

JAROSŁAW KORUS, BOHDAN ACHREMOWICZ, MAREK SIKORA

MIKROKAPSULKOWANIE SUBSTANCJI SPOŻYWCZYCH

Streszczenie

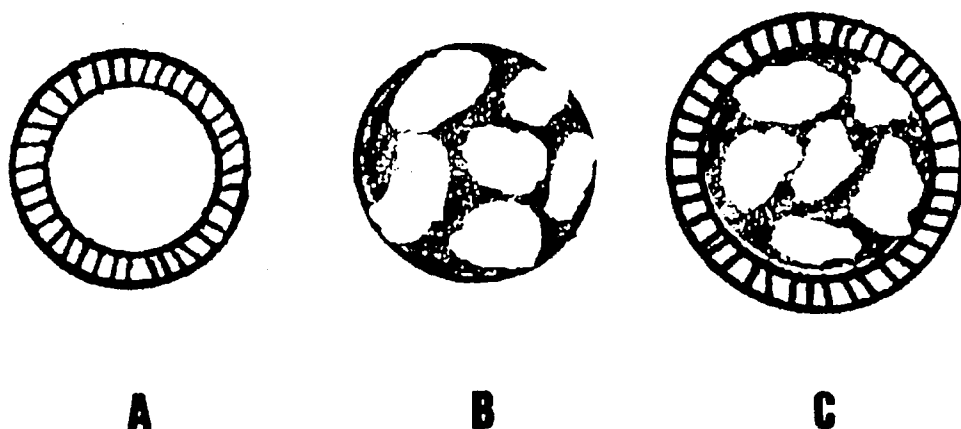
W pracy omówiono przegląd ważniejszych technik mikrokapsułkowania stosowanych w przemyśle spożywczym. Przedstawiono również przykłady otrzymywania mikrokapsułkowanych substancji, używanych do celów spożywczych.

Wstęp

Kapsułkowanie polega na otoczeniu substancji kapsułkowanej (rdzenia, jądra, substancji aktywnej) ściankami i zamknięciu jej w ten sposób w powstałej strukturze. Najczęściej odbywa się to przez powlekanie cienkim filmem polimeru (pojedyncza kapsułka) lub ulokowanie substancji rdzenia w wytworzonej matrycy polimeru (aglomerat) przez okluzję i/lub adsorpcję (rys. 1) [2]. W przypadku, gdy rozmiary kapsułki są mniejsze od 5000 μm klasyfikuje się je jako mikrokapsułki, a cały proces nazywa się wtedy mikrokapsułkowaniem. Mikrokapsułki mają szerokie zastosowanie w przemyśle perfumeryjnym, spożywczym, fotograficznym, papierniczym i rolnictwie [2, 3].

W wyrobach spożywczych kapsułkowanie składników stosuje się w celu przedłużenia trwałości, ochrony substancji aktywnej przed ubytkiem na skutek odparowania, stabilizacji nietrwałych składników żywności przed rozkładem pod wpływem światła, tlenu, wilgoci i innych czynników, ochrony przed zakażeniem mikrobiologicznym, maskowania niepożądanego smaku i aromatu, poprawienia tekstury, niedopuszczenia do niepożądanych interakcji pomiędzy składnikami żywności, ułatwienia użycia substancji płynnych przez przekształcenie ich w ciała stałe, umożliwienia kontrolowanego, stopniowego wydzielania substancji czynnej, poprawienia smaku, koloru i wyglądu produktów [3, 11, 12].

Szczególnie dużą uwagę należy zwrócić na dobór materiału ścian mikrokapsulek. W przypadku mikrokapsulek spożywczych musi to być przede wszystkim substancja dopuszczona do spożycia. Po wtóre materiał taki nie może reagować z rdzeniem, ani z innymi składnikami żywności [2]. Ponadto powinien on nadawać się do wybranej metody mikrokapsulkowania. Ważnym kryterium jest również koszt takiego materiału, bowiem jego zawartość w gotowym preparacie może stanowić nawet do 95% ogólnej masy (mikrokapsułki z aromatami) [3]. W przemyśle spożywczym najczęściej stosowanymi materiałami do tworzenia mikrokapsulek są: skrobia, skrobia modyfikowana, sacharoza, guma arabska, alginiany, karagen, cyklodekstryny, pektyny, żelatyna, kazeina, białko sojowe i wosk karnauba [2, 3].



Rys. 1. Niektóre z typowych przykładów mikrokapsulek: A) pojedyncza mikrokapsułka, B) rdzeń zamknięty w matrycy, C) matryca z rdzeniem kapsulkowana w innym polimerze [4].

Metody mikrokapsulkowania

Mikrokapsulkowanie za pomocą suszenia rozpyłowego

Mikrokapsulkowanie za pomocą suszenia rozpyłowego polega na zdyspergowaniu substancji aktywnej w roztworze substancji powlekającej i rozpyleniu powstałej dyspersji w gorącej komorze suszarki. Prowadzi to do odparowania rozpuszczalnika polimeru powlekającego i utworzenia mikrokapsulek. Dyspersję przygotowuje się przez mieszanie materiału rdzenia z roztworem polimeru w razie konieczności z dodatkiem środka powierzchniowo czynnego, ułatwiającego dyspergowanie. Materiał rdzenia musi być nierozpuszczalny w materiale otoczki. Rozpylenie takiej dyspersji w suszarce rozpyłowej powoduje powstanie mikrokropelek roztworu polimeru zawiera-

jących wewnątrz zdyspergowaną substancję aktywną. W komorze suszarni następuje odparowanie rozpuszczalnika, głównie z powłoki mikrokropelek i utwardzenie ścian kapsułek.

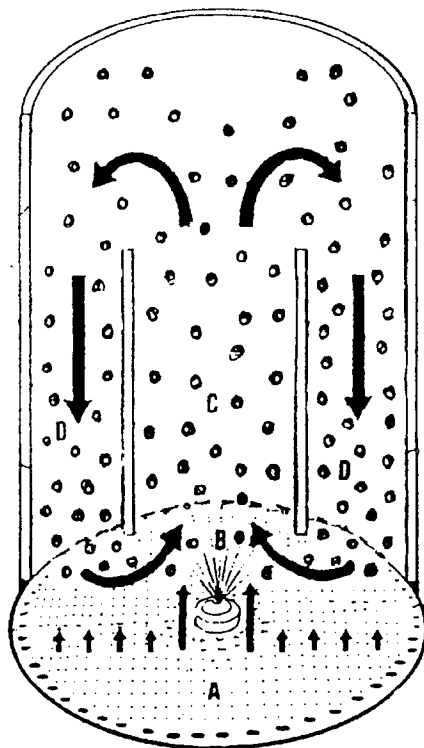
Materiałem powlekającym, używanym w suszeniu rozpyłowym są zazwyczaj polisacharydy takie, jak modyfikowana skrobia czy guma arabska. Ważnym parametrem tej metody decydującym o jakości mikrokapsułek jest temperatura. Wynosi ona na wlocie i wylocie komory odpowiednio około 180 i 100°C. Mimo takiej stosunkowo wysokiej temperatury w procesie suszenia rozpyłowego można mikrokapsułkować nawet substancje aromatyczne, składające się z bardzo lotnych aldehydów, ketonów, alkoholi, estrów i eterów. Dzieje się tak, ponieważ otoczka polarnych polisacharydów jest słabo przepuszczalna wobec niepolarnych składników olejków aromatycznych. Innymi słowy hydrofobowe substancje zapachowe wykazują względnie niską zdolność dyfuzji przez hydrofilową otoczkę polisacharydu. Ponadto w trakcie suszenia najszybciej odparowuje woda z zewnętrznej powierzchni rozpylonych kropelek. W miarę postępu odwodnienia przepuszczalność matrycy polisacharydowej zwiększa się znacznie bardziej wobec polarnej wody aniżeli niepolarnych składników aromatycznych. W rezultacie woda odparowuje łatwiej podczas gdy niepolarne substancje zapachowe pozostają wewnątrz matrycy. Stopień retencji substancji aromatycznych w dużej mierze zależy od wilgotności mikrokapsułek i wilgotności stosowanego przy kapsułkowaniu powietrza, masy molowej i stężenia polimeru, stopnia zdyspergowania materiału rdzenia i wielkości rozpylonych mikrokropelek [3].

W wyniku suszenia rozpyłowego otrzymuje się niejednolite mikrokapsułki [3]. Mają one rozmiary około 100 μm i zawierają do 50% olejku aromatycznego [2, 10], są bardzo porowate i dość dobrze rozpuszczalne w wodzie. Efekt kontrolowanego, stopniowego wydzielania zamkniętej w kapsułce substancji aktywnej uzyskuje się przez dodatkowe uszlachetnianie. Na przykład uzyskane metodą suszenia rozpyłowego kapsułki z gumy arabskiej zawierające olejki aromatyczne mogą zostać powleczone stopionym tłuszczem w procesie chłodzenia rozpyłowego, co powoduje zmniejszenie porowatości, dzięki uszczelnieniu ścian mikrokapsułki, a tym samym zmniejszenie strat substancji rdzenia [2].

Mikrokapsułkowanie przy użyciu innych metod rozpyłowych

W celu zminimalizowania powstających strat w trakcie suszenia opracowano inne metody rozpyłowego kapsułkowania takie, jak zestalanie rozpyłowe, chłodzenie rozpyłowe, rozpylanie na proszek odwadniający i rozpylanie do cieczy odwadniającej. W tym ostatnim procesie wykorzystuje się np. gumę arabską jako substancję okrywającą i etanol jako ciecz odwadniająca. Materiał rdzeniowy jest homogenizowany w 20% roztworze gumy arabskiej, do którego dodaje się zatężony roztwór gumy, aby

uzyskać stężenie polimeru około 40%, przy stężeniu substancji rdzenia między 10 a 40%. Taki roztwór wtryskuje się do etanolu z natężeniem 25 g/min. Uzyskane mikrokapsułki wydziela się przez sączenie i suszy w temperaturze 50°C pod zmniejszonym ciśnieniem [3]. Metodą tą kapsułkowano np. aromat kawy w żelatynie i olejek pomarańczowy w gumie arabskiej używając etanolu jako cieczy odwadniającej oraz olejku cytrynowego w dekstrynie z poliglikolem jako odwadniacza [2]. W chłodzeniu rozpyłowym do powlekania rdzenia stosuje się tłuszcze, stearynę, mono- i diglicerydy o temperaturze topnienia zawartej w przedziale 45–122°C oraz uwodornione oleje roślinne o temperaturze topnienia 32–42°C, aczkolwiek uzyskane z nich mikrokapsułki mogą wymagać specjalnych warunków przechowywania ze względu na niską temperaturę topnienia. Techniki te wykorzystuje się do mikrokapsułkowania składników stałych lub ciekłych, które należy jednak wcześniej przeprowadzić w fazę stałą, np. przez mrożenie. Tworzenie ścianek osiąga się tu nie przez odparowanie rozpuszczalnika, lecz przez termiczne utwardzenie materiału powlekającego. Tak otrzymane mikrokapsułki są nierozpuszczalne w zimnej wodzie, a ich zawartość uwalnia się po mechanicznym zniszczeniu otoczki, np. w podwyższonej temperaturze, zbliżonej do temperatury topnienia substancji ścian [10].



Rys. 2. Schemat urządzenia do mikrokapsułkowania fluidyzacyjnego [3], (opis w tekście).

Mikrokapsułkowanie przez powlekanie

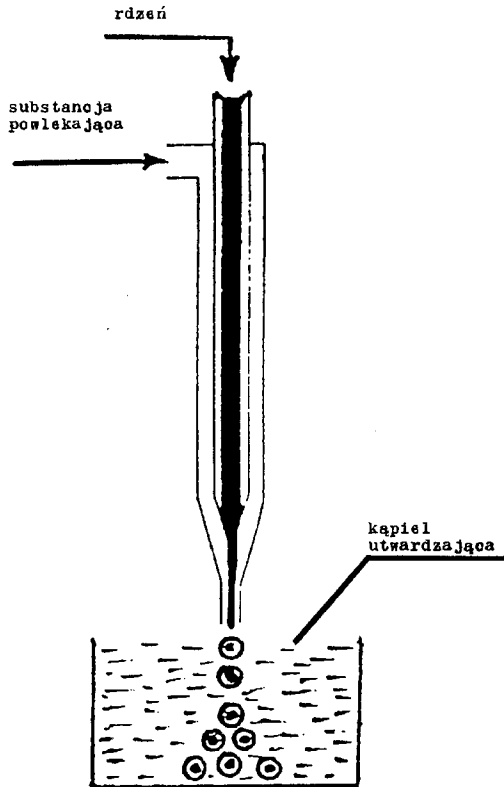
Do tych metod zalicza się powlekanie przez zanurzenie i powlekanie w złożu fluidalnym. Ta druga metoda została przedstawiona na rys. 2. Substancja rdzenia umieszczana jest w dolnej części komory (C). Stamtąd jej cząsteczki unoszone są nadmuchem gorącego powietrza podawanego przez perforowane dno (A). Roztwór polimeru powlekającego jest wtryskiwany od spodu (B) i również porusza się w górę w tej samej, centralnej części komory (C). Podczas ruchu unoszącego cząsteczki rdzenia przechodzą jednocześnie proces powlekania i suszenia. Po osiągnięciu górnej części komory częściowo powleczone cząsteczki opadają na dół kolumną D podlegając dalszemu suszeniu. Na dole są ponownie unoszone i zawracane ku górze w centralnej części komory (C). Operację tę powtarza się do uzyskania ścian o żądanej grubości. Na jakość otrzymanych mikrokapsułek wpływa szybkość podawania roztworu powlekającego, szybkość podawania ciepłego powietrza, jego temperatura i wilgotność [3]. Materiałem powlekającym w tej metodzie mogą być pochodne celulozy, dekstryny, emulgatory, tłuszcze albo pochodne skrobi. Stosuje się je w postaci stopionej lub w roztworze, w którym rozpuszczalnikiem jest ciecz łatwo parująca. Proces trwa zazwyczaj 2–12 godzin i pozostawia około 0,5–1,5% cząstek niepowleczonych. Może być stosowany do cząstek rdzenia o rozmiarach 50–5000 μm [10].

Mikrokapsułkowanie za pomocą ekstruzji

Proces ten jest szczególnie przydatny do mikrokapsułkowania termolabilnych związków takich jak aromaty, barwniki, witamina C i inne, ze względu na jego stosunkowo niską temperaturę [10]. W uproszczonej formie urządzenie do mikrokapsułkowania za pomocą ekstruzji składa się z generatora kropelek i wanny z kąpielą utwardzającą. Utwardzanie może zachodzić na skutek żelowania, zestalania kropełek przez chłodzenie albo też przez zanurzenie w kąpeli zawierającej medium powodujące twarżenie otoczek na drodze chemicznej, np. przez chelatowanie. Kąpiel taka powinna również zawierać stabilizator w celu ochrony mikrokapsułek przed koagulacją [3].

W typowym procesie kapsułkowania aromatów materiał ścian, którym są najczęściej węglowodany takie jak sacharoza, syrop skrobiowy lub maltodekstryna ogrzewa się do około 130°C w celu zredukowania wilgotności do poziomu poniżej 10%. Następnie, przy intensywnym mieszaniu dodaje się aromat (15–35%) i niewielką ilość emulgatora w celu wytworzenia dyspersji. Dyspergowanie przeprowadza się w zamkniętym reaktorze wyposażonym w dyszę, w którym stopniowo podnosi się ciśnienie. Po osiągnięciu odpowiedniego ciśnienia dyspersja jest wyłęczana przez dyszę do zimnego izopropanolu, który miesza się delikatnie w celu rozbitcia powstających włókien [3, 15]. W metodzie tej uzyskuje się dobrze rozpuszczalne w ciepłej i zimnej wo-

dzie mikrokapsułki zawierające około 10–15% aromatu, a ich trwałość wynosi 1–2 lata [2, 10]. Stosując odpowiednie modyfikacje warunków tego procesu można otrzymać mikrokapsułki o podwyższonej zawartości aromatu do około 20–30% [14].

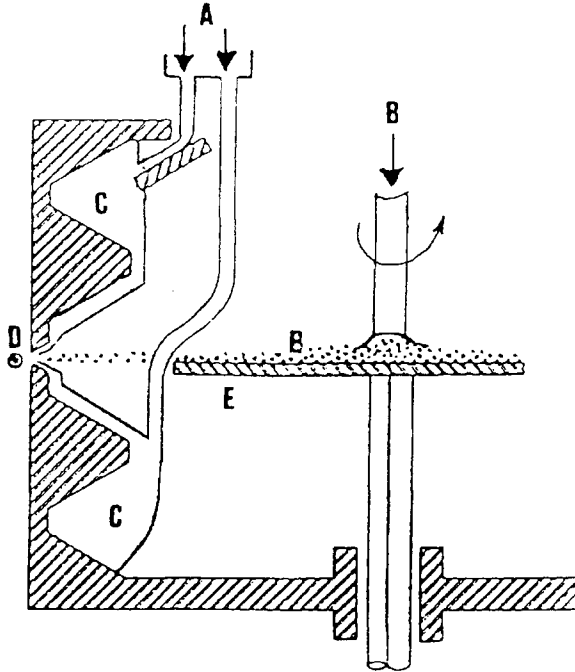


Rys. 3. Schemat ekstruzji kapilarnej wg R. Arshady'ego [3].

Odmianą tej metody jest ekstruzja kapilarna (rys. 3). Substancję kapsułkowaną i polimer powlekający umieszcza się w wewnętrznej i zewnętrznej współosiowej, podwójnej kapilarze. Substancja rdzenia jest zazwyczaj ciekła, a użyty polimer może być również cieczą lub jeżeli jest ciałem stałym, powinien być stopiony (rdzeń i substancja powlekająca nie mogą się mieszać ze sobą). Obydwie substancje wypływają jednym strumieniem przez dyszę, która nadaje im formę kropeł. Te ostatnie spadają do odpowiedniej kąpieli, w której ściany mikrokapsułek twardnieją na skutek chłodzenia lub innych sposobów opisanych powyżej.

Modyfikacja tej metody oparta jest na wielowylotowym cylindrze z centralnie wirującym dyskiem (rys. 4). Substancję powlekającą (A) w formie ciekłej podaje się

rowkami (C) w pobliże górnej i dolnej powierzchni wirującego dysku (E) tworząc fluidalny film wokół wylotów (D), znajdujących się na peryferii cylindra. Wirująca tarcza (E) wypycha substancję kapsułkowaną (B) (ciekłą lub półpłynną) w warstwę fluidu substancji powlekającej, na skutek czego substancja otaczająca oblewa rdzeń, tworząc mikrokapsułkę. Zestalenie mikrokapsulek osiąga się sposobami opisanymi wcześniej [3].



Rys. 4. Mikrokapsułkowanie w ekstruderze z wirującym dyskiem [3], (opis w tekście).

Mikrokapsułkowanie przy zastosowaniu procesów suspensyjnych

W procesach tych mikrokapsułki tworzy się w systemie dwufazowej zawiesiny. Substancję aktywną rozpuszcza się lub dysperguje w roztworze polimeru powlekającego. Całość następnie wprowadza się do ośrodka zawieszającego w celu wytworzenia „mikrokropelek”, które twardnieją na mikrokapsułki. Te ostatnie oddziela się przez dekantację, filtrację lub odwirowanie w zależności od wielkości cząstek [3]. Przykładem tej metody jest kapsułkowanie aromatu kawy w żelatynie. Aromat zdyspergowany w roztworze żelatyny, w obecności emulgatora dodaje się do oleju mineralnego i miesza do momentu powstania emulsji wody z olejem. Emulsję dodaje się z kolei do bezwodnego alkoholu, w którym następuje ztwardnienie mikrokapsulek. Następnie produkt

oczyszcza się ze śladów oleju i wody przez odwirowanie lub sączenie, po czym prze-mywa i suszy [3].

Mikrokapsulkowanie poprzez współkrystalizację

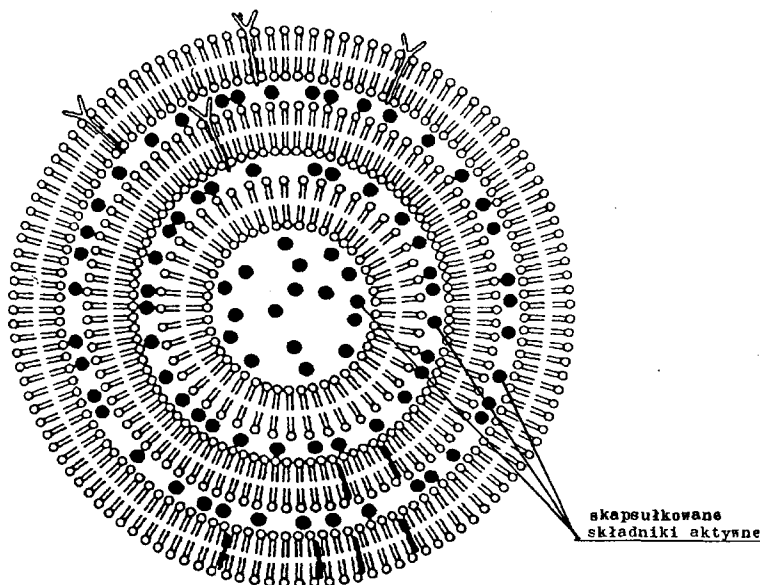
Współkrystalizacja (koprecypitacja, kokrystalizacja) uważana jest za metodę kapsułkowania choć nie tworzy ona typowych kapsułek. Sposób ten polega na jednoczesnej krystalizacji składnika aktywnego wraz ze składnikiem tworzącym matrycę, np. sacharozą. Proces ten przeprowadza się w przesyconym roztworze sacharozy (97 °Bx), który ogrzewa się do temperatury 121°C w ciągu kilku sekund. Następnie dodaje się roztwór składnika aktywnego, co powoduje obniżenie temperatury i zapoczątkowuje samoczynną, momentalną krystalizację [5]. Tworzą się wtedy mikrokryształy sacharozy o średnicy 3–30 µm, które następnie wolno zbijają się w agregaty o gąbczastej strukturze, z bardzo rozwiniętą powierzchnią. W wolnych przestrzeniach wewnątrz aglomeratów, jak również na ich powierzchni wykryszalizowuje drugi, niecukrowy składnik [5, 8]. Jest on w ten sposób częściowo chroniony przed wpływem otoczenia, zmieniają się również jego właściwości. Współkrystalizowany produkt suszy się, a jeśli to konieczne rozdrabnia i przesiewa [8]. Przy użyciu tej techniki uzyskano m. in. kokrystalizat gumy ksantanowej. Normalnie jest ona trudno rozpuszczalna, a w trakcie rozpuszczania powstają grudki. Produkt współkrystalizacji sacharozy z gumą ksantanową jest łatwo rozpuszczalny i nie tworzy grudek. Ulega on rozpuszczeniu w bardzo krótkim czasie, a lepkość takiego roztworu wynosi 325 cP, podczas gdy porównywalny roztwór czystej gumy ksantanowej wykazuje lepkość 195 cP, a po 30 minutach jego lepkość wzrasta do 292 cP [5].

Współkrystalizacja nie musi się ograniczać do dwóch składników, można otrzymać kokrystalizat złożony z trzech substancji. Powlekanie na drodze współkrystalizacji sacharozy (lub aglomeratów powstałych przez współkrystalizację) z uwodornionymi olejami roślinnymi o wysokiej temperaturze topnienia daje w rezultacie produkt wolniej się rozpuszczający. Substancja tego rodzaju znajduje zastosowanie jako składnik gumy do żucia. W porównywalnych warunkach słodki smak sacharozy uwalnia się w czasie poniżej 15 sekund, podczas gdy otrzymany w wyniku współkrystalizacji produkt złożony w 10% z sacharozy i w 90% z oleju wymaga ponad 40 minut aby osiągnąć ten sam stopień słodkości [5].

Mikrokapsulkowanie poprzez zamykanie w liposomach

Liposomy, czyli pęcherzyki lipidowe zbudowane są z jednej lub kilku warstewek tłuszczowych. Otrzymuje się je różnymi metodami np. przez ekstruzję. Składnik aktywny może być zamknięty wewnątrz wodnej fazy pęcherzyka (w jego środku) lub może zostać włączony wewnątrz struktury lipidowej (rys. 5). Liposomy nie znalazły

szerszego zastosowania w technologii żywności m.in. ze względu na słabą retencję składnika aktywnego w porównaniu z innymi mikrokapsułkami. Literatura podaje jednak udane próby użycia zamkniętej w liposomach proteiny przy produkcji sera podpuszczkowego, co miało znacznie skracać czas jego dojrzewania [3, 16].



Rys. 5. Liposom z substancją aktywną w fazie wodnej i tłuszczowej [3].

Mikrokapsułkowanie w cyklodekstrynach

Cyklodekstryny są polisacharydami zbudowanymi z kilku do kilkunastu jednostek glukopiranozowych, układających się w kształt ściętego stożka z otworem w środku. Produkuje się je przez enzymatyczną konwersję skrobi. Dzięki swojej charakterystycznej budowie są gotową mikrokapsułką i mogą przyjmować do wnętrza różne substancje tworząc z nimi kompleksy inkluzyjne (włączeniowe) [1]. Otrzymywanie tych kompleksów jest w miarę proste. Najczęściej otrzymuje się je przez zmieszanie nasyconego roztworu cyklodekstryny z substancją kapsułkowaną w podwyższonej temperaturze, a następnie ochłodzenie w celu zainicjowania krystalizacji kompleksu lub przez ucieranie tej substancji z cyklodekstryną w postaci pasty. Zawartość aromatów w kompleksach wynosi 6–15%, a ich stabilność jest bardzo duża [1]. Na przykład z kompleksu cyklodekstryn z waniliną podczas trzech lat przechowywania ulotniło się zaledwie 20% aromatu waniliny, podczas gdy w próbie kontrolnej już po 240 dniach nie było go wcale. W zależności od substancji aktywnej zawartej w cyklodekstrynach stosuje się je do aromatyzowania produktów, stabilizacji emulsji, poprawiania tekstury

lub przedłużania trwałości produktów. Około 80% światowej produkcji cyklodekstryn wykorzystuje się w przemyśle spożywczym [9].

Mikrokapsułkowanie za pomocą koacerwacji

Koacerwacja (rozdział fazowy) polega na wydzieleniu ciekłej fazy substancji powlekającej z roztworu i zamknięciu w niej (powleczeniu) cząsteczek substancji rdzenia. Prosta koacerwacja zachodzi w systemie zawierającym tylko jeden koloid, np. żelatynę, zaś złożona – gdy koloidów jest więcej, np. żelatyna i guma arabska [10, 13]. Przy pH poniżej punktu izoelektrycznego żelatyna wykazuje ładunek dodatni, a guma arabska ujemny. W warunkach niskiego pH przeciwnie naładowane cząsteczki przyciągają się i tworzą nierozpuszczalny kompleks, który wytrąca się w postaci lepkiego roztworu. Okrywa on cząsteczki substancji rdzenia zawieszono w wodzie. Otrzymane mikrokapsułki wydziela się przez sączenie lub odwirowanie, przemywa i suszy. W bezwodnym rozdziale fazowym substancja powlekająca jest zazwyczaj hydrofobowa, a rdzeń może być rozpuszczalny lub nierozpuszczalny w wodzie [10]. Wodny rozdział fazowy używany do mikrokapsułkowania substancji nierozpuszczalnych w wodzie wymaga hydrofilowego koloidu powlekającego (np. żelatyna). Mikrokapsułki otrzymane przez koacerwację zawierają 85–90% rdzenia, który może być uwolniony przez działanie ciśnienia, temperatury lub czynników chemicznych [10, 13].

Przykładem koacerwacji jest kapsułkowanie aromatów mięty, cytryny, mandarynki, pomarańczy i innych używanych do aromatyzowania herbat. Po zemułgowaniu wybranego olejku eterycznego z 10% wodnym roztworem żelatyny o temperaturze 40°C dodaje się 20% roztwór siarczanu sodowego. Po wymieszaniu i ochłodzeniu powstającej dyspersji poniżej temperatury żelowania, do około 36-38°C grubość otoczki szybko się zwiększa. W celu całkowitego zżelowania utworzonej otoczki temperaturę obniża się do 3–7°C na 40-60 minut, dodaje 20% roztworu taniny, na skutek czego otoczka twardnieje. Kapsułki przemywa się wodą, odsącza i suszy. Przechowywane w szklanych pojemnikach przez 2 lata nie tracą swoich właściwości [7].

W wyniku koacerwacji otrzymuje się mikrokapsułki o zawartości około 80% aromatu i małej porowatości, słabo rozpuszczalne w zimnej wodzie [2]. Materiałami okrywającymi, stosowanymi w tej metodzie mogą być również karboksymetyloceluloza, aminoplasty, etylceluloza, nitroceluloza, alkohol poliwinylowy, hydroksypropyloceluloza, szelak i wosk [6].

LITERATURA

- [1] Achremowicz B., Korus J.: Właściwości, produkcja i zastosowanie cyklodekstryn, *Żywność. Technologia. Jakość*, **3(8)**, 1996, 14-27.
- [2] Anandaraman S., Reineccius G.A.: Microencapsulation of flavour, *Food, Flavourings, Ingredients, Packaging and Processing*, **1(9)**, 1980, 14,17-18,25.

- [3] Arshady R.: Microcapsules for food, *Journal of Microencapsulation*, **10(4)**, 1993, 413-435.
- [4] Arshady R.: Naming microcapsules, *Journal of Microencapsulation*, **9(2)**, 1992, 187-190.
- [5] Awad A., Chen A.C.: A new generation of sucrose products made by cocrystallization, *Food Technology*, **47(1)**, 1993, 146-148.
- [6] Bakan J.: Microencapsulation of foods and related products, *Food Technology*, **27(11)**, 1973, 34-35, 38-40, 42, 44.
- [7] Biersenewa E.A., Iwanow A.A., Samsonowa T.P., Czernowa E.M., Oragwielidze N.J.: Mikrokapsulirovanije aromatizatorow czaja, *Technika i Technologija*, **1**, 1990, 57-59.
- [8] Chen A.C., Veiga M.F., Rizzuto A.B.: Cocrystallization: An encapsulation process, *Food Technology*, **42(11)**, 1988, 87-90.
- [9] Duxbury D.D.: Cyclodextrins: Opening up worldwide markets, *Food Processing*, **54(4)**, 1993, 88-90.
- [10] Dziezak J.D.: Microencapsulation and encapsulated ingredients, *Food Technology*, **42(4)**, 1988, 136-140, 142-143, 146-148, 151-153.
- [11] Labell F.: Custom encapsulation protects ingredients, *Food Processing*, **52(12)**, 1991, 42,44.
- [12] Marquardt U.: The use of micro-encapsulated ingredients and additives in food, *International Food Ingredients*, **4**, 1992, 17-19.
- [13] McKernan W.M.: Microencapsulation in the flavour industry. Part II, *The flavour Industry*, **4(2)**, 1973, 70, 72-74.
- [14] Mutka J.R., Nelson D.B.: Preparation of encapsulated flavours with high flavour level, *Food Technology*, **42(4)**, 1988, 154-157.
- [15] Risch S.J.: Encapsulation of flavours by extrusion, w *Flavour Encapsulation* ed. Risch S.J., Reineccius G.A., ACS Symposium Series 370, 103-109.
- [16] Skeie S.: Developments in microencapsulation science applicable to cheese research and development, *International Dairy Journal*, **4(7)**, 1994, 573-585.

MICROENCAPSULATION OF FOOD PRODUCTS

S u m m a r y

In the paper the most common microencapsulation methods employed in food industry are reviewed. Examples of the production of microencapsules substances used in the food industry are given. ❖