The family Bacillaceae

Jirapat Chanthamalee, Ph.D.

Department of Biology, Division of Microbiology

Faculty of Science and Technology

วัตถุประสงค์การเรียนรู้

1. เข้าใจหลักการจำแนกแบคทีเรียวงศ์ Bacillaceae
2. อธิบายโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญได้
3. เข้าใจความสำคัญทางการแพทย์และอุตสาหกรรม
4. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและการก่อโรค

ลักษณะทั่วไป

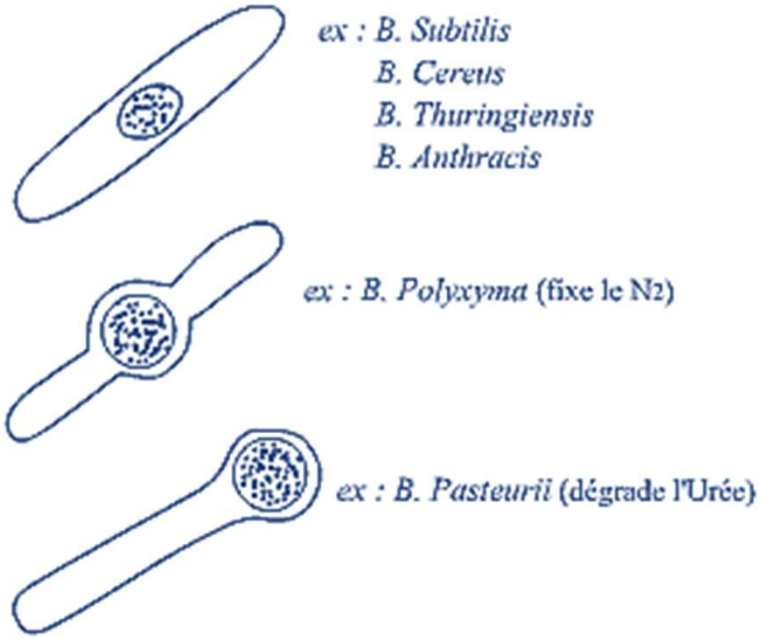
- แบคทีเรียรูปแท่ง (Rod-shaped bacteria)
- สร้างเอนโดสปอร์ได้ (Endospore-forming)
- ส่วนใหญ่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์
- พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในดิน
- ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

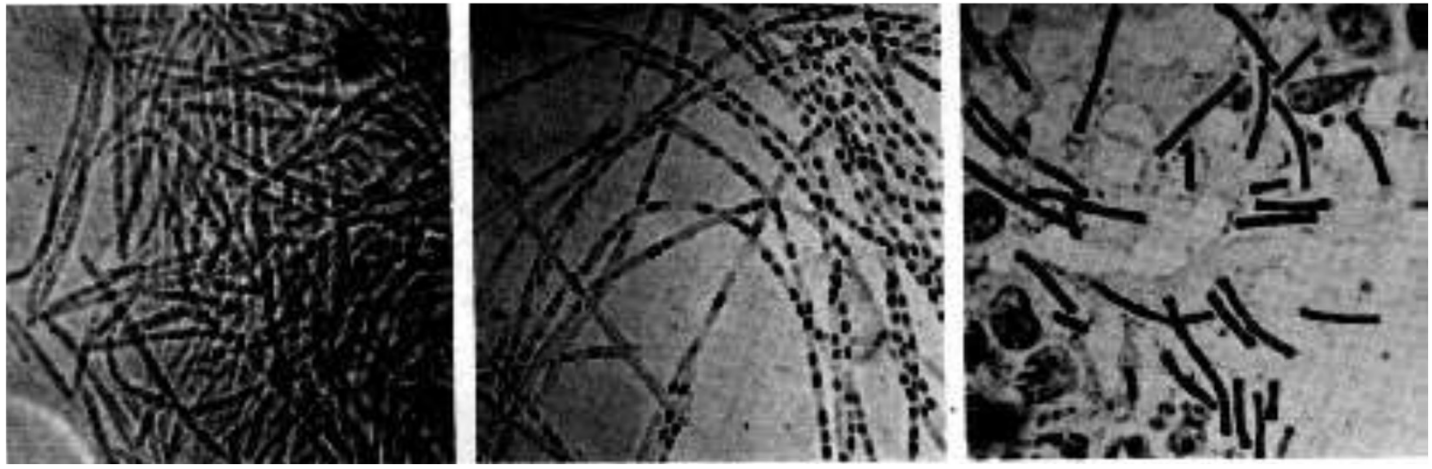
หลักการจำแนกเบื้องต้น

- 1. ลักษณะการใช้ออกซิเจน
- Aerobic growth
- Facultative anaerobe
- Strict aerobe
- 2. การสร้างเอนโดสปอร์
- ตำแหน่งของสปอร์
- รูปร่างของสปอร์
- การทนความร้อน

Bacillaceae (cont.)

- Formed unique type of resting cells called = Endospore
  - ✓ Central, Subterminal of Terminal
  - ✓ Spores are resistant to heat.

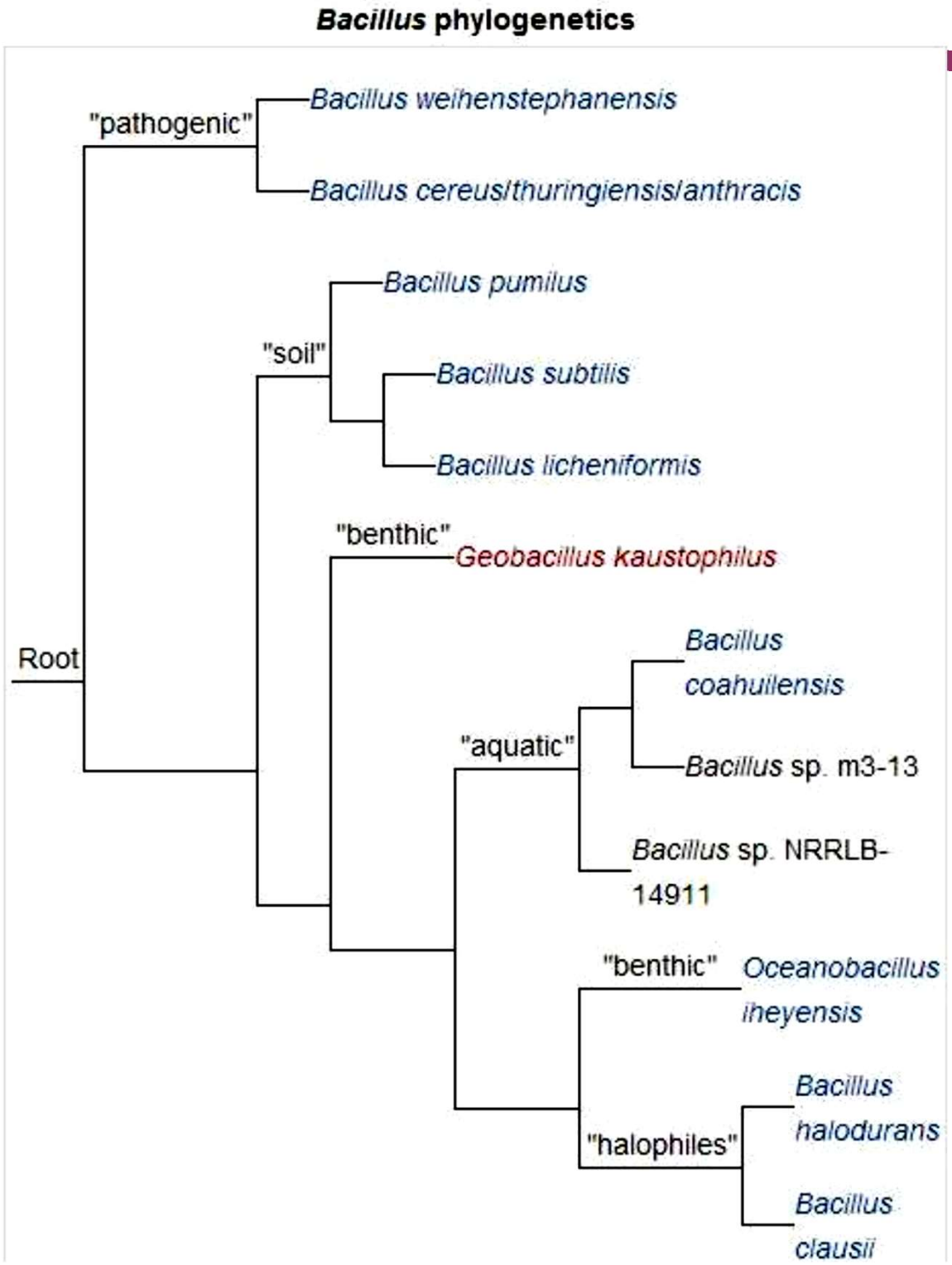




Robert Koch's original photomicrographs of *Bacillus anthracis.*

การจำแนกตามแหล่งที่อยู่ (HABITAT)

- เชื้อก่อโรค (Pathogenic species)
- *B. anthracis*
- *B. cereus*
- แบคทีเรียในดิน (Soil bacteria)
- *B. subtilis*
- *B. megaterium*
- แบคทีเรียในน้ำ (Aquatic bacteria)
- กลุ่มที่ชอบเกลือ (Halophilic bacteria)



เชื้อก่อโรค

ดิน

หน้าดิน

น้ำ

กลุ่มที่ชอบเกลือ

Classification:

การจำแนกบาซิลลัส

ตาม habitat

โครงสร้างพื้นฐาน: เอนโดสปอร์

- **ความสำคัญของเอนโดสปอร์**
  - โครงสร้างที่ทนทานที่สุดในธรรมชาติ
  - อยู่รอดได้เป็นเวลานานมาก
  - ทนต่อความร้อนและสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม
- **การสร้างเอนโดสปอร์**
  - เกิดภายในเซลล์ (Intracellularly)
  - ไม่เกิดในระหว่างการเจริญเติบโตแบบ active growth
  - เกิดหลังจากพ้นช่วง exponential phase

ความสำคัญทางการแพทย์

- *Bacillus anthracis*
- **โรค Anthrax แบ่งเป็น 3 ชนิด:**

1. Cutaneous Anthrax (>95% ของการติดเชื้อ)
    1. ติดจากการสัมผัสสปอร์
    2. ระยะฟักตัว 2-5 วัน
    3. เกิดตุ่มดำ (black eschar)
2. Pulmonary Anthrax
    1. ติดจากการสูดดมสปอร์
    2. อาการรุนแรง มีเลือดออกที่ปอด
3. Gastrointestinal Anthrax
    1. ติดจากการบริโภคเนื้อสัตว์ที่มีเชื้อ
    2. อัตราการตายสูง

ความสำคัญทางการแพทย์ (ต่อ)

- *Bacillus cereus*

1. อาหารเป็นพิษ
2. การติดเชื้อฉวยโอกาส
    1. การอักเสบของกระเพาะและลำไส้
    2. การติดเชื้อที่ตา
    3. การติดเชื้อในกระแสเลือด

- Other Bacillus Species

- เป็นเชื้อฉวยโอกาส
- พบการติดเชื้อได้น้อย

ความสำคัญทางอุตสาหกรรม

- *Bacillus subtilis*
- **คุณสมบัติที่เป็นประโยชน์**

1. สร้างเอนไซม์หลายชนิด
2. ความสามารถในการหลั่งโปรตีน
3. เจริญเติบโตเร็ว (รอบการหมัก 48 ชั่วโมง)
4. ปรับตัวได้ดีกับอาหารเลี้ยงเชื้อราคาถูก

- **การใช้ประโยชน์**

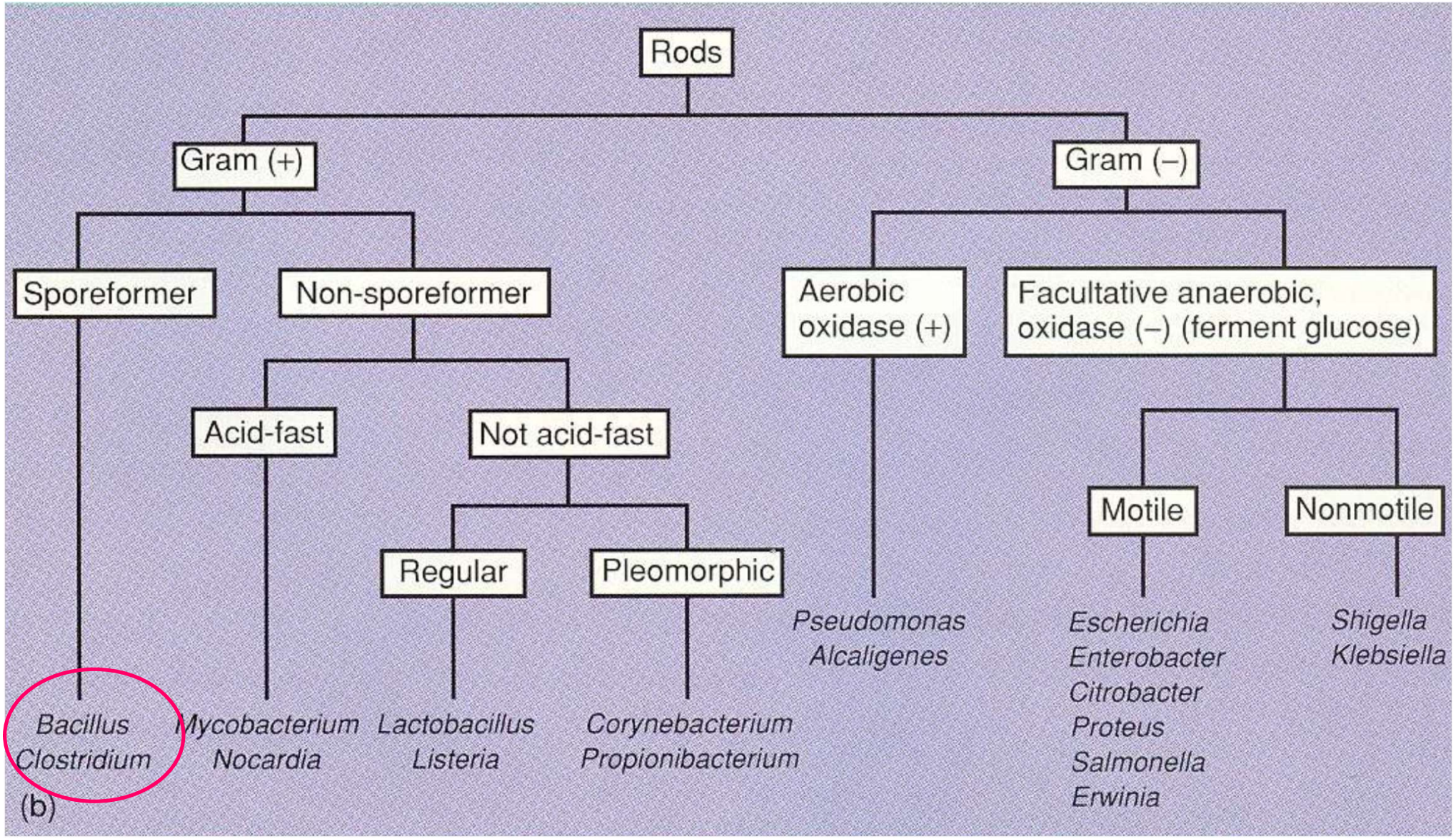
1. ผลิตโปรตีนเพื่อการรักษา
2. ผลิตเอนไซม์ทางอุตสาหกรรม
3. ได้รับการรับรอง GRAS (Generally Recognized as Safe: GRAS) กล่าวคือสารที่ได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย

INTRODUCTION

- The sporogenous, rod-shaped bacteria are classified into two genera: **Aerobic Bacilli**

  Anaerobic Clostridia

- **The genus Bacillus** consists of aerobic bacilli forming heat resistant spores.
- They are Gram positive but tend to be decolourised easily so as to appear Gram variable, or even frankly Gram negative.
- They are generally motile with peritrichous flagella.
- The genus includes psychrophilic, mesophilic and thermophilic species.


Rods
Gram (+)
Gram (–)
Sporeformer
Non-sporeformer
Aerobic oxidase (+)
Facultative anaerobic, oxidase (–) (ferment glucose)
Acid-fast
Not acid-fast
Motile
Nonmotile
Regular
Pleomorphic
Pseudomonas
Alcaligenes
Escherichia
Enterobacter
Citrobacter
Proteus
Salmonella
Erwinia
Shigella
Klebsiella
Bacillus
Clostridium
Mycobacterium
Nocardia
Lactobacillus
Listeria
Corynebacterium
Propionibacterium
(b)

INDRODUCTION

- The maximum temperatures for vegetative growth ranging from about 25°C to above 75 °C and the minimum from about 5 °C to 45°C.
- Their salt tolerance varies from less than 2 % to 25 % NaCl.
- Their spores are ubiquitous, being found in the soil, dust, water and air and constitute the commonest contaminants in bacteriological culture media.
- **Bacillus anthracis**, the causative agent of **anthrax** is the major pathogenic species.
- **B cereus** can cause foodborne gastroenteritis some species may be responsible for opportunistic infections.

Source: Kumar, G. P.

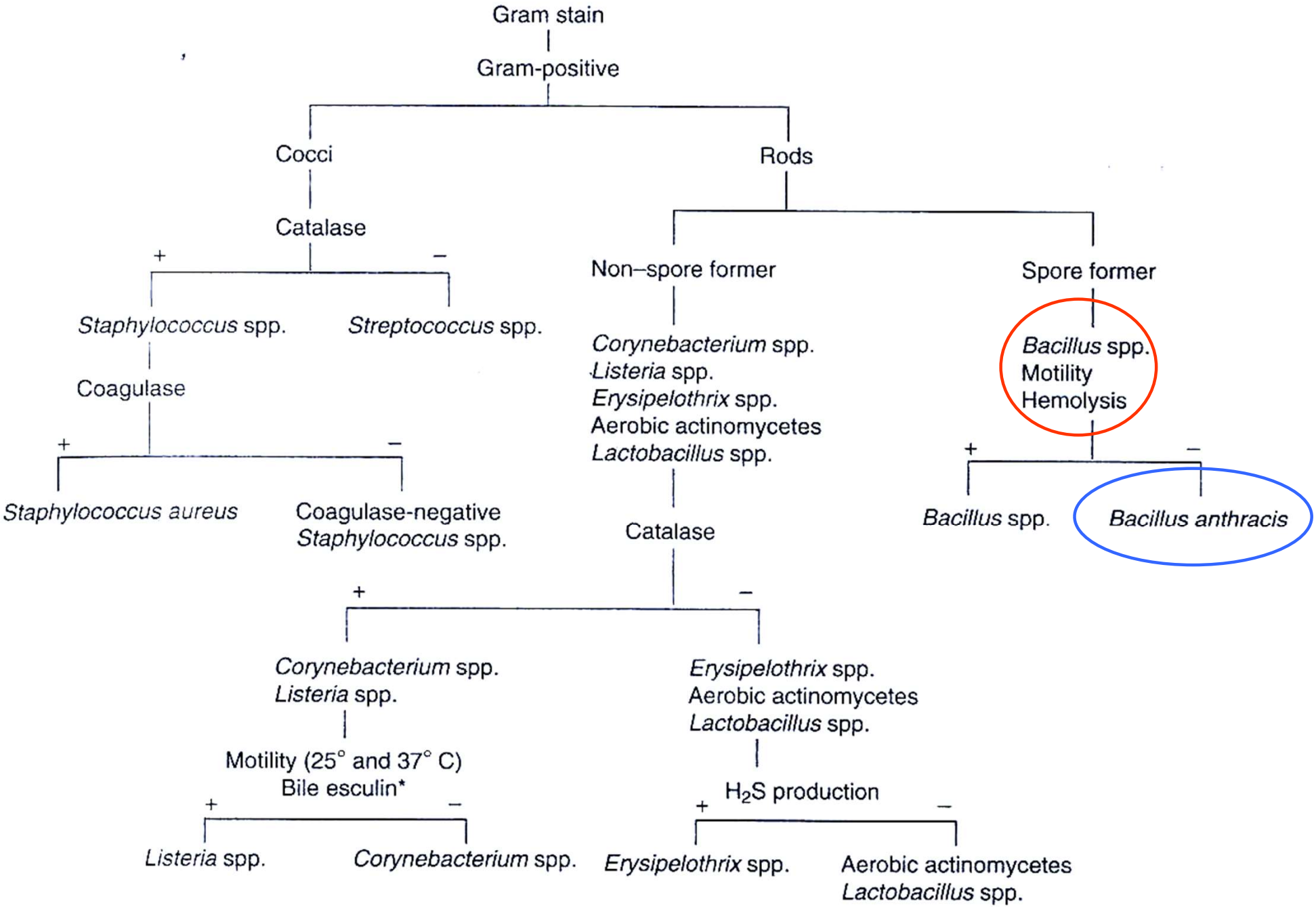
ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ BACILLUS

- *Bacillus* species : rod-shaped bacteria
- เกือบทุกชนิดไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ ยกเว้น *B. anthracis* และ *B. cereus*
- *B. subtilis* ถูกใช้มากในอุตสาหกรรมหลายชนิด
- *Bacillus species* มักถูกพบบ่อยในดินและเพิ่มจำนวนได้รวดเร็วในบริเวณ

ที่มีออกซิเจนปริมาณสูง

- แม้ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน *Bacillus* species ก็อยู่รอดได้โดยการสร้างเอนโดสปอร์

- *Bacillus* species อยู่รอดได้เป็นเวลานานแม้ในสภาวะที่ขาดแคลนอาหาร หรือในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือค่าพีเอช



*Except *Corynebacterium kutscheri*

Figure 13-1

Schematic diagram for the identification of gram-positive bacteria.

Classification

Domain: Bacteria

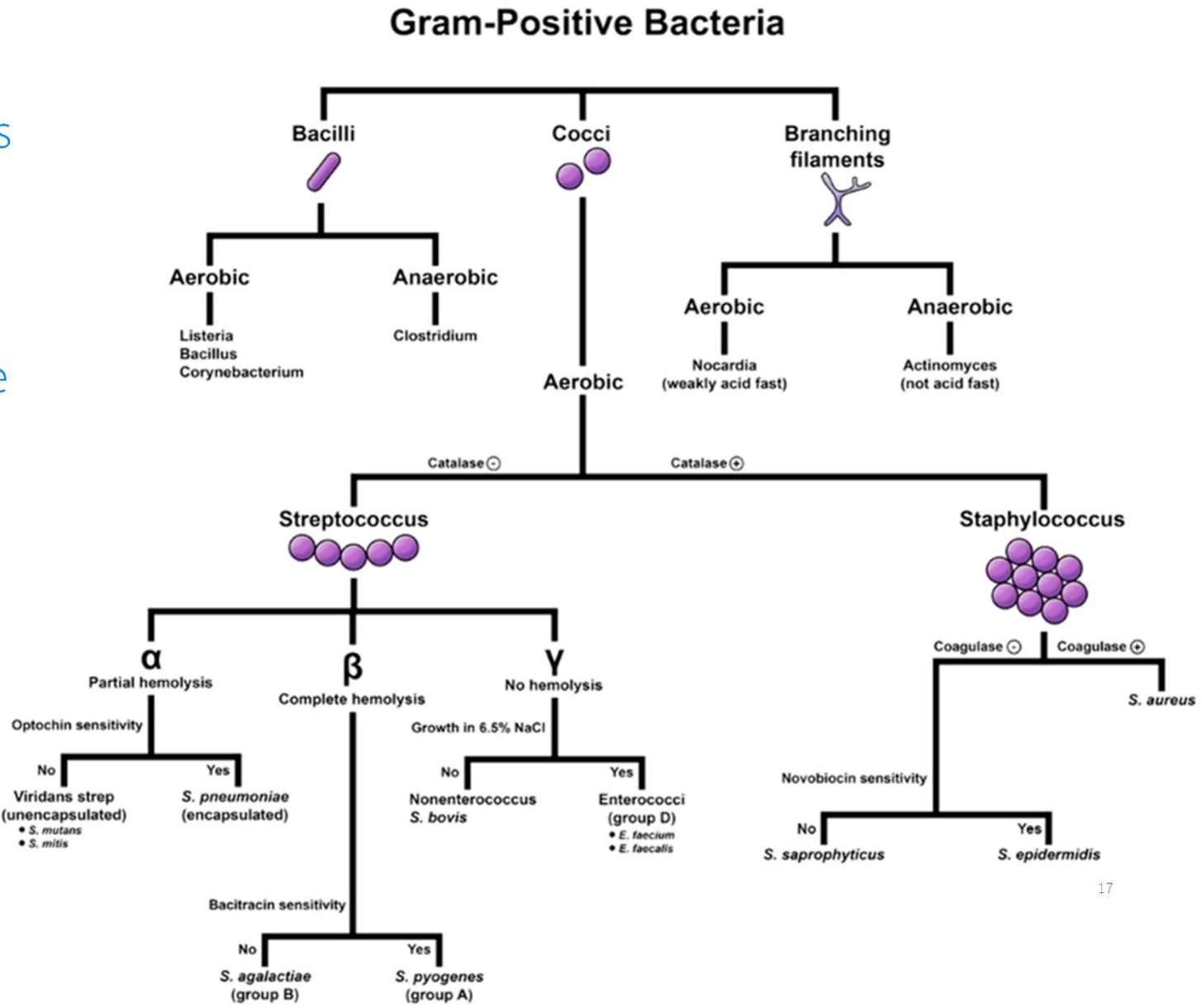
Division: Firmicutes

Class: Bacilli

Order: Bacillales

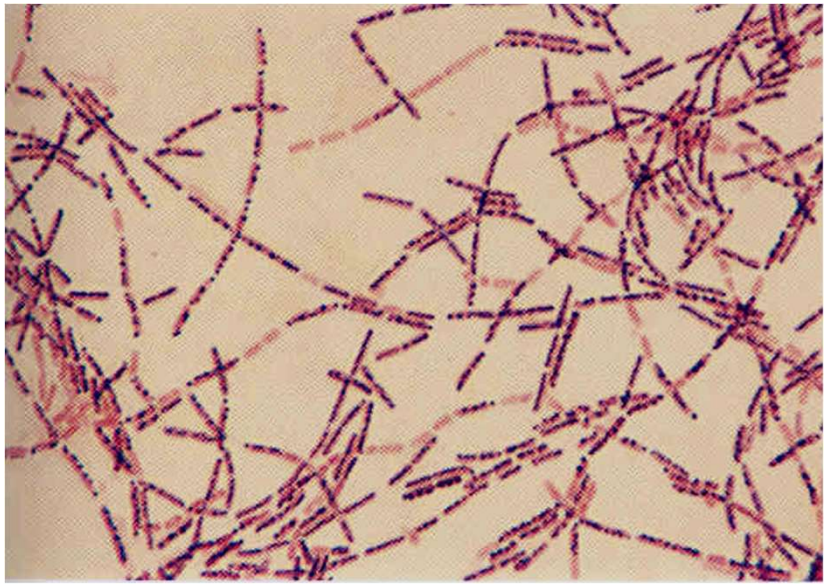
Family: Bacillaceae

Genus: *Bacillus*



Bacillaceae

- The family Bacillaceae
- **มีลักษณะเด่นคือการสร้างเอนโดสปอร์**
- การจัดจำแนก *Bacillus* ในขั้นต้น พิจารณาจาก:
  - ✓ Aerobic growth
  - ✓ Endospore formation



- จัดจำแนกชนิดโดยอาศัยลักษณะสัณฐานวิทยาและคุณสมบัติทางชีวเคมี

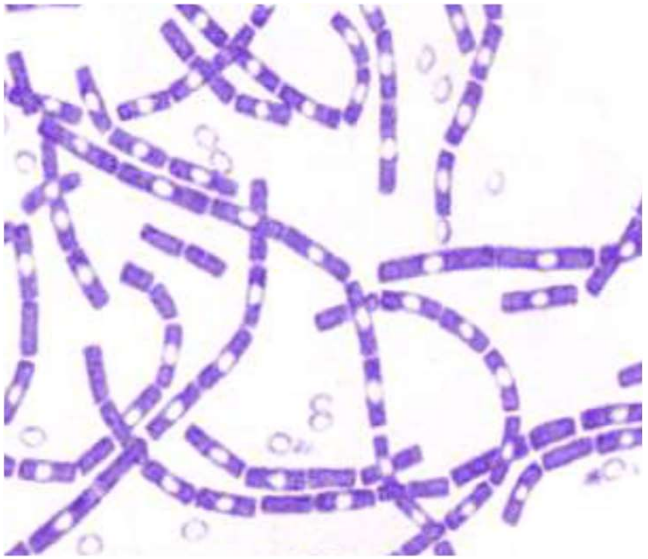
Bacillaceae (cont.)

- มีมากกว่า 70 ชนิด
- จีนัสที่สำคัญของ Family Bacillaceae ซึ่งมีหลากชนิดคือจีนัส *Bacillus*
- ***B. anthracis***
  - ✓ มีความสำคัญที่สุด
  - ✓ ถูกใช้เป็นอาวุธชีวภาพ (biological warfare)
  - ✓ Anthrax

  - ✓ ***B. cereus***
  - ✓ การติดเชื้อฉวยโอกาส
    - ภาวะการอักเสบของกระเพาะอาหารและลำไส้ (Gastroenteritis)
    - การติดเชื้อทางตา (ocular infection)
    - การติดเชื้อในกระแสเลือดจากการใส่สายสวน (catheter-related sepsis)

Bacillaceae (cont.)

- In 1972, recognized by Ferdinand Cohn and named as *Bacillus subtilis*
- Characteristics:
  - ✓ Gram positive bacilli
  - ✓ 0.5-1.2 x 2.5-10 ไมโครเมตร
- Arranged in long chains
- Growth in Presence of oxygen
  - ✓ aerobic, facultative anaerobe
  - ✓ Strict aerobic
- Capsulated



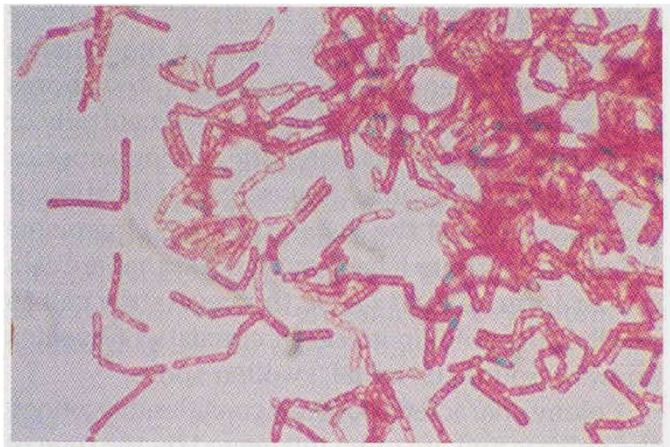


Figure 13-3
Spore stain of *Bacillus* sp. (Courtesy Cathy Bissonette.)

Bacillaceae (cont.)

- some former members of the genus *Bacillus* were gathered into new Families, including
  - Acyclobacillaceae
  - Paenibacillaceae

Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (1st ed. 1986)	Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (2nd ed. 2004)	
Bacillus acidocalderius	*Acyclobacillus acidocalderius*	Family Acyclobacillaceae
Bacillus alvei	*Paenibacillus alvei*	Family Paenibacillaceae
Bacillus brevis	*Brevibacillus brevis*	

โครงสร้างพื้นฐาน: ผนังเซลล์

1. แคปซูล (Capsule)

- องค์ประกอบ: poly-D-glutamic acid หรือ carbohydrate
- หน้าที่: ป้องกันเซลล์และเกี่ยวข้องกับความรุนแรงของเชื้อ
- ความแตกต่างระหว่างสปีชีส์:
  - *B. anthracis:* สร้างแคปซูล poly-D-glutamic acid
  - *B. cereus* และ *B. thuringiensis:* ไม่สร้างแคปซูล

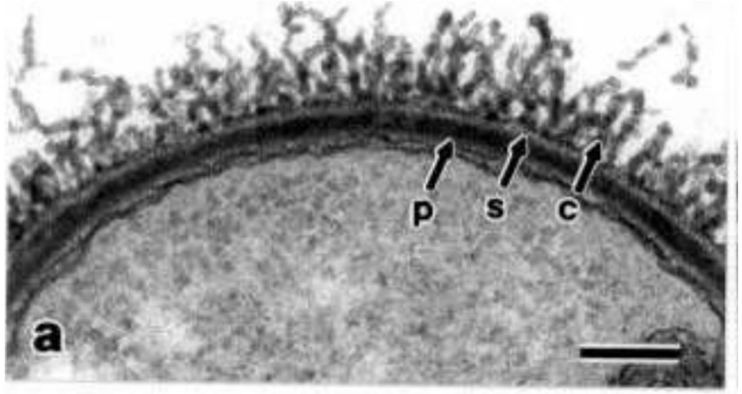
2. S-layer

- โครงสร้างผลึกของโปรตีนหรือไกลโคโปรตีน
- เกี่ยวข้องกับการยึดเกาะ
- ป้องกันการจับกลุ่มกันเองของเซลล์

Structure

Surface of Bacillus: พื้นผิวของเซลล์บาซิลลัส

- พื้นผิวเซลล์ของบาซิลลัสมีความซับซ้อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติในการเกาะติด (adherence) ความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (resistance) และการตอบสนองของเซลล์ (response)
- vegetative cell surface ของ *Bacillus* ประกอบด้วย
  - ✓ a capsule
  - ✓ a proteinaceous surface layer (S-layer)
  - ✓ several layers of peptidoglycan sheeting
  - ✓ the proteins on the outer surface of the plasma membrane.



Structure (cont.)

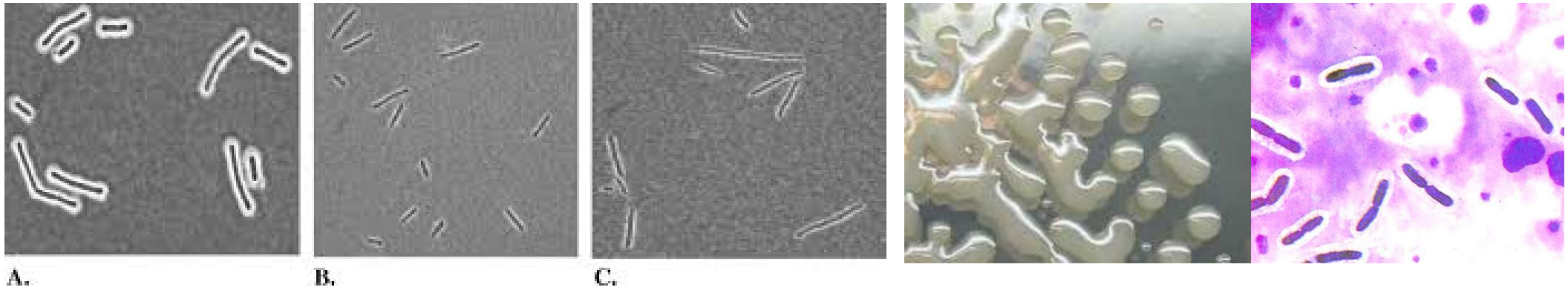
Capsule

- In all *Bacillus* species, peptidoglycan in the cell wall, contain large amounts of teichoic acids which are bonded to muramic acid residues.
- ชนิดของ glycerol teichoic acids มีความแตกต่างกันอย่างมากในบาซิลลัสชนิดเดียวกัน และต่างชนิด
- พบ lipoteichoic acids ใน cell membraneของ *Bacillus* species

Structure (cont.)

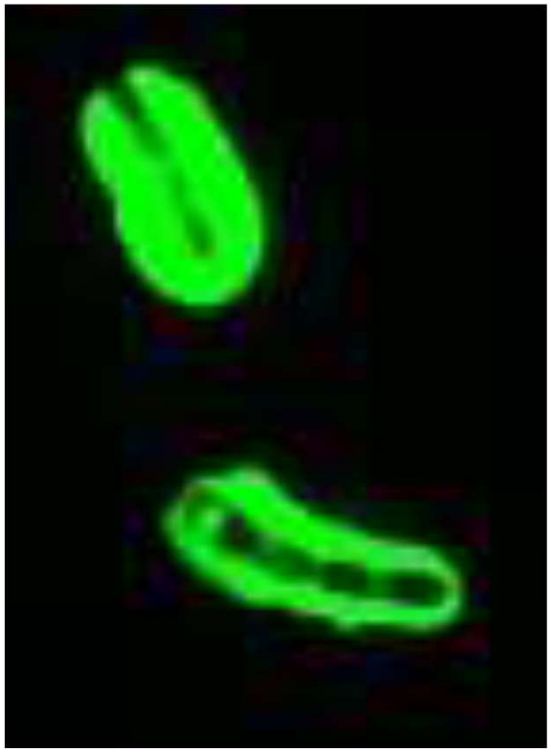
Capsule:

- The capsules of many bacilli, including *B. anthracis, B. subtilis, B. megaterium* and *B. licheniformis,* contain poly-D or L-glutamic acid.
- Other *Bacillus* species, e.g., *B. circulans, B. megaterium, B. mycoides* and *B. pumilus,* produce carbohydrate capsules.
- Dextran and levan are common, but more complex polysaccharides are produced, as well.



Structure (cont.)

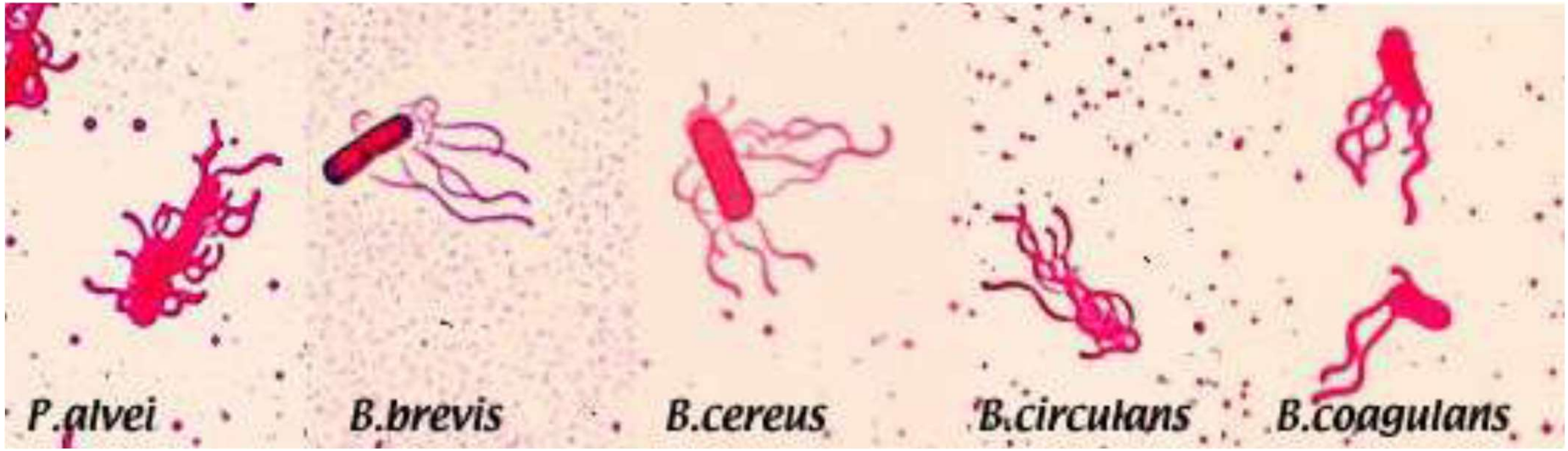
❖ Capsule



- The capsule of *B. anthracis* is composed of a poly-D-glutamic acid.
- The capsule is a major determinant of virulence in anthrax.
- *B. cereus* และ *B. thuringiensis ไม่สร้างแคปซูล* *ทั้งๆ ที่*มีความใกล้ชิดทางพันธุกรรมกับ *B. anthracis* จึงใช้เป็นเกณฑ์ในการแยกความแตกต่างระหว่างชนิด

Structure

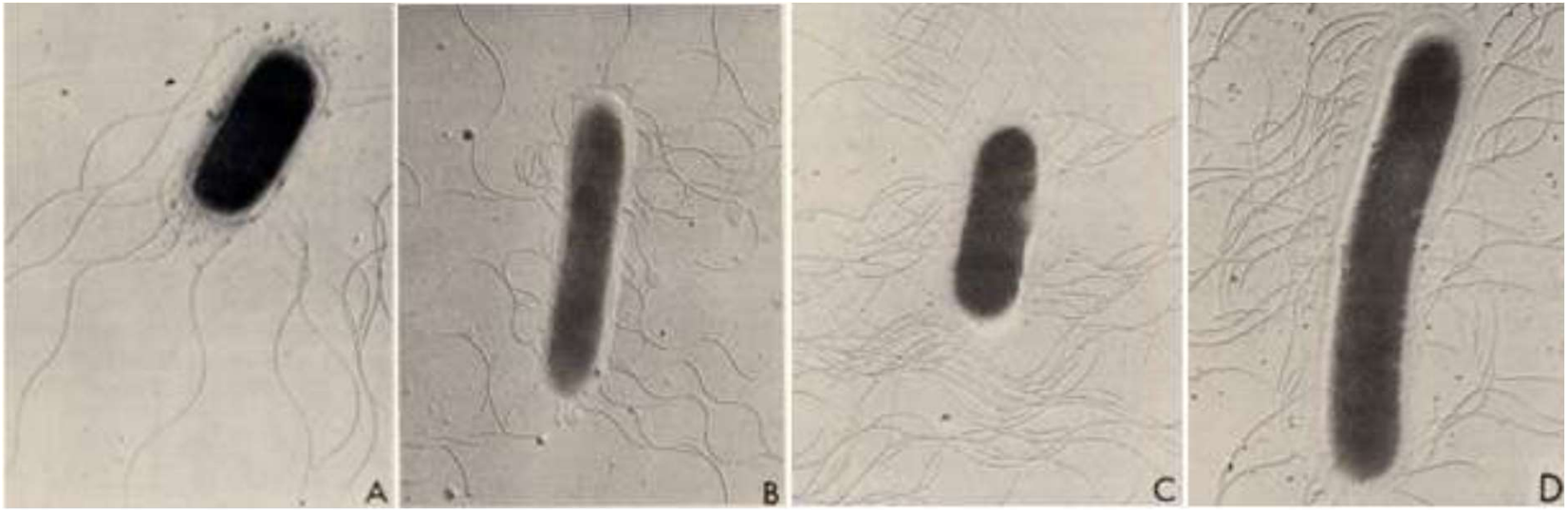
Flagella



Flagellar stains (Leifson's Method) of various species of bacilli from CDC.

Structure

Flagella



- Individual cells of motile bacilli photographed on nutrient agar. About 15,000X magnification. U.S. Dept. of Agriculture. A. *B. subtilis;* B. *P. polymyxa;* C. *B. laterosporus;* D. *P. alvei.*
- Aerobic sporeformers ส่วนใหญ่เคลื่อนที่โดยใช้ *peritrichous flagella*
- มีการศึกษา Chemotaxis กันอย่างมากใน *B. subtilis*

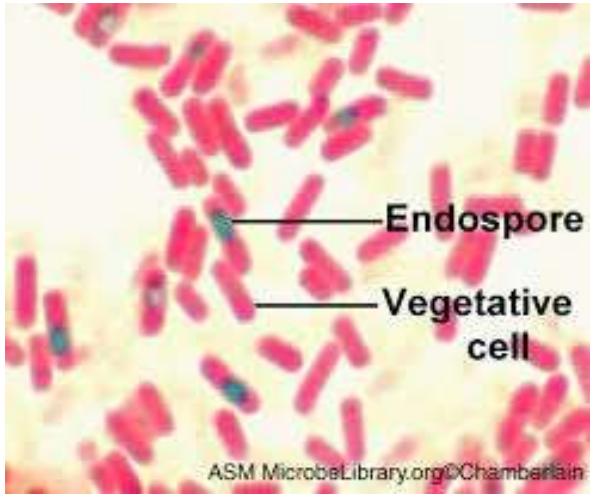
Structure

Endospore:

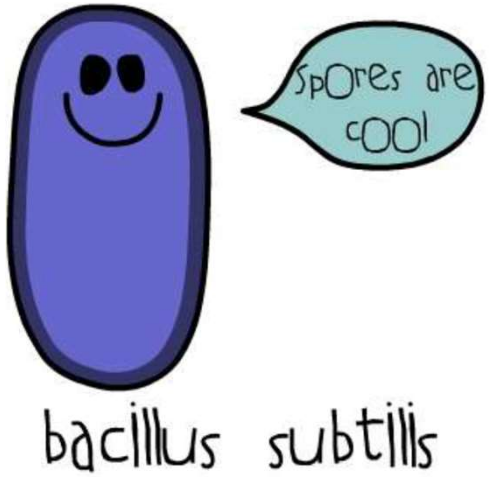
- เอนโดสปอร์ถูกค้นพบครั้งแรกโดย Cohn ใน *B. subtilis* และถูกค้นพบต่อมาโดย Koch ใน pathogen *Bacillus anthracis.*
- Cohn แสดงให้เห็นว่าเอนโดสปอร์มีคุณสมบัติในการทนร้อน (heat resistance)
- *Koch* อธิบายวงจรการสร้างเอนโดสปอร์ใน *B. anthracis.*
- เอนโดสปอร์ถูกสร้างภายในเซลล์ (intracellularly) หลังจากนั้นจะถูกปล่อยออกจาก mother cell หรือสปอร์แรงเจียมในรูปของ free spores
- Endospores จะไม่ถูกสร้างขึ้นในระหว่างที่เซลล์มีการเจริญดี (active growth) และในช่วงที่มีการแบ่งเซลล์ (cell division)
- การเปลี่ยนแปลงของเซลล์ปกติเพื่อสร้างเอนโดสปอร์ (differentiation begins when a population of vegetative cells) เกิดขึ้นเมื่อเซลล์พ้นจากการเจริญในช่วง exponential phase

Structure

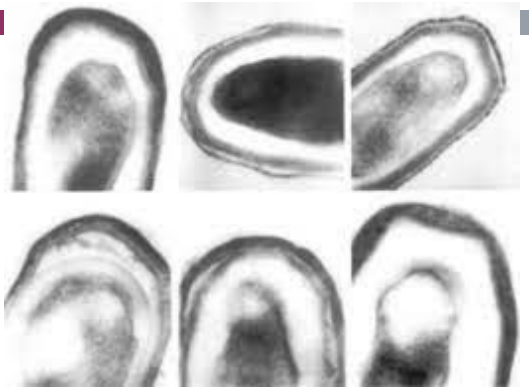
Endospore:



- Endospores have proven to be the most durable type of cell found in nature, and
- In their cryptobiotic state of dormancy they can remain viable for extremely long periods of time, perhaps millions of years

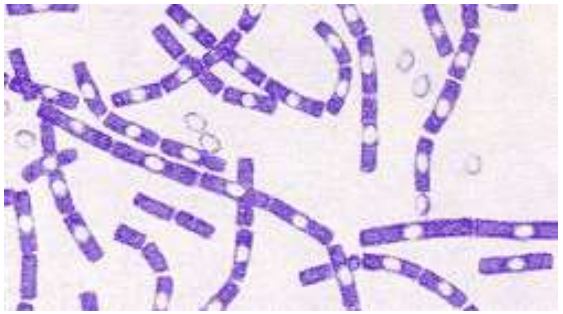


Structure



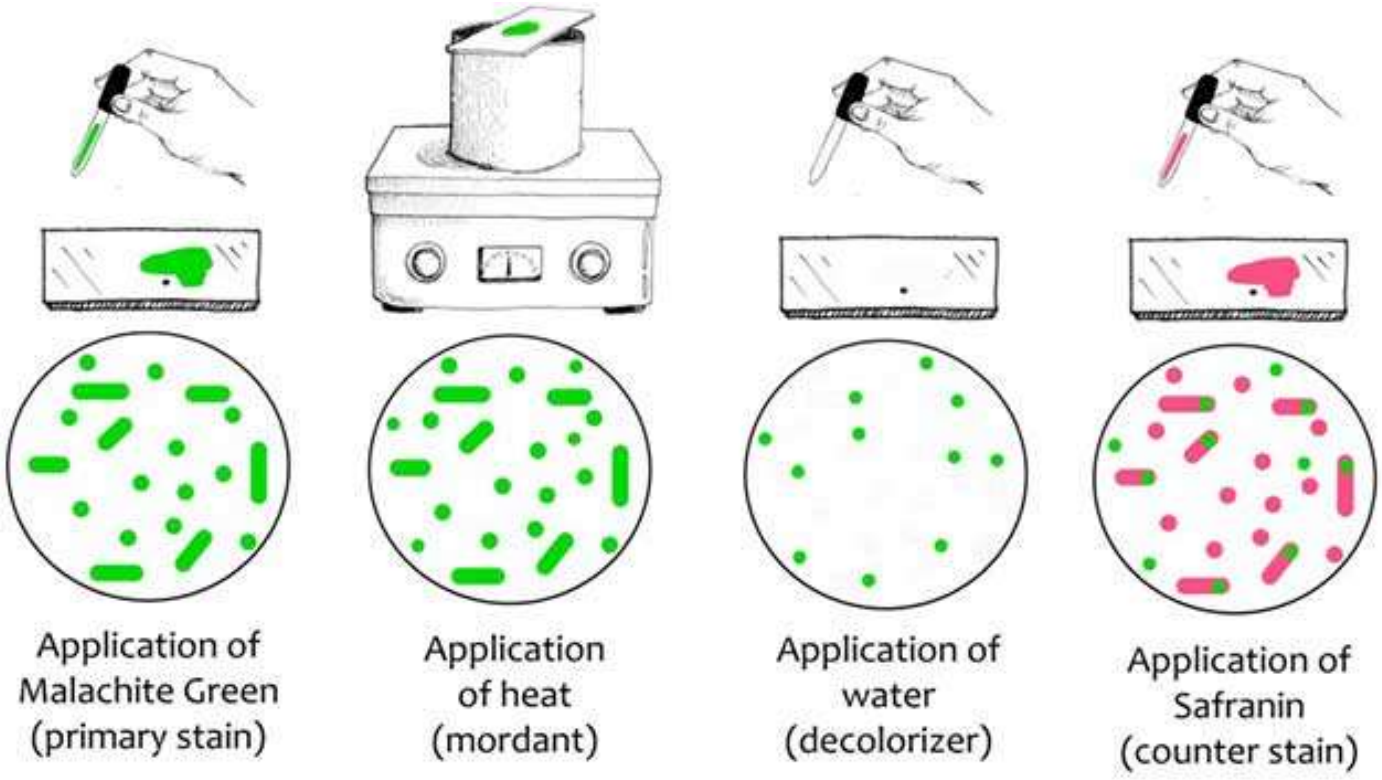
Endospore:

- เมื่อศึกษาโครงสร้างของเอนโดสปอร์โดยไม่ย้อมสี (unstained) จะเห็นลักษณะขอบสีดำ สว่างมากและหักเหแสง
- เอนโดสปอร์ทน/ต้านทานต่อการย้อมแบบ simple stain ดังนั้นในการย้อมแกรมจึงเห็นเป็นโครงสร้างที่ไม่ติดสี



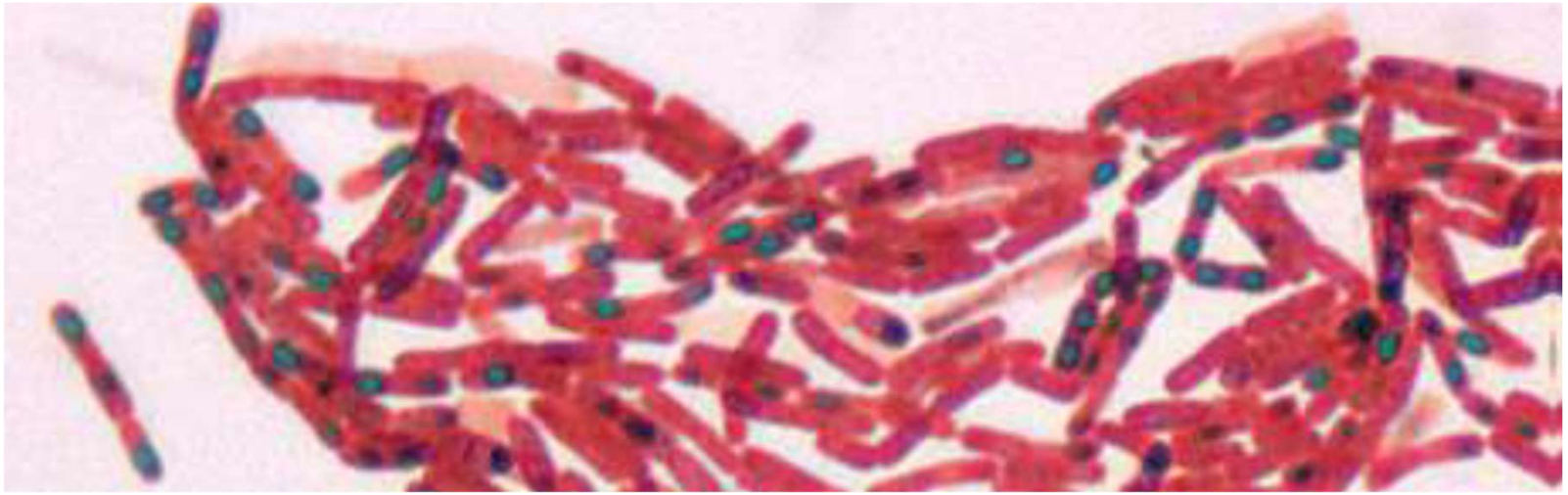
- การย้อมเอนโดสปอร์ใช้วิธี Schaeffer-Fulton staining ซึ่งทำให้เห็นความแตกต่างของเอนโดสปอร์จาก vegetative cells

Procedure of Endospore Staining by Schaeffer-Fulton staining



Structure

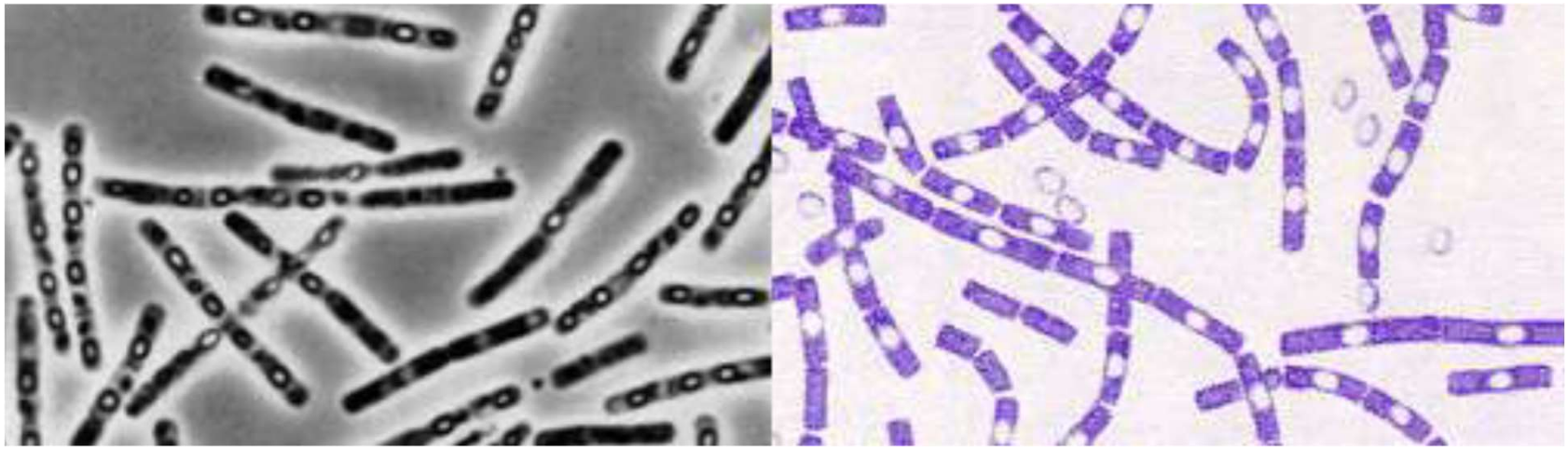
Endospore:



Spore stain of a *Bacillus* species. CDC. The staining technique employed is the Schaeffer-Fulton method. A fixed smear is flooded with a solution of malachite green and placed over boiling water for 5 minutes. After rinsing, the smear is counterstained with safranin. Mature spores stain green, whether free or still in the vegetative sporangium; vegetative cells and sporangia stain red.

Structure

Endospore:



- Left. *Bacillus thuringiensis* phase micrograph. Endospores can be readily recognized microscopically by their intracellular site of formation and their extreme refractility.
- Right. *Bacillus anthracis* Crystal violet stain viewed by light microscopy.
- Endospores are highly resistant to application of basic aniline dyes that readily stain vegetative cells.

แหล่งที่อยู่อาศัยของเชื้อ

ในธรรมชาติ ดิน น้ำ

พืช อาหาร

ลำไส้คนและสัตว์

Physiology and Pathogenesis

Eco-physiological Groups: Bacillus

S.N.	Groups	Organism	S.N.	Groups	Organism
1.	**Acidophiles**	*Bacillus coagulans*	5.	**Thermophiles**	*Bacillus schlegelii*
2.	**Alkaliphiles**	*Sporosarcina pasteurii*	6.	**Denitrifiers**	*Bacillus cereus*
3.	**Halophiles**	*Virgibacillus pantothenticus*	7.	**Nitrogen-fixers**	*Paenibacillus polymyxa*
4.	**Psychrophiles**	*Bacillus megaterium*	8.	**Antibiotic Producers**	*Bacillus licheniformis* (bacitracin)

Physiology and Pathogenesis

Pathogens of Insects:

S.N.	Organism	Host	Disease	Pathogenesis
1.	*Paenibacillus larvae*	honeybees	**American foulbrood**	Spores germinate in the gut of the larva and the vegetative form of the bacteria begins to grow, taking its nourishment from the larva
2.	*Paenibacillus lentimorbus*	Japanese beetle, *Popillia japonica*	**milky diseases**	This ingestion of the spore by the host activates reproduction of the bacteria inside the grub (larva).
3.	*Bacillus thuringiensis*	lepidopteran insects		production of an intracellular **parasporal crystal** in association with spore formation.

Physiology and Pathogenesis

Pathogens of Animals & Human:

- *Bacillus anthracis* and *B. cereus* are the predominant pathogens of medical importance.
- *Paenibacillus alvei, B. megaterium, B. coagulans, Brevibacillus laterosporus, B. subtilis, B. sphaericus, B. circulans, Brevibacillus brevis, B. licheniformis, P. macerans, B. pumilus* and *B. thuringiensis* have been occasionally isolated from human infections.
- *B. anthracis* is the causative agent of anthrax, and *B. cereus* causes food poisoning.
- Nonanthrax *Bacillus* species can also cause a wide variety of other infections, and they are being recognized with increasing frequency as pathogens in humans.

ภาวะการก่อให้เกิดโรค ของ *Bacillus* spp.

B. anthracis ⇨ anthrax

B. cereus ⇨ อาหารเป็นพิษ

Bacillus spp. ⇨ ก่อโรคฉวยโอกาส

Bacillus subtilis ⇨ ใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ

Bacillus

B. anthracis: anthrax of the animals and humans.
B. cereus: food poisoning; opportunistic infections.

Morphology and Physiology

Aerobic or facultatively anaerobic.

Large gram-positive rods, have square ends, arranged in long chains.

Form spores.

Most are saprophytic (soil, water, air, and on vegetation.)

CUTANEOUS ANTHRAX

พบ > 95% ของการติดเชื้อ anthrax

ติดจาก : สปอร์ สัมผัสกับสัตว์, ผลิตภัณฑ์สัตว์

ระยะฟักตัว 2-5 วัน

ตุ่มเล็กๆ (papule)

ตุ่มใหญ่ มีหนอง (black eschar)

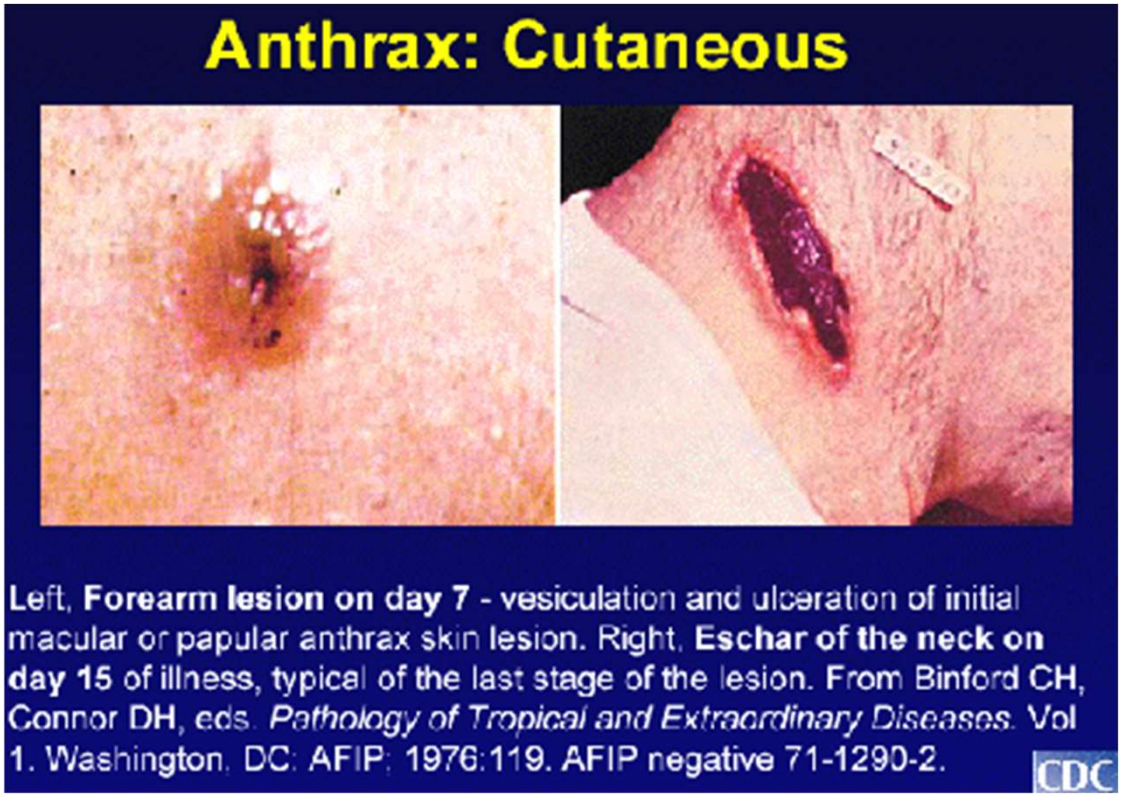
ตรงกลางบุ๋มลง บวมล้อมรอบ ไม่ปวด

อาการรุนแรง ลุกลามไปต่อมน้ำเหลือง

เข้าสู่กระแสโลหิต

เสียชีวิต

CUTANEOUS ANTHRAX



PULMONARY ANTHRAX

ติดจากการสูดดม หายใจเอาฝุ่นละอองจากขน หนัง กระดูก ที่มีสปอร์ของเชื้อ

สปอร์งอกที่ปอด

เกิดอาการเลือดออก เยื่อหุ้มปอดอักเสบ

หายใจลำบาก เจ็บหน้าอก เกิดอย่างรวดเร็ว

จนช็อก ทำให้เสียชีวิต

มักเกิดกับคนทำงานโรงงานขนสัตว์ woolsorter's disease

GASTROINTESTINAL ANTHRAX

เกิดจาก บริโภคเนื้อสัตว์ที่ติดเชื้อ

อาการทางกระเพาะอาหาร

ปวดช่องท้อง มีไข้ อาเจียน

ท้องเสีย ถ่ายเป็นเลือด ลำไส้อุดตัน

โลหิตเป็นพิษ และช๊อค

มีอัตราการตายสูง

เกิดในสัตว์ ที่กินหญ้า มากกว่าในคน

B. cereus food poisoning

	Emetic Form	Diarrheal Form
Implicated food	Rice	Meat, vegetables
Incubation period (hours)	<6 (mean, 2)	>6 (mean, 9)
Symptoms	Vomiting, nausea, abdominal cramps	Diarrhea, nausea, abdominal cramps
Duration (hours)	8–10 (mean, 9)	20–36 (mean, 24)
Enterotoxin	Heat-stable	Heat-labile

การใช้ประโยชน์จาก BACILLUS SUBTILIS ในอุตสาหกรรม

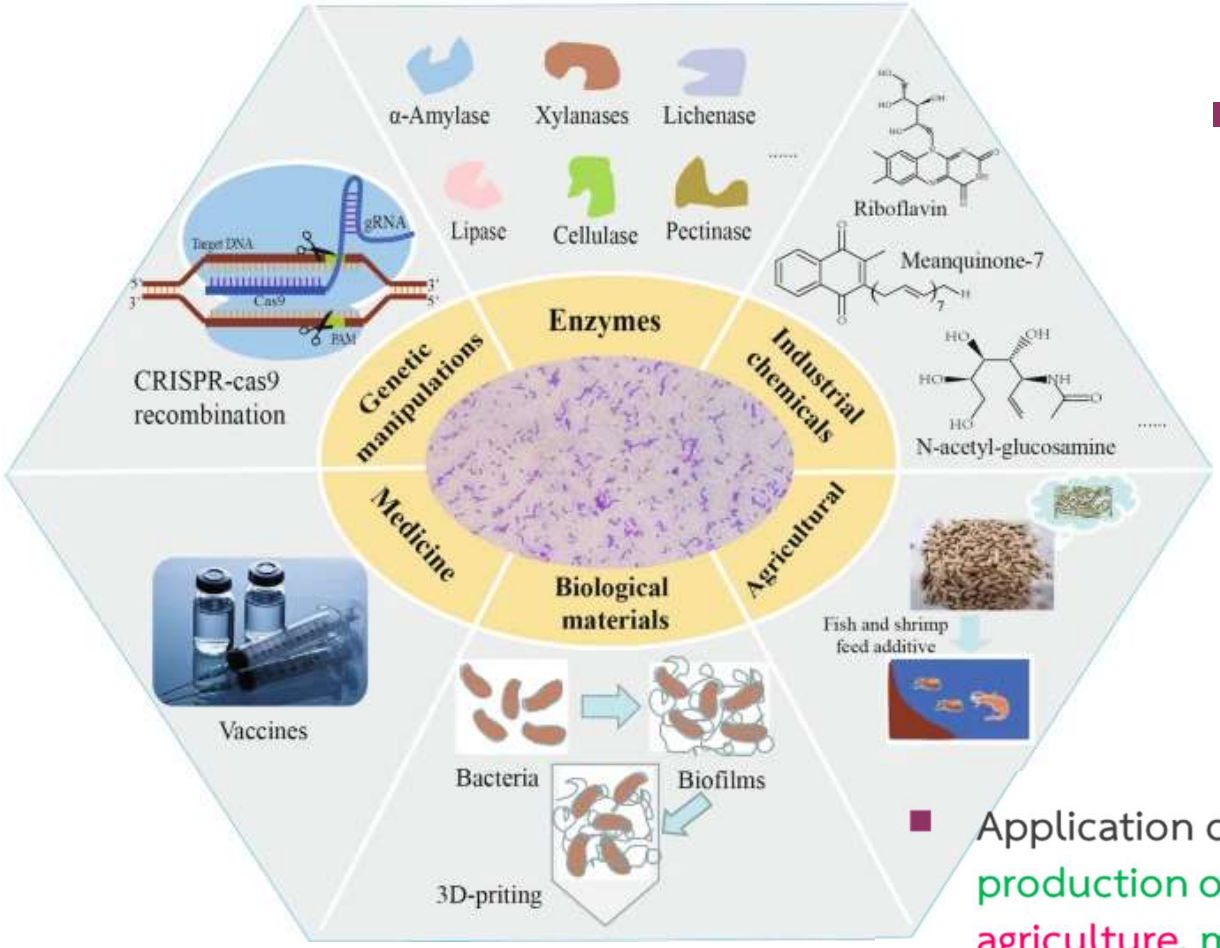
Review | Open Access | Published: 03 September 2020

Bacillus subtilis: a universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials and medicine

Yuan Su, Chuan Liu, Huan Fang & Dawei Zhang

Microbial Cell Factories **19**, Article number: 173 (2020) | Cite this article

54k Accesses | **94** Citations | **9** Altmetric | Metrics



- Application of *B. subtilis* for genetic engineering, production of industrial chemicals or enzymes, agriculture, medicine and biomaterials. The CRISPR/cas9 tool has been widely used in the genetic engineering of *B. subtilis*. The bacterium can be used to produce various industrial enzymes, such as **α**-amylase, xylanase, lichenase, lipase, cellulase, or pectinase. It can also be used to produce various chemicals, such as riboflavin, menaquinone-7, inositol, or N-acetylglucosamine. In agriculture, it can be used as a feed additive. Biofilms of *B. subtilis* can be used as a biomaterial in 3D printing. In medicine, *B. subtilis* can be used to produce vaccine

BACILLUS SUBTILIS : การประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ

- *Bacillus subtilis* is an aerobic, Gram-positive soil bacterium, which has been widely used for the production of heterologous proteins [1]. It secretes numerous enzymes to degrade a variety of substrates, enabling the bacterium to survive in a continuously changing environment. This species and some of its close relatives have excellent protein secretion ability, making them important hosts for the production of medicinal proteins and industrial enzymes. For these reasons, it has been widely used to produce heterologous proteins. Moreover, it has excellent physiological characteristics and highly adaptable metabolism, which makes it easy to cultivate on cheap substrates. Accordingly, *B. subtilis* grows fast and the fermentation cycle is shorter, usually, around 48 h, while the fermentation cycle of *Saccharomyces cerevisiae* is around 180 h [2, 3]. Furthermore, excellent expression systems with good genetic stability are available for this organism, and it has no strong codon preference. Different from *Escherichia coli*, *B. subtilis* has a single cell membrane, which facilitates protein secretion, simplifies downstream processing, and reduces the process costs. Finally, this species is generally recognized as safe (GRAS)

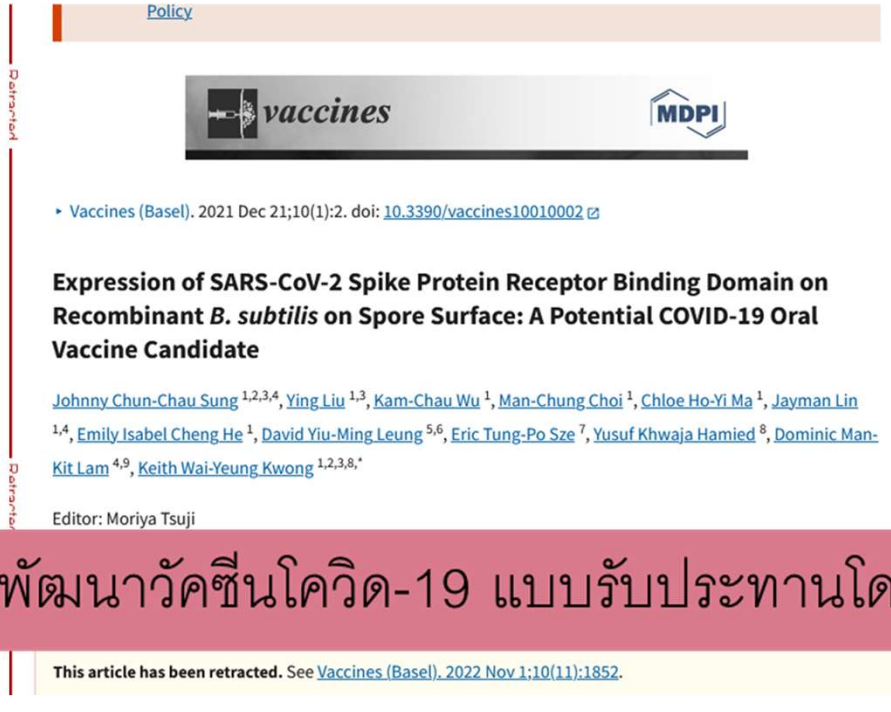
CURRENT TOPICS IN BACILLACEAE RESEARCH

- **1. Medical Applications**
  - COVID-19 vaccine development
  - Probiotics and gut health
  - Antimicrobial resistance
- **2. Environmental Applications**
  - Sustainable agriculture
  - Plastic biodegradation
  - Smart materials
- **3. Future Perspectives**
  - Space biology
  - New applications in biotechnology

1. MEDICAL APPLICATION

BACILLUS กับการพัฒนาวัคซีน COVID-19

- การใช้ *B. subtilis* เป็น platform ในการผลิตโปรตีน spike ของ SARS-CoV-2
- ข้อดีคือต้นทุนต่ำ ผลิตง่าย และปลอดภัย
- มีการพัฒนาเป็นวัคซีนชนิดรับประทาน (oral vaccine) ซึ่งสะดวกต่อการให้วัคซีนในวงกว้าง



Policy

vaccines MDPI

Vaccines (Basel). 2021 Dec 21;10(1):2. doi: 10.3390/vaccines10010002

Expression of SARS-CoV-2 Spike Protein Receptor Binding Domain on Recombinant *B. subtilis* on Spore Surface: A Potential COVID-19 Oral Vaccine Candidate

Johnny Chun-Chau Sung [1,2,3,4], Ying Liu [1,3], Kam-Chau Wu [1], Man-Chung Choi [1], Chloe Ho-Yi Ma [1], Jayman Lin [1,4], Emily Isabel Cheng He [1], David Yiu-Ming Leung [5,6], Eric Tung-Po Sze [7], Yusuf Khwaja Hamied [8], Dominic Man-Kit Lam [4,9], Keith Wai-Yeung Kwong [1,2,3,8,*]

Editor: Moriya Tsuji

This article has been retracted. See Vaccines (Basel). 2022 Nov 1;10(11):1852.

การพัฒนาวัคซีนโควิด-19 แบบรับประทานโดยใช้ *B. subtilis*

การพัฒนาวัคซีนโควิด-19 แบบรับประทานโดยใช้ B. SUBTILIS

ความท้าทายของวัคซีนโควิด-19 แบบฉีด

- ผลข้างเคียงที่รุนแรง
- ต้องการการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมาก
- การกระจายวัคซีนทำได้ยาก

ข้อดีของ *B. subtilis*

1. คุณสมบัติพื้นฐาน
    1. จัดเป็นจุลินทรีย์ที่ปลอดภัย (GRAS)
    2. ไม่มี endotoxin
    3. ใช้เป็น host สำหรับการผลิตโปรตีนลูกผสมได้ดี
2. คุณสมบัติของสปอร์
    1. ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่รุนแรง
    2. ทนกรดในระบบทางเดินอาหาร
    3. เหมาะสมสำหรับการให้ทางปาก

การพัฒนาวัคซีนโควิด-19 แบบรับประทาน

1. การดัดแปลงพันธุกรรม
    1. แสดงออก spike protein receptor binding domain (sRBD)
    2. แสดงออกที่ผิวของสปอร์
2. ผลการทดสอบ
    1. ปลอดภัยในหนูทดลองและอาสาสมัคร
    2. กระตุ้นการสร้างแอนติบอดีต่อ sRBD
    3. มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นวัคซีนทางเลือก

ข้อดีของวัคซีนแบบรับประทาน

- ให้วัคซีนได้ง่าย
- ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่ง
- เหมาะสำหรับการให้วัคซีนในวงกว้าง
- ลดความเสี่ยงจากการฉีด

แนวทางการพัฒนาในอนาคต

1. การศึกษาทางคลินิกเพิ่มเติม
2. การปรับปรุงประสิทธิภาพ
3. การประยุกต์ใช้กับโรคอื่นๆ

1. MEDICAL APPLICATION

BACILLUS PROBIOTICS และ GUT MICROBIOME

Bacillus Probiotics และ Gut Microbiome

- การใช้ *B. clausii* และ *B. coagulans* เป็นโพรไบโอติก
- บทบาทในการรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้
- ผลต่อระบบภูมิคุ้มกันและสุขภาพโดยรวม

Current Progress and Future Perspectives on the Use of *Bacillus clausii*

Emilia Ghelardi [1], Ana Teresa Abreu y Abreu [2], Christian Boggio Marzet [3], Guillermo Álvarez Calatayud [4], Marcos Perez III [5,*], Ana Paula Moschione Castro [6]

Editor: Haruki Kitazawa

▸ Author information ▸ Article notes ▸ Copyright and License information

PMCID: PMC9230978 PMID: 35744764

BACILLUS CLAUSII: โพรไบโอติกส์ทางเลือกใหม่ (SPORE PROBIOTICS)

Bacillus clausii: โพรไบโอติกส์ทางเลือกใหม่

คุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญ

1. การสร้างสปอร์
   - ทนต่อความร้อน
   - ทนต่อกรด
   - ทนต่อเกลือ
   - ผ่านระบบทางเดินอาหารได้โดยไม่สูญเสียเซลล์
2. ข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับโพรไบโอติกส์ทั่วไป
   - เก็บรักษาได้นาน
   - ไม่ต้องแช่เย็น
   - ทนต่อกระบวนการผลิต

ประโยชน์ทางสุขภาพ

1. คุณสมบัติต้านจุลชีพ
   - ผลิตสารต้านจุลชีพ
   - แข่งขันกับเชื้อก่อโรค
   - รักษาสมดุลจุลินทรีย์ในลำไส้
2. การปรับภูมิคุ้มกัน (Immunomodulation)
   - กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน
   - ลดการอักเสบ
   - ปรับสมดุลการตอบสนองทางภูมิคุ้มกัน

1. MEDICAL APPLICATION

BACILLUS BIOFILM และ ANTIMICROBIAL RESISTANCE

- การศึกษาการสร้าง biofilm ของ Bacillus ในสภาพแวดล้อมทางการแพทย์
- กลไกการดื้อยาที่เกี่ยวข้องกับ biofilm
- แนวทางการพัฒนายาต้านจุลชีพรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพ

Research | Open access | Published: 19 February 2024

Emergence of multidrug-resistant *Bacillus* spp. derived from animal feed, food and human diarrhea in South-Eastern Bangladesh

Md Atiqul Haque, Huilong Hu, Jiaqi Liu, Md Aminul Islam, Foysal Hossen, Md Arifur Rahman, Firoz Ahmed ✉ & Cheng He ✉

BMC Microbiology **24**, Article number: 61 (2024) | Cite this article

2464 Accesses | **1** Altmetric | Metrics

2. Environmental Applications
Bacillus กับ Plastic Biodegradation

- การค้นพบสายพันธุ์ใหม่ของ Bacillus ที่สามารถย่อยสลายพลาสติกได้
- กลไกการย่อยสลายพลาสติกโดยเอนไซม์จาก *Bacillus*
- แนวทางการพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาขยะพลาสติกในอนาคต

บทบาทของแบคทีเรียในวงศ์ BACILLACEAE ต่อการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ที่ซับซ้อน

KeAi
CHINESE ROOTS GLOBAL IMPACT

Emerging Contaminants
Volume 11, Issue 1, 2025, 100397

Biodegradation of polypropylene microplastics by *Bacillus pasteurii* isolated from a gold mine tailing

Zhichao Wang [a], Yaxinyue Li [a], Long Bai [a], Chenli Hou [a], Chunli Zheng [b] ✉
Weiping Li [a] ✉

Show more

- **สรุปประเด็นสำคัญ**

1. *Bacillus pasteurii* สามารถย่อยสลายไมโครพลาสติกโพลีโพรพิลีน (PP-MPs) ได้
2. การเติมแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลาย MPs ผ่านกระบวนการ MICP
3. การเติม *B. pasteurii* ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างชุมชนจุลินทรีย์ในดิน เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และเพิ่มจำนวนแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายสารประกอบซับซ้อน
4. งานวิจัยนี้ช่วยสนับสนุนแนวคิดในการใช้จุลินทรีย์เพื่อย่อยสลายไมโครพลาสติก ซึ่งอาจนำไปประยุกต์ใช้ในงานสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. Environmental Applications

การใช้ BACILLUS ในการพัฒนา SUSTAINABLE AGRICULTURE

- การพัฒนา *B. thuringiensis* สายพันธุ์ใหม่เพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชที่ดื้อต่อสารเคมี
- การใช้ *B. subtilis* ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและควบคุมเชื้อราก่อโรค
- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทดแทนสารเคมี

Review article | Open access | Published: 26 September 2021

Bacillus-based nano-bioformulations for phytopathogens and insect–pest management

Pradeep Kumar, Shikha Pandhi, Dipendra Kumar Mahato, Madhu Kamle & Archana Mishra

Egyptian Journal of Biological Pest Control **31**, Article number: 128 (2021) | Cite this article

7358 Accesses | Metrics

Abstract

Download PDF

Sections | Figures | References

Abstract

Background

Main text

Conclusion

Availability of data and materials

2. Environmental Applications BACILLUS ใน อุตสาหกรรม SMART MATERIALS

- การใช้ *B. subtilis* ในการผลิต bacterial cellulose
- การพัฒนาวัสดุชีวภาพที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า (responsive biomaterials)
- การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและการแพทย์

Access through your organization Purchase PDF

ELSEVIER

Carbohydrate Polymers

Volume 313, 1 August 2023, 120892

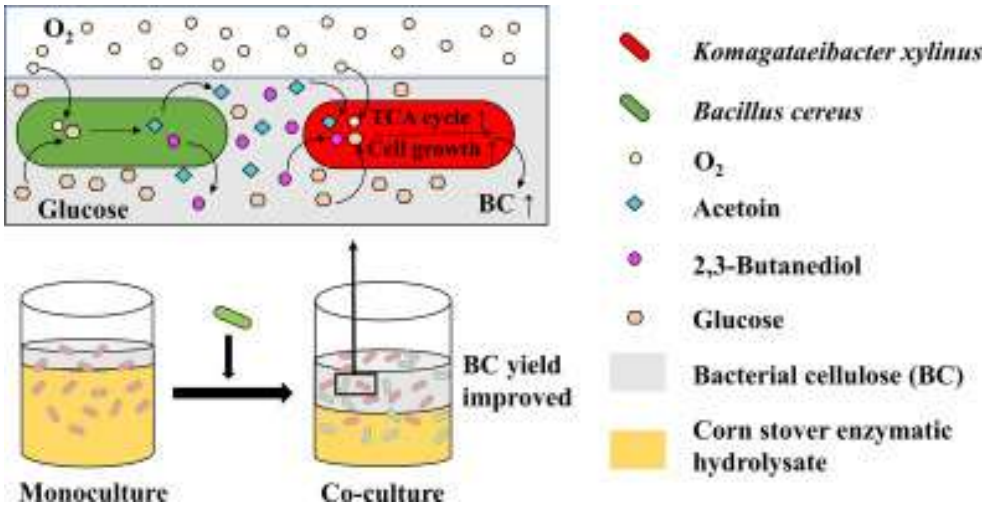
Improvement in bacterial cellulose production by co-culturing *Bacillus cereus* and *Komagataeibacter xylinus*

Wenchao Li, Xinxin Huang, Huan Liu, Hao Lian, Bin Xu, Wenjin Zhang, Xuewen Sun, Wei Wang, Shiru Jia, Cheng Zhong

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

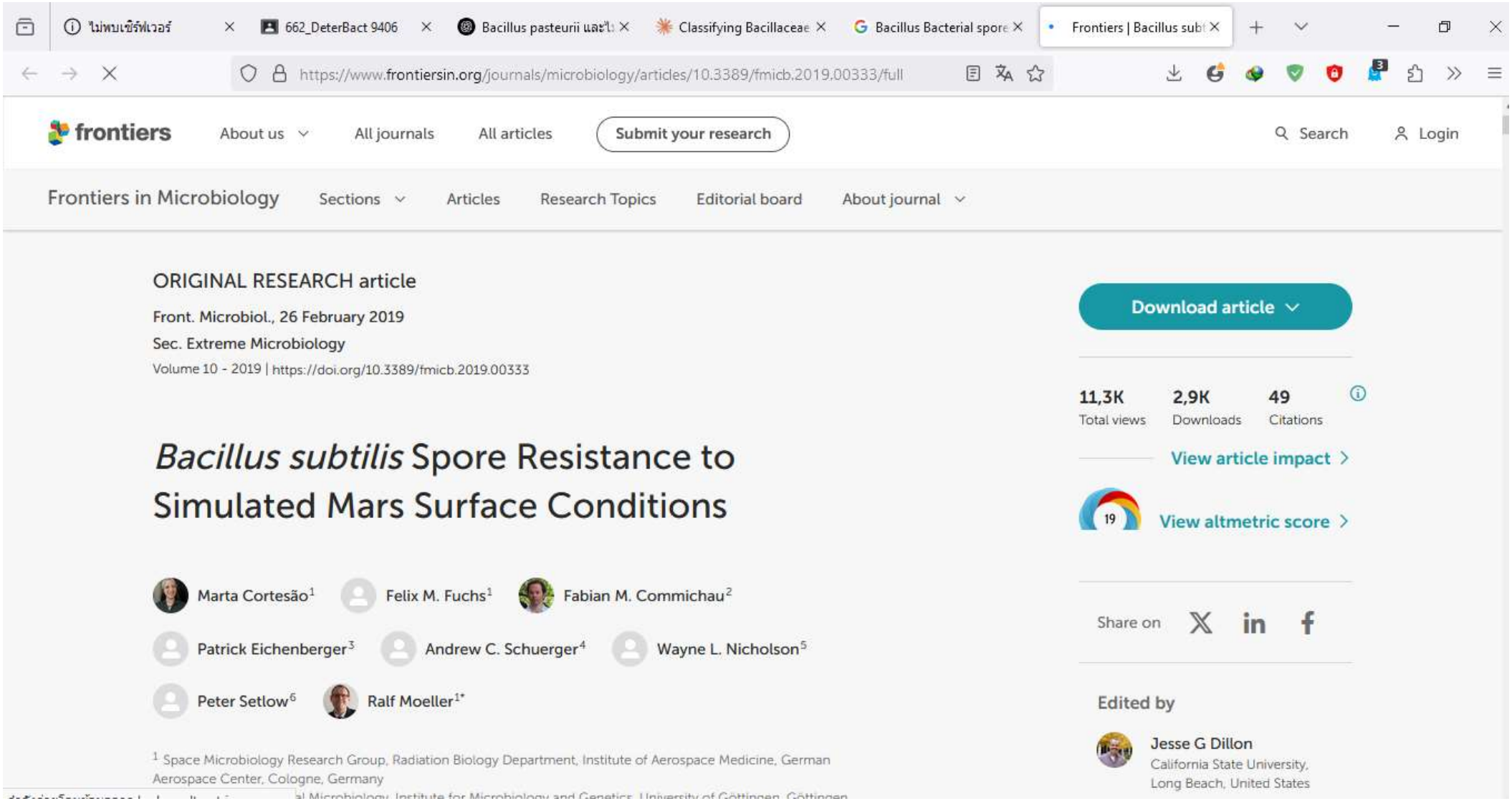
https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.120892 Get rights and content



3. FUTURE PERSPECTIVES

Bacillus กับ Space Biology

- การศึกษาการอยู่รอดของสปอร์ในอวกาศ
- ความเป็นไปได้ในการใช้ Bacillus ในการผลิตอาหารและวัสดุบนดาวอังคาร
- การวิจัยด้าน astrobiology



- สปอร์ *B. subtilis* สามารถอยู่รอดได้ในสภาวะจำลองของดาวอังคาร โดยมีโอกาสรอดสูงขึ้นหากได้รับการป้องกันจากรังสี UV ซึ่งมีนัยสำคัญต่อการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในภารกิจสำรวจดาวอังคารและช่วยให้เข้าใจถึงศักยภาพของจุลินทรีย์ที่อาจดำรงชีวิตบนดาวอังคารได้

References

- http://textbookofbacteriology.net/
- https://www.slideshare.net/prashanthkumarguddeti/bacillus-71321862