

## کاربرد تکنولوژی پیشرفته میکروانکپسولاسیون در صنایع غذایی

ایمان خبر<sup>۱\*</sup>، هژبر مجد<sup>۲</sup>

۱\* - کارشناس ارشد علوم و صنایع غذایی، شرکت فنی مهندسی صنایع غذایی متین

email:imankhabar@gmail.com

۱ - کارشناس ارشد، شیمی مواد غذایی، ناتینگهام، انگلستان

### چکیده

میکروانکپسولاسیون بعنوان تکنیکی است که ذرات و قطرات مایع، جامد و گاز در غشایی از جنس مواد غذایی مجاز به دام می‌افتند. این فرآیند یکی از روش‌های رها سازی کنترل شده می‌باشد که کپسول حاصله محتویات خود را تحت سرعت کنترل شده و با یک تحریک خاص و در یک زمان مشخص رها می‌کند. در صنعت غذا تکنیک نسبتاً جدیدی است که در افزایش مدت نگهداری ترکیبات فعال در طی فرآیند و ذخیره و تحویل این عوامل فعال به جایگاه‌های هدف در بدن نقش دارد. یک میکروکپسول در شکل ساده خود یک کره کوچک است که یک دیواره یکنواخت اطراف خود دارد، مواد داخل میکروکپسول به عنوان هسته، فاز داخلی یا فاز پر شده نامیده می‌شود در حالی که دیواره گاهی اوقات پوسته، پوشش، مواد دیواره یا غشا نامیده می‌شود. در واقع این روش یک مانع برای جلوگیری از واکنش‌های شیمیایی می‌باشد. کپسول‌ها از نظر اندازه بسیار کوچک و تقریباً ۵-۳۰ میکرون قطر دارند. در واقع هسته ممکن است از مواد کریستالی، ذرات جاذب، امولسیون، سوسپانسیونی از جامدات یا یک سوسپانسیون از میکروکپسول‌های کوچکتر تشکیل شده باشد. در این مقاله مروری سعی شده است روش‌های متداول میکروانکپسولاسیون و ترکیبات مورد استفاده و مکانیسم‌های رها سازی بررسی شود.

کلید واژه: میکروانکپسولاسیون، لیپوزوم، هسته، پوسته، مجاری گوارشی

## مقدمه

تکنولوژی میکروانکپسولاسیون بطور تجاری اولین بار در ۱۹۵۴ بکار برده شد (shahidi and Han1993). این تکنولوژی در صنعت داروسازی در طی ۳۰ سال گذشته و بمنظور رها سازی کنترل شده دارو در بدن مورد استفاده قرار گرفته است (Rosinski et al,2002) اما در صنعت غذا تکنیک جدید است که در افزایش مدت نگهداری ترکیبات فعال در طی فرآیند و ذخیره و تحویل عوامل فعال به جایگاه های هدف در بدن نقش دارد (Korhonen2002). میکروکپسول از هسته و پوسته تشکیل شده است. هسته ممکن است از مواد کریستالی، ذرات جاذب، امولسیون، سوسپانسیونی از جامدات یا یک سوسپانسیون از میکروکپسول های کوچکتر تشکیل شده است. بطور کلی هسته آگریز توسط پوسته آبدوست محافظت می شود و مواد آبدوست توسط پوسته آگریز احاطه می شود. طراحی پوسته کپسول به نحوی انجام میشود که از نفوذ و انتشار مواد به داخل ماده غذایی تا فرا رسیدن زمان مطلوب جلوگیری شود. نقش پوسته شامل حفاظت از اجزای حساس غذا مانند طعم ها، ویتامین ها یا نمک ها از آب، اکسیژن از نور، تبدیل مایعاتی که حمل و نقل آن ها مشکل است به پودر هایی با جریان آزاد و جدا شدن برخی اجزای غذایی از دیگر اجزا در طی ذخیره می باشد. بسته به خواص فیزیکی و شیمیایی هسته، ترکیبات دیواره و روش میکروانکپسولاسیون مورد استفاده انواع متفاوت ذرات ریز می تواند بدست آید که شامل کره ساده با پوششی ضخامت یکنواخت، هسته با شکل بی قاعده، ذرات هسته در ماتریسی از مواد دیواره، چندین هسته متمایز با کپسول یکسان و میکروکپسول های چند دیواره ای می باشد. شمار زیادی از مواد پوسته تایید شده وجود دارد که می توان برای تولید انواع میکروکپسول ها استفاده کرد. همه مواد پوسته تمام خواص مورد نیاز را برآورده نمی کنند و اغلب به همراه سایر مواد پوششی یا ترکیبات اصلاح کننده مانند جاذب های اکسیژن، آنتی اکسیدان، عوامل چنگالی کننده و مواد فعال سطحی بکار می روند. جدول ۱ مواد تایید شده جهت پوسته کپسول را نشان می دهد (shahidi and Han1993).

جدول ۱: انواع مواد پوششی رایج مورد استفاده در صنایع غذایی

پروتئین	چربی و موم	پلی ساکارید
ژلاتین	روغن هیدروژنه گیاهی	صمغ عربی
پروتئین آب پنیر	موم زنبور عسل	نشاسته اصلاح شده
کازئینات سدیم	پروتئین های سویا	مالتودکسترین
		آلژینات
		پکتین
		کاراگینان

## معرفی برخی مواد جهت میکروانکپسولاسیون

کربوهیدرات هایی مثل نشاسته، مالتودکسترین جهت میکروانکپسولاسیون مواد غذایی استفاده می شوند (Kenyon1995). این مواد ویسکوزیته کم و حلالیت خوبی در محتوای بالای مواد جامد دارند اما خواص بین وجهی ضعیفی دارند که این ویژگی برای بازده

بالای میکروانکپسوله مورد نیاز است و موادی مانند پروتئین ها و صمغ ها این خاصیت را دارند (Dalglish 2006). یک فرآیند برای بهبود خواص کپسوله کردن مواد دیواره شامل اصلاح شیمیایی کربوهیدرات ها است مثلا برخی نشاسته های اصلاح شده خاصیت فعالیت سطحی داشته و عمدتا در میکروانکپسوله کردن توسط روش خشک کردن پاششی استفاده می شوند. (sheikh et al, 2006). نشاسته و سیکلودکسترین توانایی خوبی در جذب مواد فرار از محیط دارند. این مسئله آنها را به عنوان مواد خوبی برای کپسوله کردن طعم ها تبدیل کرده است. صمغ عربی یک ماده پوششی معمول است که به علت ویسکوزیته، حلالیت و خصوصیات امولسیفایری که دارد استفاده می شود. اما بدلیل قیمت بالای آن باعث استفاده کمتر آن شده است (shahidi and Han 1993). صمغ عربی پلیمری متشکل از اسید دی گلوکورونیک، آل رامنوز، دی گالاکتوز و آل آرابینوز و حدود ۲ درصد پروتئین است. خواص امولسیفایری این صمغ به حضور این جز پروتئین نسبت داده می شود. این صمغ یک ماده دیواره ای مناسب برای میکروانکپسولاسیون اولئورزین هل نسبت به مالتودکسترین و نشاسته اصلاح شده می باشد و میکروکپسول حاصله خواص جریان آزاد را نشان می دهد (Krishnan et al, 2005. Dickinson 2003). مالتودکسترین ها پایداری خوبی برای روغن های کپسوله شده فراهم می کنند اما توانایی امولسیفایری و پایداری امولسیون ضعیفی دارند (۳۵). مالتودکسترین هایی با DE بین ۱۰ و ۲۰ برای مواد دیواره مناسب هستند. این نمونه ها بعلاوه این که می توانند در آب تا حدود ۳۵/۵ درصد محلول و بدون تشکیل تیرگی حل شوند برای نگهداری طعم ها مناسب هستند (Raja et al, 1989). آلژینات که از کتانجک استخراج می شود و با یون های کلسیم واکنش داده و تشکیل ژل مقائم را می دهد برای به دام انداختن روغن های اسانسی در دمای محیط مورد استفاده قرار می گیرد (Rosenberg and sheu 1996). پروتئین های آب پنیر برای مواد دیواره جهت کپسوله کردن چربی شیر بدون آب توسط خشک کردن پاششی و با بازدهی بالای ۹۰ درصد مورد استفاده قرار گرفته است (Young et al, 1993). ورود لاکتوز به سیستم دیواره ای بر پایه پروتئین آب پنیر می تواند انتشار مواد قطبی از طریق دیواره را محدود کند. بازدهی میکروانکپسولاسیون توسط جایگزینی ۵۰ درصد پروتئین آب پنیر با لاکتوز بهبود می یابد. لاکتوز در موقعیت امورف خود به عنوان درزگیر ابدوست عمل کرده و از این طریق بازدهی میکروانکپسولاسیون را افزایش می دهد (Bylaite et al, 2001, Bylaite 2001).

### روش های مورد استفاده در میکروانکپسولاسیون مواد غذایی

به علت تنوع فراورده هایی که بکار می رود و همین طور ساختارهای شیمیایی متفاوت یک روش جامع برای میکروانکپسولاسیون مولکول های فعال زیستی وجود ندارد.

#### ۱- خنک کردن پاششی و سرد کردن پاششی (Spray cooling & Spray chilling)

روش کار مشابه خشک کردن افشانه ای است که مواد هسته در یک پوشش مایع پراکنده شده و سپس اتمایز می شود با این تفاوت که دماهای مورد استفاده خنک تر از خشک کردن پاششی است، در خنک کردن پاششی دمای محیط و در سرد کردن پاششی دمای یخچال استفاده می شود. در این روش ها مواد دیواره مورد استفاده چربی و موم ذوب شده است و اغلب چربی با نقطه ذوب ۳۲-۴۲ درجه سانتیگراد می باشد (Risch and Reineccius 1995). میکروکپسول های تولید شده نامحلول در آب است که به علت پوشش لیپیدی آن ها می باشد. مایعات منجمد، مواد حساس به گرما و آن دسته از موادی که در حلال های معمولی نامحلول

هستند توسط سرد کردن پاششی کپسوله می شوند. این روش برای فرآورده های خشک مانند مخلوط سوپ خشک شده، غذاهایی با محتوای چربی بالا و فرآورده های پخت و بمنظور نگهداری آنزیم، طعم ها، مواد معدنی و پروتئین ها بکار می رود (Gibbs et al, 1999).

## ۲- خشک کردن پاششی (Spray drying)

این روش معمول ترین و قدیمی ترین روش جهت میکروانکپسولاسیون مواد غذایی اسن. همچنین برای مولکول های غذایی فعال و پروبیوتیک های زنده بکار می رود. خشک کردن پاششی فرآیندی ارزان و سریع است (shahidi and Han 1993). مراحل در این روش آماده سازی امولسیون یا دیسپرسیون برای فرآیند، هموژنیزاسیون دیسپرسیون و سپس اتمایز آن به اتاقک خشک کن است (Gibbs et al, 1999). این مسئله به حذف سریع حلال (آب) کمک می کند. ذرات پودری در دهانه خروجی و دمای پایین تر از هوای خشک کننده جدا می شود. این روش جهت انکپسولاسیون ترکیبات غذایی فعال مانند ویتامین ها، مواد معدنی، طعم ها، روغن های اشباع نشده و آنزیم ها استفاده می شود. تنها دیسپرسیون های بر پایه آب در فرآیند خشک کردن پاششی بکار می روند. بنابراین ماتریکس باید حلالیت بالایی در آب داشته باشد. اصلی ترین عامل محدود کننده این روش شمار محدود مواد دیواره است که لزوماً باید در آب حلالیت خوبی داشته باشد، همچنین عیب دیگر آن این است که پودر میکروکپسول حاصله بسیار ریز بوده و نیازمند فرآیند همانند آگلومریزاسیون است (Rosenberg et al, 1990).

## ۳- توده سازی (Coacervation)

این فرآیند تحت عنوان جدا شدن فازها می باشد. جداسازی فاز مایع مواد پوششی یا مواد دیواره از محلول پلیمری و پوشاندن آن فاز به صورت یک لایه یکنواخت به اطراف ذرات معلق هسته می باشد (Dziezak 1988). دو روش ساده و پیچیده برای این فرآیند وجود دارد: در روش ساده یک ماده حل شده مانند ژلاتین و در نوع پیچیده دو نوع کلئوئید آبدوست مانند ژلاتین و صمغ عربی و یا ژلاتین و پلی ساکارید وجود دارد. در روش پیچیده ابتدا مواد هسته (اغلب روغن) در یک محلول پلیمری (مثل ژلاتین) پراکنده می شود. محلول پلیمری دوم با بار مخالف (مثل صمغ عربی) به ترکیب قبل اضافه می شود. با تشکیل کمپلکس بین دو پلیمر مواد پوششی بر روی مواد هسته قرار می گیرند. اندازه کپسول ها و خصوصیات آنها با تغییر غلظت یون، نسبت مواد پوششی به مواد هسته و نوع مواد زمینه تغییر می کند. میکروکپسول های حاصله توسط اتصالات عرضی، فرآیند گرمایی و حل کردن مجدد پایدار می شوند. این میکروکپسول ها توسط سانتریفوژ جدا شده و توسط خشک کردن پاششی یا بستر سیال خشک می شود. پوشش های آبدوست مثل ژلاتین برای میکروانکپسولاسیون مواد آب گریز مثل روغن های گیاهی و روغن مرکبات و ویتامین A بکار می رود.

## ۴- به دام انداختن در لیپوزوم (Liposome Entrapment)

لیپوزوم ها کیسه هایی تک یا چند لایه ای هستند که شامل محوطه کاملی از فاز آبی در غشایی بر پایه فسفولیپید می باشند. فسفولیپید ها لایه خارجی لیپوزوم را تشکیل می دهند. قسمت های آب دوست به طرف فاز آبی قرار گرفته و قسمت های آبگریز با بخش های آبگریز و لیپید های دیگر در ارتباط هستند و صفحه ای تشکیل می شود که اگر به شکل کره تا شود منجر به



ایجاد کپسول بسیار پایدار می شود. لیپوزوم ها می توانند در ابعادی حدود پند نانومتر تا چند میکرون وجود داشته باشند (Risch and Reineccius 1995). یکی از کاربرد های مهم لیپوزوم در صنعت لبنیات است. آنزیم های پروتئولیتیک کپسوله شده در لیپوزوم جهت تسریع رسیدن پنیر استفاده می شود. این لیپوزوم های حاوی آنزیم پروتئولیتیک توانایی بهبود طعم و بافت پنیر کم چرب را دارد. افزایش پروتئولیز منجر به بافت نرم تر و ایجاد طعم و عطر مشخص در پنیر های کم چرب می شود. برای استفاده از آنزیم کپسوله شده در لیپوزوم باید شرایط زیر موجود باشد (Reineccius 1994):

- توانایی آنزیم برای مقابله در طی فرآیند کپسوله کردن بدون اینکه فعالیت آن کم شود.
- بازده بالای آنکپسولاسیون، که امکان تجمع مقدار مناسبی از آنزیم را در پنیر فراهم کند.
- رهاسازی آنزیم در زمان مناسب
- نگهداری بالای لیپوزوم در پنیر.

#### ۵- پوشش بستر سیال (Fluid bed coating)

این فرآیند توسط معلق شدن ذرات جامد مواد هسته ای در هوای در حال حرکت رو به بالا انجام می شود که می تواند گرم با خنک شود. به محض اینکه بستر سیال ذرات به دمای مورد نظر رسید از قسمت بالا توسط اتمایزر ذرات مواد دیواره اسپری می شود. مواد دیواره ممکن است در وضعیت ذوب شده باشد یا اینکه در یک حلال قابل تبخیر شدن حل شده باشد. مواد دیواره ذوب شده توسط جامد شدن در هوای خنک سفت می شود و پوشش هایی که دارای حلال هستند از طریق تبخیر حلال در هوای گرم سفت تر می شوند (Risch and Reineccius 1995).

#### ۶- اکستروژن (Extrusion)

این تکنولوژی شامل تولید قطرات کوچک مواد کپسوله توسط عبور با فشار محلول از نازل تجهیزات تولید کننده این قطرات می باشد. هر چه قطر داخلی سوراخ یا نازل کوچکتر باشد کپسول ریزتر می شوند. این تکنولوژی برای آنکپسولاسیون میکروب ها مزایای زیادی دارد. این روش حلال های زیان آور ندارد و تحت شرایط هوایی و بی هوایی قابل انجام است. این فرآیند برای موادی که در مقابل گرما ناپایدارند مانند طعم، آنزیم ها، پروتئین ها، رنگ ها و ویتامین ها بکار می رود. طعم های کپسوله شده مورد استفاده در نوشیدنی، دسرهای ژله ای و مخلوط با این روش تولید می شوند (Shahidi and Han 1993, Dziezak 1988).

موادی که میکروآنکپسوله می شوند

#### ۱- ویتامین ها

اسید آسکوربیک (ویتامین C) ویتامینی محلول در آب است. این ویتامین برای تولید پروتئین کلاژن، معالجه زخم، ایمنی و ... همچنین بعنوان یک آنتی اکسیدان برای جلوگیری از بیماری کمک می کند (Reavley 1998). این ویتامین بصورت پودر پایدار است ولی وقتی در آب حل شود پایداری آن کاهش می یابد. عواملی مانند اکسیژن، دما، PH، یون فلز و اشعه X.UV بروی پایداری آن تاثیر می

گذار (Uddin et al, 2001). میکروانکپسولاسیون روشی برای تثبیت این ویتامین است. برای میکروانکپسولاسیون اسید آسکوربیک ۴ روش پیشنهاد شده است: جداسازی حرارتی فاز، پراکندگی براساس ذوب، تبخیر حلال، خشک کردن پاششی.

در روش جداسازی حرارتی فاز از اتیل سلولز بعنوان مواد دیواره استفاده می شود. در این تکنیک وزن مولکولی تغییر کرده و بقیه خصوصیات یکسان باقی می ماند. بین سرعت رها سازی اسید آسکوربیک کپسوله شده و وزن مولکولی اتیل سلولز رابطه عکس وجود دارد. هرچه وزن مولکولی اتیل سلولز بالاتر باشد سرعت رهاسازی متفاوت است. در روش پراکندگی براساس ذوب موم Carnauba برای میکروانکپسولاسیون استفاده می شود که منجر به تولید میکروکپسول هایی به اندازه تقریبی ۵۰ میکرون می شود. این موم اسید آسکوربیک را مقاوم تر نگه می دارد. در مورد میکروانکپسولاسیون ویتامین A توسط ژلاتین-آکاسیا مطالعاتی شده است که این ویتامین به دام افتاده در میکروکپسول های ژلاتین-آکاسیا در روغن ذرت مورد بررسی قرار گرفت (Junyaprasert et al, 2001). ویتامین E و C بصورت سینرژیستی نقش انتی اکسیدانی دارند. میکروانکپسولاسیون توسط لیپوزوم برای حفظ این ویتامین ها استفاده می شود (Kirby et al, 1991).

## ۲- آنزیم ها

یکی از روش های کنترل رهاسازی آنزیم انکپسولاسیون در لیپوزوم است. لیپوزوم یک حامل در برگیرنده مورد استفاده در سیستم های غذایی است که عمدتاً برای میکروانکپسولاسیون آنزیم استفاده می شود. آنزیم لیپوزیم و پپسین هم در لیپوزوم کپسوله می شوند و توسط یم یا ترکیبی از محرک های تغییرات دما، افزودن عوامل سطحی، افزودنی های مجاز مثل یون کلسیم و تغییرات PH از ۱/۵ به ۲/۵ آزاد سازی می شوند. لیپوزوم بعنوان واکنشگر های آنزیمی برای حذف مواد فنی نامطلوب از فرآورده غذایی، آب نوشیدنی و جریان فاضلاب استفاده می شود. لیپوزوم ها مزایای تغییرپذیری ساختاری، تجزیه پذیری زیستی، پایداری در طی نگهداری، عدم سمیت و توانایی کپسوله کردن بیش از یک ماده فعال را دارد (shahidi and Han 1993). پروتئاز و امیلاز کپسوله شده برای اصلاح طعم و کنترل بافت استفاده می شود. لیپاز و لیپوکسیداز و ایزومراز کپسوله شده در تشکیل عطر و طعم مهم هستند (Potter and Hotchkiss 1995).

## ۳- آنتی اکسیدان ها

امروزه رژیم های غذایی و گرایش به جایگزینی چربی های اشباع با چربی اشباع نشده رو به افزایش است. چربی های غیر اشباع مشکل اکسیداسیون دارند اما آلفا توکوفرول قابل حل در چربی بعنوان آنتی اکسیدان طبیعی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. آلفا توکوفرول می تواند از فرم اکسید شده خود با استفاده از اسید آسکوربیک مجدد تولید شود. مشکل حلالیت آسکوربات و محدودیت در استفاده از آنتی اکسیدان های سنتتیک (BHA, BHT, TBHQ) باعث شده تا استفاده از آنتی اکسیدان های طبیعی کپسوله شده در لیپوزوم افزایش یابد. این سیستم انکپسوله شده با لیپوزوم بعنوان یک امولسیفایر و برای پایداری امولسیون های روغن در آب استفاده شده است (Kirby et al, 1991). آلفا توکوفرول در لیپوزوم وارد می شود در حالی که اسکوربات در محیط آبی درونی به دام می افتد. سیستم کپسوله شده به فاز آبی وارد می شود و تمایل برای تجمع در فاز بین آبی و روغن دارد. بنابراین آنتی اکسیدان می

تواند در محلی که واکنش های اکسیداتیو اتفاق می افتد نشانه گیری کرده و همچنین از واکنش آسکوربات با دیگر اجزای غذایی جلوگیری می گردد (Liu et al,2001).

#### ۴-نگهدارنده های مواد غذایی

مصرف نیترات در بسیاری از کشورها برای کنترل فساد باکتریایی یک نگرانی برای مصرف کننده می باشد. نیسین کپسوله شده در لیپوزوم در عوض برای جلوگیری از رشد لیستریا منوسیوتوزن در پنیر های کم چرب استفاده می شود. لیپوزیم کپسوله شده در لیپوزوم برای جلوگیری از فساد ایجاد شده توسط باکتری اسپوردار در پنیر گودا استفاده می شود. این باکتری ها در نتیجه تخمیر اسید بوتریک تغییرات طعم و بافت نامطلوب ایجاد می کنند. کاربرد آنزیم لیپوزیم به تنهایی و بدون کپسول محدود است زیرا به کازئین متصل می شود، بنابراین کارایی آن در جلوگیری از فساد میکروبی کاهش می یابد (Kirby et al,1991).

#### ۵-طعم دهنده ها

یکی از معمول ترین مسائل در صنایع غذایی افت طعم در طی نگهداری یا فرآیند مواد غذایی است. طعم ها فرار بوده و با سایر اجزای غذا واکنش می دهند و به شرایط رطوبت و حرارت حساس می باشند. میکروانکپسولاسیون و رها سازی کنترل شده یک روش برای حفظ اجزای طعم می باشد. طعم پنیر کپسوله شده در چربی در پاپ کرن توزیع یکنواختی از طعم را فراهم می کند. وقتی که دما به بالای ۵۷-۹۰ درجه سانتیگراد افزایش می یابد طعم آزاد می شود (Tan et al,1991). کپسوله کردن در بتا سیکلودکسترین از یک طرف تلخی نوشیدنی قهوه را کاهش داده و از طرفی یک روش مناسب برای کاهش افت طعم قهوه می باشد (Szente and Szejtli 1986). خشک کردن پاششی و اکستروژن رایج ترین روش هایی است که بصورت تجاری برای میکروانکپسولاسیون طعم ها استفاده می شود. خشک کردن انجمادی، توده سازی، انکپسولاسیون در موم یا چربی، روکش کردن و وارد کردن در سیکلودکسترین ها کمتر برای اهداف تجاری رایج است (Reineccius 1994).

#### ۶-پروبیوتیک ها

پروبیوتیک ها افزودنی های خوراکی میکروبی زنده هستند که توسط بهبود تعادل میکروبی روده اثرات مفیدی بر انسان دارند. میکروانکپسولاسیون فرآیندی است که زیست پذیری باکتری پروبیوتیک را طی تخمیر، فرآیند و استفاده از فرآورده ها افزایش می دهد. همچنین میکروانکپسولاسیون پروبیوتیک ها می تواند جهت افزایش قابلیت حیات در طی فرآیند و تحویل در قسمت های هدف در مجاری معدی و روده ای به کار گرفته شود. فرآورده های پروبیوتیک می توانند در فرم پودر های خشک کرده انجمادی و یا خشک کردن پاششی تهیه می شوند. هر چند که بیشتر پروبیوتیک ها در طی گرما و فشار اسمزی بی نهایت در خشک کردن پاششی نمی توانند بقا یابند. اخیرا یک روند جدید جهت حفظ بقای پروبیوتیک ها توسط محققان بکار گرفته شده است و آن افزودن مواد محافظ به محیط قبل از خشک کردن می باشد. بعنوان مثال ترهالوز که محافظت کننده گرمایی است در این زمینه کار می رود (Conrad et al,2000). روش های همزمان غیرفعال سازی گرمایی و آبگیری میکروارگانسیم ها منجر به مرگ و میر بالا می شود. در این گونه موارد یک روش کم هزینه میکروانکپسولاسیون جهت پایداری کشت های لاکتیک پروبیوتیک

پیشنهاد شده است (Picot and Lacroix 2003). این تکنیک شامل قطرات چربی شیر حاوی ذرات پودری باکتری های خشک شده انجمادی با پلیمرهای پروتئین آب پنیر است که امولسیفیه شده و در یک روش دو مرحله ای بصورت پاششی خشک می شود (Picot and Lacroix 2004).

## ۷- اولئورزین ها

کاربرد خشک کردن پاششی در میکروانکپسولاسیون اولئورزین ها و روغن ها کاملا مناسب است. در یک مطالعه میکروانکپسولاسیون اولئورزین ها توسط خشک کردن پاششی با مواد دیواره ای صمغ عربی، مالتودکسترین و نشاسته اصلاح شده گزارش شده است. این مطالعه نشان داد که پایداری اولئورزین هل با کاهش مقدار صمغ عربی در مخلوط با مالتودکسترین و نشاسته اصلاح شده کاهش می یابد و این مخلوط (صمغ عربی، مالتودکسترین، نشاسته اصلاح شده) مناسب است. اثبات شده است که این مخلوط برای میکروانکپسولاسیون اولئورزین زیره سبز نیز موثر است (Kanakdande et al, 2007). پایداری اولئورزین فلفل سیاه کپسوله شده در صمغ عربی و نشاسته اصلاح شده امولسیفیه شده توسط خشک کردن پاششی گزارش شده است (Shaikh et al, 2006).

## پلیمر های بکار برده شده جهت آزاد سازی در مجرای گوارشی

زمانی که از رها سازی اجزای غذایی فعال در مجرای گوارشی بحث می شود. ما در مورد فرآیندی که انحلال کپسول ها را در قسمت خاصی از مجرای معدی و روده ای تسهیل می کند بحث می کنیم. در ابتدا امواج مارپیچی قوی در روده می باشد. در قسمت بالایی مجرای معدی و روده ای به علت حضور مقادیر زیادی از سیال در شکم و روده کوچک فشار نسبتا پایین است. توسط افزایش مقاومت مکانیکی، کپسول ها می توانند در فشار شکم و روده کوچک مقاوم باشند. ولی زمانی که در قسمت های پایین مجرای گوارشی فشار افزایش یابد، کپسول ها شکسته شده و رها سازی مولکول های فعال امکان پذیر خواهد بود. تغییر پتانسیل اکسیداسیون احیا که توسط فلور میکروبی روده ایجاد می شود می تواند بعنوان یک وسیله مخصوص جهت انحلال کپسول ها و انتقال اجزای غذایی فعال باشد. انتخاب مولکول های زمینه بستگی به دانش موجود در زمینه تجزیه پذیری این مواد توسط آنزیم های تولید شده بوسیله باکتری های بی هوازی در روده دارد (Hong et al, 2001a, Hong et al, 2001b). برخی از کربوهیدرات ها در این زمینه در صنایع غذایی بکار برده می شوند. بیشتر پلی ساکارید ها به جهت حفظ اجزای غذایی فعال از تخریب در معده و قسمت بالایی روده کوچک بکار می روند. در نتیجه تجزیه موکول پلی ساکارید که عمدتا به دلیل هیدرئلیز پیوند های گلیکوزیدی بین مولکول ها می باشد، رها سازی ترکیبات غذایی فعال صورت می گیرد. میکروارگانسیم های زیادی در این فرآیند تجزیه نقش دارند ولی مهم ترین ارگانسیم مسئول برای این تجزیه زیستی باکتریوسیدها و بیفیدوباکتریوم هستند (Kosaraju 2005, Song and copper 1992). مهم ترین پلی ساکارید های مورد استفاده برای رها سازی کنترل شده در بدن عبارت اند از:

- ۱- کیتوزان
- ۲- آلژینات
- ۳- پکتین



## نتیجه گیری

میکرو انکپسولاسیون فرایندی است که در آن ذرات یا قطرات و حباب های ریز پراکنده در یک زمینه بوسیله پوششی از جنس پلیمر و یا سایر مواد آلی و معدنی احاطه می شوند. مواد داخل پوشش را هسته یا فاز داخلی، و پوشش را پوسته یا غشاء می نامند. در بیشتر موارد انواع مواد غذایی، دارویی، مواد معطر، سموم کشاورزی و ... بخش هسته کپسول را تشکیل می دهند. پوسته کپسول ها اغلب از مواد پلیمری، به صورت طبیعی یا مصنوعی، تشکیل می شود که نوع آن به جنس ماده هسته روش تهیه و خصوصیات و کاربرد مواد مورد نظر بستگی دارد. در اغلب موارد، هدف از بکارگیری میکروکپسول ها، رها سازی کنترل شده ماده هسته با زمان و تثبیت غلظت ماده فعال هسته در محیط مد نظر می باشد. برای تهیه میکروکپسول ها از دو روش شیمیایی و فیزیکی استفاده می شود، روش های شیمیایی اغلب جهت میکرو انکپسولاسیون مواد فعال شیمیایی مورد استفاده می باشند. همچنین، از روش های فیزیکی اغلب جهت ریز پوشینه سازی مواد دارویی و غذایی و موادی که در ارتباط مستقیم با موجودات زنده می باشند استفاده می شود.

## Refrence

Bylaite,E.,Nylander,T.,Venskutonis,R.,Jonsson,B.2001.Emulsification of caraway essential oil in water by lecithin and blactoglobulin:Emulsion stability and propertice of the formed oilaqueous interface.Colloids and Surfaces B:Biointerfaces,20,327-340.

Bylaite,E.,Nylander,T.,Venskutonis,R.,Mapdbieriene,R.2001.Propertice of caraway essential oil encapsulated in to milk protein based material.European Food research and Technology,212,661-670.

Conrad,P.,Miller,D.,Cielenski,P.,de Pablo,J.2000.Stabilization and preservation of Lactobacillus acidophilus in saccharide matrices.cryobiology,41,17-24.

Dalgleish,D.G.2006.Food emulsions-Their structures and structure forming properties.Food hydrocolloids,20,415-422.

Dickinson,E.2003.Hydrocolloids at interfaces and the influence on the propertice of dispersed systems.Food Hydrocolloids,17,25-39.

Dziezak,J.D.1998.Microencapsulation and encapsulated ingredients.Food Technology,4,136-159.

Gibbs,B.F.,Kermasha,S.,Alli,L.,Mulligan,C.1999.Encapsulation in the food industry:A review.International Journal of food science and Nutrition,50,213-224.

Hong,S.,Mcnamee,B.,Riordan,E.D.,Sullivan,M.2001a.Microencapsulation properticeof sidium caseinate.Journal of Agricultural and Food chemistry,49,1934-1938.

Hong,S.,Mcnamee,B.,Riordan,E.D.,Sullivan,M.2001b.Emulsification and microencapsulation propertice of sodium caseinate/carbohydrate blends.International Dairy Journal,11,137-144.

Korhonen,H.2002.Technology option for new nutritional concepts.International Journal of Dairy Technology,55(2):79-88.

Kenyon,M.M.1995.Modified starch,maltodextrin, and corn syrup solids as wall materials for food encapsulation.In s.J.Risch&G.A.Reineccius ,Encapsulation and controlled release of food ingredients.Acs symposium series (vol.590,pp.42-50).Washington,Dc:American chemical Society.

Krishnan,S.,Kshirsagar,A.C.,singhal,R.2005.The use of gum Arabic and modified starch in the microencapsulation of a food flavoring agent carbohydrate polymers,62,309-315.

Kirby,C.J.,Whittle,C.J.,Rigby,N.,Coxon,D.1991.Stabilisation of ascorbic acid by microencapsulation in liposomes.International of food Science and Technology ,26(5),437-449.

Kanakdande,D.Bhosale,R.,Singhal,R.S.2007.Stability of cumin oleoresin microencapsulated in different combination of gum Arabic,maltodextrin and modified starch.carbohydrate polymers,536-541.

Kosaraju,S.2005.Colon targeted delivery systems:review of polysaccharides for encapsulation and delivery.Critical Reviews in food science and Nutrition,45,251-258.

Liu,X.,Atarashi,T.,Furuta,T.,et al.2001.Microencapsulation of emulsified hydrophobic flavours by spray drying .Drying Technology,19,1361-1374.

Potter,N.N.and Hotchkiss,J.1995.Food science.5<sup>th</sup> edn.New York:Kluwer Academic/Plenum publishers.

Picot,A.Lacroix,C.2004.Encapsulation of bifidobacteria in whey protein-based microcapsules and survival in simulated gastrointestinalconditions and yoghurt.International dairy journal,14,505-515.

Picot,A.,Lacroix,C.2003.Effects of micronization on viability and thermotolerance of probiotic freeze-dried cultures.International Dairy Journal,13,455-462.

Rosinski,S.,Grigorescu,G.,Lewinska,D.,Ritzen,L.G.,Viernstein,H.,Teunou,E.,Poncellet,d.,and etal.2002. Characterization of microcapsules:recommended methods based on round-robin testing.Journal of Microencapsulation,19(5):641-659.

Raja,K.C.M.,Sankarikutty,B.,Sreekumar,M.,Jayalekshmy,A.1989.Material characterization stusies of maltodextrin samples for the use of wall material.strash/sta'rke,41,298-303.

Rosenberg,M.,sheu,T-Y.1996.Microencapsulation of volatiles by spray-drying in whey protein-based wall system.International Dairy Journal,6,273-284.

Risch,S.J.and Reineccius,G.A.1995.Encapsulation and controlled release of food ingredients.usa:American chemical society.

Rosenberg,M.,Kopelman,I.,Talmon,Y.1990.Factors affecting retention in spry-drying microencapsulation of volatile material.Journal of Agricultural and food chemistry,38,1288-1294.

- Reineccius,G.1994.inSource Book of Flavors,pp,605-625,chapman&Hall.
- Reavley,N.1998.vitamin counter.The vitamin content of common foods.Australia:Bookman press.
- Shahidi,F.,&Han,x.Q.1993.Encapsulation of foodingredints.Critical Review in Food Science and Nutrition,33,501-547.
- Sheikh,J.,Bhosale,R.,singhal,R.2006.Microencapsulation of black pepper oleoresin.Food chemistry,94,105-110.
- Szente,L.and Szejtli,J.1986.Food Science.51(4),1024-1027.
- Song,J and Copper,C.1992.Us Patent.
- Tan,C-T.,Kang,Y.C.,Sudol,M.A.,King,C.K.1991.Us Patent 5,664-669.
- Young,S.L.,Sarda,X.,Rosenberg,M.1993.Microencapsulation propertice of whey protein.1.Microencapsulation of anhydrous milk fat.Journal of dirly science,76,2868-2877.
- Uddin,M.s.,Hawlader,M.N.and Zhu,H.J.2001.Microencapsulation of ascorbic acid:effect of process variables on product characteristics.Journal of Microencapsulation,18(2).199-209.

Surf and download all data from SID.ir: [www.SID.ir](http://www.SID.ir)

Translate via STRS.ir: [www.STRS.ir](http://www.STRS.ir)

Follow our scientific posts via our Blog: [www.sid.ir/blog](http://www.sid.ir/blog)

Use our educational service (Courses, Workshops, Videos and etc.) via Workshop: [www.sid.ir/workshop](http://www.sid.ir/workshop)