

Gerald Muschiolik (Hrsg.)

Multiple Emulsionen

- Herstellung und Eigenschaften –

2. Auflage 2022

Inhaltsverzeichnis

- 1 Doppel- und multiple Emulsionen – Bildung, Eigenschaften, Einsatz**
G. Muschiolik
 - 1.1 Vorbemerkungen
 - 1.2 Typen multipler Emulsionen
 - 1.3 Einflüsse bei der Erzeugung von W/O/W-Systemen nach dem Zweischritt-Verfahren
 - 1.3.1 Einflüsse der Emulgatoren
 - 1.3.2 O-Phase, Einfluss der Öle und Fette
 - 1.3.3 Einfluss osmotisch wirkender Stoffe
 - 1.3.4 Biopolymere
 - 1.3.5 Einflüsse der Herstellungsverfahren
 - 1.4 Einsatzmöglichkeiten für Doppel- und multiple Emulsionen
 - 1.4.1 W/O/W-Emulsionen
 - 1.4.1.1 Herstellen der W/O/W
 - 1.4.1.2 W/O/W-Lebensmittelemissionen
 - 1.4.1.3 Fettreduzierte Lebensmittel
 - 1.4.2 O/W/O-Emulsionen
 - 1.4.2.1 Herstellen der O/W/O
 - 1.4.2.2 O/W/O-Anwendungen
 - 1.4.2.3 O/W/O-Emulsionen ohne klassische Emulgatoren
 - 1.4.3 Sonderformen von Doppelemulsionen
 - 1.4.3.1 Emulsionen als Grundlage für Mikrogelpartikel
 - 1.4.3.2 Verkapselung von Polyphenolen (in alkoholischer oder wässriger Phase)
 - 1.4.3.3 Doppelemulsionen mit verkapseltem Fischöl
 - 1.4.3.4 W/W/W-Emulsion auf Basis von Biopolymerlösungen
 - 1.4.3.5 Gas in Doppelemulsionen (G/O/W und G/W/O)
 - 1.4.3.6 Polymersome-Bildung mittels W/O/W-Emulsionen
 - 1.4.3.7 W/O/W-Emulsionen mit Liposomen in der inneren W-Phase
 - 1.5 Rohstoffauswahl
 - 1.5.1 O-Phase (Öle)
 - 1.5.2 Wässrige Phasen
 - 1.6 Doppelemulsionen als Einschlussmedien
 - 1.6.1 Eigenschaften und Anforderung
 - 1.6.1.1 W/O/W-Emulsionen in Polysaccharidgel
 - 1.6.1.2 Feststoffe, Liposomen und Nanoemulsionen in DE als Intermediat
 - 1.6.1.3 Verkapselung von Eisensalz
 - 1.6.1.4 Verkapselung von Anthocyan und Norbixin
 - 1.6.1.5 Sprühtrocknung von Doppelemulsionen
 - 1.6.2 Erhaltungsgrad von Doppelemulsionen
 - 1.6.2.1 Markersubstanzen
 - 1.6.2.2 Physikalische Methoden
 - 1.6.2.3 Eigenschaften im simulierten Verdauungstrakt
 - 1.7 Zusammenfassung
- 2 Verfahren und Techniken zur Bildung von multiplen und Doppelemulsionen**
G. Muschiolik, I. Scherze

2.1 Dispergiermethoden

- 2.1.1 Zweistufen-Verfahren zur Bildung von Doppelemulsionen, Herstellen der W_1/O -Phase
 - 2.1.1.1 Einfluss Energieeintrag
 - 2.1.1.2 Einfluss der W_1 -Tropfengröße
 - 2.1.1.3 Einfluss der Emulgatoren
 - 2.1.1.4 Biopolymere in der W_1 -Phase
- 2.1.2 Dispergieren der W_1/O -Phase in die W_2 -Phase
 - 2.1.2.1 Vergleich der DE-Bildung mit Rotor-Stator-Dispergiergerät und mittels Membranemulgieren
 - 2.1.2.2 Einfluss Viskositätsverhältnis der Phasen und Kapillarzahl
 - 2.1.2.3 Hochdruckemulgieren (HDE)
 - 2.1.2.4 Rotor-Stator-Dispergiergeräte (RSD)
 - 2.1.2.5 Ultraschalldispergiergeräte (USD)
 - 2.1.2.6 Kombi-Lochblende (KL)
 - 2.1.2.7 Jet-Homogenisator
 - 2.1.2.8 Couette-Mixer (COM)
 - 2.1.2.9 Couette-Taylor-Flow (CTF)
 - 2.1.2.10 Spinning Disk Reactor (SDR)
- 2.1.3 Zusammenfassung

2.2 Emulsions- und Tropfenbildung mit geringem Energieeintrag

- 2.2.1 Glas- und Keramikmembranen
 - 2.2.1.1 Emulgieren mit SPG-Membranen, Emulgierbedingungen, Direktemulgieren
 - 2.2.1.2 Premix-Emulgiervorgang (PME) zum Erzeugen von Nanoemulsionen
 - 2.2.1.3 Erzeugung von W/O/W-Emulsionen
 - 2.2.1.4 Erzeugung von S/O/W-Emulsionen, Vitamin B12 in Lipidkapsel
- 2.2.2 Nickel-Membranen
- 2.2.3 Weitere Membrantypen für die Emulsionsbildung
- 2.2.4 Methoden zum Erhöhen des Dispergiereffekts von Membranen
 - 2.2.4.1 SPG-Membran, rotierend
 - 2.2.4.2 Weitere Möglichkeiten zur Erhöhung der Wandschubspannung (SPG-Membran)
 - 2.2.4.3 Metallmembranen, rotierend
- 2.2.5 Nickel-Mikrosieb mit Glaskügelchenschicht
- 2.2.6 Zusammenfassung

2.3 Doppel- und multiple Emulsionen mit definierten Einzeltropfen , Mikrofluidik-Technik

- 2.3.1 Mikrokanäle
 - 2.3.1.1 MC-Technologie
 - 2.3.1.2 MC-Technologie 2, MC-T2
 - 2.3.1.3 Millipede-System
 - 2.3.1.4 EDGE-System (Edge-based Droplet GEneration)
 - 2.3.1.5 Co-Flowing Step Emulsification
 - 2.3.1.6 Generator für Picoliter-Tropfen
 - 2.3.1.7 Zusammenfassung
- 2.3.2 Mikrokanalsysteme mit T-, Y- und Ψ -Junction
- 2.3.3 Kapillardüsen
- 2.3.4 Bildung von Mikrokapseln mittels Kreuz-Mikromatrizen
- 2.3.5 Zusammenfassung

2.4 Laboruntersuchungen zur Bildung der W/O-Phase, herkömmliche Dispergiertechnologie

- 2.4.1 Einfluss der Emulgiermethode auf lecithinstabilisierte W/O-Emulsionen
- 2.4.2 W/O-Emulsionen mit PGPR (siehe 3.1.3)
- 2.4.3 Dispergieren der W_1 -Phase in die W_2 -Phase
 - 2.4.3.1 Einfluss der Dispergiermethode
 - 2.4.3.2 Einfluss der Prozessparameter beim Dispergieren mittels Mikroporen auf die Eigenschaften von Doppelemulsionen
 - 2.4.3.3 Einfluss des PGPR-Gehaltes

2.4.3.4 Effekt von Elektrolyten und Gelbildnern in der W_1 -Phase

2.4.4 Zusammenfassung

2.5 Anlage zur kleintechnischen Herstellung von Doppelemulsionen (rotierendes Sinterglasrohr)

U. Bindrich

2.5.2 Emulsionsbildung

2.5.3 Anlagen- und Emulgierparameter

2.5.4 Eigenschaften der Doppelemulsionen

2.5.5 Zusammenfassung

3 Emulgatoren zur Bildung von Doppelemulsionen

A. Knoth, I. Scherze, A. Fehner

3.1 Emulgatoren für die W_1/O -Erzeugung

3.1.1 Funktion der Emulgatoren, allgemein

3.1.2 Effekte niedermolekularer Emulgatoren, Grundlagen

3.1.3 Polyglycerin Polyricinoleat (PGPR)

3.1.4 Lecithin

3.1.4.1 Zusammensetzung

3.1.4.2 Assoziationsstrukturen

3.1.4.3 Grenzflächenverhalten und Emulsionsbildung

3.1.4.4 Effekte der Phospholipid-Zusammensetzung

3.1.4.5 Einfluss der O-Phase

3.1.5 Wechselwirkungen mit Komponenten der W_1 -Phase

3.1.5.1 Proteine

3.1.5.2 Polysaccharide

3.1.5.3 Elektrolyte

3.1.6 Zusammenfassung

3.2 Biopolymere als Emulgatoren und Stabilisatoren von W_1/O in W_2 , Produktentwicklung

3.2.1 Effekte von Proteinen

3.2.1.1 Wechselwirkungen mit niedermolekularen synthetischen W/O-Emulgatoren

3.2.1.2 Kombination mit PGPR als W/O-Emulgator

3.2.1.2.1 Dispergieren mit der Kombi-Lochblende

3.2.1.2.2 Dispergieren mit Mikroporen

3.2.2 Effekte von Protein-Polysaccharid-Konjugaten

3.2.2.1 Begriffserläuterung, Zusammensetzung

3.2.2.2 Erzeugen von Protein-Polysaccharid-Konjugaten

3.2.2.3 Einfluss der Konjugate auf die physiko-chemischen und techno-funktionellen Eigenschaften der Proteine

3.2.2.4 Wirkungsweise der Konjugate in $W_1/O/W_2$ -Emulsionen

3.2.2.4.1 Verkapselungseigenschaften von Doppelemulsionen

3.2.2.4.2 Hitzestabilität der Doppelemulsionen

3.2.2.4.3 Säurestabilität der Doppelemulsionen

3.2.3 Zusammenfassung

4 Beeinflussung der Eigenschaften von Doppelemulsionen

4.1 Wechselwirkungen zwischen Proteinen und Polysacchariden, Grenzflächenstabilisierung

M. Gruschwitz, G. Muschiolik

4.1.1 Bildung von Protein-Polysaccharid-Komplexen

4.1.2 Unverträglichkeit zwischen Biopolymeren

4.1.3 Stabilisieren von Emulsionen durch Komplexbildung

4.1.4 Komplexbildung im wässrigen Milieu

4.1.5 Protein-Polysaccharid-Wechselwirkungen in Emulsionen, Produktentwicklung von säurehaltigen W/O/W-Systemen

- 4.1.5.1 Säure- und Polysaccharidzugabe nach der O/W-Bildung
- 4.1.5.2 Säure- und Polysaccharidzugabe nach der W/O/W-Bildung
- 4.1.5.3 Polysaccharidzugabe (CMC) zur W₂-Phase vor der Emulsionsbildung
- 4.1.6 Nutzung der Protein-Polysaccharid-Interaktionen zum Stabilisieren von Emulsionssystemen
- 4.1.7 Partikel, Komplexe und Konjugate zur Grenzflächenstabilisierung (Pickering-Stabilisierung)
- 4.1.8 Zusammenfassung

4.2 Einfluss der O-Phase auf die Emulsionseigenschaften

J. Pflipsen, G. Muschiolik

- 4.2.1 Einfluss der O-Phase auf die Verkapselungs- und Freisetzungseigenschaften von Doppelemulsionen
- 4.2.2 Einflüsse auf den Erhaltungsgrad der W₁-Phase
 - 4.2.2.1 Ermittlung des Erhaltungsgrades beim Emulgieren von W₁/O in W₂
 - 4.2.2.2 Osmotische Einflüsse
- 4.2.3 Polarität, Zusammensetzung und Grenzflächenaktivität der Lipidphase, Grundlagen
 - 4.2.3.1 Wechselwirkung zwischen der Lipidzusammensetzung und den Partikelgrößen der Doppelemulsion
 - 4.2.3.2 Kristalline Lipidphasen
 - 4.2.3.3 Einschlusseigenschaften kristalliner Fettphasen
- 4.2.4 Einfluss der O-Phase auf die rheologischen Eigenschaften der DE (Grundlagen)
 - 4.2.4.1 Effekte der O-Phasen-Interaktionen
 - 4.2.4.2 Einfluss des Hartfettanteils in der O-Phase
- 4.2.5 Einfluss der Abkühlbedingungen und Abkühlgeschwindigkeit auf die Barrierewirkung in Doppelemulsionen
- 4.2.6 Kristallgröße und Kristallmorphologie
- 4.2.7 Einfluss der Kristallmodifikation
 - 4.2.7.1 Arten der Kristallmodifikation (Grundlagen)
 - 4.2.7.2 Bedeutung der Kristallmodifikation für Emulsionssysteme
 - 4.2.7.3 Einfluss der Kristallmodifikation auf den Barriereeffekt
- 4.2.8 Lagerung von W/O/W-Emulsionen mit kristalliner O-Phase, Einfluss auf die Barrierewirkung
- 4.2.9 Effekt polymorpher Lipidphasen
- 4.2.10 Schlussfolgerungen
- 4.2.11 Zusammenfassung

4.3 Doppelemulsionen für Süßwaren mit reduziertem Wassergehalt (Produktentwicklung)

P. Preissler, G. Muschiolik

- 4.3.1 Einleitung
- 4.3.2 Zusammensetzung der Doppelemulsionen
- 4.3.3 Herstellen der Doppelemulsion
- 4.3.4 Eigenschaften der Doppelemulsionen
 - 4.3.4.1 Verkapselungseigenschaften nach W/O/W-Herstellung und Lagerung
 - 4.3.4.2 Fließverhalten der Doppelemulsionen
- 4.3.5 Durchmesser der W/O-Tropfen nach Herstellung und Lagerung
- 4.3.6 Wasseraktivität zuckerhaltiger W/O und W/O/W-Emulsionen
- 4.3.7 Einfluss des osmotischen Gradienten auf die Eigenschaften der Doppelemulsion
- 4.3.8 Literaturergänzung
- 4.3.9 Zusammenfassung

4.4 Doppelemulsionen in Puddingdessert (Produktentwicklung)

K. Kobow, G. Muschiolik

- 4.4.1 Einleitung
- 4.4.2 Ermittlung der Osmolalität von Rezepturkomponenten, Pudding und W-Phasen
- 4.4.3 Herstellung der Doppelemulsionen
- 4.4.4 Eigenschaften von Vanillepudding mit Doppelemulsion
- 4.4.5 Effekt von Doppelemulsionen in Pudding auf den Geschmack
- 4.4.6 Zusammenfassung

Literatur (Kapitel 1-4, Tabellen 7.1-1-7.1-10)

5 Doppelemulsionen für den Pharmabereich

5.1 Doppelemulsionen in der Pharmazie

H. Bunjes

5.1.1 Einleitung

5.1.2 Doppelemulsionen zur topischen Anwendung

5.1.2.1 Dermale Applikation

5.1.2.2 Sonstige topische Anwendungen

5.1.3 Doppelemulsionen zur systemischen Anwendung

5.1.3.1 Applikation in den Magen-Darm-Trakt

5.1.3.2 Doppelemulsionen zur Injektion

5.1.3.3 Impfstoffe

5.1.4 Doppelemulsionen als Zwischenprodukt bei der Herstellung anderer Arzneiformen

5.1.5 Zusammenfassung

Literatur

5.1.6 Anmerkungen zu Fortschritten bei Doppelemulsionen in der Pharmazie seit 2006

G. Muschiolik

5.2 Tensidfreie Doppelemulsionen als Drug Delivery Systeme - Entwicklung, Herstellung und Charakterisierung

J. Wengst, R. Daniels

5.2.1 Einleitung

5.2.1.1 Doppelemulsionen als Drug Delivery Systeme

5.2.1.2 Tensidfreie Emulsionen

5.2.2 Herstellung

5.2.2.1 Eingesetzte Substanzen

5.2.2.2 W/O-Primäremulsionen

5.2.2.3 W/O/W-Emulsionen

5.2.3 Stabilitätsuntersuchungen

5.2.3.1 Partikelgrößenbestimmung in W/O-Emulsionen

5.2.3.2 Partikelgrößenbestimmung in W/O/W-Emulsionen

5.2.4 Verkapselung von Wirkstoffen

5.2.4.1 Freisetzungsmechanismen aus der inneren Wasserphase

5.2.4.2 Bestimmung des Phasenverhältnisses

5.2.4.3 Freisetzungsuntersuchungen

5.2.5 Zusammenfassung

Literatur

6 Bildanalyse zur Ermittlung der W_1 -Phasenerhaltung in Doppelemulsionen

R. Knöfel

6.1 Problemstellung

6.2 Bildaufnahme

6.3 Analyse der auftretenden Erscheinungsbilder der W_1/O -Tröpfchen

6.4 Analyse der auftretenden Erscheinungsbilder der W_1 -Tröpfchen in der dispergierten O-Phase

6.5 Validierung der aufgezeigten Methoden

6.5.1 Analyse der W_1/O -Tröpfchenverteilung in beispielhaften Probereihen

6.5.2 Analyse der W_1 -Tröpfchenverteilung in beispielhaften Probereihen

6.6 Zusammenfassung

Literatur

7 Anhang

7.1 Zusammensetzung und Herstellung von Doppelemulsionen

- 7.2 Geräte zur Herstellung von Doppemulsionen
- 7.2.1 Membranemulgiergerät mit starrem Membranrohr (FSU Jena, vormals LB Lebensmitteltechnologie)
- 7.2.2 Kleintechnisches Emulgiergerät mit rotierendem Sinterglasrohr
- 7.2.3 Druckhomogenisator mit Lochblendensystem
- 7.3 Abkürzungsverzeichnis

Stichwortverzeichnis