

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

1. Optimasi pembuatan mikrokapsul alginat kosong sebagai uji pendahuluan

Mikrokapsul memberikan hasil yang optimum pada kondisi percobaan dengan kecepatan pengadukan 600 rpm, emulgator yang digunakan sebanyak 1%, lama pengadukan 10 menit untuk membentuk emulsi yang stabil dan 15 menit untuk melarutkan kalsium karbonat, serta perbandingan fase air dan minyak yang digunakan adalah 40:60. Jumlah kalsium karbonat yang digunakan merujuk pada literatur dan dilakukan uji pendahuluan untuk mengetahui jumlah asam asetat yang dibutuhkan untuk melarutkan kalsium karbonat. Pengecekan kondisi pH selama percobaan sangat penting untuk menjaga stabilitas zat inti. Larutan pencuci yang digunakan adalah buffer asetat pH 4,5 untuk memisahkan mikrokapsul dari emulsi serta dapat mempertahankan pH sehingga zat inti tidak rusak.

2. Pembuatan mikrokapsul alginat berisi BSA sebagai model protein pengganti insulin

Bovin serum albumin digunakan sebagai protein pengganti insulin pada awal percobaan untuk mengoptimasikan jumlah konsentrasi alginat dan kitosan yang akan digunakan pada formula mikrokapsul insulin. Konsentrasi alginat yang digunakan adalah 2, 3, 4, 5%. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan, konsentrasi alginat 4% memberikan hasil yang optimal dibandingkan dengan konsentrasi alginat yang lain.

3. Penetapan panjang gelombang maksimum bovin serum albumin

Panjang gelombang maksimum dari bovin serum albumin dalam larutan asam klorida pH 1,2 dan buffer fosfat pH 6,8 adalah 290 nm.

4. Pembuatan kurva kalibrasi bovin serum albumin dalam larutan asam klorida pH 1,2

Persamaan garis pada kurva kalibrasi bovin serum albumin yang digunakan untuk penetapan penentuan kandungan zat inti, penentuan persentase zat inti yang tersalut, dan uji pelepasan *in vitro* adalah $y = 0,0027 + 0,0001x$; dengan koefisien korelasi (r) = 0,9971. Data selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 19 dan Gambar 17.

5. Pembuatan kurva kalibrasi bovin serum albumin dalam larutan buffer fosfat pH 6,8

Persamaan garis pada kurva kalibrasi bovin serum albumin yang digunakan untuk penetapan penentuan kandungan zat inti, penentuan persentase zat inti yang tersalut, dan uji pelepasan *in vitro* adalah $y = 0,0028 + 0,0002x$; dengan koefisien korelasi (r) = 0,9972. Data selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 20 dan Gambar 17.

6. Penyalutan mikrokapsul alginat kosong menggunakan kitosan sebagai uji pendahuluan

Mikrokapsul kosong dengan konsentrasi alginat 3 dan 4% disalut menggunakan kitosan 0,2; 0,3; 0,4%. Pada proses penyalutan terjadi interaksi elektrostatik antara alginat dan kitosan. Pembuatan mikrokapsul kosong alginat dan kitosan dimaksudkan sebagai blanko negatif pada uji kandungan zat inti dan uji profil pelepasan secara *in vitro*.

7. Penyalutan mikrokapsul alginat berisi BSA menggunakan kitosan

Mikrokapsul alginat dengan konsentrasi 3 dan 4% berisi BSA disalut menggunakan kitosan 0,2; 0,3; 0,4%. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada

Gambar 11. Hasil terbaik ditunjukkan oleh mikrokapsul dengan konsentrasi alginat 4% kitosan 0,3%.

8. Pembuatan mikrokapsul alginat berisi insulin

Mikrokapsul insulin dibuat tiga formula dengan perbedaan kadar insulin yang dimasukkan pada tiap formula. Kadar insulin yang dimasukkan adalah 46,88 IU; 93,75 IU; 187,5 IU. Insulin yang digunakan mengandung 3,64 mg/mL atau 100 IU/mL.

9. Penyalutan mikrokapsul alginat berisi insulin menggunakan kitosan

Mikrokapsul alginat berisi insulin yang disalut kitosan memberikan hasil optimal pada formula dengan kadar insulin 46,88 IU, yang menunjukkan tingkat efisiensinya yang cukup baik dibandingkan formula yang lainnya.

10. Penetapan panjang gelombang maksimum insulin

Panjang gelombang maksimum dari insulin dalam larutan asam klorida pH 1,2 dan buffer fosfat pH 6,8 adalah 253 nm.

11. Pembuatan kurva kalibrasi insulin dalam larutan asam klorida pH 1,2

Persamaan garis pada kurva kalibrasi insulin yang digunakan untuk penetapan penentuan kandungan zat inti, penentuan persentase zat inti yang tersalut, dan uji pelepasan *in vitro* adalah $y = 0,0071 + 0,0009x$; dengan koefisien korelasi (r) = 0,9972. Data selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 21 dan Gambar 18.

12. Pembuatan kurva kalibrasi insulin dalam larutan buffer fosfat pH 6,8

Persamaan garis pada kurva kalibrasi insulin yang digunakan untuk penetapan penentuan kandungan zat inti, penentuan persentase zat inti yang tersalut, dan uji pelepasan *in vitro* adalah : $y = 0,0083 + 0,0009x$; dengan koefisien korelasi (r) = 0,9956. Hasil tidak begitu baik karena insulin terurai dalam suasana basa. Data selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 22 dan Gambar 18.

13. Evaluasi mikro kapsul

Mikro kapsul dievaluasi secara fisika dan kimia dengan melihat morfologi mikro kapsul, ukuran partikel, berat mikro kapsul yang diperoleh, kadar air, kandungan zat inti, persentase zat inti yang tersalut, dan profil pelepasan *in vitro*.

Pada pemeriksaan morfologi mikrokapsul, mikrokapsul alginat menunjukkan bentuk yang tidak bulat. Terlihat lubang pada permukaan mikrokapsul. Pada mikrokapsul alginat-kitosan tampak pengumpulan mikrokapsul satu dan lain membentuk agregat dan saling menempel. Permukaan mikrokapsul alginat-kitosan tampak kasar. Hasil dapat dilihat pada Gambar 8-11.

Pengukuran partikel mikrokapsul alginat memberikan hasil ukuran rata-rata antara 52,840-57,819 μm . Data selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 2 dan 5. Mikrokapsul alginat-kitosan memiliki ukuran partikel rata-rata antara 60,036-198,347 μm . Konsentrasi kitosan sangat mempengaruhi ukuran partikel. Data selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 3, 4, 6 dan Gambar 12-16.

Berat mikrokapsul alginat yang diperoleh antara 1,0592-2,6121 g. Berat akhir mikrokapsul yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh konsentrasi alginat. Berat mikrokapsul alginat-kitosan yang diperoleh antara 1,6611-2,6457 g. Berat akhir mikrokapsul yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh konsentrasi alginat dan kitosan. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7-12.

Kadar air mikrokapsul alginat dan mikrokapsul alginat-kitosan berkisar antara 8,12-8,84%. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 13-18.

Kandungan BSA dalam mikrokapsul alginat sekitar 70-91% dan dalam mikrokapsul alginat-kitosan sekitar 81-93%. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 23 dan 24.

Kandungan insulin dalam mikrokapsul alginat sebesar 53,3-91,0% dan dalam mikrokapsul alginat-kitosan sekitar 61,9-93,4%. Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 25 dan 26.

Pada uji pelepasan *in vitro* dalam larutan asam klorida pH 1,2, mikrokapsul alginat berisi insulin yang menggunakan 46,88 IU insulin, mengalami peningkatan pelepasan insulin pada jam ke 4-8. Mikrokapsul alginat dengan penggunaan 93,75 IU insulin, melepaskan insulin pada jam ke 0,5 dan mengalami peningkatan pelepasan insulin sampai jam ke 6, dan selanjutnya mengalami penurunan kadar karena faktor degradasi. Mikrokapsul alginat dengan penggunaan 187,5 IU insulin, melepaskan insulin pada jam ke 0,25 dan mengalami peningkatan pelepasan insulin sampai jam ke 6 dan selanjutnya mengalami penurunan kadar karena faktor degradasi. Pada mikrokapsul alginat-kitosan yang berisi insulin 46,88 IU, mengalami peningkatan pelepasan pada jam ke 4-8. Pada mikrokapsul alginat-kitosan yang menggunakan 93,75 IU insulin, mikrokapsul mengalami peningkatan pelepasan insulin dari jam ke 0,75 sampai jam ke 8. Pada mikrokapsul alginat-kitosan yang menggunakan 187,5 IU insulin, mikrokapsul mengalami peningkatan pelepasan insulin dari jam ke 0,50 sampai jam ke 8. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 27 dan Gambar 19.

Pada uji pelepasan secara *in vitro* dalam larutan buffer fosfat pH 6,8, mikrokapsul alginat berisi insulin yang menggunakan 46,88 IU insulin, mengalami peningkatan pelepasan insulin pada jam ke 0,5-1, selanjutnya mengalami penurunan kadar. Mikrokapsul alginat dengan penggunaan 93,75 IU insulin, melepaskan insulin pada jam ke 0,5 dan mengalami peningkatan pelepasan insulin sampai jam ke 1, dan selanjutnya mengalami penurunan kadar karena faktor degradasi. Mikrokapsul alginat dengan penggunaan 187,5 IU insulin, melepaskan insulin pada jam ke 0,5 dan mengalami peningkatan pelepasan insulin sampai jam ke 1. Selanjutnya, mengalami penurunan kadar karena faktor degradasi. Pada mikrokapsul alginat-kitosan yang berisi insulin 46,88 IU, mikrokapsul mengalami peningkatan pelepasan insulin pada jam ke 0,5-2. Pada mikrokapsul alginat-kitosan yang menggunakan 93,75 IU insulin, mikrokapsul mengalami peningkatan pelepasan insulin dari jam ke 0,5 sampai jam ke 1. Pada mikrokapsul alginat-kitosan yang menggunakan 187,5 IU insulin, mikrokapsul mengalami peningkatan pelepasan insulin dari jam ke 0,25 sampai jam ke 1. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 28 dan Gambar 20.

B. PEMBAHASAN

Prinsip metode emulsifikasi ini adalah membentuk emulsi air dalam minyak yang didalamnya mengandung garam kalsium karbonat yang tidak larut. Setelah emulsi terbentuk, dilakukan penambahan asam asetat dalam

minyak untuk melarutkan kalsium menjadi bentuk ion. Dengan adanya bentuk ion kalsium, maka akan terjadi pertukaran ion antara natrium pada alginat dengan kalsium, sehingga alginat membentuk gelasi yang terjadi pada bagian dalam mikrokapsul sehingga metode ini juga disebut metode gelasi internal.

Penelitian ini diawali dengan penentuan kondisi optimum proses pembuatan mikrokapsul kosong alginat, yang mencakup penentuan kecepatan pengadukan, konsentrasi emulgator, lama pengadukan pada pembentukan emulsi dan lamanya proses pelarutan kalsium karbonat, perbandingan fase air dan minyak dalam emulsi, konsentrasi kalsium karbonat dan jumlah asam asetat yang digunakan, serta jenis larutan pencuci mikrokapsul.

Faktor-faktor tersebut mempengaruhi keberhasilan pembentukan mikrokapsul dan hasil mikrokapsul yang diperoleh. Kecepatan pengadukan akan mempengaruhi bentuk dan ukuran dari mikrokapsul yang dihasilkan. Pada pengadukan yang lambat akan menghasilkan mikrokapsul dengan ukuran partikel yang lebih besar karena dapat terjadi penggabungan partikel. Sebaliknya, jika kecepatan pengadukan tinggi maka terbentuk mikrokapsul dengan ukuran yang kecil, tetapi pada proses emulsifikasi jika digunakan kecepatan yang tinggi akan terbentuk emulsi yang sangat kental sehingga sulit dilakukan pengadukan yang merata di seluruh bagian. Selain itu, banyak mikrokapsul yang mengalami kesulitan dalam proses pencuciannya karena terperangkap dan terjepit dalam emulsi yang sangat kental.

Penggunaan emulgator akan meminimalkan terjadinya penggumpalan partikel menjadi agregat dan mengurangi tegangan antar muka antara fase minyak dan air sehingga terbentuk emulsi yang cukup stabil selama emulsifikasi pembentukan mikrokapsul. Berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan, pada proses emulsifikasi yang tidak menggunakan emulgator, fase minyak dan air hanya terdispersi merata karena faktor pengadukan dan emulsi terlihat transparan. Pada penggunaan Span 80 sebanyak 1% emulsi terlihat berwarna putih dan stabil, tidak ada pemisahan antara fase minyak dan air. Pada pemakaian emulgator sebanyak 2%, terbentuk emulsi yang sangat kental dan sulit dilakukan pengadukan yang homogen. Oleh karena itu, emulgator Span 80 yang digunakan sebesar 1%.

Lamanya waktu pengadukan mempengaruhi proses emulsifikasi. Pada waktu pengadukan yang singkat (lebih kurang 5 menit), emulsi yang terbentuk belum homogen, sedangkan pada waktu pengadukan yang lama (lebih kurang 30 menit) emulsi yang terbentuk terlalu kental dan sulit dilakukan pengadukan secara homogen. Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan, maka waktu pengadukan optimal untuk proses pembentukan emulsi adalah 10 menit.

Lamanya waktu pengadukan mempengaruhi proses pelarutan kalsium karbonat. Pada waktu pengadukan yang singkat, kalsium karbonat tidak larut sempurna dan terjadi reaksi yang tidak sempurna dalam pembentukan mikrokapsul. Kalsium karbonat yang tidak larut dapat menjadi

pengotor terhadap mikrokapsul yang diperoleh. Pada waktu proses pelarutan yang terlalu lama, terbentuk emulsi yang kental dan sulit dalam melakukan pencucian mikrokapsul. Berdasarkan uji pendahuluan yang dilakukan, maka waktu pengadukan optimal untuk proses pelarutan kalsium karbonat adalah 15 menit.

Perbandingan fase air dan minyak dalam emulsi juga menentukan stabilitas terbentuknya emulsi. Percobaan ini menggunakan perbandingan 40:60 sesuai dengan uji pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya. Penelitian sebelumnya mengatakan bahwa fase air dan minyak dengan perbandingan 30:70 menunjukkan hasil terbaik (8). Hasil uji menunjukkan perbedaan dimungkinkan karena faktor jenis kualitas dan spesifikasi bahan-bahan yang digunakan berbeda. Konsentrasi kalsium karbonat yang digunakan adalah 5% terhadap volume larutan alginat sesuai dengan literatur yang digunakan. Selanjutnya, ditentukan jumlah larutan asam asetat glasial yang digunakan untuk mengubah bentuk kalsium yang tidak larut dalam bentuk garam karbonat menjadi ion kalsium dengan melakukan uji pendahuluan sebelumnya. Untuk 2 g kalsium karbonat dibutuhkan lebih kurang 12 mL asam asetat glasial.

Jenis larutan pencuci mikrokapsul yang pilih adalah buffer asetat pH 4,5 karena insulin yang digunakan stabil dalam pH 4,5 serta emulsi yang terbentuk selama proses berada pada rentang 4-4,5.

Selanjutnya kondisi optimum yang telah diperoleh tersebut, digunakan pada proses pembuatan mikrokapsul kosong dengan perbedaan

pada konsentrasi alginat yang digunakan. Konsentrasi alginat yang digunakan adalah 2, 3, 4, 5 %. Mikrokapsul kosong digunakan sebagai blanko negatif pada evaluasi mikrokapsul secara kimia. Kemudian dibuat mikrokapsul alginat berisi bovin serum albumin sebagai model protein pengganti insulin untuk uji pendahuluan karena keterbatasan sampel insulin. Pada pembuatan mikrokapsul alginat berisi bovin serum albumin digunakan konsentrasi alginat 2, 3, 4, 5%. Peningkatan penggunaan konsentrasi dimaksudkan untuk melihat konsentrasi mana yang memberikan hasil optimal pada evaluasi fisik dan kimia.

Pembuatan mikrokapsul alginat bersalut kitosan yang berisi BSA dilakukan terhadap mikrokapsul alginat 3 dan 4% karena pada konsentrasi alginat tersebut yang memberikan hasil cukup optimal pada evaluasi yang telah dilakukan. Kitosan bersifat menyalut pada permukaan luar mikrokapsul alginat. Konsentrasi kitosan yang digunakan adalah 0,2; 0,3; 0,4%. Hasil optimal diperoleh pada penggunaan kitosan 0,3%, yang selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan mikrokapsul insulin.

Pembuatan mikrokapsul insulin menggunakan konsentrasi alginat 4% dan kitosan 0,3%. Hasil optimal yang diperoleh berdasarkan percobaan atau evaluasi yang telah dilakukan, terdapat pada penggunaan insulin sebanyak 46,88 IU berdasarkan nilai efisiensi dan profil pelepasan secara *in vitro* yang optimal .

Penentuan panjang gelombang maksimum dari BSA dan insulin dimaksudkan untuk memperoleh serapan yang baik dan maksimum dari BSA

dan insulin. Panjang gelombang maksimum BSA dalam larutan asam klorida dan fosfat pada 290 nm, sedangkan insulin dalam larutan asam klorida dan buffer fosfat pada 253 nm. Panjang gelombang maksimum digunakan dalam pengukuran kandungan zat inti dan penentuan persentase zat inti yang tersalut, serta uji pelepasan *in vitro*.

Kurva kalibrasi yang dibuat sulit untuk mendapatkan nilai koefisien korelasi yang mendekati satu yaitu 0,9999 karena BSA dan insulin merupakan bahan yang kurang stabil dan sangat mudah sekali terdegradasi. Pada percobaan yang dilakukan, proses pengukuran dilakukan pengukuran secepatnya setelah diperoleh sampel untuk mengurangi faktor degradasi bahan akibat faktor waktu. Kurva kalibrasi berguna untuk menghitung nilai kandungan zat inti dan penentuan persentase zat inti yang tersalut, serta uji pelepasan *in vitro*.

Dilakukan evaluasi terhadap mikrokapsul alginat kosong, alginat berisi BSA, alginat-kitosan kosong, alginat-kitosan berisi BSA, alginat berisi insulin, dan alginat-kitosan berisi insulin diantaranya adalah pemeriksaan morfologi mikrokapsul, pengukuran partikel, berat mikrokapsul yang diperoleh, penetapan kadar air, penentuan kandungan zat inti dan penentuan persentase zat inti yang tersalut, serta uji pelepasan *in vitro*.

Hasil SEM mikrokapsul alginat kosong, BSA dan insulin untuk mengetahui morfologi mikrokapsul, tampak bentuk mikrokapsul tidak bulat karena telah dilakukan penarikan air oleh pompa vakum dan proses pencucian, serta penarikan air dengan alkohol. Akibat dari hal tersebut

adalah air dalam mikrokapsul ikut tertarik melalui lubang matriks, dan pada permukaan mikrokapsul menjadi mengkerut. Lubang-lubang matriks pada mikrokapsul alginat dapat dilihat pada gambar SEM. Pada permukaan mikrokapsul yang disalut kitosan tampak kasar dan tidak beraturan. Hal tersebut dikarenakan proses penyalutan yang kurang merata pada bagian permukaan mikrokapsul alginat. Selain itu, selama proses penyalutan dengan kitosan ada kecenderungan mikrokapsul untuk membentuk agregat satu sama lain.

Pada pengukuran partikel yang telah dilakukan, ukuran partikel mikrokapsul alginat meningkat seiring dengan peningkatan persen konsentrasi alginat yang digunakan dan adanya bahan inti yang digunakan. Mikrokapsul alginat lebih kecil dibandingkan dengan mikrokapsul alginat yang disalut kitosan. Hal tersebut dikarenakan penambahan bobot penyalut dalam mikrokapsul sehingga meningkatkan bobot molekul dan ukuran mikrokapsul. Mikrokapsul alginat tampak lebih homogen dibandingkan dengan mikrokapsul alginat-kitosan secara makroskopis. Hal tersebut karena pada proses pembuatan mikrokapsul alginat secara emulsifikasi menggunakan emulgator, sehingga partikel terdispersi lebih merata, sedangkan pada penyalutan dengan kitosan tidak digunakan emulgator. Pada penyalutan kitosan, mikrokapsul hanya dimasukkan dalam larutan kitosan dan dilakukan pengadukan.

Pada percobaan terdahulu mengenai mikrokapsul alginat yang berisi insulin diperoleh ukuran partikel rata-rata 21-287 μm (13). Jika dibandingkan

dengan hasil penelitian yang dilakukan, ukuran partikel yang diperoleh berada pada rentang tersebut.

Penimbangan berat mikrokapsul yang diperoleh penting dilakukan untuk mengetahui jumlah mikrokapsul yang dihasilkan, serta nilai efisiensi mikrokapsul. Semakin besar penggunaan konsentrasi alginat maka semakin banyak jumlah mikrokapsul yang dihasilkan. Semakin besar jumlah kitosan yang digunakan semakin besar pula jumlah mikrokapsul yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan pengaruh banyaknya material awal yang digunakan untuk pembuatan mikrokapsul dan jumlah pereaksi yang sesuai dalam pembuatan mikrokapsul.

Penetapan kadar air yang dilakukan memberikan hasil yang cukup baik karena bila dibandingkan dengan kadar air natrium alginat, mikrokapsul alginat memiliki nilai kadar air yang lebih rendah. Pada serbuk natrium alginat kadar air menunjukkan nilai rata-rata 15%, sedangkan pada mikrokapsul alginat berkisar 8-9%. Nilai kadar air pada serbuk kitosan berkisar 8% yang hampir sama dengan nilai kadar air mikrokapsul alginat-kitosan. Hal tersebut dikarenakan penggunaan pompa vakum selama proses pembuatan mikrokapsul dan penggunaan alkohol sebagai cairan pencuci.

Penentuan kandungan zat inti dan penentuan persentase zat inti yang tersalut penting untuk mengetahui efisiensi mikrokapsul. Hasil terbaik pada penggunaan konsentrasi alginat 4% dan kitosan 0,3%, karena pada konsentrasi 4% kemungkinan jumlah alginat dan pereaksi yang digunakan untuk membuat mikrokapsul alginat cukup jumlahnya dan membentuk

mikrokapsul yang cukup baik dibandingkan yang lain. Bila jumlah konsentrasi alginat kurang dan jumlah pereaksi yang tetap dalam percobaan ini, maka efisiensi akan kecil, banyak zat inti yang tidak tersalut dan hilang pada saat pencucian. Pada jumlah alginat yang besar dan jumlah pereaksi yang tetap dalam percobaan ini, kemungkinan terjadi kelebihan penyalut dan hasil efisiensi tidak akan meningkat dibandingkan dengan jumlah penyalut yang sesuai dengan pereaksi.

Pada percobaan terdahulu diperoleh nilai efisiensi mikrokapsul insulin mendekati 75% (13), sedangkan nilai efisiensi insulin yang diperoleh pada penelitian ini bervariasi tergantung pada konsentrasi alginat yang digunakan.

Uji pelepasan *in vitro* dilakukan dalam larutan asam klorida pH 1,2 sebagai simulasi pH lambung dan buffer fosfat pH 6,8 sebagai simulasi pH usus. Pada larutan asam klorida pH 1,2 mikrokapsul alginat yang tidak tersalut kitosan lebih cepat melepaskan insulin dibandingkan dengan yang tersalut kitosan. Hal tersebut dikarenakan kitosan akan mengembang dalam larutan asam klorida, sehingga memberikan barrier lebih besar dibandingkan dengan mikrokapsul yang tidak disalut dengan kitosan. Demikian juga pada larutan buffer fosfat pH 6,8, mikrokapsul alginat yang tidak tersalut kitosan lebih cepat melepaskan insulin dibandingkan dengan yang tersalut kitosan. Hal tersebut karena kitosan memberikan perlindungan awal pada mikrokapsul, sehingga dapat menghambat pelepasan zat inti. Walaupun

pada akhirnya, kitosan dan alginat mengalami degradasi dalam larutan basa dan akan melepaskan zat inti.

