

MAREK SIKORA, JAROSŁAW KORUS, BOHDAN ACHREMOWICZ

MIKROKAPSULKOWANIE METODĄ KOACERWACJI

Streszczenie

Scharakteryzowano ogólnie proces mikrokapsułkowania oraz opisano mechanizm koacerwacji. Podano pięć, znanych z literatury, sposobów mikrokapsułkowania metodą koacerwacji. Wyszczególniono zalety i wady mikrokapsułkowania tą metodą, a także możliwości zastosowania koacerwacji w przetwórstwie żywności.

Wstęp

Kapsułkowanie różnorodnych substancji jest znane i stosowane od wielu lat [1]. Wynalzcami kapsułek są francuscy aptekarze *Mothes i Dublane*, którzy otrzymali w 1833 roku kapsułki żelatynowe, *Lehuby* w 1846 roku wynalazł kapsułki twarde, a *Limousin* w 1872 roku wynalazł kapsułki opłatkowe. Termin kapsułka pochodzi od słowa łacińskiego “*capsula*” co oznacza pudełeczko.

Mikrokapsułkowanie jest względnie nową i szybko rozwijającą się technologią. Jest to proces zamykania, pakowania lub otaczania cząsteczek mikroskopowej wielkości określonego związku, tzw. rdzeni, w otoczki, ścianki, tworzące się w czasie procesu mikrokapsułkowania z jednej lub kilku dodatkowych substancji. Jest procesem prowadzonym tak, aby zawartość powstałej kapsułki uwolniła się w sposób kontrolowany, w określonych warunkach.

Pierwsze prace badawcze nad otrzymywaniem mikrokapsułek rozpoczęto po 1940 roku, kiedy to w Dayton w Stanach Zjednoczonych, pracujący w laboratorium The National Cash Register Company *Green*, wynalazca mikrokapsułek, dostał zadanie opracowania bezkalkowego papieru kopiującego. To właśnie przy jego realizacji wykorzystał zjawisko koacerwacji, opisane wcześniej przez *Budenburga de Jonga* [1]. Pierwsze mikrokapsułki uzyskał *Green* dopiero w latach 50. Odkrycie to zmobilizo-

wało naukowców i przemysł do podjęcia dalszych prób nad opracowaniem nowych metod wytwarzania mikrokapsulek.

W latach 60 udoskonalono metody mikrokapsułkowania sposobem koacerwacji prostej i złożonej. Firma amerykańska The National Cash Register Company, produkująca w tej dziedzinie, opracowała wiele sposobów mikrokapsułkowania metodą koacerwacji, między innymi środków leczniczych. Dziś możemy również powiedzieć, że mikrokapsułkowanie zrewolucjonizowało współczesny przemysł i jest stosowane między innymi w papiernictwie, rolnictwie, farbiarstwie, kosmetyce, przemyśle spożywczym, a także w farmacji, medycynie i weterynarii. W Polsce badania zjawiska koacerwacji prowadzono już w latach 60. Pierwsze publikacje krajowe na ten temat pochodzą z lat 70, kiedy to *Bolewski i Rychły* opublikowali prace przeglądowe na temat metod wytwarzania mikrokapsulek i perspektyw wykorzystania ich w farmacji i medycynie [1].

Charakterystyka procesu mikrokapsułkowania

Pojedyncza mikrokapsułka jest zbudowana z rdzenia oraz ze ścianki, może mieć kształt okrągły lub nieregularny, zależy to od sposobu wytwarzania mikrokapsułki, rodzaju aktywnej substancji tworzącej rdzeń oraz materiału tworzącego ścianki. Przebieg wielkość mikrokapsulek wynosi 100–500 μm , lecz niektóre osiągają nawet 5000 μm . Rdzeń stanowi 30–99% ogólnej masy kapsułki i może nim być pojedyncza substancja lub mieszanina w postaci stałej, ciekłej jak i gazowej. Ścianki można wytwarzać z wielu związków syntetycznych i naturalnych, np. żelatyny, gumy arabskiej,

Mikrokapsulki pojedyncze



Rdzeń stanowi ciecz lub substancja stała

Mikrokapsulki z podwójną ścianką

Mikrokapsulki wielordzeniowe



Rdzeń stanowi ciecz lub ciało stałe

Rys. 1. Postać i kształt mikrokapsulek [2].

Fig. 1. Form and shape of microcapsules [2].

pochodnych celulozy, jak również tłuszczów, żywic, polietylenu i wielu innych substancji. Ścianki mogą mieć różną konsystencję i przepuszczalność. Postać fizyczna mikrokapsulek także jest różna – mogą one występować jako: proszek, zawiesina, tabletki lub kapsułki [1, 2]. Na rys. 1 pokazano niektóre formy mikrokapsulek.

Mechanizm procesu koacerwacji

Proces ten jest oparty na zjawisku występującym w roztworach koloidów hydrofilowych i charakteryzuje się tym, że rozpuszczona substancja występuje w dwóch fazach. Jest to podstawowe odróżnienie układu rozwarstwowanego zolu, od układu dwufazowego, składającego się z dwóch płynów nie mieszających się. Nazwa koacerwacja pochodzi od łacińskiego słowa *acervus*, które oznacza skupienie, agregację, a przedrostek “ko” (*co*) wskazuje na łączenie się cząstek koloidu.

Proces mikrokapsułkowania można podzielić na cztery etapy:

- zawieszania cząstek materiału rdzenia w fazie płynnej tj. roztworze tworzywa ścianki,
- wytwarzania układu trójfazowego, a więc wydzielania drugiej fazy płynnej – koacerwatu,
- osadzania płynnego polimeru wokół rdzenia,
- żelowania i zestalania ścianki mikrokapsulek.

Początek procesu mikrokapsułkowania metodą koacerwacji to wytworzenie trzech nie mieszających się faz: materiału rdzenia, polimeru powlekającego oraz trzeciej fazy, tzw. fazy płynnego polimeru, którą otrzymuje się poprzez zastosowanie zmiany temperatury roztworu polimeru lub przez dodanie soli czy rozpuszczalnika, w którym polimer się nie rozpuszcza.

Aby mogło zajść mikrokapsułkowanie płynny polimer musi odkładać się jako jednolita, ciągła ścianka wokół rozproszonych cząstek rdzenia. Ważne jest także odpowiednie mieszanie płynnego materiału ścianki i substancji rdzenia w rozpuszczalniku. Zestalania ścianki wytworzonej w czasie koacerwacji można dokonywać poprzez dalsze obniżanie temperatury, dodanie odpowiedniego rozpuszczalnika lub zmianę odczynu [1].

Procesy koacerwacji można podzielić na zachodzące w roztworach wodnych lub bezwodnych. Koacerwacja w układach wodnych dzieli się na koacerwację zwykłą (prostą), z użyciem np.: żelatyny, albuminy lub octanu celulozy oraz koacerwację kompleksową z użyciem układów np.: żelatyna – guma arabska, czy żelatyna – pektyna. Koacerwacja w układach bezwodnych może następować przy współudziale: etylocelulozy, eudragitu (polimeru akrylowego lub metyloakrylowego, zawierającego grupy karboksylowe lub amonowe), octanu celulozy i in. [3].

Koacercwacja kompleksowa polega na zobojętnianiu ładunku koloidu, natomiast zwykła na usunięciu wodnej warstwy otaczającej cząsteczki koloidu hydrofilowego. W czasie gdy łańcuch polimeru traci wodę, łączy się z innymi łańcuchami polimeru. Tak wydzielony koloid w formie kropelek nazywany jest koacercwatem. Odłożenie koacercwatu wokół cząstek rdzenia rozproszonych w płynie tworzy zarodki mikrokapsulek, a odpowiednie dalsze żelowanie koacercwatu tworzy ścianki mikrokapsulek [1].

Arshady [3] opisuje zastosowanie w procesach koacercwacyjnego mikrokapsułkowania żelatyny, układów żelatyna – guma arabska i etylocelulozy. Przedstawia przebieg procesu wytwarzania mikrokapsulek przy różnych stężeniach stabilizatora, pod wpływem różnej temperatury, zmiany lepkości, wielkości kropelek koacercwatu w różnych warunkach prowadzenia procesu. Stwierdza, że aby mikrokapsułkowanie metodą koacercwacji mogło zajść, materiał rdzenia powinien być zgodny z rozpuszczalnikiem polimeru oraz nierozpuszczalny lub słabo rozpuszczalny w medium koacercwacyjnym, czyli substancji dodawanej w celu wytrącenia koacercwatu. Proces mikrokapsułkowania może zachodzić według dwóch alternatywnych mechanizmów. Pierwszy polega na tym, że cząsteczki rdzenia są w układzie od początku i następuje stopniowe ich powlekanie przez wydzielające się jądra koacercwatu. Drugi mechanizm polega na dodaniu materiału rdzenia pod koniec procesu. Zanim to nastąpi w roztworze polimeru zachodzi stopniowa koacercwacja, a otrzymane w ten sposób jądra koacercwatu osadzają się burzliwie na dodanym rdzeniu. Wielkość mikrokapsulek zależy od relacji wielkości rdzenia do grubości ścianki, stężenia stabilizatora i od szybkości mieszania. Na właściwości mikrokapsułki mają również wpływ lepkość fazy koacercwatu i temperatura w jakiej zachodzi proces [3].

Wydzielanie fazy płynnego polimeru może zachodzić pod wpływem różnych czynników oraz w różnych warunkach [1]:

- na zasadzie interakcji polimerów,
- przez dodanie niezgodnego polimeru,
- przez dodanie odpowiedniego rozpuszczalnika,
- przez dodanie soli nieorganicznych,
- przez zmianę temperatury.

Sposoby przeprowadzania koacercwacji

Wydzielanie fazy na zasadzie interakcji polimerów

Może być dokonywane przez interakcję polielektrolitów o przeciwnym ładunku elektrycznym, na skutek wytwarzania się związku kompleksowego o zmniejszonej rozpuszczalności w danym rozpuszczalniku i następujące po tym wytrącanie powstałego kompleksu. Przykładem koacercwacji kompleksowej jest proces zachodzący w roz-

tworze gumy arabskiej i żelatyny. Żelatyna jest produktem handlowym, otrzymywanym w dwóch formach: A (metodą kwasową) i B (metodą zasadową). Obydwa typy żelatyny oddziałują w kontrolowany sposób z różnymi systemami. Większość doniesień nt. mikrokapsułkowania metodą koacerwacji zaleca stosowanie żelatyny A, mającej dużą ilość ładunków dodatnich przy neutralnym pH i punkt izoelektryczny przy pH 8-9,5, przez co można ją łączyć w układ z gumą arabską, która utrzymuje ładunek ujemny bez względu na odczyn środowiska. W przeciwieństwie do żelatyny A, żelatyna B ma punkt izoelektryczny przy pH 4,5-5,5 i w neutralnym środowisku wykazuje większe stężenie ładunków ujemnych. Mikrokapsułkowanie za pomocą koacerwacji kompleksowej przeprowadza się zwykle za pomocą kombinacji żelatyny A i jakiegoś polimeru, zawierającego grupy karboksylowe (ujemnie naładowanego). Guma arabska jest najczęściej stosowanym polimerem, chociaż można tu również używać pektyn, polifosforanów, szkła wodnego czy zhydrolizowanego kopolimeru eteru metylowinyloвого i bezwodnika maleinowego [3]. *Okada i wsp.* [4] badali prostą koacerwację żelatyny wokół twardego rdzenia, badając kombinacje różnego rodzaju rdzeni z różnymi substancjami wywołującymi ten proces, w celu ustalenia optymalnych warunków mikrokapsułkowania. Stwierdzili, że pole powierzchni rdzenia i zdolność adsorpcyjna żelatyny odgrywają dominującą rolę oraz, że metanol i siarczan sodowy są odpowiednimi substancjami, powodującymi wydzielenie fazy płynnego polimeru [4]. *Jizomoto* [5, 6] opisał sposób produkcji mikrokapsulek z żelatyny i gumy arabskiej wokół ciekłych rdzeni oleju parafinowego przy użyciu glikolu lub tlenku polietylenu. Olej parafinowy mieszano z roztworem żelatyna-guma arabska w temperaturze 50-60°C. Następnie dodawano odpowiednią ilość związków polietylenu i ochładzano w warunkach kontrolowanych, a otrzymane mikrokapsułki sieciowano przy pomocy aldehydu glutarowego [5, 6].

Wydzielanie fazy płynnego polimeru przez dodanie niezgodnego polimeru

Mikrokapsułkowanie tą metodą polega na rozproszeniu substancji rdzenia w roztworze substancji powlekającej, o określonym stężeniu. Dodanie do tej zawiesiny substancji niezgodnej z substancją powlekającą, w odpowiedniej ilości, wywołuje wydzielenie się kropelek substancji powlekającej, otaczanie cząstek rdzenia i powstawanie zarodków mikrokapsulek. Następujący przykład przedstawia mikrokapsułkowanie metodą koacerwacji przez wykorzystanie niezgodności dwóch polimerów: etylocelulozy i polibutadienu. W 2 % roztworze etylocelulozy zawieszają się kryształy chlorowodoru błękitu metylenowego w stosunku 1:4. Wydzielanie fazy płynnej wywołuje się przez stopniowe dodawanie polibutadienu, aż do uzyskania proporcji 25 cz. polibutadienu i 1 cz. etylocelulozy. Polibutadien – niezgodny z etylocelulozą powoduje jej wydzielenie z roztworu. Wydzielona etyloceluloza otacza cząsteczki rdzenia. Zestalenie ścianki można uzyskać przez dodanie rozpuszczalnika np. heksanu, w którym ety-

loceluloza nie rozpuszcza się. Otrzymany produkt oddziela się przez sączenie, a następnie suszy [1].

Wydzielanie fazy płynnego polimeru przez dodanie odpowiedniego rozpuszczalnika

Wydzielenie fazy płynnego polimeru można uzyskać przez dodanie do jego roztworu rozpuszczalnika, w którym ten polimer nie rozpuszcza się. W ten sposób wydzielony polimer można wykorzystać do wytworzenia ścianki.

Na przykład w roztworze octanomaślanu celulozy w metyloetyloketonie zawieszają substancję rdzenia (zmikronizowaną skopolaminę). Zawiesinę ogrzewa się do temperatury 55°C, następnie stopniowo dodaje się eter izopropylowy, rozpuszczalnik, w którym substancja powlekająca nie rozpuszcza się. W wyniku tego następuje wydzielenie fazy i mikrokapsulkowanie zawieszonych cząstek rdzenia. Układ stopniowo oziębia się do temperatury pokojowej, a mikrokapsułki oddziela się przez odwirowanie, przemycie eterem izopropylowym i wysuszenie pod zmniejszonym ciśnieniem [1].

Według *Arshady'ego* [3] średni promień mikrokapsułek, tzn. ich wielkość jest wprost proporcjonalna do stężenia polimeru i objętości fazy polimeru, a odwrotnie proporcjonalna do prędkości mieszania i stężenia stabilizatora.

Wydzielanie fazy płynnego polimeru przez dodanie soli nieorganicznych

W przypadku koacerwacji roztworu żelatyny i oleju jadalnego, emulgowanie przeprowadza się tak, aby uzyskać średnicę kropelek oleju w granicach 2–5 µm i uniknąć tworzenia się żelu żelatyny w temperaturze wyższej niż 50°C. Koacerwację osiąga się przez stopniowe dodawanie do emulsji roztworu hydrofilowej soli, którą może być siarczan sodowy. Następnie obniża się temperaturę do 20°C, aby uzyskać dalsze żelowanie ścianek oraz ich zestalanie. Wydzielone mikrokapsułki przemywa się wodą i suszy [1].

Przykładem koacerwacji skrobi są badania *Davida i MacMastersa* [7], którzy ze skrobi kukurydzianej odpowiednio spreparowanej, sporządzili kleiki skrobiowe o różnych stężeniach od 0,1% do 10%. Kleiki te przetrzymywali we wrzącej łaźni wodnej przez 30 minut. Następnie mieszały próbki przy małych obrotach przez 3 minuty, po czym dodawali m.in. takich soli jak: chlorek sodu, chlorek potasu o stężeniach 0,125 M; 0,25 M; 0,5 M i 1,0 M. Po wymieszaniu odstawiali na 24 h do chłodziarki. Po 24 h przygotowywali preparaty do badań mikroskopowych i przeprowadzali obserwacje próbek zabarwionych roztworem jodu w jodku potasu. Mikrokapsułki zaobserwowali w przypadku próbek skrobi o stężeniach od 1% do 3%, wytrąconych roztworami chlorków o stężeniach od 0,25 M do 1,0 M.

Wydzielanie fazy płynnego polimeru przez zmianę temperatury

Zjawisko to zachodzi w czasie procesu mikrokapsułkowania z udziałem etylocelulozy. Etyloceluloza znalazła szerokie zastosowanie w przygotowaniu mikrokapsulek metodą koacerwacji. Zawartość grup etylowych w etylocelulozie może być różna – najkorzystniejsza w zakresie 45–50%. Wydzielenie fazy polimeru w postaci kropelek w tym przypadku występuje po doprowadzeniu układu do odpowiedniej temperatury. Etylocelulozę i kropelki stabilizatora rozpuszcza się w cykloheksanie, w temperaturze 80°C. Materiał rdzenia stopniowo wprowadza się i miesza. Kropelki koacerwatu otaczają rozproszone cząstki rdzenia i tworzą zarodki mikrokapsulek. Pod wpływem obniżenia temperatury mikrokapsułki ulegają żelowaniu i zestaleniu [3].

Ocena procesu koacerwacji

Zaletami mikrokapsułkowania metodą koacerwacji są możliwość otrzymania mikrokapsulek o kontrolowanych rozmiarach, otrzymania jednolitego, kulistego kształtu, możliwość zakapsułkowania do 90% substancji rdzenia (80% substancji rdzenia i 20% otoczki żelatynowej gwarantuje dobrą osłonę i minimalne straty substancji aktywnej), a także łatwość wydzielania materiału rdzenia poprzez zgniatanie ścianek, rozpuszczanie w gorącej wodzie lub też sposobami chemicznymi [8].

Wady mikrokapsułkowania za pomocą koacerwacji są następujące:

- wiele spożywczych substancji smakowo-zapachowych jest preparatami złożonymi, zawierającymi aldehydy i inne składniki, które mogą reagować z żelatyną, co w konsekwencji może doprowadzić do utraty rozpuszczalności żelatynowej ścianki,
- mikrokapsułkowanie metodą koacerwacji z żelatyną przeprowadza się w temperaturze 50°C lub wyższej, co może spowodować degradację lub odparowanie substancji kapsułkowanej (związków smakowo-zapachowych lub barwników),
- niektóre substancje, które są z natury nierozpuszczalne w wodzie w temperaturze 20°C lub niższej, wykazują w trakcie procesu znaczną rozpuszczalność (na skutek podwyższenia temperatury), co może prowadzić do dużych strat,
- mikrokapsułki utwardzane za pomocą aldehydów są nierozpuszczalne w zimnej wodzie, co eliminuje je z zastosowania w produkcji żywności lub napojów bezalkoholowych, otrzymywanych bez obróbki termicznej,
- mikrokapsułki utwardzane za pomocą reakcji z aldehydami, są dozwolone do stosowania w Stanach Zjednoczonych, jednakże prawo żywnościowe niektórych krajów zakazuje ich użycia,
- proces ten nie nadaje się, w większości przypadków, do mikrokapsułkowania substancji rozpuszczalnych w wodzie.

Perspektywa zastosowania koacerwacji w przetwórstwie żywności

Mikrokapsułkowanie w przemyśle spożywczym znalazło szerokie zastosowanie. W produkcji żywności substancje mikrokapsułkowane pełnią najczęściej funkcje dodatków wprowadzanych do produktu w określonym celu. Mikrokapsułkowanie umożliwia między innymi zwiększenie trwałości dodatków do żywności takich jak substancje smakowo-zapachowe, witaminy czy drożdże fermentacyjne, poprzez uzyskanie ich w postaci proszku, co zapewnia trwałość w czasie przechowywania i kontrolowane uwalnianie oraz otrzymanie w postaci stałej płynnych olejów tłuszczowych i zapachowych, wrażliwych na działanie tlenu.

Wampler [9] omówił przykłady zastosowania związków smakowo-zapachowych, zakapsułkowanych w różnych otoczkach zależnie od rodzaju produktu i sposobu przygotowania go do spożycia. Na przykładzie limonenu zakapsułkowanego w otoczce węglowodanowej, a następnie suszonego rozpyłowo, dowiódł on, że substancja ta ulega o wiele słabszym zmianom oksydacyjnym, znajdując się w otoczce węglowodanowej, aniżeli otrzymana metodą rozpyłową. Ten sam autor [9] stwierdził, że zakapsułkowane substancje lotne, w porównaniu z otrzymanymi metodą suszenia rozpyłowego, znacznie lepiej się przechowują, a różnice ilościowe w niektórych przypadkach sięgają 50%. Dowiódł także, że przechowywanie niektórych lotnych substancji w otoczce olejowej prowadzi do większych strat tych substancji niż w przypadku zastosowania kapsułki białkowej [9].

Szejtli [13] podał przykłady zastosowania w gumie do żucia ekstraktu olejku miętowego w postaci kompleksu z β -cyklodekstryną, który wtedy zachowywał znacznie dłużej smak i aromat w czasie przechowywania i spożywania.

Naturalne barwniki takie jak annatto, ekstrakt z papryki, karmin i kurkuma, mikrokapsułkowane w otoczkach z żelatyny i niektórych pochodnych skrobi, mają lepszą rozpuszczalność w wodzie, nie pylą się i nie zbrylają w czasie przechowywania. Istotną korzyścią mikrokapsułkowania jest też przedłużona do 2 lat trwałość naturalnych substancji barwiących zarówno w postaci preparatów handlowych, jak i w sypkich produktach typu instant [10].

Mikrokapsułkowaniu można poddawać także cukier w postaci drobno zmielonego pudru, co obniża jego higroskopijność, poprawia sypkość i wydłuża odczucie słodkości. Na przykład, cukier zakapsułkowany w otoczce tłuszczowej dodany do gumy do żucia uwalnia się w wyższej temperaturze i po dłuższym czasie żucia, przez co odczucie słodkości wydłuża się [11].

Mikrokapsułkować można także witaminy i składniki mineralne dodawane do żywności w celu podwyższenia jej wartości żywieniowej. Mikrokapsułkowanie tych dodatków umożliwia zamaskowanie obcych smaków i zapachów, zwiększa ich trwałość w podwyższonej temperaturze i wilgotności, zapobiega wchodzeniu w reakcję

z innymi składnikami i umożliwia uwalnianie się w sposób kontrolowany (witamina B₁, B₂, C, E) [12]. Innym przykładem mikrokapsułkowania jest otrzymywanie proszku do pieczenia w postaci zakapsułkowanego kwaśnego węgla sodowego. W ten sposób związek ten jest zabezpieczony przed działaniem wody i kwasów, aż do chwili osiągnięcia optymalnych warunków wypieku (temperatury).

LITERATURA

- [1] Smażyński T.: Mikrokapsułkowanie, PZWL, Warszawa, 1981, 7-10, 25-31, 66-67.
- [2] Jankowski T.: Mikrokapsułkowanie składników żywności, Food Product Development, Opracowywanie Nowych Produktów Żywnościowych, Wyd. AR Poznań, 1995, 259-276.
- [3] Arshady R.: Microspheres and Microcapsules, a Survey of Manufacturing Techniques, Part II: Coacervation, Polymer Engineering and Science, **30**, 15, 1990, 905-914.
- [4] Okada J., Kusai A., Ueda S.: Journal of Microencapsulation, **2**, 1985, 163.
- [5] Jizomoto H.: Journal of Pharmaceutical Science, **73**, 1984, 879.
- [6] Jizomoto H.: Journal of Pharmaceutical Science, **74**, 1985, 769.
- [7] David T. Y., MacMasters M. M.: Coacervation of Starch, Part II. Some Instances, Starch/Die Stärke, **17**, 3, 1965, 75-77.
- [8] Balassa L. L., Fanger G.O.: Microencapsulation in the Food Industry, CRC Critical Reviews in Food Technology, **2**, 2, 1971, 245-265.
- [9] Wampler D.J.: Solving flavour delivery challenges through encapsulation. Proceedings of Food Ingredients Europe'92. Expoconsult Publ. Maarssen, 1993, 87-91.
- [10] Didriksen C.: Improved stability with micro-encapsulated natural colours. Proceedings of Food Ingredients Europe'92. Expoconsult Publ. Maarssen, 1993, 84.
- [11] Dziezak J.D.: Microencapsulation and encapsulated ingredients. Food Technology, **42**, 4, 1988, 136-152.
- [12] Rotman A.: Microcapsulated ingredients. Food Technology Europe, **1**, 1, 1993, 81.
- [13] Szejtli J.: A new food additive: the β -cyclodextrin. In: Gums and stabilizers for the food industry. Eds. Phillips, Wedlock & Williams. Elsevier, London, 1986, 351-362

MICROENCAPSULATION BY USE OF COACERVATION

Summary

Process of microencapsulation as well as mechanism of coacervation were characterized. Five known from the literature methods of microencapsulation by use of coacervation were given. Advantages and disadvantages of microencapsulation by use of coacervation and possibilities of its use in food processing were mentioned. ☒