPC بر راندمان ریزپوشانی میکروکپسول‌های تولیدی در جدول ۱ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌گردد با افزایش ترکیب دیواره، ابقای کپسایسین در میکروکپسول‌ها نیز بیشتر می‌شود. یعنی میکروکپسول‌هایی که ترکیب دیواره‌های آن‌ها از

<sup>3</sup> Selective diffusion theory

<sup>1</sup> Bridging network

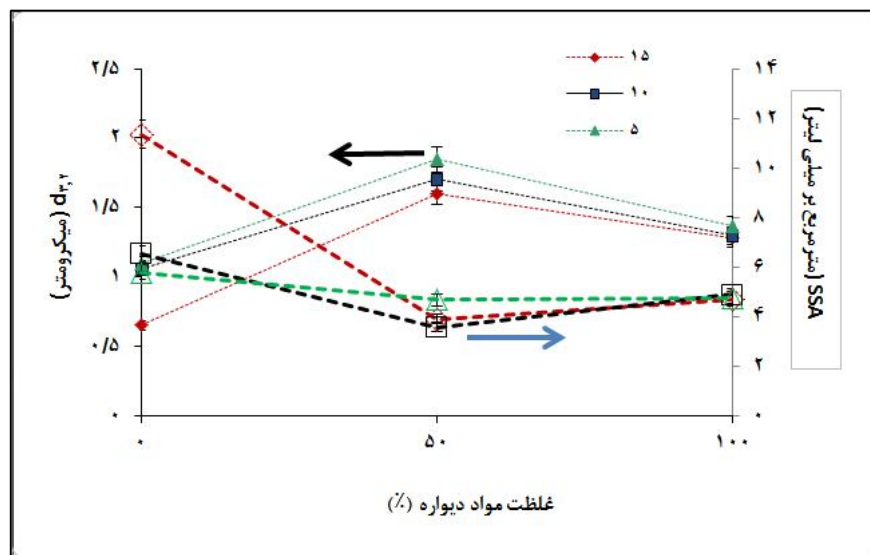
<sup>2</sup> Cluster formation



WPC در نسبت مساوی از آنها نسبت به ترکیب صمغ عربی به‌تنهایی در دیواره اثر منفی بر ابقای کپسایسین موجود در ریزکپسول‌ها داشت به‌طوری که میزان کپسایسین ازدست‌رفته در طول دوره نگهداری افزایش یافت. Krishnan و همکاران (۲۰۰۵) جهت ریزپوشانی روغن هل از صمغ عربی و نشاسته اصلاح‌شده استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که در ترکیب‌هایی که نسبت صمغ عربی به نشاسته اصلاح‌شده بیشتر است مقدار ابقای روغن افزایش می‌یابد. به‌علاوه، نتایج نشان داد که غلظت بالای مواد دیواره می‌تواند به شکل مؤثری در جلوگیری از خروج اولئورزین ریزپوشانی شده مؤثر باشد. مشابه این نتیجه توسط Sootitawat و همکاران (۲۰۰۵) بدست آمده است. این گروه نشان دادند که با افزایش غلظت مواد تشکیل‌دهنده دیواره، مقدار منتول باقی‌مانده در ریزکپسول‌ها افزایش یافت. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است (Re & Liu, 1996; Barnauskiene et al., 2007; Pe'rez-Alonso et al., 2008).

al., 2005). لذا به نظر می‌رسد افزایش غلظت ماده دیواره در حقیقت سبب افزایش سرعت تشکیل دیواره در اطراف قطره می‌گردد.

خروج و ازدست‌رفتن کپسایسین در هنگام نگهداری با استفاده از شیب منحنی نیمه‌لگاریتمی بدست آمده از ترسیم مقادیر باقی‌مانده کپسایسین در میکروکپسول در برابر زمان، مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طوری که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تغییرات، خطی و نزولی (دارای شیب منفی) هستند که بیانگر کاهش کپسایسین در طول مدت ۴ هفته نگهداری از سنتیک درجه اول تبعیت می‌کند. بر این اساس، نیمه‌عمر کپسایسین ( $t_{1/2}$ ) در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰ درصد از رابطه ۴ محاسبه گردید. نتایج بدست آمده حاکی از این بود که غلظت ماده دیواره به‌طور مؤثری بر میزان ازدست‌رفتن کپسایسین تأثیر دارد. مقایسه شیب خطوط (جدول ۲) گواهی بر این مدعا است که ریزکپسول‌های تهیه شده با صمغ عربی دارای خصوصیات ریزپوشانی و قابلیت نگهداری مطلوب‌تری نسبت به نمونه‌های تهیه شده با WPC بودند. همچنین استفاده ترکیبی از صمغ عربی و



شکل ۴- تأثیر ترکیب دیواره بر متوسط اندازه و سطح مخصوص قطرات

جدول ۱- تأثیر نوع و غلظت ماده دیواره بر اندازه ذرات پودر و راندمان ریزپوشانی کپسایسین

راندمان ریزپوشانی کپسایسین (درصد)	اندازه ذره پودر (d <sub>32</sub> میکرومتر)	غلظت (درصد)	مواد دیواره (صمغ : پروتئین)
<sup>a</sup> ۲/۵±۹۶/۵	<sup>a</sup> ۰/۱±۷/۵۳	۱۵	
<sup>a</sup> ۳/۳±۹۶/۲۵	<sup>b</sup> ۰/۰۶±۶/۸۴	۱۰	۰:۱۰۰
<sup>b</sup> ۱/۲۵±۹۵/۹	<sup>b</sup> ۰/۰۸±۶/۷۶	۵	
<sup>a</sup> ۱±۹۶/۰۹	<sup>d</sup> ۰/۰۸±۴/۶۴	۱۵	
<sup>c</sup> ۲/۴±۹۴/۸۳	<sup>c</sup> ۰/۰۲±۴/۳۶	۱۰	۵۰:۵۰
<sup>d</sup> ۱/۷±۸۹/۸۳	<sup>e</sup> ۰/۰۹±۴/۳۷	۵	
<sup>a</sup> ۲/۸±۹۶/۴۱	<sup>b</sup> ۰/۰۹±۶/۹۹	۱۵	
<sup>b</sup> ۳/۱±۹۶/۰۹	<sup>c</sup> ۰/۰۸±۵/۱۴	۱۰	۱۰۰:۰
<sup>c</sup> ۲/۳±۹۴/۱۶	<sup>d</sup> ۰/۱۲±۴/۸۴	۵	

جدول ۲- تغییرات نیمه عمر کپسایسین در نسبت‌های مختلف از صمغ عربی و WPC

نیمه عمر (روز)	ضریب تعیین	معادله رگرسیون	غلظت (درصد)	مواد دیواره (صمغ : پروتئین)
۱۷۳/۲۵	۰/۹۹	$y = -0.04x + 4.605$	۱۵	
۸۷/۷۵	۰/۸۵	$y = -0.088x + 4.992$	۱۰	۰:۱۰۰
۳۵/۵۴	۰/۸۵	$y = -0.195x + 4.6102$	۵	
۴۸/۸	۰/۹۷	$y = -0.142x + 4.604$	۱۵	
۳۲/۱	۰/۸	$y = -0.216x + 4.6452$	۱۰	۵۰:۵۰
۱۳/۶۴	۰/۹۶	$y = -0.508x + 4.5894$	۵	
۷۰	۰/۹۳	$y = -0.099x + 4.6071$	۱۵	
۳۵/۵۴	۰/۹۸	$y = -0.195x + 4.607$	۱۰	۱۰۰:۰
۲۶/۹۶	۰/۸۶	$y = -0.257x + 4.6036$	۵	

### نتیجه‌گیری

خود نشان داد. درحالی که با افزایش میزان غلظت ماده دیواره نیز میزان ابقای مواد مؤثره افزایش یافت. به طوری که مقدار بیشینه چه از نظر راندمان و چه از نظر ماندگاری مواد فرار در غلظت ۱۵ درصد مشاهده گردید.

در استخراج اولئورزین فلفل قرمز، نوع حلال و قطبیت آن تأثیر معنی‌داری بر راندمان استخراج داشتند در- حالیکه نسبت پودر خشک فلفل قرمز به حلال (۲، ۳/۵ و ۵) تأثیر مشخصی بر راندمان استخراج نگذاشت. از بین سه حلال مورد مطالعه (متانول، اتانول و ۲- پروپانول) بیشترین راندمان استخراج اولئورزین در متانول بدست آمد. درحالی که از نظر استخراج ماده مؤثره کپسایسین، کمترین راندمان مربوط به حلال متانول بود.

ریزکپسول‌های حاصل از امولسیون‌های با اندازه قطرات کوچک‌تر به شکل کاملاً مؤثری اجزای فرار را در طول مدت ۴ هفته نگهداری به میزان قابل قبولی حفظ نمودند. در این میان صمغ عربی نسبت به WPC حفاظت بیشتری را در میزان نگهداری مواد مؤثره از

## منابع

- 1- Abismail, B., Canselier, J. P., Wilhelm, A. M., Delmas, H. & Gourdon, C. 1999. Emulsification by ultrasound: Drop size distribution and stability. *Ultrasonics Sonochemistry*, 6: 75–83.
- 2- Amaya Guerra, C.A., Othón Serna Saldivar, S.R., Cárdenas, E. & Nevero Muñoz, J.A. 1997. Evaluation of different solvent systems for the extraction and fractionation of oleoresins of from guajillo peppers. *Arch Latinoam Nutrition*, 47: 127-130.
- 3- Amruthraj, N. J., Preetam Raj, J. P. & Antoine, L. L. 2014. Impact of organic solvents in the extraction efficiency of therapeutic analogue capsaicin from capsicum chinense bhut Jolokia fruits. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 6 (2): 159-164.
- 4- Barbero, G. F., Palma, M. & Barroso, C. G. 2006. (a) Pressurized liquid extraction of capsaicinoids from peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 3231-3236; (b) Determination of capsaicinoids in peppers by microwave-assisted extraction–high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Analytica Chimica Acta*, 578: 227–233.
- 5- Barbero, G. F., Liazid, A., Palma, M. & Barroso, C. G. 2008. Ultrasound-assisted extraction of capsaicinoids from peppers. *Talanta*, 75: 1332-1337.
- 6- Barnauskiene, R., Bylaite, E., Zukauskaitė, J. & Venskutonis, R. P. 2007. Flavor retention of peppermint (*Mentha Pipertia* l.) essential oil spray- dried in modified starches during encapsulation and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 3027-3036.
- 7- Benech, R.O., Kheadr, E. E., Lardidi, R., Lacroix, C. & Fliss, I. 2002. Inhibition of listeria innocua in Cheddar cheese by addition of nisin Z in liposomes or by in situ production in mixed culture. *Applied Environmental Microbiology*, 68: 3683-3690.
- 8- Beristain, C. I., Vazquez, A., Garcia, H. S. & Vernon-Carter, E. J. 1996. Encapsulation of orange peel oil by co-crystallization, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 29: 645-647.
- 9- Borges, P. & Pino, J. 1993. Preparation of black pepper oleoresin by alcohol extraction. *Die Nahrung*, 37 (2): 127-130.
- 10- Champagne, C. P., Blahuta, N., Brion, F. & Gagnon, C. 2000. A vortex-bowl disk atomizer system for the production of alginate beads in a 1500-liter fermentor, *Biotechnology and Bioengineering*, 68: 681-688.
- 11- Chinn, M. S., Sharma-Shivappa, R. R. & Cotter, J. L. 2011. Solvent extraction and quantification of capsaicinoids from Capsicum. *Chinese Food and Bioproducts Processing*, 89: 340–345.
- 12- Daood, H.G., Ille's, V., Gnayfeed, M. H., Me'sza'ros, B., Horva'th, G. & Biacs, P.A. 2002. Extraction of pungent spice paprika by supercritical carbon dioxide and subcritical propane. *Journal of Supercritical Fluids*, 23: 143–152.
- 13- Duarte, C., Moldão-Martins, M., Gouveia, A. F., Beirão da Costa, S., Leitão A. E. & Gabriela Bernardo-Gil, M. 2004. Supercritical fluid extraction of red pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Journal of Supercritical Fluids*, 30: 155–161.
- 14- Gnayfeed, M. H., Daood, H. G., Ille's, V. & Biacs, P. A. 2001. Supercritical CO<sub>2</sub> and subcritical propane extraction of pungent paprika and quantification of carotenoids, tocopherols, and capsaicinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 2761-2766.
- 15- Goubet, I., Le Quere, J.L. & Voilley, A. 1998. Retention of aroma compounds by carbohydrates, influence of their physicochemical characteristics and of their physical state. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 1981–1990.
- 16- Govindarajan, V. S. & Salzer, Uwe J., 1986. Capsicum production, technology, chemistry, and quality. Part III. Chemistry of the color, aroma, and pungency stimuli, *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 23 (3): 207-288.
- 17- Green, C. E., Hibbert, S. L. & Bailey-Shaw, Y. A. 2008. Extraction, processing, and storage effects on curcuminoids and oleoresin yields from curcuma longa L. Grown in Jamaica. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 3664–3670.

- 18- Jafari, S. M., He, Y. & Bhandari, B. 2007. Encapsulation of nanoparticles of d-Limonene by spray drying: role of emulsifiers and emulsifying techniques. *Drying Technology*, 25: 1079–1089.
- 19- Jincheng, W., Chen, S. H. & Xu, Z. H. 2008. Synthesis and properties research on the nanocapsulated capsaicin by simple coacervation method. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 29: 687–695.
- 20- Jincheng, W., Xiaoyu, Z. & Sihao, C. 2010. Preparation and properties of nanocapsulated capsaicin by complex coacervation method. *Chemical Engineering Communication*, 197: 919- 933.
- 21- Kenyon, M. M. 1995. Modified starch, maltodextrin, and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation. In: *encapsulation and controlled release of food ingredients* (edited by S.J. Risch & G.A. Reineccius). P. 43–50. ASC Symposium Series 590. Washington, DC: American Chemical Society.
- 22- Kim, Y. D. & Morr, C. V. 1996. Microencapsulation properties of gum arabic and several food proteins: spray dried orange oil emulsion particles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 1314–1320.
- 23- Krishnan, S., Bhosale, R. & Singhal, R. S. 2005. Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 61: 95–102.
- 24- Landy, P., Druaux, C. & Voilley, A. 1995. Retention of aroma compounds by proteins in aqueous solution. *Food Chemistry*, 54: 387–392.
- 25- McNamee, B.F., O'Riordan, E. D. & O'Sullivan, M. 1998. Emulsification and microencapsulation properties of gum Arabic. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 4551–4555.
- 26- Mofidi, N., Aghai-Moghadam. M. & Sarbolouki, M. N. 2000 Mass preparation and characterization of alginate microspheres. *Process Biochemistry*, 35: 885-888.
- 27- Partanen, R., Hakala, P., Sjoval, O., Kallio, H. & Forssell, P. 2005. Effect of relative humidity on the oxidative stability of microencapsulated sea buckthorn seed oil. *Journal of Food Science*, 70 (1): E37- E43.
- 28- Pe´rez-Alonso, C., Cruz-Olivares, J., Barrera-Pichardo, J. F., Rodrı´guez-Huezo, M. E., Ba´ez-Gonza´lez, J. G. & Vernon-Carter, E. J. 2008. DSC thermo-oxidative stability of red chili oleoresin microencapsulated in blended biopolymers matrices. *Journal of Food Engineering*, 85: 613–624.
- 29- Peusch, M., Mller-Seitz, E., Petz, M., Mller, A. & Anklam, E.. 1997. Extraction of capsaicinoids from chillies (*Capsicum frutescens* L.) and paprika (*Capsicum annum* L.) using supercritical fluids and organic solvents. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 204: 351- 355.
- 30- Rafajlovska, V., Slaveska-Raicki, R., Koleva-Gudeva, L. & Klopceska, J. 2007. Spice paprika oleoresin extraction under different conditions involving acetone and ethanol. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 5 (2): 65-69.
- 31- Re, M. I. & Liu, Y. J. 1996. Microencapsulation by spray drying: Influence of wall systems on the retention of the volatiles compounds. *Proceeding of the 10<sup>th</sup> International Drying Symposium*, Karkow, Poland, July 30-August 2 1996, pp. 541-549.
- 32- Reineccius, G. A. 1991. Carbohydrates for flavor encapsulation. *Food Technology*, 45: 144–147.
- 33- Rosenberg, M. 1985. Structure characterization and volatile retention in spray-drying microencapsulation. DSc Thesis, Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.
- 34- Rosenberg, M. & Young, S. L. 1993. Whey protein as microcapsulating agents. Microencapsulation of anhydrous milkfat-structure evaluation. *Food Structures*, 12: 31–41. Rosenberg, M., & Sheu, T. Y. 1996. Microencapsulation of volatiles by spray-drying in whey protein-based wall systems. *International Dairy Journal*, 6: 273–284.
- 35- Rosenberg, M. 1997. Milk derived whey protein-based microencapsulating agents and a method of use. US Patent no. 5,601,760. California Corporation, Oakland, CA.

- 36- Rostagno, M. A., Palma, M. & Barroso, C.G. 2003. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. *Journal of Chromatography A*, 1012 (2): 119-128.
- 37- Santamarí, R. I., Reyes-Duarte, M. D., Ba'rzana, E., Fernando, D., Gama, F. M. & Mota, M. 2000. Selective Enzyme-mediated extraction of capsaicinoids and carotenoids from Chili Guajillo Puya (*Capsicum annum* L.) Using Ethanol as Solvent. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 48: 3063-3067.
- 38- Shaikh, J., Bhosale, R. & Singhal, R. 2006. Microencapsulation of black pepper oleoresin. *Food Chemistry*, 94: 105–110.
- 39- Soottitawata, A., Takayama, K., Okamura, K., Muranaka, D., Yoshii, H., Furuta, T., 2005. Microencapsulation of l-menthol by spray drying and its release characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6, 163– 170.
- 40- Taherian, A. R., Fustier, P. & Ramaswamy, H. S., 2006. Effect of added oil and modified starch on rheological properties, droplet size distribution, opacity and stability of beverage emulsion. *Journal of Food Engineering*, 77: 687-696.
- 41- Tipsrisukond N., Fernando L. N. & Clarke A. D. 1998. Antioxidant effects of essential oil and oleoresin of black pepper from supercritical carbon dioxide extractions in ground pork. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46: 4329- 4333.
- 42- Thijssen, H. A. C. & Rulkens, W. H., 1968. Retention of aromas in drying food liquids, *De Ingenieur*, 47: 45– 56.
- 43- Xing, F., Cheng, G., Yi, K. & Ma, L., 2005. Nanoencapsulation of capsaicin by complex coaservation of gelatin, Acacia, and Tannins. *Journal of Applied Polymer Science*, 96: 2225-2229.
- 44- Whorton, C. & Reineccius, G. A. 1995. Evaluation of the mechanisms associated with the release of encapsulated flavor from maltodextrin matrices. In: *Encapsulation and controlled release of food ingredients* (edited by S. J. Rish & G. A. Reineccius), P. 143–160. Washington, DC: American Chemical Society.

## Extraction and encapsulation of capsaicinoids of red pepper oleoresin

Bibi Marzieh Razavizadeh<sup>\*1</sup>, Rasuol Kadkhodae<sup>2</sup>, Zeinab Zaferani<sup>3</sup>

1- Assistant Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science & Technology, Mashhad, Iran

\*Corresponding author (bmrz110@gmail.com)

2- Associated Professor, Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science & Technology, Mashhad, Iran

3- Technician of Biophysics Laboratory, Department of Food Nanotechnology, Research Institute of Food Science & Technology, Mashhad, Iran

### Abstract

Pepper oleoresin is dense oil and/ or semi-solid extract that is used as a flavoring and coloring agent in various food products. Spicy taste of red pepper oleoresin is due to a group of alkaloids called capsaicinoids. In this study for the first step, red pepper oleoresin was extracted using ethanol, methanol and 2-propanol as extraction solvents. In the second step, extracted capsaicinoids were encapsulated with Arabic gum and whey protein concentrate (WPC) as ingredient wall material applying spray drying method. The statistical results showed the type of solvent had a significant effect on the efficiency of the extraction, while for the ratio of powder to solvent no significant differences in the efficiency of extraction was observed. The effect of composition of wall material (5, 10 and 15 %) and blending ratio polymeric matrix of gum Arabic and WPC (in the ratio of 100:0, 1: 1, and 0:100) on the size of the powder containing encapsulated capsaicinoids as well as encapsulated efficiency were evaluated. It was observed that the composition of wall material and blending ratio of polymeric matrix affected the mean diameter, particle size distribution, and specific surface area. That is to say, the retention time of active ingredients in gum Arabic was more than WPC. In addition, the encapsulation efficiency and remaining of capsaicinoids in the capsule increased as the wall material concentration increased from 5 to 15 percentages.

**Keywords:** Capsaicinoids, Encapsulation, Gum arabic, Red pepper oleoresin, Whey protein concentrate