



Zachodniopomorski  
Uniwersytet Technologiczny

# Nowe technologie i techniki produkcji dodatków funkcjonalnych do żywności



*Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa*

**Centrum Bioimmobilizacji  
i Innowacyjnych  
Materiałów Opakowaniowych**

ul. Klemensa Janickiego 35

71-270 Szczecin



## Ćwiczenie 4

### Suszenie rozpyłowe

## **Wstęp**

Suszenie rozpyłowe jest to proces, w wyniku którego, z wyjściowego płynnego surowca (roztworu lub zawiesiny), powstaje produkt w postaci proszku. Suszenie rozpyłowe znajduje szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym, ale także w wielu innych sektorach przemysłu, takich jak, np. przemysł farmaceutyczny, agrochemiczny, chemiczny czy biotechnologiczny.

Otrzymany w wyniku suszenia rozpyłowego produkt w porównaniu z produktem płynnym charakteryzuje się dłuższym okresem trwałości, łatwością dozowania oraz mniejszą objętością, co jest istotne zarówno podczas transportu, jak i składowania.

Odtworzenie otrzymanych w procesie suszenia rozpyłowego produktów proszkowych ogranicza się do prostego rozpuszczenia w wodzie. Odtworzone proszki, dzięki działaniu przez krótki okres czasu wysokiej temperatury (charakterystycznego dla tej technologii), zachowują w wysokim stopniu cechy organoleptyczne surowca, takich jak smak, barwa i aromat.

Suszenie rozpyłowe jest procesem tak powszechnym, ponieważ jest to:

- jedna z niewielu metod pozwalająca na otrzymanie produktu w postaci proszku z surowca w postaci płynnej;
- metoda bardzo uniwersalna, ponieważ można dobrać odpowiednie parametry procesu, co prowadzi do otrzymania produktu o danych właściwościach;
- skuteczna metoda suszenia materiałów wrażliwych na wysoką temperaturę dzięki krótkiemu kontaktowi z gorącym powietrzem, pozwalająca na zachowanie aktywności biologicznej tych materiałów;
- metoda elastyczna pod względem jej wydajności – w ciągu godziny można otrzymać od kilku gram nawet do kilku ton proszku.

Przykłady zastosowania suszenia rozpyłowego w przemyśle spożywczym:

- produkcja mleka w proszku;
- produkcja kawy rozpuszczalnej;
- suszenie hydrolizatów białkowych;
- otrzymywanie proszków soków owocowych i warzywnych;
- produkcja dodatków do żywności, takich jak aromaty czy barwniki;
- suszenie rozpyłowe witamin;
- suszenie bakterii probiotycznych, drożdży, enzymów.

## **Suszenie rozpyłowe dodatków do żywności**

Mikrokapsułkowanie barwników, aromatów, witamin, bakterii probiotycznych i innych wrażliwych składników stosowanych w żywności stosuje się w celu zwiększenia ich stabilności i trwałości.

Związki smakowe i zapachowe występują wśród najbardziej wartościowych składników każdego pożywienia. Jednak dodatek już niewielkich ilości substancji aromatycznych może być dość kosztowny. Niestety większość tych substancji to lotne ciecze, które mogą odparować, ulec utlenieniu lub wzajemnym oddziaływaniom, a to wystarczy by dramatycznie zmienić jakość produktu spożywczego, głównie poprzez wielokrotne otwieranie

i zamykanie opakowań. Dlatego korzystnym rozwiązaniem jest kapsułkowanie lotnych związków przeznaczonych jako dodatki do żywności.

Suszenie rozpyłowe lotnych związków polega na ich fizycznym zamknięciu w stałych nośnikach (głównie węglowodanowych). Zdolność węglowodanów do wiązania związków smakowych i zapachowych, uzupełnione o ich różnorodność, niski koszt i rozpowszechnione użycie w przemyśle spożywczym, sprawia, że są tak chętnie stosowane jako materiały nośnikowe.

Żywotność i stabilność bakterii probiotycznych stanowią technologiczne i marketingowe wyzwanie dla producentów przemysłowych. Intensywne prace badawcze koncentrują się na ochronie mikroorganizmów probiotycznych, zarówno podczas procesu wytwarzania produktów oraz ich przechowywania, jak i transportu przez przewód pokarmowy. Taka ochrona może być osiągnięta różnymi sposobami, jednym z nich jest immobilizacja, czyli mikrokapsułkowanie.

Mikrokapsułkowanie metodą suszenia rozpyłowego polega na wytworzeniu otoczki wokół rdzenia poprzez odparowanie rozpuszczalnika z roztworu tworzącego ścianę otoczki. Do komory suszarki doprowadza się przygotowany wcześniej roztwór/emulsję kapsułkowanej substancji w odpowiednio dobranym nośniku. W wyniku kontaktu rozpylonej cieczy z gorącym czynnikiem suszącym (przeważnie z gorącym powietrzem) następuje odparowanie rozpuszczalnika z powierzchni ścianek kapsułki i zestalenie się powłoki.

Materiał znajdujący się wewnątrz mikrokapsułki nazywany jest rdzeniem, substancją czynną, wypełniaczem czy też fazą wewnętrzną. Natomiast materiał otaczający rdzeń nazywany jest ścianą mikrokapsułki, powłoką, membraną, matrycą, fazą zewnętrzną czy też materiałem powłokotwórczym.

Podczas procesu suszenia rozpyłowego wyróżnić można cztery etapy:

- rozpylenie surowca do postaci mgły,
- kontakt powstałych kropelek z gorącym medium suszącym,
- odparowanie rozpuszczalnika,
- oddzielenie proszku od strumienia powietrza.

Rozpylenie cieczy polega na rozproszeniu surowca za pomocą dyszy lub tarczy obrotowej do postaci mikrokropelek, które tworzą tzw. „mgłę” (miliony kropelek o średnicy 10-300  $\mu\text{m}$ ). Surowiec stanowią aktywne składniki (tworzące rdzeń mikrokapsulek) zdyspergowane w wodnym roztworze powłokotwórczym. Rozpylenie surowca jest jednym z ważniejszych etapów w całym procesie, ponieważ warunkuje ono wielkość uzyskanych kropelek, co ma wpływ na szybkość i efektywność suszenia - odparowania wody (czas, w którym suszony materiał kontaktuje się z wysoką temperaturą powietrza), a także na wielkość cząsteczek powstałego proszku.

Rozpylenie ciekłego surowca odbywa się w komorze suszarki, gdzie ciecz kontaktuje się z gorącym medium suszącym. Uzyskanie dużego obszaru rozpylonej cieczy podczas rozpylania ułatwia wymianę ciepła z ogrzanego gazu suszącego do rozpylonych cząsteczek cieczy. W ten sposób rozpuszczalnik odparowuje w bardzo krótkim czasie (średnio 1-20 sekund). Dlatego też suszony materiał przeważnie nie osiąga temperatury wlotowej gazu suszącego. Wysoka temperatura, przenoszona do kropelek rozpylonej cieczy, kontaktuje się z substancją powłokotwórczą, dzięki czemu termolabilne składniki w mniejszym stopniu

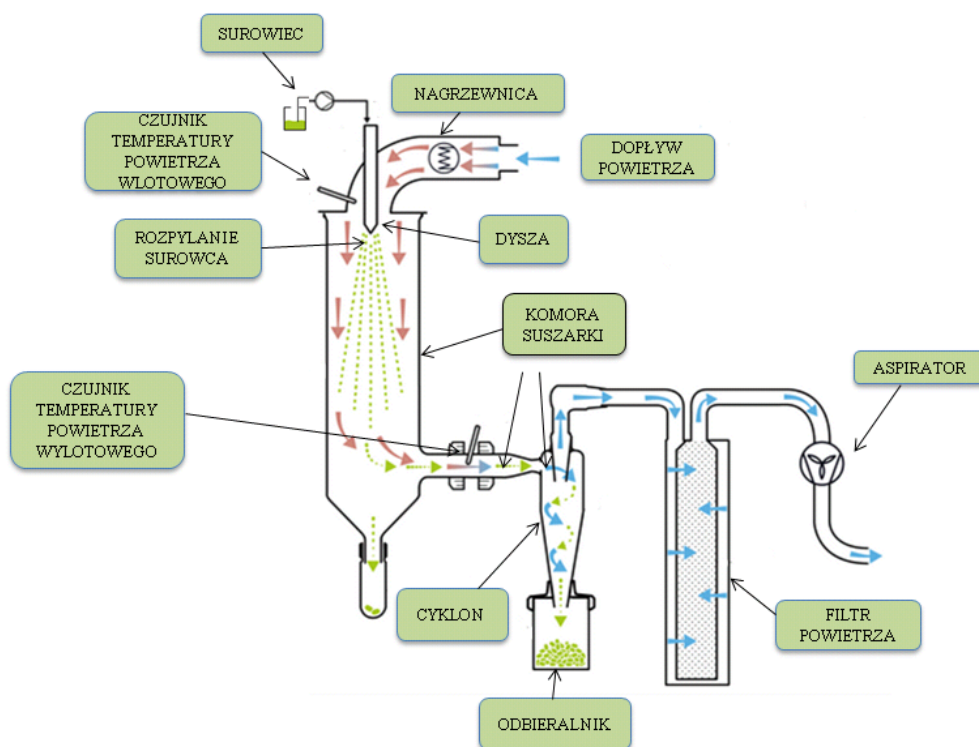
narażone są na jej działanie. Wraz ze wzrostem stopnia w jakim rozpuszczalnik odparowuje, zmniejsza się średnica suszonej kropli, a stężenie stałych substancji na jej powierzchni wzrasta.

W zależności od wspólnego ruchu gorącego powietrza suszącego i rozpylonego surowca w komorze wyróżnia się suszarki współprądowe, przeciwprądowe i z przepływem mieszanym. W przemyśle najczęściej stosuje się suszarki pracujące przy współprądowym kierunku przepływu materiału i powietrza. Dzięki temu następuje szybkie odparowanie, przez co skraca się czas kontaktu materiału z wysoką temperaturą.

Następnie wysuszone cząstki za pomocą suszącego powietrza transportowane są do cyklonu suszarki, w którym powstały w wyniku suszenia proszek zostaje oddzielony od wilgotnego powietrza i przenoszony do odbieralnika. Produkt, który nie pozostał w cyklonie, usuwany jest z suszącego powietrza za pomocą filtra.



Rys 1. Suszarki rozpyłowe dostępne w CBIMO: 1) laboratoryjna (Büchi), 2)  $\frac{1}{4}$  techniczna (Anhydro)



Rys 2. Schemat suszarki rozpyłowej [wg Büchi]

Jednym z ważniejszych czynników mających destrukcyjny wpływ na materiały termolabilne jest temperatura powietrza wlotowego. Temperatura wlotowa rozumiana jest jako temperatura ogrzanego powietrza, mierzona jest ona na wejściu do komory suszającej. Temperatura powietrza wylotowego natomiast, mierzona pomiędzy komorą suszarki i cyklonem, uznawana jest za temperaturę suszenia. Temperatura ta jest rezultatem bilansu cieplnego i masowego zachodzącego w komorze suszarki, nie może być ona regulowana bezpośrednio. Ze względu na intensywne przenoszenie ciepła i masy oraz utratę wilgoci, suszone cząsteczki mogą uzyskać maksymalnie taką samą temperaturę jaką osiąga gaz suszący na wylocie suszarki. W pierwszym etapie suszenia rozpyłowego tempo suszenia jest bardzo duże, to właśnie wtedy z suszonych cząsteczek odparowuje większość wilgoci. Natomiast podczas drugiego etapu, gdy na suszone cząsteczki oddziałuje temperatura powietrza wylotowego, tempo suszenia gwałtownie spada. Bardzo gorące powietrze wchodzi do komory suszarki, na skutek odparowania wilgoci temperatura powietrza spada wraz z przemieszczaniem się rozpylonej cieczy przez suszarkę. Z suszonych cząsteczek pobierane jest ciepło przemiany fazowej parującej wody, dlatego też, mimo bardzo wysokiej temperatury powietrza wlotowego, temperatura suszonego materiału jest dużo niższa.

Jak wcześniej wspomniano, temperatura powietrza wylotowego nie jest regulowana bezpośrednio, zależy ona od wielu czynników, takich jak:

- temperatura powietrza wlotowego,
- ustawienia pompy,
- stężenia roztworu oraz rodzaju suszonego materiału,
- tempo aspiracji (ilości powietrza).

Na stabilność otrzymanych proszków wpływa m.in. aktywność oraz zawartość wody. Woda ze względu na jej ilość, jak i właściwości różniące ją od innych składników, jest ważnym czynnikiem wpływającym na zmiany fizyczne, chemiczne i biologiczne żywności, a więc decyduje w dużym stopniu o trwałości produktów spożywczych. Aktywność wody jest istotnym parametrem dla wzrostu mikroorganizmów, a co za tym idzie wpływa ona w sposób decydujący na trwałość produktów.

Z pojęciem zawartości wody wiąże się nieodłącznie pojęcie suchej substancji (suchej masy). Poprzez suchą substancję danego produktu spożywczego rozumie się pozostałość po usunięciu z niego wody.

W praktyce analitycznej często przyjmuje się, że zawartość wody i zawartość suchej substancji wzajemnie się uzupełniają, co można przedstawić za pomocą następujących równań:

a) zawartość suchej substancji [%] = 100 – zawartość wody w [%],

b) zawartość wody [%] = 100 – zawartość suchej substancji w [%].

Wydajność procesu suszenia oblicza się na podstawie zawartości substancji stałych w roztworze [g] oraz ilości otrzymanego proszku [g]:

$$\text{Wydajność procesu} = \frac{\text{ilość proszku [g]} \times 100\%}{\text{zawartość substancji stałych w roztworze [g]}}$$

### **Przebieg ćwiczenia:**

Suszenie rozpyłowe emulsji typu olej w wodzie zawierającej ekstrakt z papryki.

#### 1. Przygotowanie emulsji.

Skład emulsji typu olej w wodzie:

- faza olejowa:
  - olej roślinny z dodatkiem ekstraktu z papryki,
  - lecytyna (emulgator),
    - 4g oleju roślinnego z dodatkiem ekstraktu z papryki + 1g emulgatora (lecytyny) → mieszanie przez 3 min (250 rpm) przy użyciu mieszadła magnetycznego.
- faza wodna:
  - 1% roztwór alginianu wapnia,
  - 20% roztwór maltodekstryny,
    - 2ml 1% roztworu alginianu wapnia + 80 ml 20% roztworu maltodekstryny → mieszanie przez 1 min (250 rpm) przy użyciu mieszadła magnetycznego.

Następnie należy wlać fazę olejową do fazy wodnej, po czym homogenizować przez 1 min (8500 rpm).

## 2. Suszenie rozpyłowe:

- włączyć suszarkę,
- ustawienie parametrów suszenia:
  - temperatura powietrza wlotowego - 180°C,
  - aspirator – 80%,
  - pompa - 20%,
- włączanie:
  - aspiratora,
  - temperatury wlotowej,

Poczekać aż wyżej wymienione parametry się ustabilizują.
- włączyć pompę perystaltyczną;  
Uwaga: Przed suszeniem emulsji ustabilizować system używając wodę.
- suszenie emulsji;
- po skończeniu suszenia wyłączyć suszarkę i wysypać powstały proszek;
- wykonać pomiar aktywności wody oraz suchej masy proszku.