بررسی تاثیر کربوهیدرات ها برماندگاری لیمونن ریزپوشانی شده با پروتئین آب پنیر تغلیظ شده

امین قهرمانی فر[1*]، مسعود نجف نجفی[2]، علی محمدی ثانی[1]

1- دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان، گروه علوم و صنایع غذایی، قوچان، ایران

2- مرکز آموزش عالی جهاد کشاورزی خراسان رضوی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت:1391/11/14 تاریخ پذیرش: 1392/9/11

چکیده

در این تحقیق تأثیر کربوهیدرات ها بر خصوصیات ریزکپسول های تهیه شده با پروتئین آب پنیر تغلیظ شده به عنوان ماده دیواره و لیمونن به عنوان هسته مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور سوسپانسیون های کلوئیدی با غلظت 15درصد پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و د- لیمونن در آب تهیه گردیدند. به منظور بررسی تاثیر کربوهیدرات ها بر خصوصیات ریزکپسول ها ، نسبت 1 درصد وزنی از قندهای گلوکز، ساکارز و اینولین به پیش مخلوط امولسیونی اضافه شد سپس با کمک هموژنایزر و در زمان همگن سازی 9 دقیقه سوسپانسیون های کلوئیدی تبدیل به امولسیون گردیدند. این امولسیون ها با استفاده از فرایند خشک کردن پاششی ریزپوشانی گردیده و ویژگی های آن ها نظیراندازه ذرات مورد بررسی قرار گرفت. سپس به منظور بررسی پایداری و ثبات دیواره ها و تعیین سرعت رهایش د- لیمونن ، ریز کپسول های تهیه شده به مدت 6 هفته در دمای اتاق نگهداری شدند. نتایج بدست آمده نشان داد با افزودن کربوهیدرات ها سرعت رهایش د-لیمونن کاهش می یابد. تصاویر سطحی تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نیز نشان داد نمونه های تهیه شده از اینولین و ساکارز دارای ضریب گردی بیشتر و سطحی صاف تر از نمونه های دارای گلوکز و همچنین فاقد کربوهیدرات می باشند. از طرفی نمونه های فاقد کربوهیدرات چروکیده و دارای شکاف و سوراخ هایی در سطح بودند.

واژه های کلیدی: پروتئین آب پنیر تغلیظ شده، ریزپوشانی، گلوکز، ساکارز، اینولین

* مسوول مکاتبات: ghahramaniamin@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

1- مقدمه

طعم دهنده ها به عنوان یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده مواد غذایی بوده و به طور گسترده ای در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می گیرند (23). طعم دهنده ها شامل مولکول های فرار آلی می باشند (4) که در طول فرایند تولید، بسته بندی و نگهداری مقداری از این مواد از ماده غذایی خارج می شوند. بنابراین می-توان با ریزپوشانی این ترکیبات از واکنش های مخرب آن ها در طول فراوری، بسته‌بندی و نگهداری مواد غذایی جلوگیری کرده و آن‌ها را به صورت کنترل شده آزاد سازی نمود (11). ریزپوشانی باعث حفظ این مواد از انجام واکنش های مخرب، جلوگیری از از دست رفتن این ترکیبات، کاهش میزان اکسیداسیون و افزایش پایداری آن‌ها می گردد. امروزه از تکنیک های مختلفی جهت انجام فرایند ریزپوشانی استفاده می شود که از آن جمله می توان به خشک کردن پاششی، خشک کردن انجمادی، اکستروژن و خشک کردن با بستر سیال اشاره نمود. خشک کردن پاششی رایج ترین روش مورد استفاده برای ریزپوشانی محسوب می شود که این عمل از طریق پاشیدن مواد به صورت مایع در هوای داغ و خشک کردن آن ها صورت می گیرد(18).

یکی از مهم ترین چالش های پیش رو در زمینه ریزپوشانی، انتخاب ماده دیواره مناسب با حداکثر پایداری و توانایی محافظت از ماده دیواره در مقابل عوامل خارجی و با گذشت زمان می باشد. یک پوشش ایده آل باید دارای ویژگی هایی نظیر خواص رئولوژیکی مطلوب در غلظت های بالا، کارآیی آسان در طول ریزپوشانی (7)، توانایی پخش کردن و پایدار کردن ترکیبات فعال، عدم واکنش با مواد هسته درطول فرآیند ریزپوشانی و نگهداری طولانی مدت، توانایی نگهداری مواد فعال در درون ساختار در طول فرآیند و نگهداری، حداکثر توانایی حفاظت مواد فعال در برابر شرایط محیطی (به عنوان مثال، اکسیژن، حرارت، نورذو رطوبت) و قابل حل در حلال های مورد استفاده در صنایع غذایی باشد (10). پروتئین آب پنیر دارای خواص کاربردی مناسبی برای استفاده به عنوان ماده دیواره می باشند (16). تحقیقات متعددی مبنی بر استفاده از پروتئین آب پنیر به عنوان ماده دیواره توسط مورئو و روزنبرگ (1993، 1996، 1998و 1999)؛ روزنبرگ و شئو(1996) صورت گرفته است. کیم و مور (1996) از پروتئین آب پنیر برای ریزپوشانی روغن پرتقال استفاده کردند نتایج بدست آمده نشان داد پروتئین آب پنیر پوشش موثری برای ریزپوشانی روغن پرتقال بوده و به طور موثری از اکسیداسیون و از دست رفتن ترکیبات هسته در طول نگهداری جلوگیری می کند. فالت و برگن استال (1996) نشان دادند کازئینات سدیم در مقایسه با پروتئین آب پنیر تغلیظ شده از قدرت ریزپوشانی بهتری برخوردار می باشد. از آنجایی که هیچ کدام از مواد به تنهایی تمام معیارهای ذکر شده را دارا نمی باشند، مواد مورد استفاده به عنوان دیواره را معمولاً به صورت مخلوط با ترکیباتی نظیر آنتی اکسیدان ها، عوامل شلاته کننده و عوامل فعال سطحی استفاده می کنند (2). از این رو می توان از پروتئین آب پنیر به صورت ترکیب با کربوهیدرات ها برای ریزپوشانی ترکیبات مولد طعم استفاده کرد (20). در چنین سیستم هایی پروتئین آب پنیر به عنوان پایدار کننده امولسیون و ماده پوشش دهنده و کربوهیدرات به عنوان ماتریکس عمل می کند (21). مکنام و همکاران (2001)، تأثیر جایگزینی بخشی از صمغ عربی با کربوهیدرات ها را بر روی خواص ریزپوشانی صمغ عربی مورد بررسی قرار دادند. بررسی این محققان نشان داد صمغ عربی به تنهایی دارای راندمان ریزپوشانی 74 درصد می باشد در حالی که ترکیب آن با نشاسته ذرت باعث کاهش راندمان ریزپوشانی تا کمتر از 30 درصد گردید اما ترکیب صمغ عربی با گلوکز به نسبت 1 به 1 باعث افزایش راندمان ریزپوشانی تا 94 درصد شد. جایگزینی صمغ عربی با مالتودکسترین حاوی دکستروزهای مختلف تأثیر چندانی در راندمان ریزپوشانی نداشت. بیشترین راندمان ریزپوشانی نیز در دیواره حاصل از مخلوط گلوکز با صمغ عربی مشاهده شد. علاوه بر این افزایش غلظت مواد جامد باعث افزایش درصد ریزپوشانی و اندازه ذرات ریزکپسول ها گردید. یانگ و همکاران (1993)، چربی شیر بدون آب را به روش خشک کردن پاششی و در سیستم دیواره شامل ترکیبی از پروتئین آب پنیر و غلظت های مختلف از کربوهیدرات های بدون فعالیت سطحی ریزپوشانی کرده و ویژگی های ریزکپسول های حاصله را مورد بررسی قرار دادند. بررسی ریزکپسول های حاصل از فرآیند خشک کردن پاششی نشان داد با افزایش غلظت کربوهیدرات ها میزان راندمان ریزپوشانی افزایش می یابد.

غشای حاصل ازمواد دیواره به دلیل نیمه تراوا بودن دارای ظرفیت محدودی در جلوگیری از آزاد شدن ترکیبات فرار و جلوگیری از اکسیداسیون آن ها می باشند (22) از طرفی تعیین سرعت انتشار

Archive of SID

www.SID.ir

مواد مولد عطر و طعم از ریزکپسول های حاصل از فرایند ریزپوشانی درتخمین پایداری مواد فرار ریز پوشانی شده هنگام نگهداری و بکارگیری آنها در مواد غذایی از اهمیت فراوانی برخوردار می باشد (25). بررسی های صورت گرفته توسط وورتون و همکاران (1995) نشان داد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دیواره در انشار مواد هسته قابل توجه می باشد. طی تحقیقات صورت گرفته توسط روزنبرگ و همکاران (1990) مشخص شد با افزایش میزان رطوبت، سرعت انتشار مواد از درون ریزکپسول ها افزایش می یابد. رانشوز(1995) 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 ریزکپسول ها با افزایش میزان دکستروز افزایش می یابد.

هدف از این بررسی اثر کربوهیدرات های مختلف بر پروتئین آب پنیر تغلیظ شده به عنوان ماده دیواره و تاثیر آن بر ماندگاری ریز کپسول های حاصل از فرایند ریزپوشانی بود.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد شیمیایی

پودر آب پنیر تغلیظ شده ، د-لیمونن و توئین 80 [1](سوربیتال منو -9- اکتادکنوئات) از شرکت سیگما آلدریچ [2]و هگزان از شرکت مرک[3] آلمان خریداری گردید. کلیه کربوهیدرات های مورد استفاده با درجه خلوص بالا (99/9 درصد) از شرکت مرک آلمان تامین گردیدند. برای تهیه کلیه محلول ها از آب دیونیزه استفاه شد.

2-2- روش ها

2-2-1- تهیه سوسپانسیون های کلوئیدی

نسبت وزنی مناسبی از پروتئین آب پنیر تغلظ شده به آب دیونیزه اضافه شد و سپس با استفاده از یک همزن مغناطیسی به مدت یک ساعت مخلوط گردید تا محلول 15 درصد (وزنی/وزنی) تهیه شود پس از آن سوسپانسیون کلوئیدی مذکور به مدت 24 ساعت در یخچال نگهداری شد تا آبگیری به طور کامل انجام پذیرد (3).

2-2-2- تهیه امولسیون

امولسیون روغن در آب حاوی 5 درصد وزنی د-لیمونن در 100 گرم ماده دیواره و 0/1 درصد توئین 80 بدین صورت تهیه گردیدند: ابتدا تمامی اجزاء با استفاده از یک همزن مغناطیسی به مدت 15 دقیقه مخلوط شدند. سپس امولسیون اولیه با استفاده از هموژنایزر اولتراتوراکس مدل T25 (شرکت IKA ، ساخت آلمان) با سرعت 24000 دور در دقیقه و در زمان 9 دقیقه در دمای اتاق هموژن گردید (8). به منظور بررسی تاثیر کربوهیدرات ها به خصوصیات امولسیون ، نسبت 1 درصد از قندهای گلوکز، ساکارز واینولین به پیش مخلوط امولسیونی اضافه شد و نتایج با نمونه شاهد (فاقد کربوهیدرات) مورد مقایسه قرار گرفت.

2-3- تهیه ریزکپسول ها

برای تهیه ریزکپسولها از یک خشک کن پاششی (مدل mini spray dryer ، B -290، شرکت Buchi ، ساخت سوئیس) استفاده گردید. شرایط خشک کردن عبارت بودند از، دمای ورودی ^{0C} 10 ± 180 و دمای هوای خروجی ^{0C} 10 ± 90 .برای جلوگیری از جذب رطوبت، پودرهای تهیه شده بلافاصله به قوطی های پلاستیکی درب دار منتقل و تا انجام آزمایش های بعدی در داخل دسیکاتور نگهداری شدند (9).

2-3-1- تعیین سرعت رهایی د– لیمونن

به منظور بررسی پایداری و ثبات دیواره ها و تعیین سرعت رهایش لیمونن ، ریز کپسول های تهیه شده به مدت 6 هفته در دمای اتاق و در داخل دسیکاتور نگهداری شدند درصد باقی مانده د- لیمونن از تقسیم کردن مقدار آن ها در زمان مورد بررسی (t) بر مقدار اولیه آن ها در زمان (t_0) و ضرب کردن خارج قسمت حاصل در عدد 100 بدست آمد سپس درصد باقیمانده 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[4] ($t_{1/2}$) باقیمانده لیمونن در ریز کپسول ها، رابطه زیر بکار برده شد :

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

[1] Tween80
[2] Sigma-Aldrich
[3] Merck
[4] Half life

Archive of SID

www.SID.ir

2-4- بررسی خصوصیات مورفولوژیکی ریزکپسول ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی

ساختارهای خارجی ریزکپسول ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (مدل S-360 ساخت آمریکا) مورد مطالعه قرار گرفتند نمونه ها با طلا و پلاتین پوشش داده شده و با بزرگنمایی 700 مورد بررسی قرار گرفتند. شرایط آزمایش تفکیک پذیری 5µm، فاصله نمونه 14mm و ولتاژ 20kv بود.

2-5- تجزیه آماری

به منظور تجزیه واریانس نتایج، نرم‌افزار Minitab مورد استفاده قرار گرفت. میانگین تکرارها توسط نرم افزار MSTATC در قالب آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح آماری 5% مورد مقایسه قرار گرفتند. برای انجام محاسبات از نرم افزار Excel استفاده گردید.

3- نتایج و بحث

جهت بررسی توانایی دیواره های مختلف مقدار د-لیمونین باقی مانده درون کپسولها به مدت 6 هفته و در دمای 25 درجه مورد بررسی قرار گرفت. برای جلوگیری از اثر رطوبت ، پودر ها درون دسیکاتور نگهداری شدند. نتایج مربوط به بررسی منحنی نیمه لگاریتمی درصد لیمونن به زمان نگهداری (شکل1) نشان دهنده کاهش خطی در کلیه موارد بود. از روی شیب منحنی های رسم شده (k) زمان نیمه عمر ($t_{1/2}$) که زمان لازم برای کاهش ماده کپسوله شده تا 50% مقدار اولیه می باشد از رابطه $t_{1/2} = 0.693/k$ برای کلیه نمونه ها محاسبه شد (جدول1).

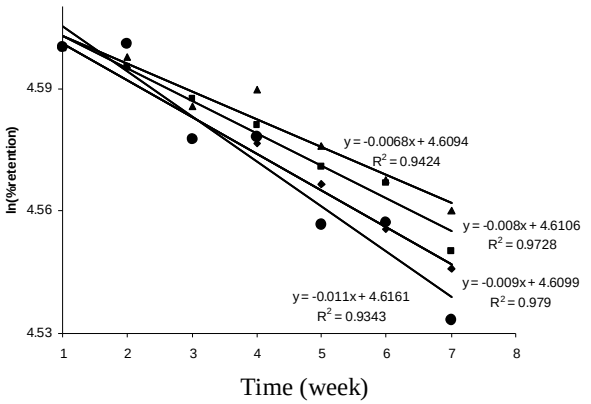
3-1- تأثیر کربوهیدرات ها بر خروج لیمونن در مدت زمان نگهداری

بررسی میزان لیمونن باقی مانده در طول نگهداری نشان دهنده افزایش زمان نیمه عمر لیمونن باافزودن کربوهیدرات ها بود به طوری که با افزودن کربوهیدرات ها زمان نیمه عمر لیمونن از 63 برای نمونه های فاقد کربوهیدرات تا 101/91 هفته افزایش یافت. کمترین میزان $t_{1/2}$، 77 هفته و مربوط به نمونه های دارای گلوکز و بیشترین مقدارآن،101/91هفته مربوط به نمونه های حاوی اینولین بود.

3-2- تأثیر شکل ریزکپسول ها بر نگهداری لیمونن

بررسی میکروسکوپی تنها روشی است که اطلاعات مستقیمی در خصوص اندازه و شکل ذرات ارائه می دهد (1). توپوگرافی بیرونی میکروکپسول ها در شکل (2) نشان داده شده است تصاویر سطحی تهیه شده نشان داد باافزوده کربوهیدرات ها میزان صاف بودن سطح ریزکپسول ها افزایش می یابد به عبارت دیگر میزان چروکیدگی ریزکپسول ها در نمونه ریزکپسول های تهیه شده از پروتئین آب پنیر بدون اضافه کردن کربوهیدرات بیشتر بود و شکاف هایی بر روی دیواره ها مشاهده شد. بنابراین یکی دیگر از دلایل بیشتر بودن ماندگاری ریز کپسول های تهیه شده از پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و کربوهیدرات را می توان افزایش ضریب گردی و صافی ریزکپسول ها دانست.

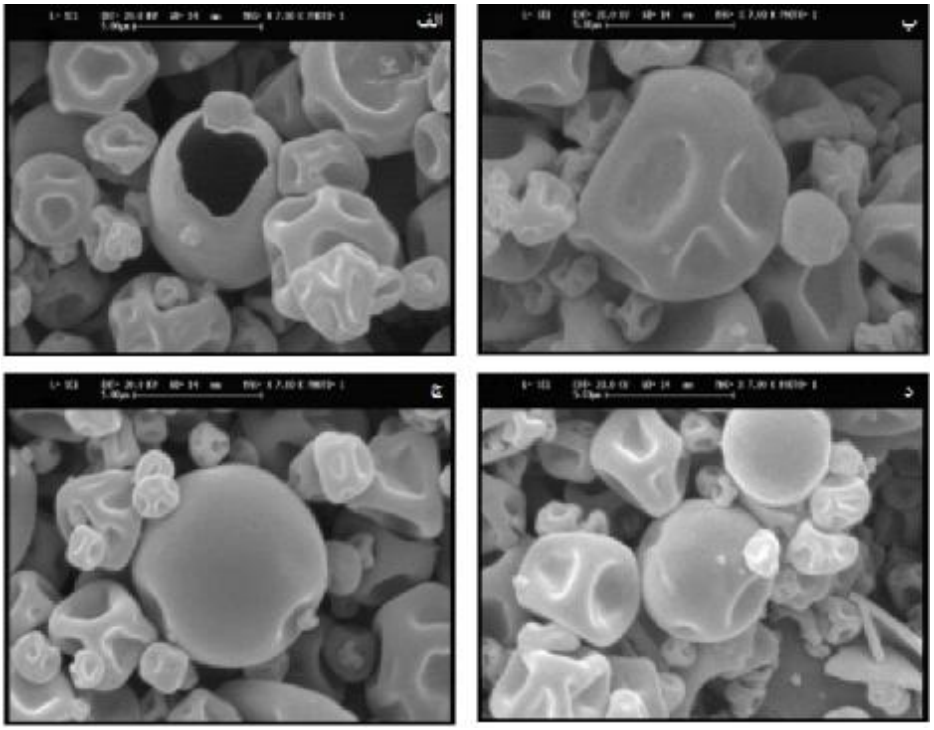
سوتیتانتاوات و همکاران(2005) گزارش کردند با افزایش صافی سطح و گردی ریزکپسول ها میزان از دست رفتن ماده هسته بدلیل کاهش سطح ریزکپسول ها کاهش می یابد. از طرفی یکی از دلایل ماندگاری پایین تر نمونه های تهیه شده از پروتئین آب پنیر تغلیظ شده را می توان وجود شکاف و سواخ در سطح ریزکپسول ها دانست همچنین تفاوت چندانی از لحاظ شکل بین نمونه هایی که ساکارز و اینولین اضافه شده بود مشاهده نشد. اما نمونه های حاوی گلوکز دارای چروکیدگی بیشتری در مقایسه با نمونه های حاوی ساکارز و اینولین بودند به همین خاطر میزان ماندگاری آنها نیز کمتر بود(22).



شکل 1- تأثیر کربوهیدرات ها (پروتئین آب پنیر، پروتئین آب پنیر-گلوکز ♦، پروتئین آب پنیر-ساکارز ■، پروتئین آب پنیر-اینولین ▲) بر مقدار لیمونن بافی مانده در ریز کپسول ها در طول 6 هفته نگهداری در دمای ^{0C} 25

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 2- تصاویر سطحی تهیه شده از ریزکپسول ها با ترکیبات مختلف شامل (الف) پروتئین آب پنیر تغلیظ شده، (ب) پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و گلوکز، (ج) پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و ساکارز، (د) پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و اینولین

جدول 1- تأثیر کربوهیدرات ها بر مقدار لیمونن باقی مانده در ریز کپسول ها در طول 6 هفته نگهداری در دمای $25\ ^{0C}$

	غلظت WPC (%)	زمان هموژنیزاسیون (دقیقه)	معادله رگرسیون	ضریب تعیین	نیمه عمر (هفته)
پروتئین آب پنیر	15	9	Y= -0.011X+ 4.6161	0/93	63
پروتئین آب پنیر-گلوکز	15	9	Y= -0.0090X+ 4.6099	0/97	77
پروتئین آب پنیر-ساکارز	15	9	Y= -0.0080X+ 4.6106	0/97	86/62
پروتئین آب پنیر-اینولین	15	9	Y= -0.0068X+ 4.6094	0/94	101/91

www.SID.ir

4- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده در خصوص افزودن کربوهیدرات ها به پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و بررسی ماندگاری آن ها در طول نگهداری نشان دهنده بهبود خواص ریزپوشانی پروتئین آب پنیر تغلیظ شده و افزایش ماندگاری ریزکپسول ها در مقایسه با نمونه های فاقد کربوهیدرات بود. مقایسه نمونه های حاوی کربوهیدرات نیز نشان داد ساکارز و اینولین تاثیر بیشتری بر بهبود خواص و افزایش ماندگاری ریزکپسول ها دارند. تصاویر بدست آمده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نیز نشان داد ریزکپسول های دارای کربوهیدرات دارای ضریب گردی بیشتر و سطح صاف تری در مقایسه با ریزکپسول های فاقد کربوهیدرات می باشند از طرفی میزان ضریب گردی و صافی سطح نمونه های دارای اینولین و ساکارز بیشتر از نمونه های حاوی گلوکز بود.

5- منابع

1. Baranauskiene, R. et al., 2007. Flavor retention of peppermint (Mentha piperita L.) essential oil spray-dried in modified starches during encapsulation and storage. Journal of agricultural and food chemistry, 55(8), pp.3027–3036.
2. Bhandari, B.R. et al., 1992. Flavor encapsulation by spray drying: application to citral and linalyl acetate. Journal of Food Science, 57(1), pp.217–221.
3. Bouaouina, H. et al., 2006. Functional properties of whey proteins as affected by dynamic high-pressure treatment. International Dairy Journal, 16(4), pp.275–284.
4. Druaux, C. & Voilley, A, 1997. Effect of food composition and microstructure on volatile flavour release. Trends in Food Science & Technology, 8(11), pp.364–368.
5. Faldt, P. & Bergenstahl, B., 1996. Spray-dried whey protein/lactose/soy-bean oil emulsions. 1. Surface composition and particle structure. Food Hydrocolloids, 10, pp.421–429.
6. 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(5), pp.1314–1320.
7. Kim, Y.D., Morr, C. V & Schenz, T.W., 1996. Microencapsulation properties of gum arabic and several food proteins: liquid orange oil emulsion particles. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(5), pp.1308–1313.
8. Krešić, G. et al., 2008. Influence of novel food processing technologies on the rheological and thermophysical properties of whey proteins. Journal of Food Engineering, 87(1), pp.64–73.
9. 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(1), pp.95–102.
10. Lakkis, J.M., 2007. Encapsulation and controlled release technologies in food systems In Introdu., Australia: Wiley-Blackwell.
11. Landy, P. et al., 1997. Effect of chemical modification of sodium caseinate on diffusivity of aroma compounds in aqueous solutions. Journal of agricultural and food chemistry, 45(7), pp.2649–2653.
12. Linares, E., Larre, C. & Popineau, Y., 2001. Freeze-or spray-dried gluten hydrolysates. 2.: Effect of emulsification process on droplet size and emulsion stability. Journal of food engineering, 48(2), pp.137–146.
13. McNamee, B.F., O'Riorda, E.D. & O'Sullivan, M., 2001. Effect of partial replacement of gum arabic with carbohydrates on its microencapsulation properties. Journal of agricultural and food chemistry, 49(7), pp.3385–3388.
14. Moreau, D.L. & Rosenberg, M., 1996. Oxidative stability of anhydrous milkfat microencapsulated in whey proteins. Journal of food science, 61(1), pp.39–43.
15. Moreau, D.L. & Rosenberg, M., 1998. Porosity of Whey Protein-Based Microcapsules Containing Anhydrous Milkfat Measured by Gas Displacement Pycnometry. Journal of food science, 63(5), pp.819–823.
16. Onwulata, C. & Huth, P., 2009. Whey processing, functionality and health benefits, Wiley-Blackwell.
17. Reineccius, G.A., 1995. Controlled release techniques in the food industry. In ACS Symposium Series. pp. 8–25.
18. Rosenberg, M., Kopelman, I.J. & Talmon, Y., 1990. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 38(5), pp.1288–1294.
19. Rosenberg, M. & Sheu, T.Y., 1996. Microencapsulation of volatiles by spray-drying in whey protein-based wall systems.

Archive of SID

www.SID.ir

International Dairy Journal, 6(3), pp.273–284.
20. SHEU, T.-Y. & Rosenberg, M., 1995. Microencapsulation by spray drying ethyl caprylate in whey protein and carbohydrate wall systems. Journal of Food Science, 60(1), pp.98–103.
21. SHEU, T.-Y. & Rosenberg, M., 1998. Microstructure of microcapsules consisting of whey proteins and carbohydrates. Journal of Food Science, 63(3), pp.491–494.
22. Soottitantawat, A. et al., 2005. Influence of emulsion and powder size on the stability of encapsulated D-limonene by spray drying. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 6(1), pp.107–114.
23. Voilley, A et al., 2006. Flavour retention and release from the food matrix: an overview. Flavour in food, pp.117–132.
24. Whorton, C., 1995. Factors influencing volatile release from encapsulation matrices. In ACS symposium series. pp. 134–142.
25. Yoshii, H. et al., 2001. Flavor release from spray-dried maltodextrin/gum arabic or soy matrices as a function of storage relative humidity. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2(1), pp.55–61.
26. Young, S.L., Sarda, X. & Rosenberg, M., 1993. Microencapsulating properties of whey proteins. 1. Microencapsulation of anhydrous milk fat. Journal of Dairy Science, 76(10), pp.2868–2877.

Archive of SID

www.SID.ir