บธ.๐๐๑/๖๓

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะวิทยาศาสตร์ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมฯ โทร.๓๙๑๐

ที่ อว ๖๙.๕.๑๔/๑๐๒ **วันที่** ๒๗ พฤษภาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขอรายงานสรุปเนื้อหาและการนำไปใช้ประโยชน์

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

ตามหนังสือที่ อว. ๖๙.๕.๑๔/๐๖๑ ลงวันที่ ๒ เมษายน ๒๕๖๔ ได้อนุญาตให้ข้าพเจ้าเข้าร่วมสัมมนาออนไลน์ หัวข้อเทคโนโลยีเอนแคปซูลเลชั่นกับการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์ และเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของเทคนิคเอนแคปซูเลชั่น การนำมาประยุกต์ใช้งาน และการสร้างมูลค่าเพิ่มในผลิตภัณฑ์พร้อมยกตัวอย่างงานวิจัยทางด้านอาหารและเทคโนโลยีชีวภาพ เมื่อวันที่ ๘ เมษายน ๒๕๖๔ ทางออนไลน์นั้น

บัดนี้ ข้าพเจ้าได้เข้าร่วม สัมมนาออนไลน์ ในหัวข้อดังกล่าว เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังนั้นจึงขอรายงานสรุปเนื้อหาและประโยชน์ที่ได้รับ ดังนี้

๑. สรุปเนื้อหาที่ได้รับจากการเข้าประชุม/อบรม ฯลฯ

เทคนิคเอนแคปซูเลชั่น เป็นเทคนิคการเก็บกักสารสำคัญ ไม่ว่าจะมีสถานะเป็นของเหลว ของแข็ง หรือก๊าซ ไว้ภายในสารหลายชนิดทั้งจากธรรมชาติ สารสังเคราะห์ สารธรรมชาติที่มีการปรับปรุงหมู่ฟังก์ชัน เช่น พอลิแซคคาไรด์ เช่น แป้ง เซลลูโลส อัลจิเนต โปรตีน ไขมัน กรดอินทรีย์ โดยมีวัตถุประสงค์หลายอย่าง ได้แก่ การป้องกันสารที่ถูกเก็บกักไว้ภายในไม่ให้เกิดการสลายตัวด้วยปัจจัยทางกายภาพหรือปฏิกิริยาเคมี ทำให้เกิดความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์ ปกปิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ควบคุมการปลดปล่อยสารสำคัญ เพิ่มระยะเวลาในการออกฤทธิ์ของสารสำคัญ เทคนิคเอนแคปซูเลชั่นนี้มีการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายด้าน เช่น อุตสาหกรรมยา อาหาร กระดาษ สิ่งทอ เครื่องสำอาง หรือการเกษตร มีหลายกระบวนการที่ใช้ในเทคนิคเอนแคปซูเลชั่น เช่น การฉีด (injection/extrusion) การพ่นแห้ง (spray drying) การพ่นแล้วทำให้แห้งด้วยความเย็น (spray cooling/chilling) ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะเรียกว่า ไมโครแคปซูลหรือนาโนแคปซูล ขึ้นอยู่กับขนาดของแคปซูล ซึ่งขนาดของแคปซูลที่แตกต่างกันนั้นมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเป็นผนังแคปซูล ชนิดปฏิกิริยาการยึดผนังไว้ให้เป็นทรงกลม สถานะของสารสำคัญ และกระบวนการที่ใช้ในการผลิต

๒. ประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานในตำแหน่งหน้าที่

๑. นำมาใช้ในการสอนรายวิชา คอ ๔๖๑ เทคโนโลยีการผลิตสิ่งทอสมบัติพิเศษ

๒. นำมาปรับใช้ในงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์

๓. นำมาปรับใช้ในการบริการวิชาการให้ชุมชน

๓. ประโยชน์ต่อหน่วยงาน (ระดับงาน/หลักสูตร/คณะ)

๑. หน่วยงานได้ตัวชี้วัดด้านงบประมาณการวิจัยและบริการวิชาการมากขึ้น

๒. หน่วยงานได้ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยมากขึ้น

๓. นักศึกษาในหลักสูตรได้เรียนรู้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและอาจได้ใช้ในการทำงานในอนาคต

พร้อมนี้ได้แนบ เอกสารประกอบการบรรยายของวิทยากร จากการเข้าประชุม/อบรมฯลฯ มาพร้อมนี้ แล้ว จำนวน ๑ ชุด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี คงดี อัลเดรด)
อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม
และเทคโนโลยีสิ่งทอ

ความคิดเห็นของผู้บังคับบัญชาชั้นต้น (ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร/ผู้อำนวยการสำนักงาน/หัวหน้างาน)

บุคลากรดังกล่าวไปนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ดังนี้(โปรดระบุรายละเอียด)

.....

.....

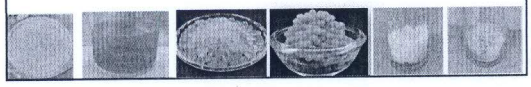
.....

(.....ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรฯ.....)
สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสิ่งทอ

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Encapsulation technology and applications in food and biotechnology

Asst. Prof. Dr. Thunnalin Winuprasith
Institute of Nutrition, Mahidol University
Email: thunnalin.win@mahidol.ac.th



1

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

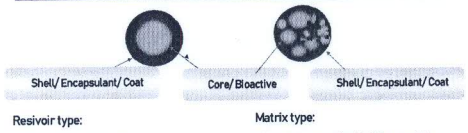
Contents

- Theory and principle of encapsulation
- Aims of encapsulation
- 2 Major encapsulation techniques
- Ingredients
- Applications

2

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Encapsulation has been defined as 'the technology of packaging solid, liquid and gaseous materials in small capsules that release their contents at controlled rates over prolonged periods of time'.



Resivoir type:
- Mononuclear capsules
- Continuous core region surrounded by a continuous shell

Matrix type:
- Many cores embedded in a matrix
- Particles or droplets dispersed in a shell matrix

Schrooyen, P. M. M., van der Meer, R., De Cruif, C. G. (2001): Microencapsulation: its application in nutrition
Vilstrup, P. (2002): Microencapsulation of food ingredients

3

Aims of encapsulation

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Protection – protect labile ingredients against chemical or physical degradation, *e.g.*, oxidation, hydrolysis

Increase matrix compatibility – improve ability to incorporate active ingredients into food matrices

Reduce undesired interactions between core and the food matrices

Mask off-flavors – improve flavor profile by masking off-flavors or aromas

Controlling Release – by pH, ionic strength, etc.

Site-specific Bioactive Components

reduce the evaporation or the uncontrolled release of core materials

Perceive gritty:
- Hard and irregular shapes: >11-22 µm
- Soft and round: > ca. 80 µm

4

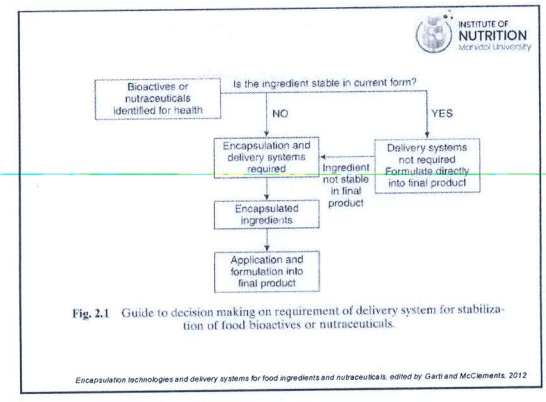
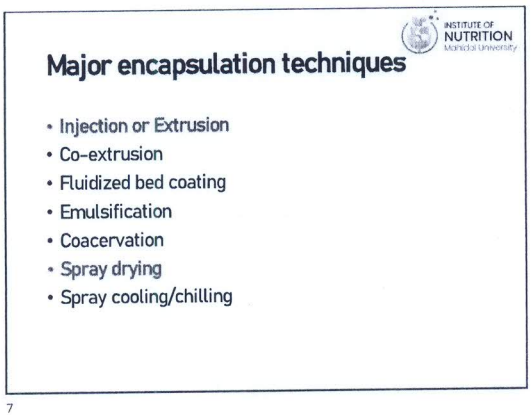


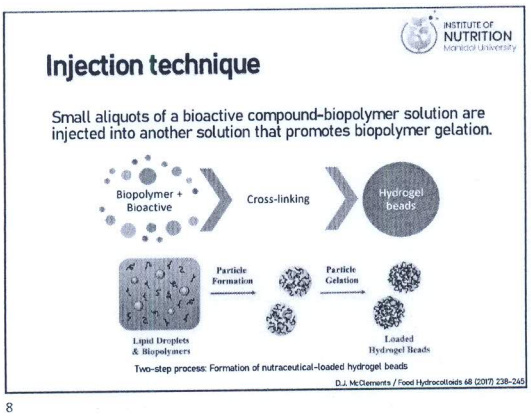
Fig. 2.1 Guide to decision making on requirement of delivery system for stabilization of food bioactives or nutraceuticals.

Encapsulation technologies and delivery systems for food ingredients and nutraceuticals, edited by Garti and McClements, 2012

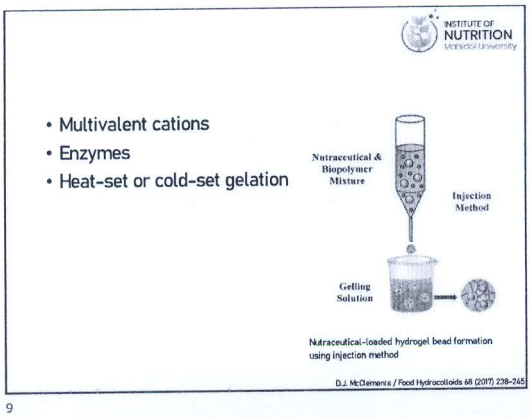
6



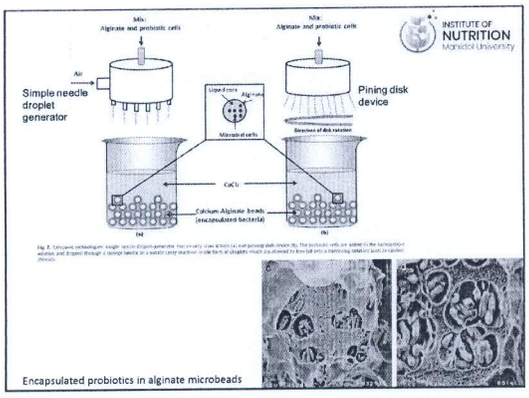
7



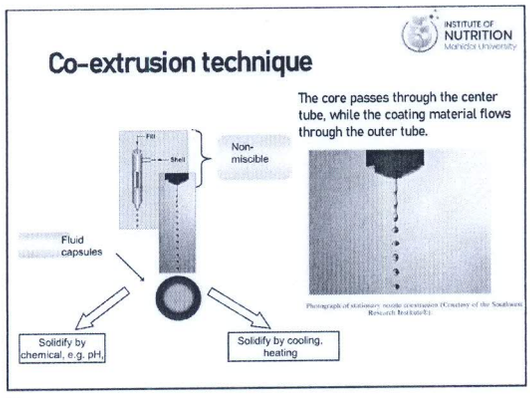
8



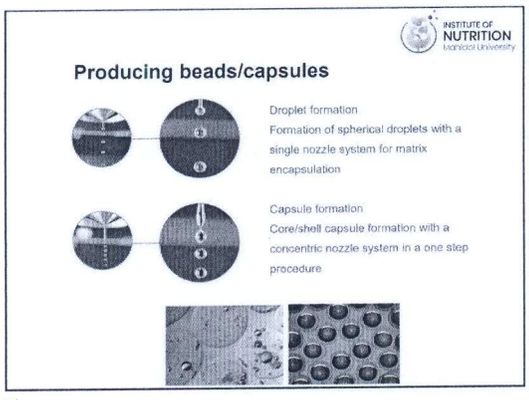
9


INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Simple needle droplet generator
Pining disk device
Encapsulated probiotics in alginate microbeads

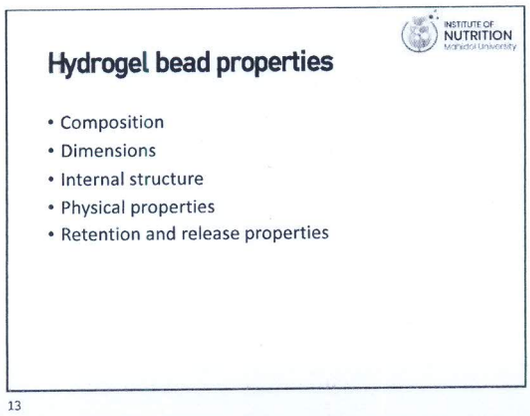
10


INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Co-extrusion technique
The core passes through the center tube, while the coating material flows through the outer tube.
Fill
Shell
Non-miscible
Fluid capsules
Solidify by chemical, e.g. pH,
Solidify by cooling, heating

11


INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Producing beads/capsules
Droplet formation
Formation of spherical droplets with a single nozzle system for matrix encapsulation
Capsule formation
Core/shell capsule formation with a concentric nozzle system in a one step procedure

12

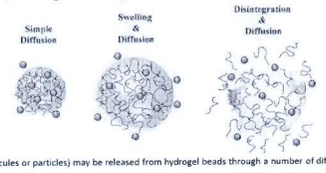

INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Hydrogel bead properties
• Composition
• Dimensions
• Internal structure
• Physical properties
• Retention and release properties

13

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Hydrogel bead properties: Composition

- Type of polysaccharides and proteins
- Type of method used
- The nature of the biopolymers used to assemble the hydrogel beads will influence the release mechanism of the nutraceuticals, e.g., simple diffusion, swelling, or disintegration.



Nutraceuticals (molecules or particles) may be released from hydrogel beads through a number of different mechanisms.

D.J. McClements / Food Hydrocolloids 68 (2017) 238–245

14

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Hydrogel bead properties: Dimensions

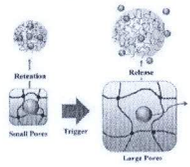
- Nature of biopolymers and fabrication method used
- Vary from a few hundred nanometers to a few millimeters
- Optical properties:
  - Very small beads (d< 50 nm) → transparent
  - Large beads (d> 100 μm) → observed by human eyes
- Perceived mouthfeel
  - Hard and irregular shapes: d>11-22 μm
  - Soft and round: d> ca. 80 μm
- Movement rate due to gravity
- Retention, protection, and release properties
  - Large beads → Increase retention rate & decrease release rate & Stability

15

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Hydrogel bead properties: Internal structure

- Depends on the packing of the biopolymer molecules within the 3D gel network
- Small & Large pores have a major impact on the retention, protection and release of compounds from hydrogel beads.
- Alter the pore size in response to an external trigger (pH, ionic strength, temperature)
- Core-shell structure: Thickness & porosity of the shell



Nutraceuticals (molecules or particles) will be retained if their dimensions are appreciably greater than the pore size of the hydrogel beads

D.J. McClements / Food Hydrocolloids 68 (2017) 238–245

16

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Hydrogel bead properties: Physical properties

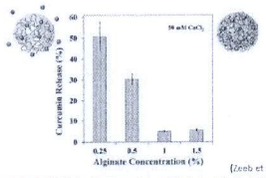
- Depend on type, concentration, and packing of biopolymer used
- Density, Refractive index and Rheology
- Alter stability and functional performance of beads

17

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Hydrogel bead properties: Retention & release properties

- There are two main factors that impact the retention and release of encapsulated substances in this case: pore size and specific interactions.



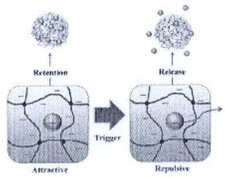
(Zeeb et al. 2015).

The release of curcumin-loaded lipid droplets from calcium alginate beads (after 24 h storage) decreased with increasing alginate concentration, which was attributed to a decrease in pore size

18

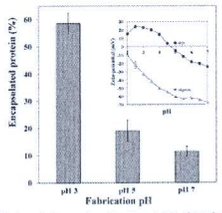
INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Hydrogel bead properties: Retention & release properties



Nutraceuticals (molecules or particles) will be retained if there is a strong enough attraction to the biopolymer molecules in the beads

DJ. McClements / Food Hydrocolloids 68 (2017) 238-245



The impact of preparation pH on the retention of protein in calcium alginate beads (Zhang et al., 2016). The amount of protein encapsulated decreased with increasing pH due to weakening of electrostatic attraction between the protein molecules and alginate in the hydrogel matrix (Zhang et al., 2016)

19

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Hydrogel beads: Applications

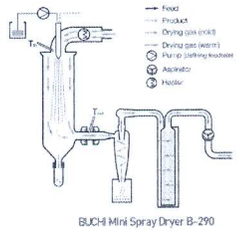
- Protection of polyunsaturated fatty acids
- Protection of carotenoids
- Protection and release of curcumin
- Protection of probiotics
- Targeted or triggered release of nutraceuticals
- Modulating fat digestion

20

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

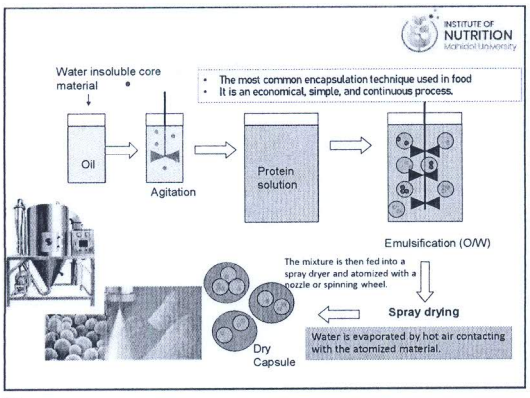
Spray drying

- Spray drying is a widely applied method for obtaining dry powders from aqueous or organic solutions, emulsions and suspensions.
- During the process, a spray dryer atomizes a liquid feed into fine droplets and evaporates the organic solvent or water by means of a hot drying gas.
- 4 steps
  - Atomization of the feed
  - Spray air contact
  - Solvent evaporation
  - Separation of the product from the drying medium

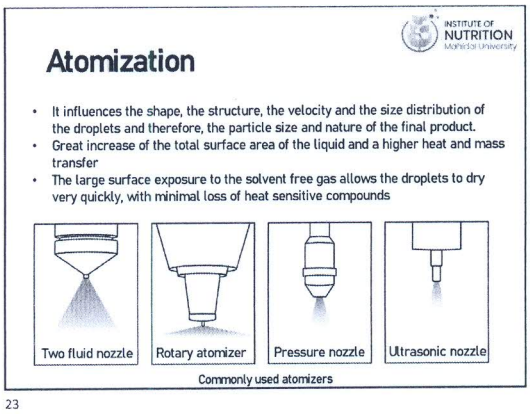


BUCHI Mini Spray Dryer B-290

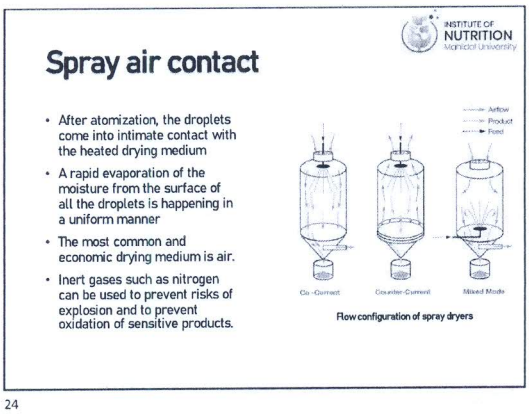
21


INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Water insoluble core material
The most common encapsulation technique used in food
It is an economical, simple, and continuous process.
Oil
Agitation
Protein solution
Emulsification (O/W)
The mixture is then fed into a spray dryer and atomized with a nozzle or spinning wheel.
Spray drying
Water is evaporated by hot air contacting with the atomized material.
Dry Capsule

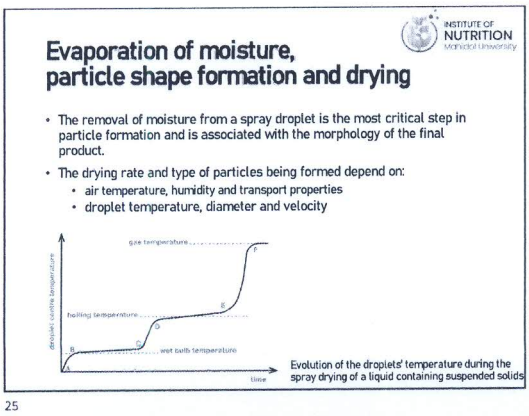
22


INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Atomization
It influences the shape, the structure, the velocity and the size distribution of the droplets and therefore, the particle size and nature of the final product.
Great increase of the total surface area of the liquid and a higher heat and mass transfer
The large surface exposure to the solvent free gas allows the droplets to dry very quickly, with minimal loss of heat sensitive compounds
Two fluid nozzle
Rotary atomizer
Pressure nozzle
Ultrasonic nozzle
Commonly used atomizers

23


INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Spray air contact
After atomization, the droplets come into intimate contact with the heated drying medium
A rapid evaporation of the moisture from the surface of all the droplets is happening in a uniform manner
The most common and economic drying medium is air.
Inert gases such as nitrogen can be used to prevent risks of explosion and to prevent oxidation of sensitive products.
Airflow
Product
Feed
Co-Current
Counter-Current
Mixed-Mode
Flow configuration of spray dryers

24

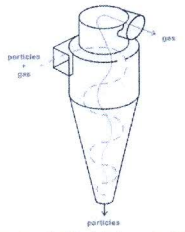

INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University
Evaporation of moisture, particle shape formation and drying
The removal of moisture from a spray droplet is the most critical step in particle formation and is associated with the morphology of the final product.
The drying rate and type of particles being formed depend on:
air temperature, humidity and transport properties
droplet temperature, diameter and velocity
gas temperature
boiling temperature
wet bulb temperature
Time
Evolution of the droplets' temperature during the spray drying of a liquid containing suspended solids

25

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Particle separation

- The dry products must be separated from the drying gas and collected.
- The finer particles can then be recovered from the drying gas by a separation device.
- Cyclones are mostly utilized due to their low cost and low maintenance requirements.



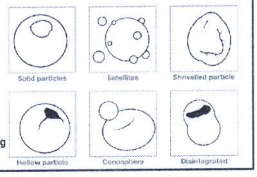
Cyclone separation. The dashed arrow represents the outer vortex while the ribbon arrow shows the inner vortex

26

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Particle shapes and structures

- Key quality characteristics of a spray dried product such as particle size distribution, flowability, friability, moisture content, bulk and particle density are influenced by the particle morphology.
- The morphology of the particles can be altered by optimizing process parameters, such as inlet and outlet temperature, flow rate of the drying gas or feed properties



Common particle shapes and structures formed during a spray drying process

27

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Spray drying: Applications

- Drying material
- Structural changes
- Microencapsulation: Flavor, Probiotics, Bioactive compounds, Oil
- Amorphous solid dispersion

28

INSTITUTE OF NUTRITION Mahidol University

Selection of matrix & shell materials

Characteristics of matrix and shell materials

- Solubility
- Emulsification property
- Film forming ability
- Viscosity
- Glass transition temperature
- Degree of crystallinity

29

Microencapsulation - Main Matrix and Shell Materials

Poly sacharides (and derivates):
- Starch and
- modified Starch
- Amylose
- Amylopectin
- Dextrins
- Maltodextrins
- Polydextrose
- Cyclodextrin
- Cellulose and
- modified Cellulose
- Mannitol
- Trehalose

Plant exudates and extracts:
- Gum Arabic
- Gum Karaya
- Pectins
- Etc.

Proteins:
- Casein and whey proteins
- Gelatin
- Gluten

Microbial- or animal polysacharides:
- Chitosan
- Xanthan
- Alginate

Acids:
- Tartaric acis
- Malonic acis

Lipids
- Fatty acids
- Fatty alcohols
- Waxes
- Phospholipids

Synthetic (mainly for pharma)
- Lutrol E127 (Poloxamer)
- Eudragit (various)
- Polylactic acid (PLA),
- polylactic-coglycolic acid) (PLGA)
- Kollidon (Polyvinylpyrrolidone PVP)

Carrier
Film forming
Emulsifier
Barrier to oxygen and water
Encapsulant
Water soluble
Organic solvent soluble
Antioxidant

30

INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University

Table 1.2 Materials that have been used as encapsulants for food application

Encapsulant materials		
Carbohydrates	**Proteins**	**Lipids and waxes**
Native starches	Sodium caseinate	Vegetable fats and oils
Modified starches	Whey proteins	Hydrogenated fats
Resistant starches	Isolated wheat proteins	Palm stearin
Maltodextrins	Soy proteins	Carnauba wax
Dried glucose syrups	Gelatins	Bees wax
Gum acacia	Zein	Shellac
Alginates	Albumin	Polyethylene glycol
Pectins		
Carrageenan		
Chitosan		
Cellulosic materials		
Sugars and derivatives		

Coating materials: forming a thin film
- Natural and synthetic polymer
- Depend on the material to be coated and characteristic of desired in final product.

Properties:
- Food grade
- Neutral taste
- High solubility
- Low viscosity
- Compatibility e.g. inert toward core materials
- Cheap
- Non-hygroscopic

31

INSTITUTE OF NUTRITION
Mahidol University

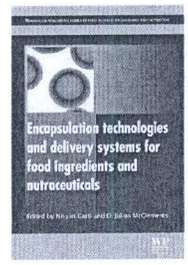
Table 1
Some lipophilic bioactive components that may be incorporated into foods and beverages, and some of the health claims made for them.
Adopted from McClements et al 2010.

Name	Types	Potential nutritional benefits
Fatty acids	ω-3 fatty acids, conjugated linoleic acid, butyric acid	Heart disease, cancer, bone health, immune response disorders, weight gain, stroke prevention, mental health, visual acuity
Carotenoids	β-carotene, lycopene, lutein and zeaxanthin	Heart disease, cancer, macular degeneration, cataracts
Oil-soluble antioxidants	Tocopherols, flavonoids, polyphenols	Heart disease, cancer and urinary tract disease
Phytosterols	Stigmasterol, β-sitosterol and campesterol	Coronary heart disease
Oil-soluble vitamins	Vitamins A, D	Eye health, bone health, cancer
Nutraceuticals	Co-enzyme Q	Hypertension, heart disease, diabetes, cancer

McClements and Li. Adv. Colloid Int Sci. 2010

32

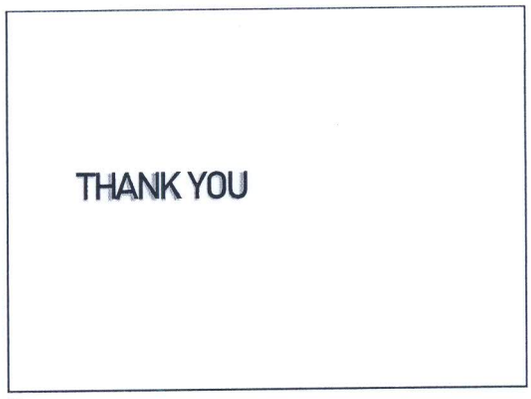
References



http://www.woodheadpublishing.com/en/book.aspx?bookID=2460

- Lee, S.J., Rosenberg, M. (1999): Preparation and properties of glutaraldehyde cross-linked whey protein-based microcapsules containing theophylline
- Lee, S.J., Rosenberg, M. (2000): Microencapsulation of theophyline in whey proteins effects of core to wall ratio
- Hogan, S., McNamee, B., O'Riordan, D., O'Sullivan, M. (2001): Emulsification and microencapsulation properties of sodium caseinate/carbohydrate blends
- Schrooyen, P. M. M., van der Meer, R., De Cruif, C. G. (2001): Microencapsulation: its application in nutrition
- Vilstrup, P. (2002): Microencapsulation of food ingredients
- Weinbreck, F., Minor, M., de Kruif, C. G. (2004): Microencapsulation of oils using whey protein/gummi arabic coacervates

33



34