

بررسی عوامل موثر بر ماندگاری ریزکپسول‌های حاصل از ریزپوشانی لیمونن توسط پروتئین آب پنیر تغلیظ شده

امین قهرمانی فر^{۱*}، علی محمدی ثانی^۲، مسعود نجف نجفی^۳، مهدی قهرمانی فر^۴

^۱ دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، قوچان، ایران

^۲ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران

^۳ عضو هیأت علمی مرکز آموزش عالی جهاد کشاورزی خراسان رضوی، مشهد، ایران

^۴ دانشجوی رشته‌ی پزشکی دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یاسوج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۱۰

چکیده

در این تحقیق، تأثیر غلظت ماده دیواره، زمان همگن‌سازی امولسیون‌های تازه و خصوصیات امولسیون‌های بازسازی شده بر ماندگاری ریزکپسول‌های حاصل از ریزپوشانی، مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور سوسپانسیون‌های کلوئیدی با غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد پروتئین آب پنیر تغلیظ شده به عنوان ماده‌ی دیواره و لیمونن به عنوان هسته در آب (امولسیون روغن در آب) تهیه گردید. سپس با کمک هموژنایزر و در زمان‌های همگن‌سازی ۳، ۶ و ۹ دقیقه، سوسپانسیون‌های کلوئیدی تبدیل به امولسیون گردیدند. این امولسیون‌ها با استفاده از فرایند خشک کردن پاششی ریزپوشانی گردیده و ویژگی‌های آن‌ها نظیر اندازه ذرات، مورد بررسی قرار گرفت. سپس به منظور بررسی پایداری و ثبات دیواره‌ها و تعیین سرعت رهایش لیمونن، ریزکپسول‌های تهیه شده به مدت ۶ هفته در دمای اتاق نگهداری شدند. نتایج، نشان داد با افزایش غلظت ماده‌ی دیواره و زمان هموژنیزاسیون امولسیون‌های تازه، سرعت رهایش لیمونن کاهش می‌یابد. همچنین بررسی امولسیون‌های بازسازی شده نیز نشان داد سرعت رهایش لیمونن با افزایش اندازه‌ی ذرات امولسیون‌ها کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: امولسیون‌های بازسازی شده، ریزپوشانی، لیمونن، پروتئین آب پنیر تغلیظ شده.

۱- مقدمه

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دیواره در انشمار مواد هسته قابل توجه می‌باشد (۲۰). روزنبرگ و همکاران (۱۹۹۰) نیز مشاهده کردند با افزایش میزان رطوبت، سرعت انتشار مواد از درون ریزکپسول‌ها افزایش می‌یابد (۱۶). رانشوز (۱۹۹۵) ماندگاری ترکیبات مولد عطر و طعم ریزپوشانی شده توسط مالتودکسترین با میزان دکستروز مختلف را بررسی نموده و مشاهده کرد میزان ماندگاری مواد ریزپوشانی شده درون ریزکپسول‌ها با افزایش میزان دکستروز، افزایش می‌یابد (۱۴).

هدف از این بررسی، اثر غلظت پروتئین آب پنیر تغلظ شده، زمان همگن‌سازی امولسیون‌های تازو و خصوصیات امولسیون‌های بازسازی شده بر ماندگاری ریزکپسول‌های حاصل از فرایند ریزپوشانی بود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد شیمیایی

پودر آب پنیر تغلیظ شده، د- لیمونن و توئین ۸۰^۷ (سوربیتال منو -۹- اکتادکنونات) از شرکت سیگما آلدریچ^۸ و هگزان از شرکت مرک^۹ آلمان خریداری گردید. سایر مواد شیمیایی مورد استفاده با درجه‌ی خلوص بالا (۹۹/۹ درصد) از شرکت مرک آلمان تامین شدند. برای تهیه‌ی کلیه‌ی محلول‌ها از آب دیونیزه استفاده گردید.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه‌ی سوسپانسیون‌های کلئیدی

نسبت‌های وزنی مناسبی از پروتئین آب پنیر تغلظ شده به آب دیونیزه اضافه شدند و سپس با استفاده از یک همزن مغناطیسی به مدت یک ساعت مخلوط گردیدند تا محلول‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد (وزنی/وزنی) تهیه شود. سپس، سوسپانسیون‌های کلئیدی مذکور به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگه‌داری شدند تا آب‌گیری به طور کامل انجام پذیرد (۲).

۲-۲-۲- تهیه‌ی امولسیون

امولسیون روغن در آب حاوی ۵ درصد وزنی د- لیمونن در ۱۰۰ گرم ماده‌ی دیواره و ۰/۱ درصد توئین ۸۰ بدین صورت

ریزپوشانی مواد مولد عطر و طعم در صنایع غذایی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. زیرا ریزپوشانی موجب افزایش پایداری شیمیایی (۲۱)، جلوگیری از تبخیر و کاهش سرعت انتقال مواد به محیط خارج، اصلاح ویژگی‌های مواد اولیه، دست‌یابی به پراکندگی یکنواخت، حفاظت در مقابل عوامل محیطی نظیر گرما و رطوبت و همچنین کنترل آزادسازی این گونه از ترکیبات می‌شود (۶۸، ۱۸، ۱۹).

طیف گسترده‌ای از فرایندهای مهندسی، جهت ریزپوشانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نوع فرایند به کار رفته برای ریزپوشانی بستگی به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هسته و پوشش و نوع کاربرد آن در مواد غذایی دارد. در بین تکنیک‌های مختلف، خشک کردن پاششی^۱، سرد کردن پاششی^۲، اکستروژن^۳، پوشش از طریق تعلیق^۴، اکستروژن گریز از مرکز^۵، خشک کردن انجمادی^۶ قابل توجه می‌باشند. در میان این روش‌ها، خشک کردن پاششی و اکستروژن دو روش متداول مورد استفاده به صورت تجاری می‌باشند (۱).

موادی که برای ریزپوشانی به کار می‌روند باید قابلیت حفاظت از مواد داخل کپسول‌ها و جلوگیری از تخریب شیمیایی و آزاد شدن ترکیبات فرار در طول تولید، نگه‌داری و حمل و نقل را داشته باشند (۹). غشای حاصل از مواد دیواره به دلیل نیمه تراوا بودن، دارای ظرفیت محدودی در جلوگیری از آزاد شدن ترکیبات فرار و جلوگیری از اکسیداسیون آن‌ها می‌باشند (۱۷). از طرفی تعیین سرعت انتشار مواد مولد عطر و طعم از ریزکپسول‌های حاصل از فرایند ریزپوشانی در تخمین پایداری مواد فرار ریزپوشانی شده هنگام نگه‌داری و به کارگیری آن‌ها در مواد غذایی از اهمیت فراوانی برخوردار می‌باشد (۲۱). مطالعات متعددی در خصوص عوامل موثر بر انتشار مواد مولد عطر و طعم صورت گرفته است. ورتون (۱۹۹۵) بررسی جامعی در خصوص تأثیر خصوصیات ماده‌ی دیواره در انتشار مواد ریزپوشانی شده انجام داد و مشاهده کرد

1. Spray drying
2. Spray cooling / chilling
3. Extrusion
4. Air suspension coating
5. Centrifugal extrusion
6. Freeze - drying

7. Tween80
8. Sigma-Aldrich
9. Merck

ساخت ژاپن) کمیت‌های مذکور بر مبنای معادلات زیر و توسط نرم افزار دستگاه محاسبه گردیدند.

$$D_{32} = \sum z_i d_i^3 / \sum z_i d_i^2 \quad (2-3)$$

$$SSA = 6/d_{32} \quad (3-3)$$

در این معادلات d_{32} قطر متوسط به حجم ذرات، z_i تعداد ذرات با قطر d_i و SSA سطح مخصوص ذرات می‌باشد. تمامی اندازه‌گیری‌ها با ۲ تکرار انجام و میانگین‌ها گزارش گردید (۱۳).

۲-۳-۳- تعیین سرعت رهایی د- لیمونن

به منظور بررسی پایداری و ثبات دیواره‌ها و تعیین سرعت رهایش لیمونن، ریزکپسول‌های تهیه شده به مدت ۶ هفته در دمای اتاق و در داخل دسیکاتور نگه داری شدند. درصد باقی‌مانده د- لیمونن از تقسیم کردن مقدار آن‌ها در زمان مورد بررسی (t) بر مقدار اولیه ی آن‌ها در زمان (t_0) و ضرب کردن خارج قسمت حاصل در عدد ۱۰۰ به دست آمد. سپس درصد باقی‌مانده‌ی هر یک از این ترکیبات در مقیاس نیمه لگاریتمی نسبت به زمان رسم گردید و شیب منحنی (k) به عنوان سرعت رهایش محاسبه شد. برای تعیین نیمه عمر ($t_{1/2}$) باقی‌مانده‌ی لیمونن در ریز کپسول‌ها، رابطه ی زیر به کار برده شد:

$$t_{1/2} = 0.693 / K \quad (4-3)$$

۲-۳-۴- تجزیه ی آماری

به منظور تجزیه ی واریانس نتایج، نرم‌افزار Minitab مورد استفاده قرار گرفت. میانگین تکرارها توسط نرم افزار MSTATC در قالب آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح آماری ۰.۰۵ مورد مقایسه قرار گرفتند. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

۳- نتایج و بحث

بررسی منحنی نیمه لگاریتمی درصد لیمونن به زمان نگه‌داری (شکل ۱) نشان دهنده‌ی کاهش خطی در کلیه‌ی موارد بود. از روی شیب منحنی‌های رسم شده (k) زمان نیمه عمر ($t_{1/2}$) که زمان لازم برای کاهش ماده ی کپسوله شده تا ۵۰٪ مقدار اولیه می‌باشد از رابطه ی $t_{1/2} = 0.693/k$ برای کلیه نمونه‌ها محاسبه شد (جدول ۱).

تهیه گردیدند: ابتدا تمامی اجزاء با استفاده از یک همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شدند. سپس امولسیون اولیه با استفاده از همگن‌ساز اولتراتوراکس مدل T25 (شرکت IKA، ساخت آلمان) با سرعت ۲۴۰۰۰ دور در دقیقه و در زمان‌های ۳، ۶ و ۹ دقیقه در دمای اتاق هموزن گردید (۱۰).

۲-۳-۳- تهیه ی ریزکپسول‌ها

برای تهیه ی ریزکپسول‌ها از یک خشک کن پاششی (مدل B-290، mini spray dryer، شرکت Buchi، ساخت سوئیس) استفاده گردید. شرایط خشک کردن عبارت بودند از: دمای ورودی $100 \pm 10^\circ C$ و دمای هوای خروجی $90 \pm 10^\circ C$. برای جلوگیری از جذب رطوبت، پودرهای تهیه شده بلافاصله به قوطی‌های پلاستیکی درب‌دار منتقل و تا انجام آزمایش‌های بعدی در داخل دسیکاتور نگه‌داری شدند (۱۱).

۲-۳-۱- اندازه‌گیری اندازه‌ی ذرات امولسیون‌های بازسازی شده از ریزکپسول‌ها

به منظور بررسی تغییرات اندازه‌ی ذرات امولسیون‌ها در طول فرآیند ریزپوشانی، امولسیون‌های بازسازی شده از ریزکپسول‌های تولیدی نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. به این ترتیب که امولسیون‌های بازسازی شده دارای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی از حل شدن مقادیر مناسبی از پودر در آب دیونیزه تهیه شده و در دمای اتاق با کمک یک همزن مغناطیسی به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط گردیدند. متوسط قطر و توزیع اندازه‌ی امولسیون به کمک دستگاه انکسار نورلیزر (مدل Nano-Zeta sizer، شرکت Malvern، ساخت انگلستان) اندازه‌گیری شد. قطر متوسط ذرات که با نماد d_{43} (قطر حجم به طول) نمایش داده می‌شود با استفاده از معادله ی (۳-۱) محاسبه گردید.

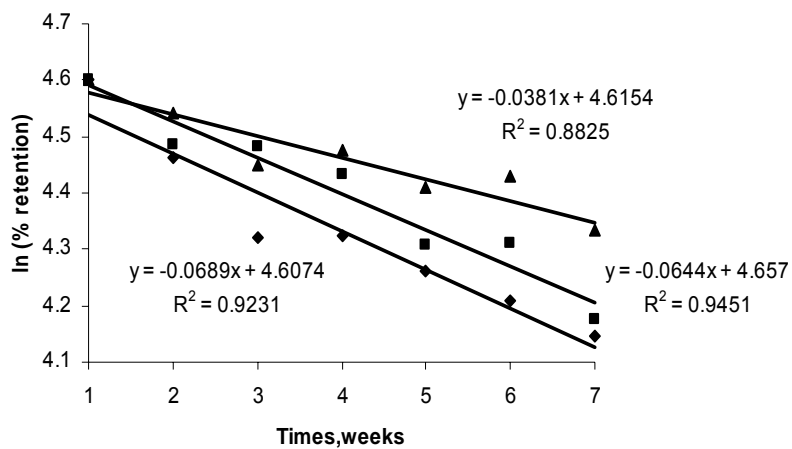
$$D_{43} = \sum z_i d_i^4 / \sum z_i d_i^3 \quad (1-3)$$

در معادله‌ی مذکور، z_i تعداد ذرات با قطر d_i می‌باشد (۱۳).

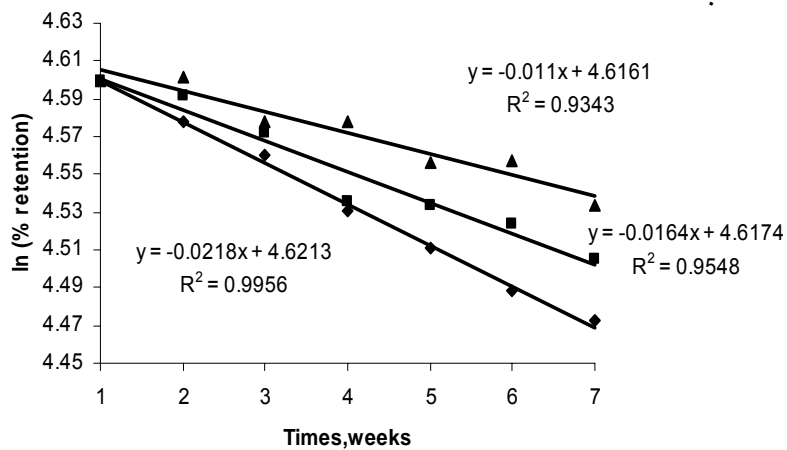
۲-۳-۲- اندازه‌گیری اندازه‌ی ذرات پودر

برای سنجش اندازه و سطح مخصوص پودرها ابتدا دیسپرسیون آن‌ها در اتانول تهیه شد و سپس به کمک دستگاه انکسار نورلیزر مجهز به سل غیر مداوم (مدل Sald - 2107 شرکت shimadzu،

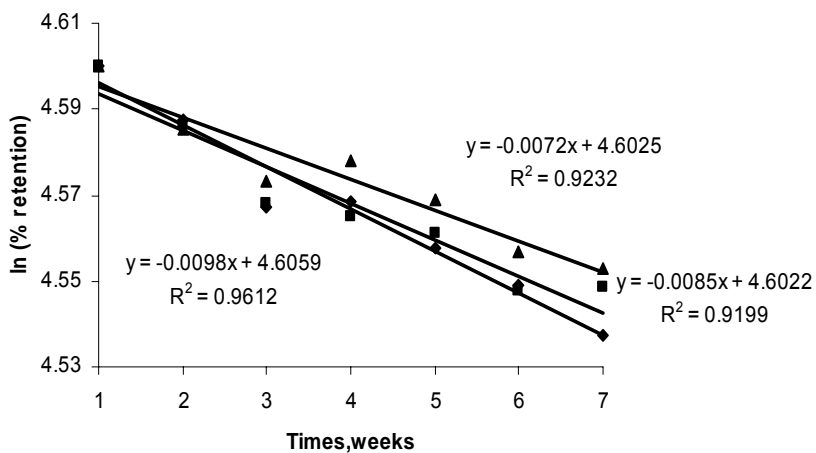
الف



ب



ج



شکل ۱- تأثیر غلظت ماده دیواره ۱۰٪ (الف)، ۱۵٪ (ب) و ۲۰٪ (ج) و زمان های هموزنی‌اسیون (۳، ۶، ۹، ۲۵ دقیقه) بر مقدار د-لیمون بافی مانده در ریز کپسول ها در طول ۶ هفته نگهداری در دمای ۲۵ °C.

جدول ۱ - تأثیر غلظت ماده ی دیواره ۱۰٪(الف)، ۱۵٪(ب) و ۲۰٪(ج) و زمان های هموژنیزاسیون (۳، ۶، ۹ دقیقه) بر مقدار لیمونن باقی مانده در ریز کپسول ها در طول ۶ هفته نگه داری در دمای ۲۵ °C

غلظت WPC (%)	زمان هموژنیزاسیون (دقیقه)	معادله ی رگرسیون	ضریب تعیین	نیمه عمر (هفته)
۱۰	۳	$Y = -0.0689X + 4.6074$	۰/۹۲	۱۰/۰۵
	۶	$Y = -0.0644X + 4.6570$	۰/۹۴	۱۰/۷۶
	۹	$Y = -0.0381X + 4.6154$	۰/۸۸	۱۸/۱۸
۱۵	۳	$Y = -0.0218X + 4.6213$	۰/۹۹	۳۱/۷۸
	۶	$Y = -0.0164X + 4.6174$	۰/۹۵	۴۲/۲۵
	۹	$Y = -0.011X + 4.6161$	۰/۹۳	۶۳
۲۰	۳	$Y = -0.0098X + 4.6059$	۰/۹۷	۷۰/۷۱
	۶	$Y = -0.0089X + 4.6022$	۰/۹۰	۷۷/۸۶
	۹	$Y = -0.0072X + 4.6025$	۰/۹۲	۹۶/۲۵

جدول ۲ - خصوصیات ریز کپسول ها

غلظت WPC (%)	زمان هموژنیزاسیون (دقیقه)	اندازه ی پودر (μm)	سطح مخصوص (m^2/ml)	اندازه ی ذرات امولسیون های باز سازی شده (nm)
۱۰	۳	۵/۳۴۱±۰/۳۳۱	$1/12 \times 10^{-6}$	۱۵۲/۷
	۶	۵/۴۳۸±۰/۳۲۳	$1/10 \times 10^{-6}$	۱۵۴/۳
	۹	۵/۵۹۲±۰/۳۱۶	$1/07 \times 10^{-6}$	۱۵۵/۴
۱۵	۳	۵/۵۳۵±۰/۳۲۲	$1/08 \times 10^{-6}$	۱۵۹/۶
	۶	۵/۷۰۹±۰/۳۵۲	$1/05 \times 10^{-6}$	۱۶۱/۹
	۹	۶/۲۳۵±۰/۳۶۱	$0/96 \times 10^{-6}$	۱۶۳/۸
۲۰	۳	۶/۶۱۱±۰/۳۷۸	$0/90 \times 10^{-6}$	۱۷۰/۵
	۶	۷/۲۶۶±۰/۳۸۷	$0/82 \times 10^{-6}$	۱۷۲/۴
	۹	۷/۲۷۲±۰/۴۱۵	$0/82 \times 10^{-6}$	۱۷۵/۱

۱-۳- تأثیر غلظت ماده‌ی دیواره و زمان همگن‌سازی امولسیون‌های تازه بر نگهداری لیمون

همان گونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود با افزایش غلظت ماده‌ی دیواره و زمان هموژنیزاسیون امولسیون‌های تازه، زمان نیمه عمر لیمون از ۱۰/۰۵ تا ۹۶/۲۵ هفته افزایش یافت. کم‌ترین میزان $t_{1/2}$ ، ۱۹/۰۹ هفته مربوط به نمونه‌ی با غلظت ۱۰ درصد ماده‌ی دیواره و زمان هموژنیزاسیون ۳ دقیقه بود و بیش‌ترین مقدار آن، ۱۰۰/۴۳ هفته مربوط به نمونه‌ی با غلظت ۲۰ درصد ماده‌ی دیواره و زمان هموژنیزاسیون ۹ دقیقه بود. افزایش زمان نیمه عمر با افزایش غلظت ماده‌ی دیواره و زمان هموژنیزاسیون امولسیون‌های تازه احتمالاً به این دلیل است که افزایش غلظت ماده‌ی دیواره و زمان همگن‌سازی امولسیون‌های تازه باعث افزایش اندازه‌ی ذرات پودر شده و از طرفی با توجه به این که با افزایش اندازه‌ی ذرات، نسبت سطح به حجم کاهش می‌یابد (جدول ۱) بنابراین، مقدار آزادسازی ترکیبات هسته با بزرگ‌تر شدن اندازه‌ی ذرات پودر کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی توسط چانگ و همکاران (۱۹۸۸) گزارش گردید. آن‌ها مشاهده کردند ذرات بزرگ‌تر، اثر محافظتی بیش‌تری بر مواد ریزپوشانی شده در طول نگهداری دارند (۳). فانگ و همکاران نیز (۲۰۰۵) گزارش کردند ریزکپسول‌هایی که اندازه ذرات آن‌ها بزرگ‌تر است از ماندگاری بیش‌تری برخوردارند (۷). همچنین بررسی سوتیتانوات و همکاران (۲۰۰۵) بر روی اثر اندازه‌ی ذرات پودر بر ماندگاری لیمون کپسوله شده توسط صمغ عربی، مالتودکستین و نشاسته‌ی اصلاح شده، نشان داد با افزایش اندازه‌ی ذرات پودر پایداری میکروکپسول‌ها در مدت نگهداری افزایش می‌یابد. به علاوه مشاهده شد پودرهایی که اندازه‌ی ذرات کوچک‌تری دارند، ماده‌ی کپسوله شده در موقعیت نزدیک‌تری به پوسته قرار دارد به همین دلیل، امکان آزادسازی ترکیبات هسته در آن‌ها بیش‌تر می‌باشد (۱۷).

۲-۳- تأثیر اندازه‌ی ذرات امولسیون‌های بازسازی شده بر نگهداری لیمون

نتایج مربوط به اندازه‌ی ذرات امولسیون‌های بازسازی شده در جدول (۲) آورده شده است. مقایسه‌ی اندازه‌ی ذرات امولسیون‌های بازسازی شده و لیمون باقی مانده در طول

نگهداری نشان داد با افزایش اندازه‌ی ذرات، امولسیون‌های بازسازی شده، پایداری ریزکپسول‌ها در طول نگهداری افزایش می‌یابد. نتایج به دست آمده در این بررسی با نتایج به دست آمده توسط ریچ و رانشوز (۱۹۸۸) مطابقت دارد (۱۵). سوتیتانوات و همکاران (۲۰۰۵) نیز در بررسی مشابهی مشاهده نمودند میزان رهایی و اکسیداسیون ترکیبات ریزپوشانی شده با افزایش اندازه‌ی ذرات امولسیون‌های بازسازی شده از ریزکپسول‌ها کاهش می‌یابد (۱۷). همچنین لیتوت و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند امولسیون‌های حاصل از ریزکپسول‌هایی که اندازه‌ی ذرات کوچک‌تری دارند به دلیل این که نسبت سطح به حجم در آن‌ها بیش‌تر است و بیش‌تر در معرض هوا قرار دارند، پایداری آن‌ها در طول نگهداری کم‌تر است (۱۲).

۴- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در خصوص بررسی توانایی ماده‌ی دیواره برای نگهداری لیمون در مدت زمان نگه داری به مدت ۶ هفته و در دمای ۲۵ درجه، نشان داد افزایش زمان همگن‌سازی و غلظت ماده‌ی دیواره، موجب افزایش پایداری ریزکپسول‌ها و افزایش نگهداری لیمون در طول زمان گردید. به علاوه، مقایسه‌ی اندازه‌ی ذرات امولسیون‌های بازسازی شده از ریزکپسول‌ها نیز نشان داد با افزایش اندازه‌ی ذرات امولسیون‌ها، میزان رهایی لیمون کاهش می‌یابد.

۵- منابع

- 1- Barbosa-Cánovas, G.V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., Yan, H. 2005. Encapsulation processes, In FOOD POWDERS. American Chemical Society, New York, Chapter, pp.199 – 219.
- 2- Bouaouina, H., Desrumaux, A., Loisel, C., Legrand, J. 2006. Functional properties of whey proteins as affected by dynamic high-pressure treatment. *International Dairy Journal*, Volume 16, Issue 4, Pages 275-284.
- 3- Chang, Y., Scire, J., and Jacobs, B. 1988, Effect of Particle Size and Microstructure Properties on Encapsulated Orange Oil Flavor Encapsulation Properties on Encapsulation, pp.87-102, in S.J. Risch and G.A. Reineccius (ed.) Flavor Encapsulation, ACS Symp. Ser. no. 370.

- droplet size and emulsion stability. *Food engineering*, 48:137-146.
- 14- Reineccius, G. A. 1995.. Controlled release technique in the food industry. S.J. Risch and G.A. Reineccius, Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients. *ACS Symp. Ser. No. 590*, 8_25.
 - 15- Risch, S. J. and Reineccius, G. A. 1988. Spray-dried orange oil – effect of emulsion size on flavor retention and shelf stability. *ACS Symposium Series*, 370, 67–77.
 - 16- Rosenberg, M., Kopelman, I. J. and Talmon, Y. 1990. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 38, 1288_1294.
 - 17- Soottitantawat, A., Bigeard, F., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M. and Linko, P. 2005. Influence of emulsion and powder size on the stability of encapsulated d-limonene by spray drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(1), 107–114.
 - 18- Versic, R.J. 1988. Coacervation for flavor encapsulation. In Flavor Encapsulation, Risch, S.J. and Reineccius, G.A. (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, Chapter 14, pp. 126–131.
 - 19- Versic, R.J. 1988. Flavor encapsulation. In Flavor Encapsulation, Risch, S.J. and Reineccius, G.A. (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, Chapter 1, pp. 1–6.
 - 20- Whorton, C. 1995. Factors influencing volatile release from encapsulation matrices. S. J. Risch and G. A. Reineccius, Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients. *ACS Symp. Ser. No. 590*, 134_142.
 - 21- Yoshii, H., Soottitantawat, A., Liu, X.D., Atarashi, T., Furuta, T., Aishima, S., Ohgawara, M., Linko, P. 2001. Flavor release from spray-dried maltodextrin_gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. *J. Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2.55_61.
 - 4- Chen, X.G.; Lee, C.M.; Park, H.J. 2005. O/w emulsification for the self-aggregation and nanoparticle formation of linolenic acid modified chitosan in the aqueous system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2003, 51, 3135–3139.
 - 5- Cho, Y.H.; Shin, D.S.; Park, J. 2000. Optimization of emulsification and spray drying processes for the microencapsulation of flavor compounds. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 32, 132–139.
 - 6- Dezar, T.J. 1995. Food ingredients encapsulation. In Encapsulation and Controlled Release of Food Ingredients, Risch, S.J. and Reineccius, G.A. (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, Chapter 7, pp. 75–86.
 - 7- Fang, X., Shima, M., Adachi, S. 2005. Effects of drying conditions on the oxidation of linoleic acid encapsulated with gum arabic by spray-drying. *Food Sci Technol Res* 11(4):380–384.
 - 8- Greenblatt, H.C., Dombroski, M., Klishevich, W., Kirkpatrick, J., Garrison, W. and Redding, B.K. 1993. Encapsulation and controlled release of flavors and fragrances. In Encapsulation and Controlled Release, Karsa, D.R. and Stephenson, R.A. (eds.). The Royal Society of Chemistry, Cambridge, pp. 148–162.
 - 9- Kim, Y. D., Morr, C. V. and Schenz, T. W. 1996. Micro-encapsulation properties of gum Arabic and several food proteins: Liquid orange oil emulsion particles. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44, 1308–1313.
 - 10- Kresic, G., Lelas, V., Jambrak, A.R., Herceg, Z., Brncić, S.R. 2008. Influence of novel food processing technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins. *J. Food Engineering*, 87 : 64–73.
 - 11- 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.
 - 12- Lethuaut, L., Me'tro, F. and Genoi, C. 2002. Effect of droplet size on lipid oxidation rate of oil-in-water emulsions stabilized by protein. *Journal of the American Chemical Society*, 5, 425–430.
 - 13- Linares, E., Laree, C., Popineau, Y. 2001. Freez- or spray-dried gluten hydrolysates .2. Effect of emulsification process on