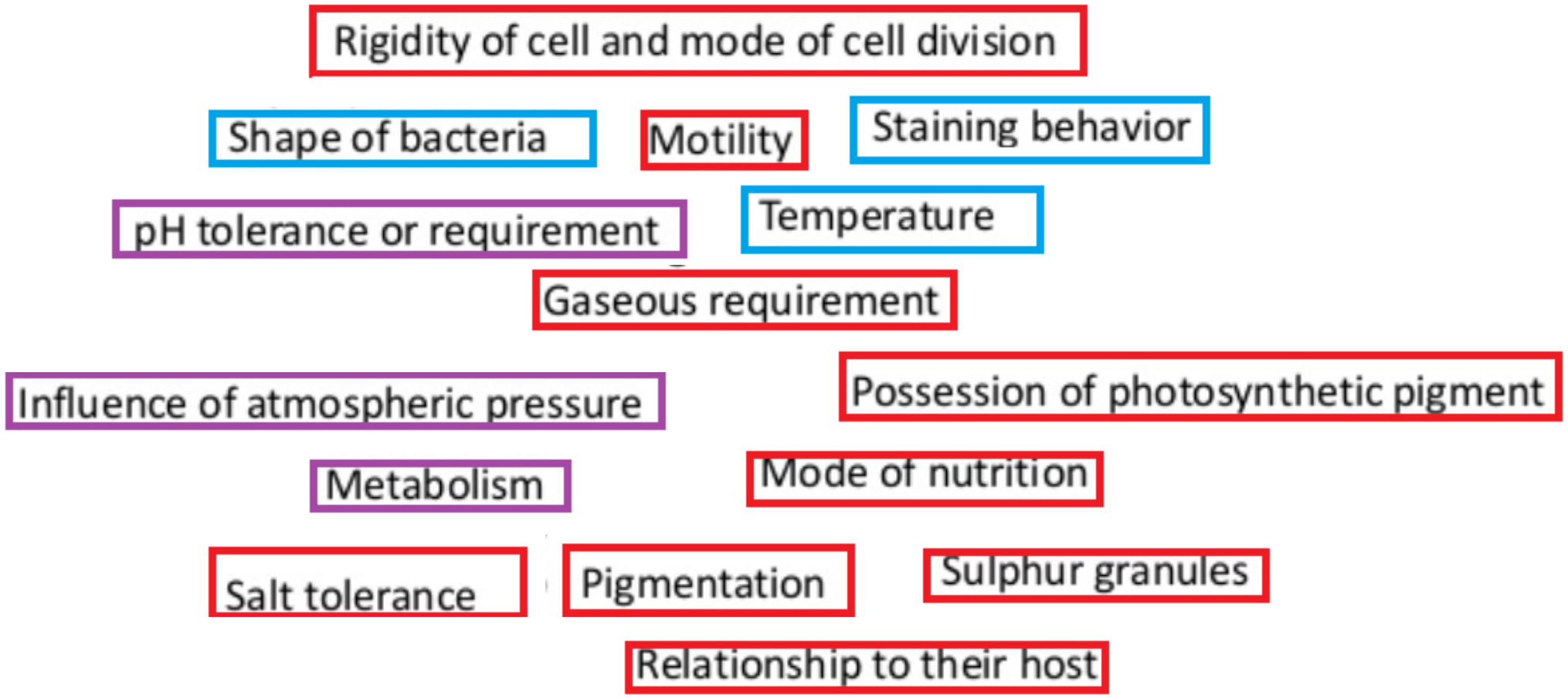
Basis of bacterial classification

Basis of Bacterial Classification



Rigidity of cell and mode of cell division

True bacteria:- Single binary fission

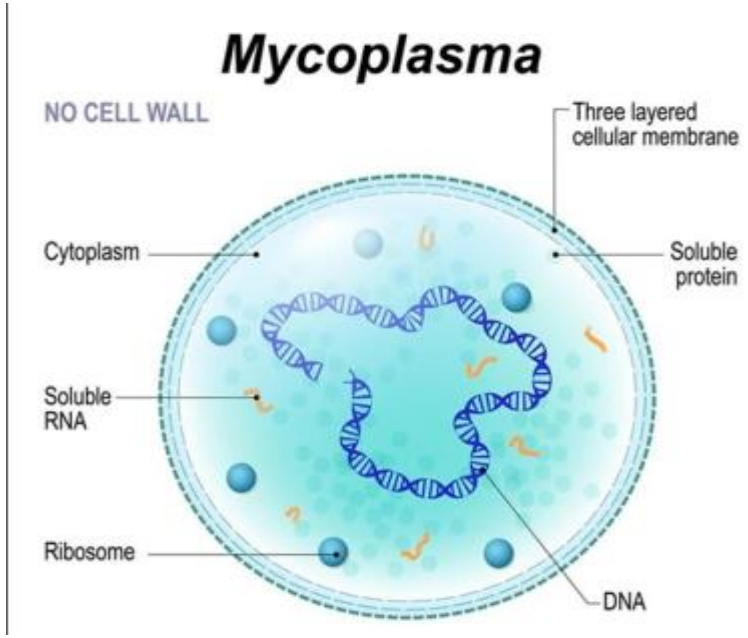
Mycoplasma:- Cellwall less bacteria

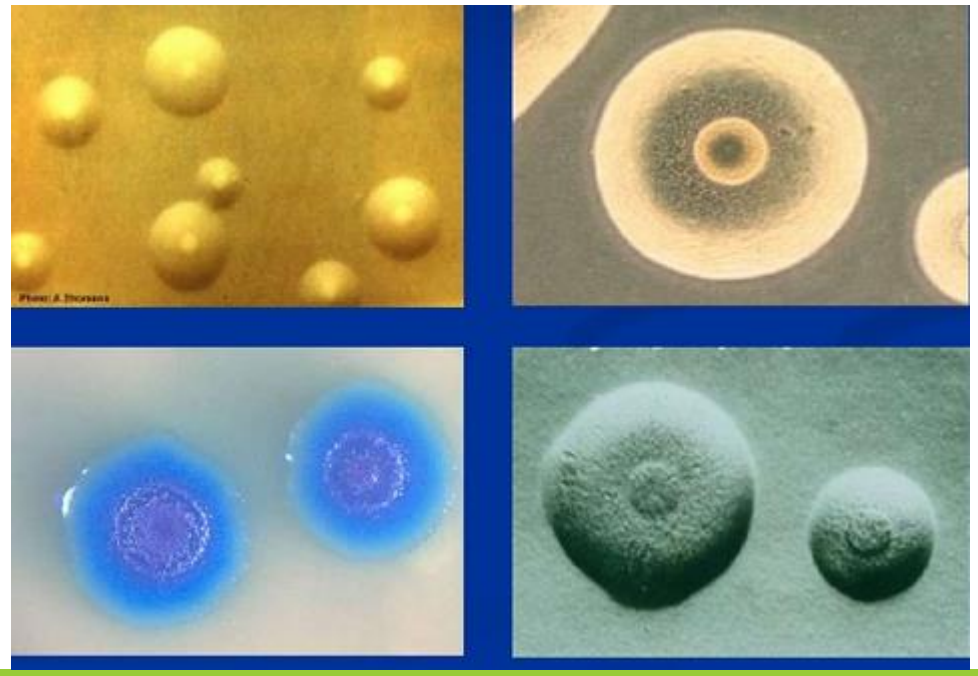
Rickettsia and chlamydia:- Obligate parasite

مایکوپلاسماها ارگانیسم های پلئومورفیک (چندشکلی) هستند واندازه ی آن ها از اشکال شبیه وزیکول تا اندازه های بسیار کوچک وقابل عبورازصافی متغییر است.

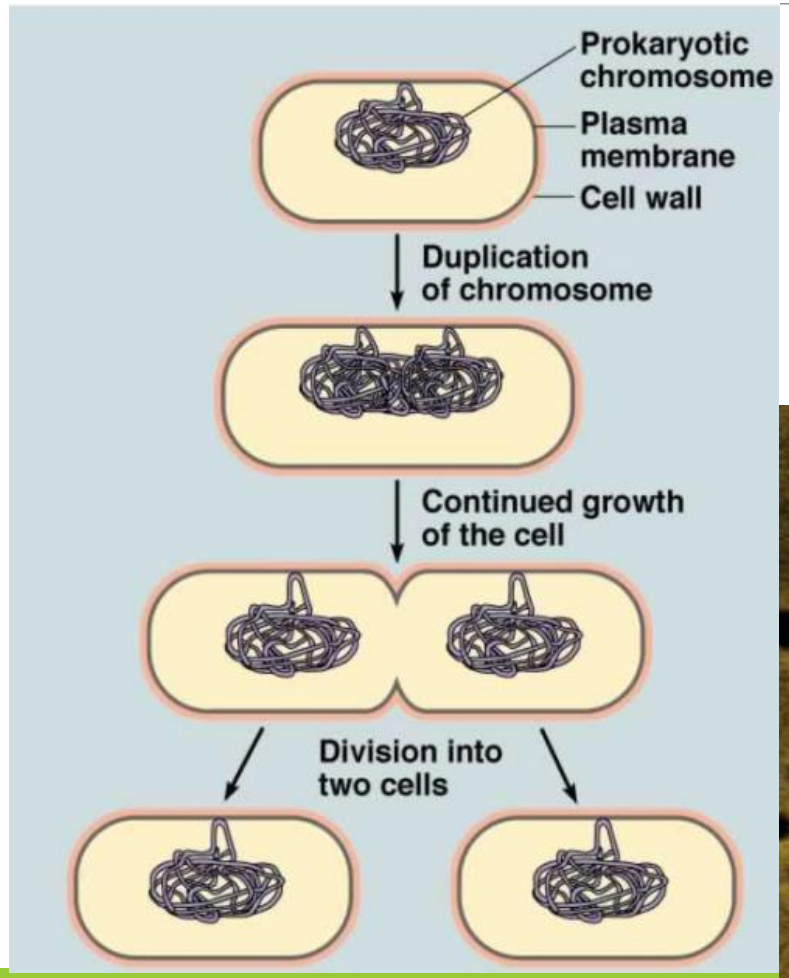
تولید مثل این ارگانیسم ها از طریق **جوانه زدن ، قطعه قطعه شدن یا تقسیم دوتایی** (هریک از روش ها به تنهایی یا مجموعه ای از آن ها) صورت میگیرد.

- اکثر گونه ها برای رشد به محیط پیچیده وایزوتونیک نیاز دارند ودر محیط های جامد کلونی های مشخصی معمولا بصورت **تخم مرغ نیمرو**تشکیل می دهند
- یکی از مشخصات منحصربه فرد آن است که برخی از جنس ها برای رشد نیاز به **کلسترول** دارند، به همین جهت تنها مایکوپلاسماها هستند که همانند سلول های حیوانی ممکن است درغشاء سلولی آن ها استرول مشاهده شود



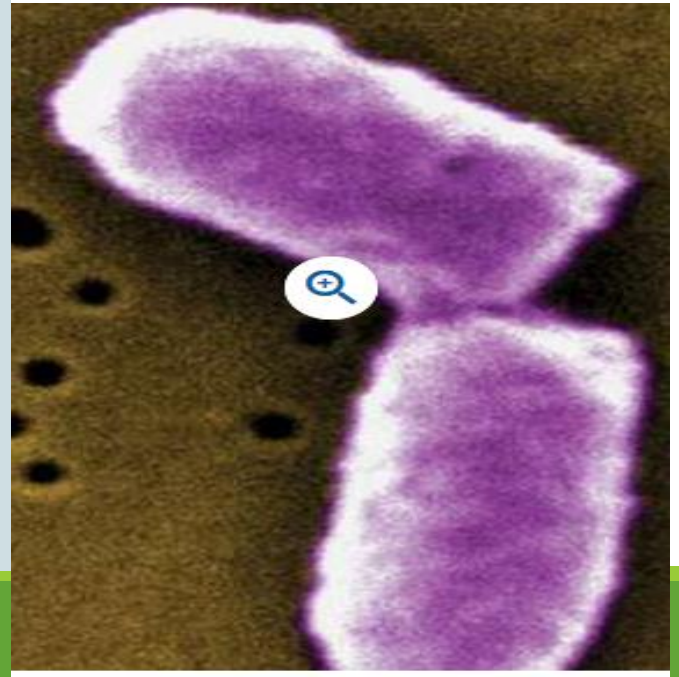


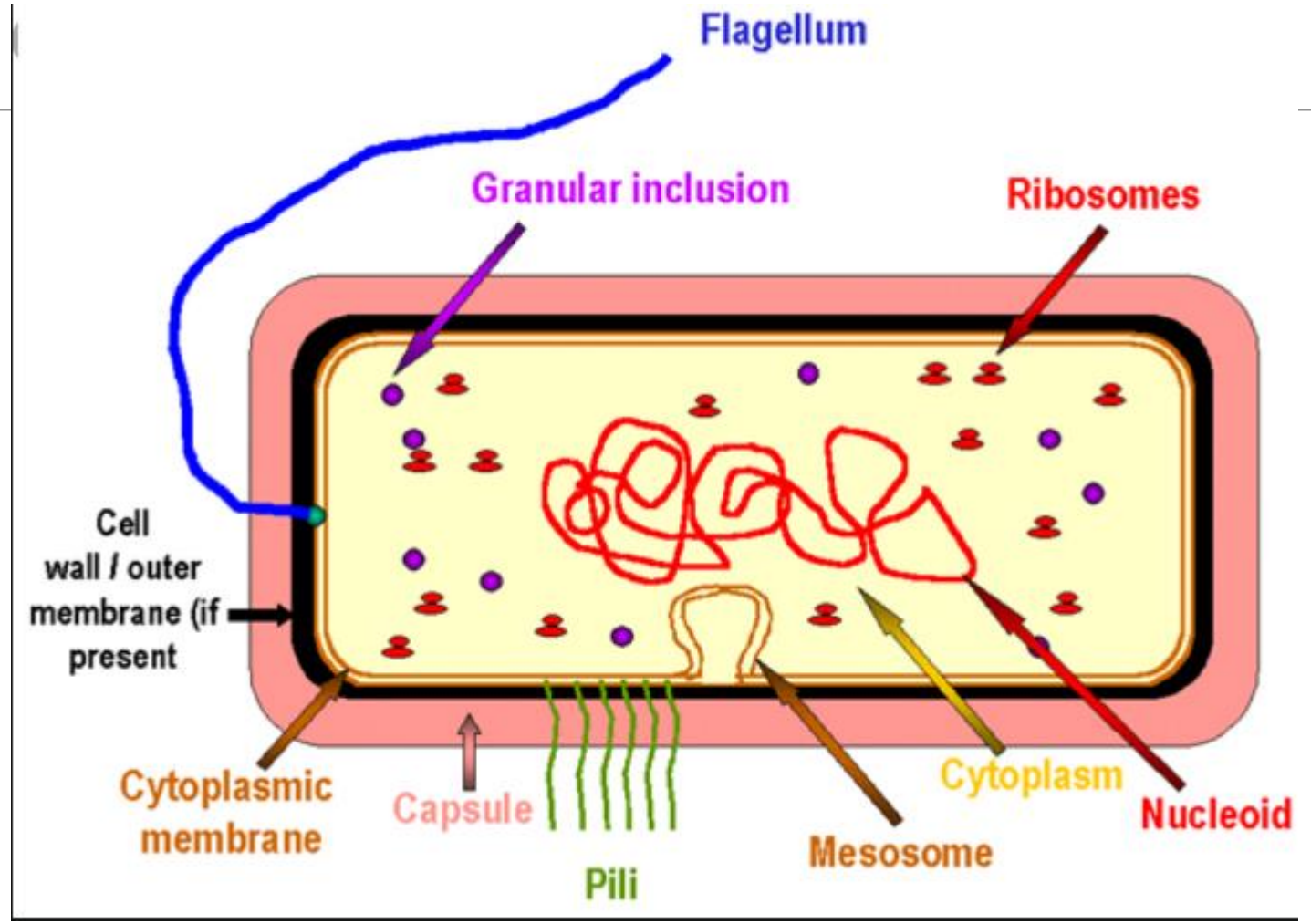
روش های تقسیم باکتری ها



تقسیم دوتایی باکتری ها

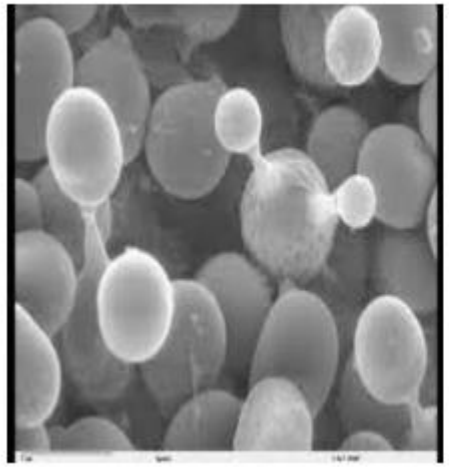
- تقسیم دوتایی ساده ترین و معمول ترین روش ازدیاد باکتری هاست. تقسیم در باکتری به روش عرضی است. در ابتدا حجم سلول زیاد شده و باکتری کشیده می شود سپس پروتوپلاست توسط یک فرورفتگی عرضی به دو قسمت تقسیم می شود. این دو قسمت به آهستگی یا به سرعت از هم جدا می شوند و گاه نیز توسط پوششی صمغی همراه یکدیگر باقی می مانند. در تقسیم سلولی باکتری دو مرحله دیده می شود:
- ۱- تقسیم کروموزوم ۲- تقسیم سلول کامل

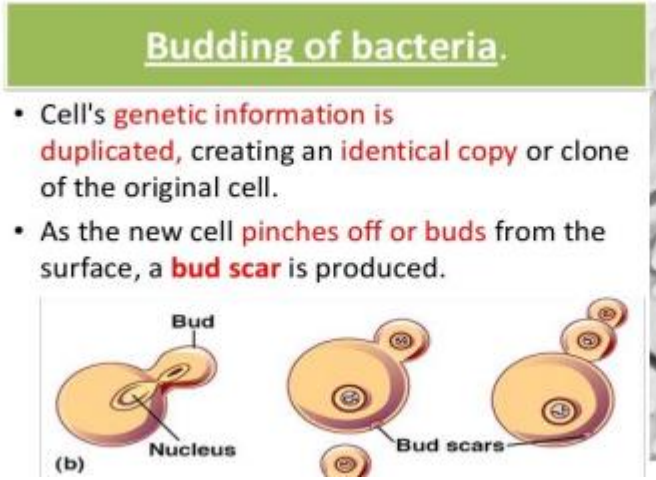


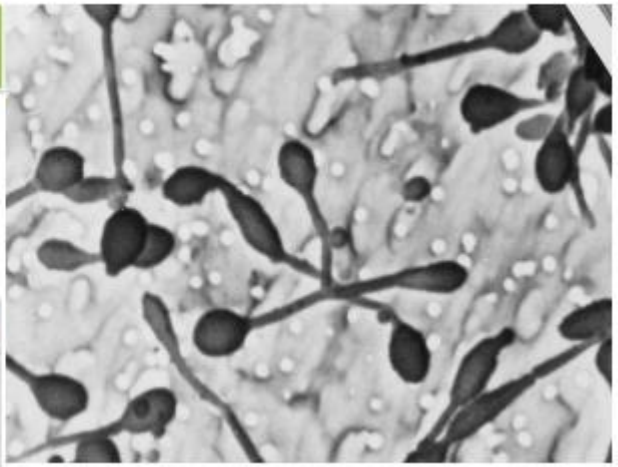

Flagellum
Granular inclusion
Ribosomes
Cell
wall / outer
membrane (if
present
Cytoplasmic
membrane
Capsule
Pili
Mesosome
Cytoplasm
Nucleoid

باکتری های جوانه زن

برخی از باکتریها به روش جوانه زدن تکثیر می یابند جوانه ها ابتدا به صورت زائده چسبیده به باکتری ظاهر می شوند و تدریجا بزرگ شده و از با کتری اصلی جدا می گردند



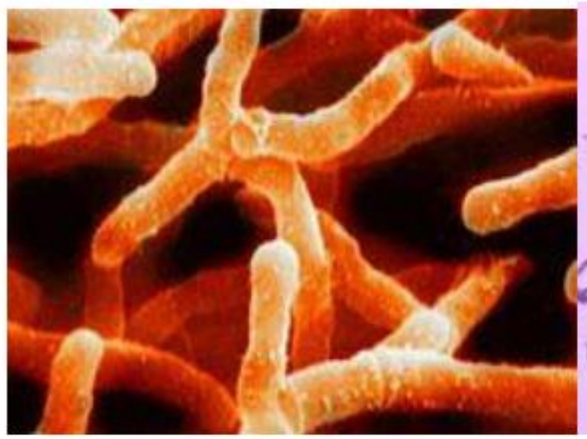


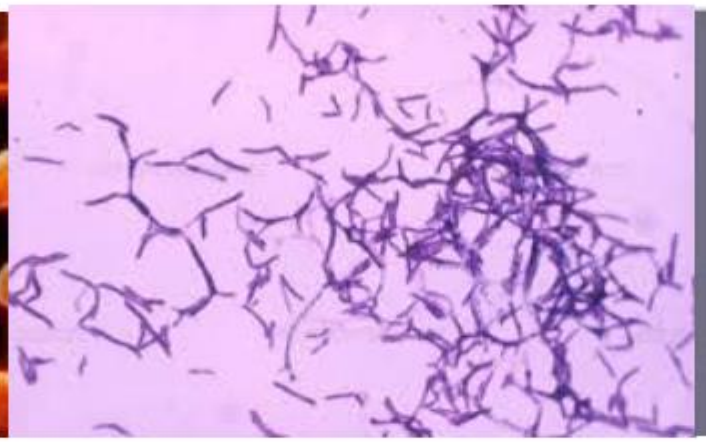


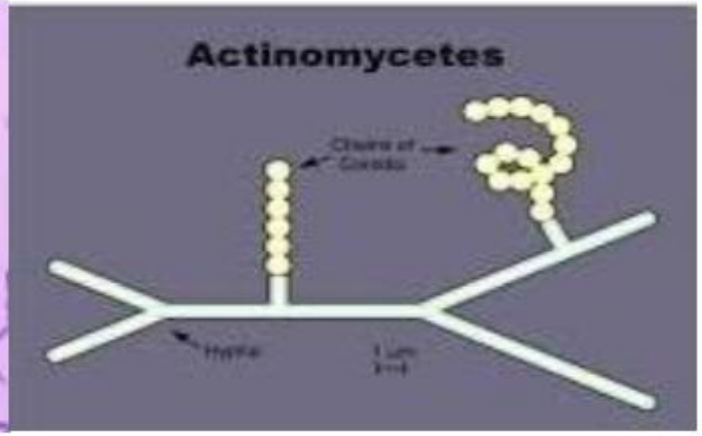
قطعه قطعه شدن

اکتینومیست ها (Actinomyces)

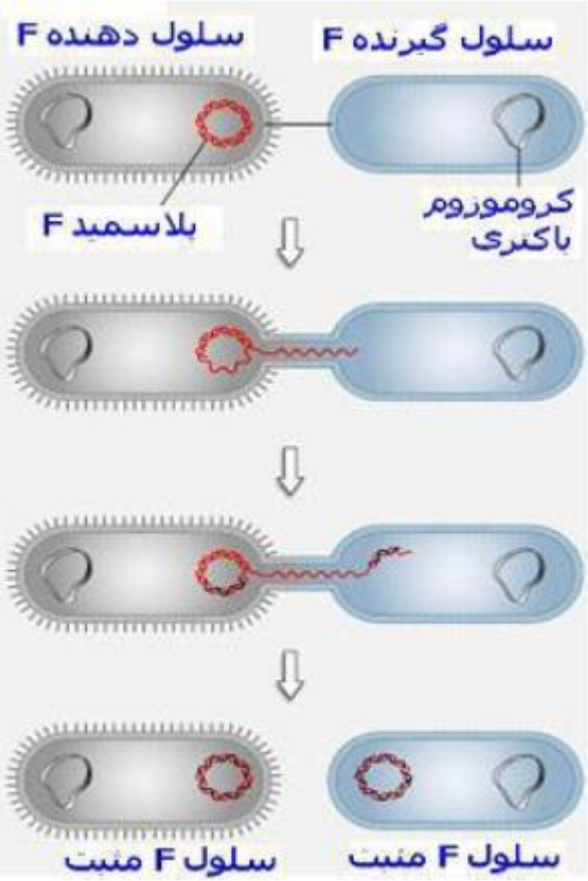
- در برخی از باکتریها نظیر اکتینومیستها باکتری به صورت رشته‌ای دراز درمی‌آید، سپس این رشته قطعه قطعه شده و هر قطعه در نتیجه رشد تدریجی به یک باکتری حاصل تبدیل می‌شود. همچنین اکتینومیست ها شبیه قارچ ها اسپورهای خارجی (اگزوسپور) به نام کنیدی یا کنیدسپور تولید می کنند که هر کنیدی می تواند یک باکتری جدید تولید کند.







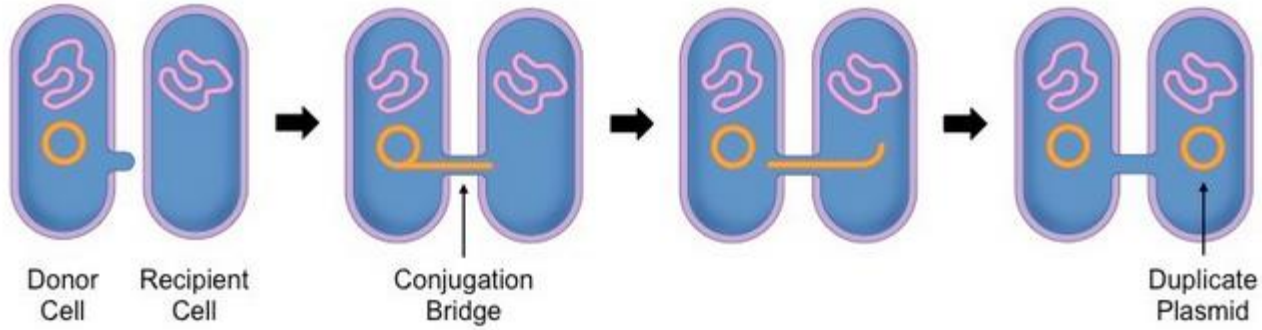
آمیختگی



آمیختگی

- آمیختگی نوع ویژه ای از تولید مثل جنسی است.

- در اینگونه تولید مثل،دو باکتری مجاور هم قرار میگیرند و یکی از آنها که ماده ارثی (DNA) را به دیگری میدهد، نر و دیگری که ماده ارثی را دریافت میکند ماده به شمار می آید.



Shape of bacteria

- Spherical or oval shape:- Cocci
- Straight rod:- Bacillus
- Rods that are helically curved:- Spirilla
- Coma shaped:- Vibrio
- Chinese letter or V-shaped pattern : Cornebacterium

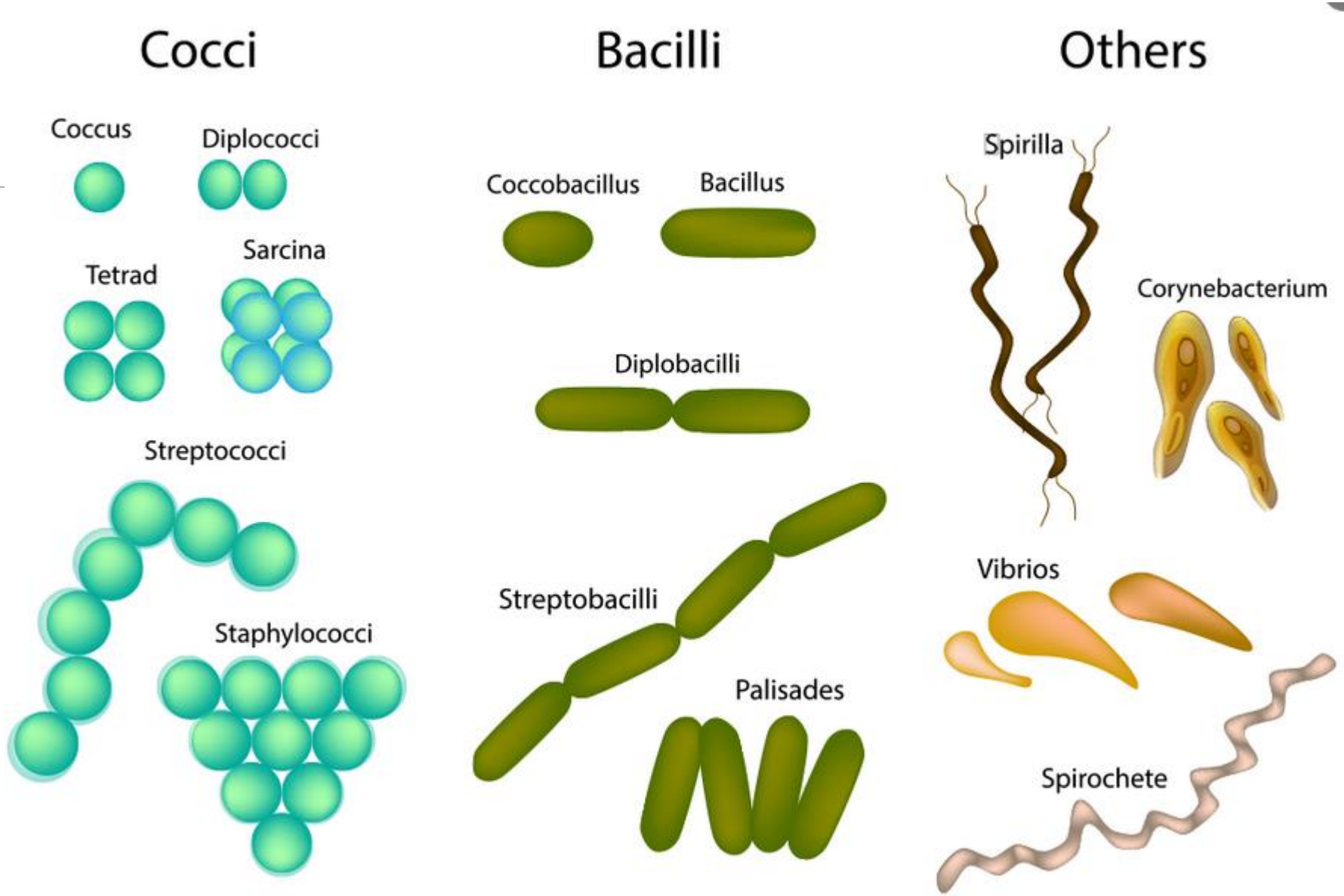
Cocci in

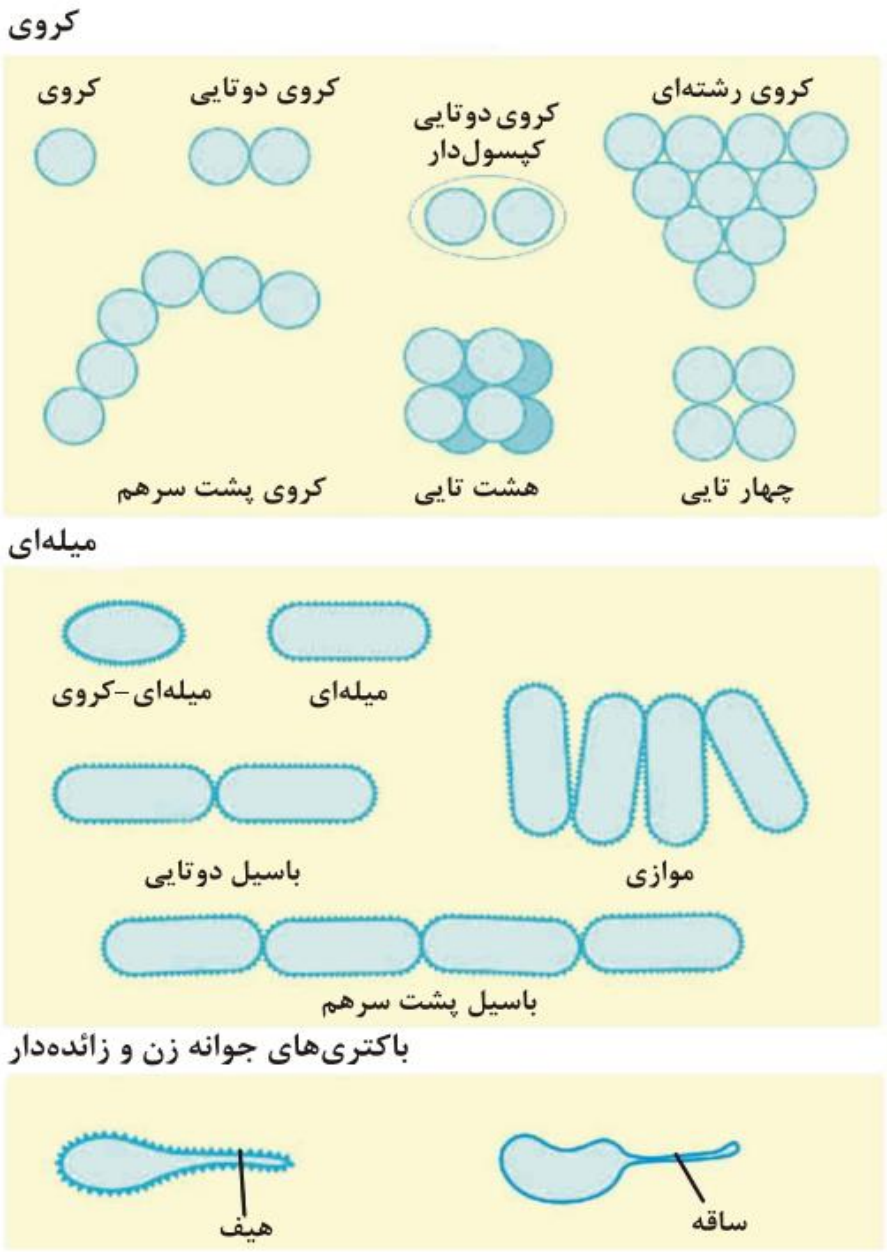
- Pairs:- Diplococci
- Chain:- Streptococci
- Group of four:- Tetrad
- Grapes like cluster:- Staphylococci
- Group of eight:- Sarcina

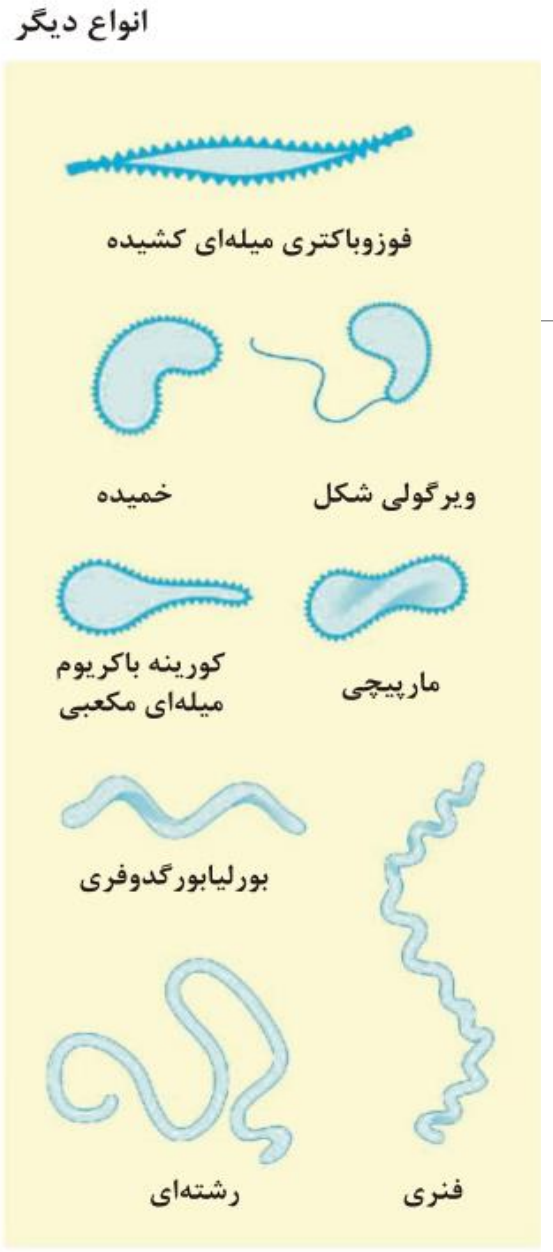
Shape of bacteria

Bacillus in

- Pairs:- Diplobacilli
- Coccobacilli:- length of individual organisms approximately its width. Eg, *Brucella* spp.
- Streptobacillus:- arranged in chain. Eg, *Streptobacillus moniliformis* .
- Branched aggregation type rod:- *Mycobacterium tuberculosis*
- Long chain of rod:- *Lactobacillus* spp.


Cocci
Coccus
Diplococci
Tetrad
Sarcina
Streptococci
Staphylococci
Bacilli
Coccobacillus
Bacillus
Diplobacilli
Streptobacilli
Palisades
Others
Spirilla
Corynebacterium
Vibrios
Spirochete

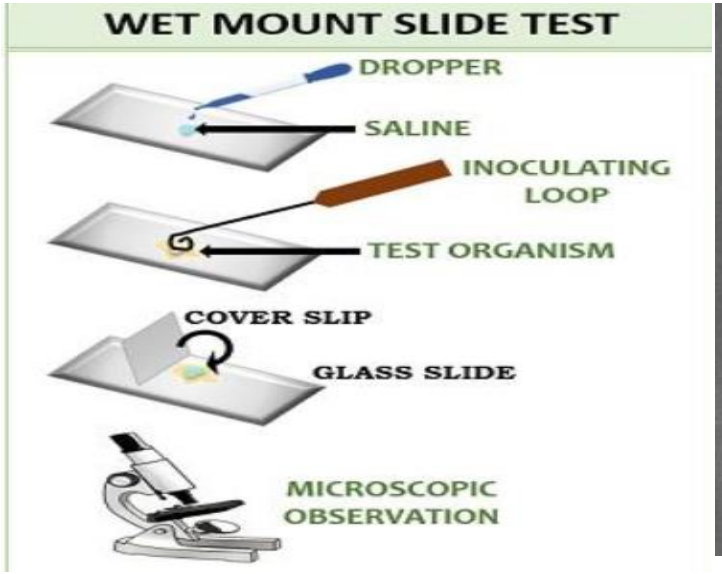

کروی
کروی
کروی دوتایی
کروی دوتایی
کپسول‌دار
کروی رشته‌ای
کروی پشت سرهم
هشت تایی
چهار تایی
میله‌ای
میله‌ای-کروی
میله‌ای
باسیل دوتایی
موازی
باسیل پشت سرهم
باکتری‌های جوانه زن و زائده‌دار
هیف
ساقه

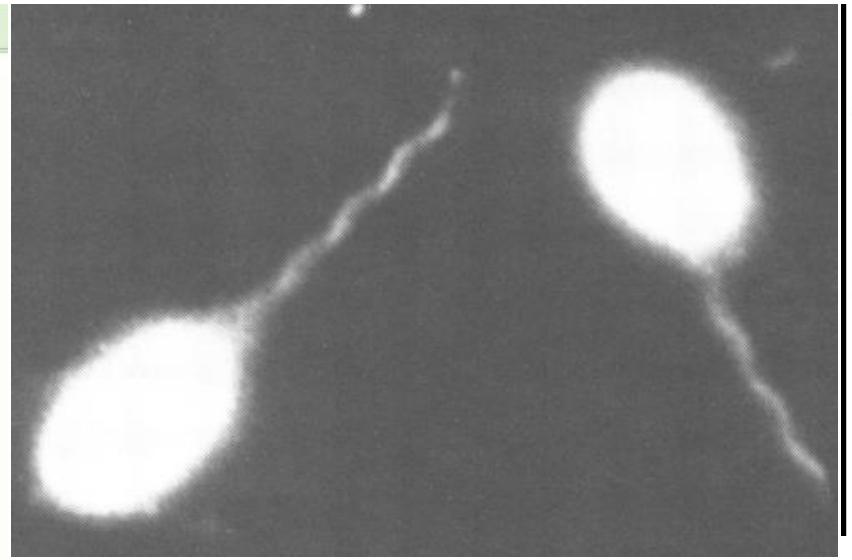

انواع دیگر
فوزوباکتری میله‌ای کشیده
ویرگولی شکل
خمیده
مارپیچی
کورینه باکریوم
میله‌ای مکعبی
بورلیابورگدوفری
فنری
رشته‌ای

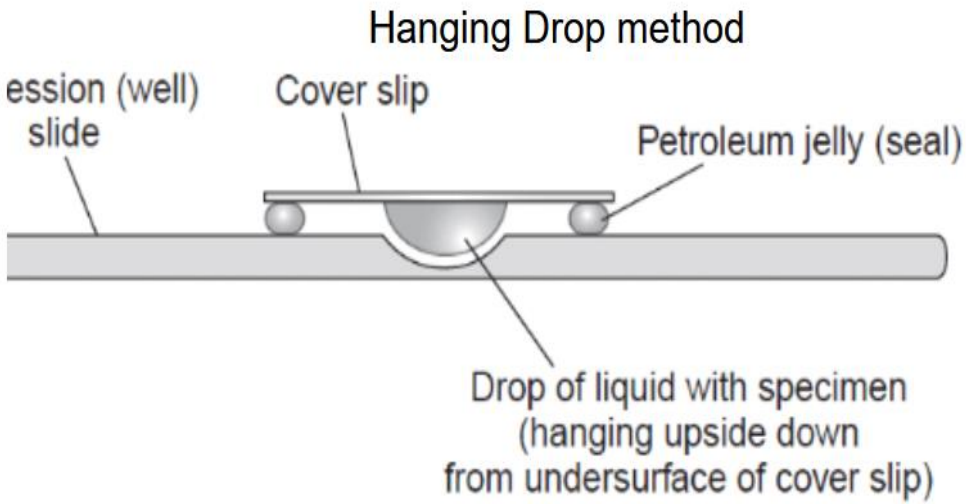
On the basis of motility

Motility test:- Hanging drop method, Dark ground microscopy.

WET MOUNT SLIDE TEST







هنریچسن دانمارکی

swimming (1

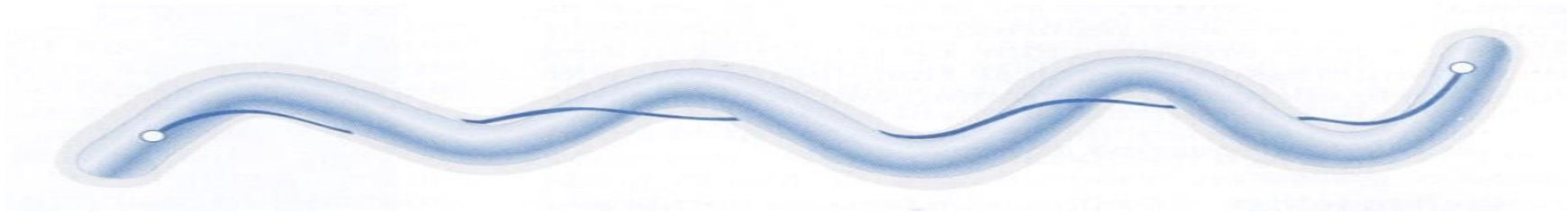
swarming (2

gliding (3

twitching (4

darting (5

sliding (6



Motility

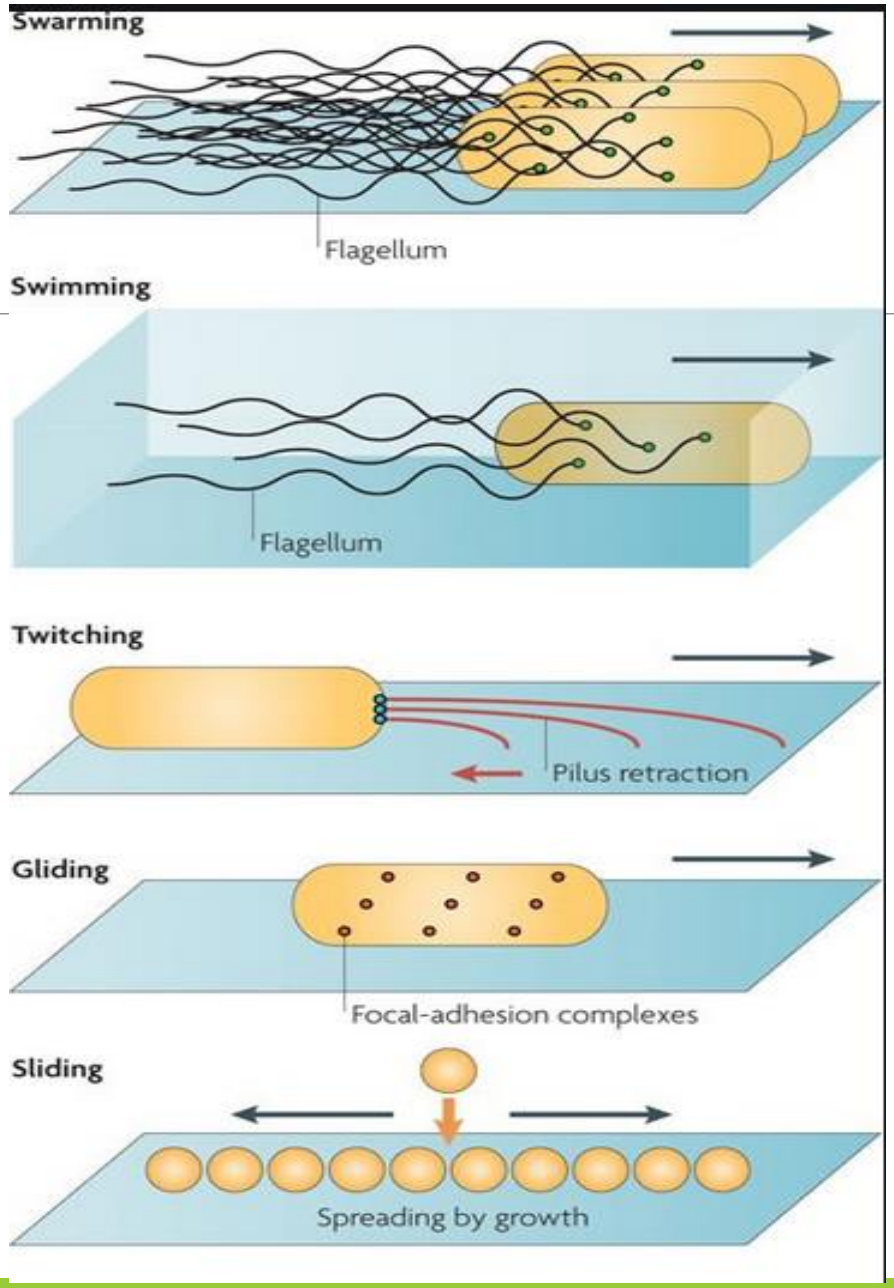


Motile with flagella

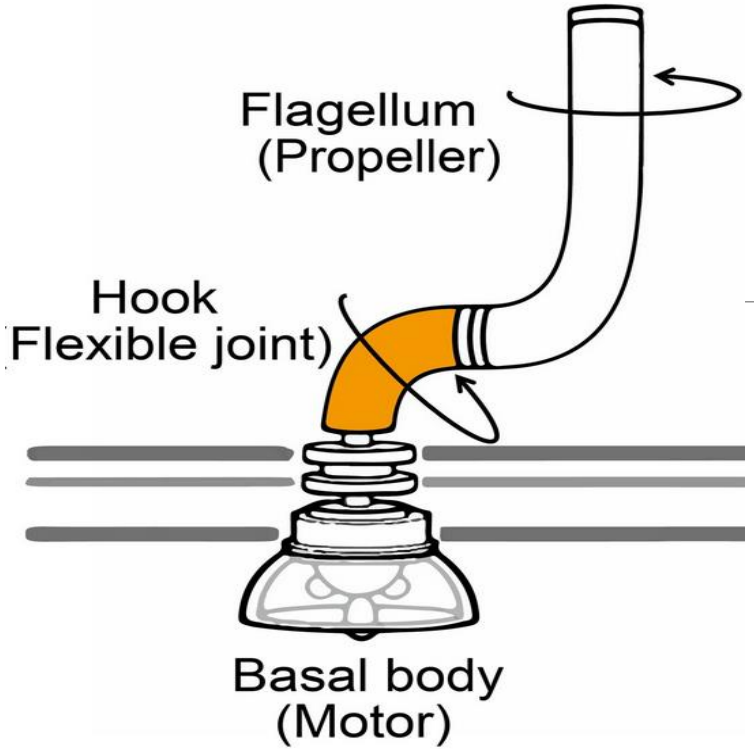
Motile without flagella

Gliding motility.
Eg, *Cytophage* spp.

Swimming motility.
Eg, Spirochaete


Swarming
Flagellum
Swimming
Flagellum
Twitching
Pilus retraction
Gliding
Focal-adhesion complexes
Sliding
Spreading by growth

ساختمان تاژک باکتریایی

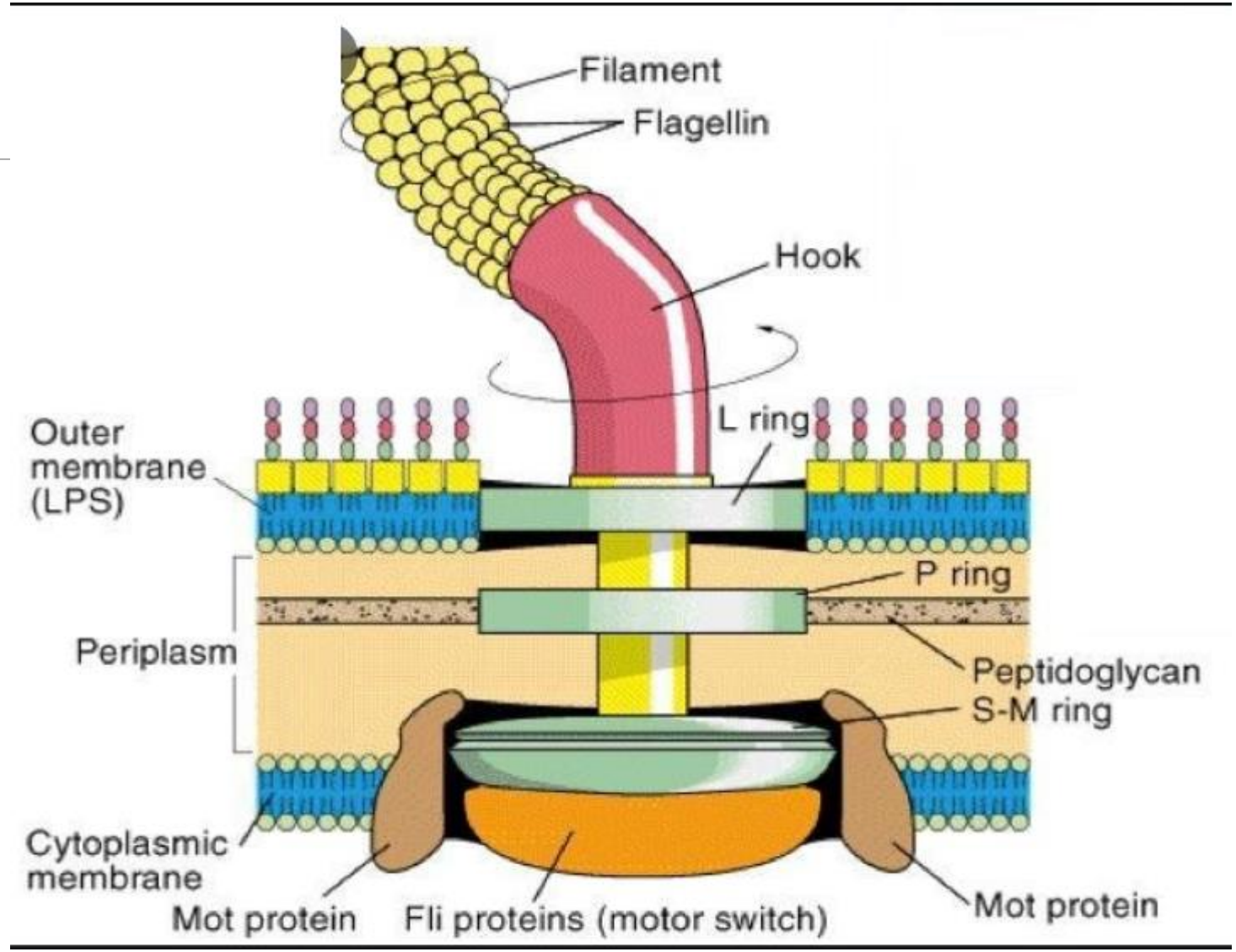


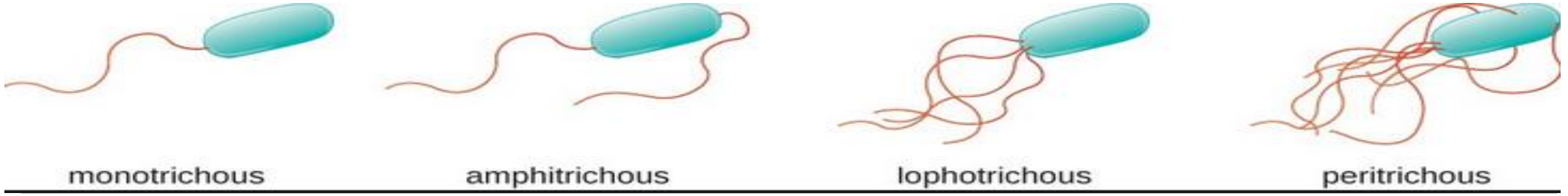
تاژک دارای سه بخش اساسی است

بخش بازال یا پایه◄

هوک یا قلاب◄

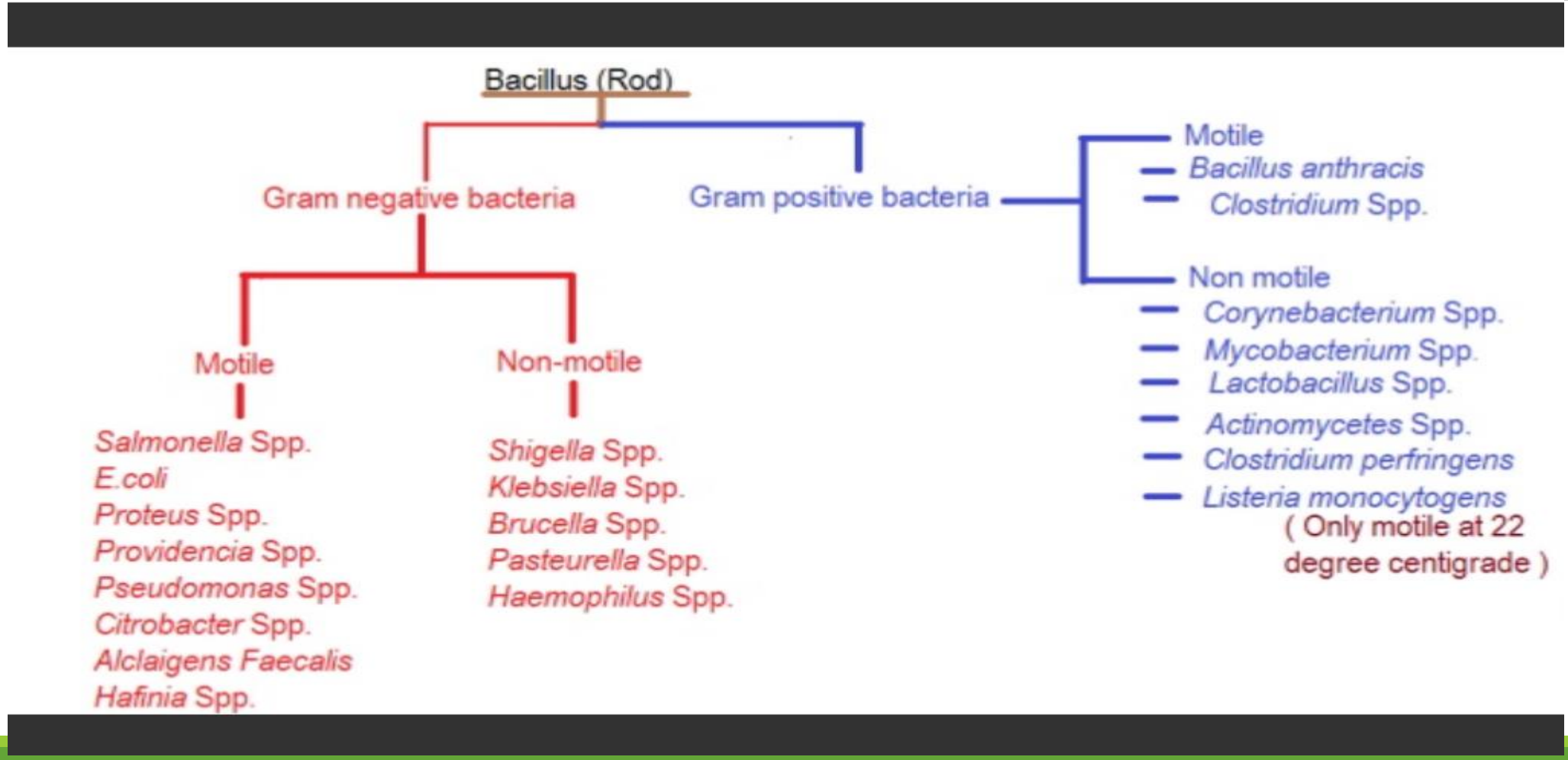
فیلامنت یا رشته◄



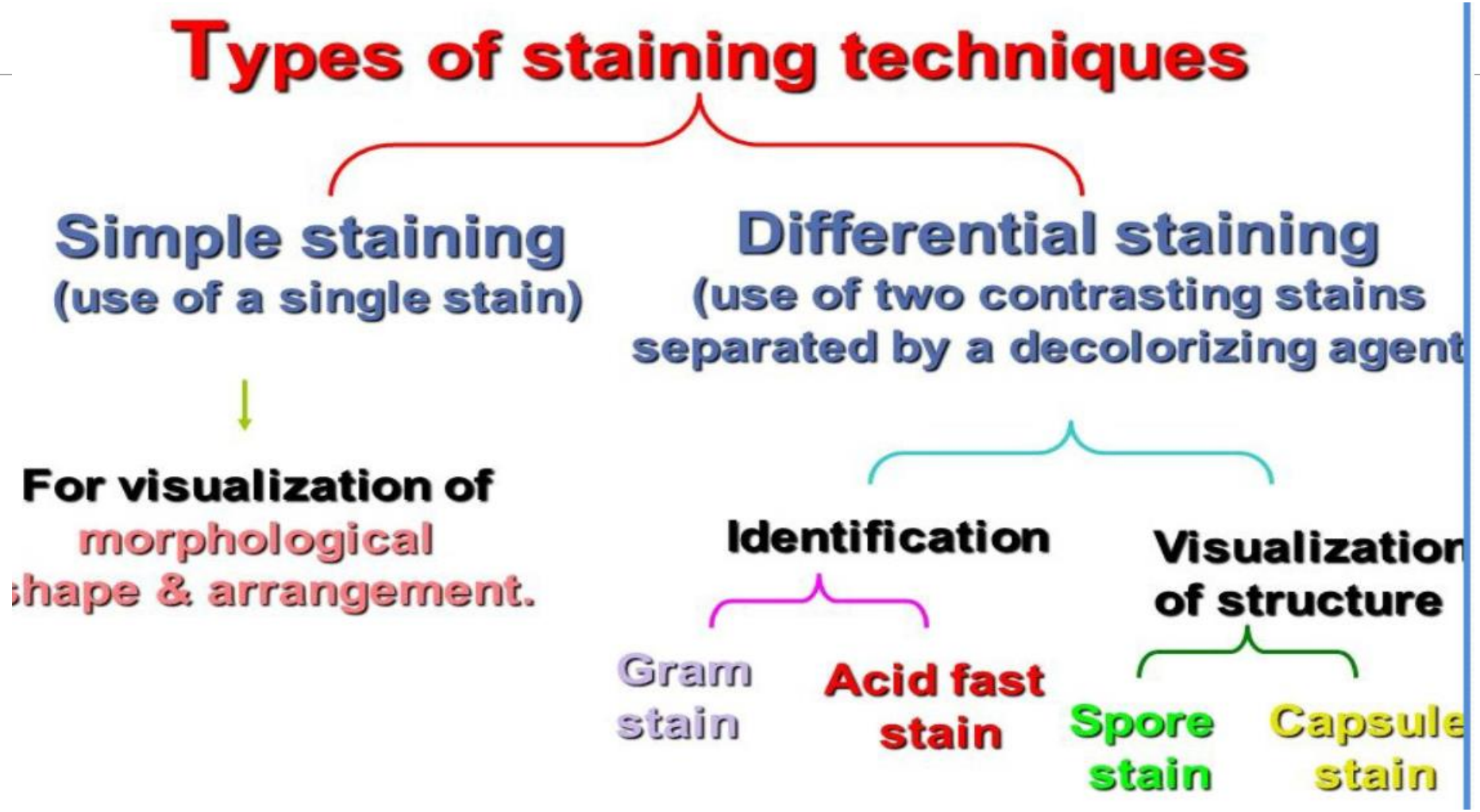


flagellar arrangement

- Monotrichous:- Single polar flagella. Eg, *Psedomonas aeruginosa, Vibrio cholerae.*
- Lophotrichus:- Cluster of polar flagella. Eg, *Pseudomonas fluorescens.*
- Amphitrichous:- flagella either single or clusters at both poles. Eg, *Aquaspirillum serpens.*
- Peritrichous:- Surrounded by lateral flagella. Eg, *Salmonella* typhi, *Proteus* spp, *E. coli* etc.


Bacillus (Rod)
Gram negative bacteria
Gram positive bacteria
Motile
Non-motile
Salmonella Spp.
E.coli
Proteus Spp.
Providencia Spp.
Pseudomonas Spp.
Citrobacter Spp.
Alclaigens Faecalis
Hafinia Spp.
Shigella Spp.
Klebsiella Spp.
Brucella Spp.
Pasteurella Spp.
Haemophilus Spp.
Motile
Bacillus anthracis
Clostridium Spp.
Non motile
Corynebacterium Spp.
Mycobacterium Spp.
Lactobacillus Spp.
Actinomycetes Spp.
Clostridium perfringens
Listeria monocytogens
(Only motile at 22 degree centigrade)

On the basis of staining behaviour

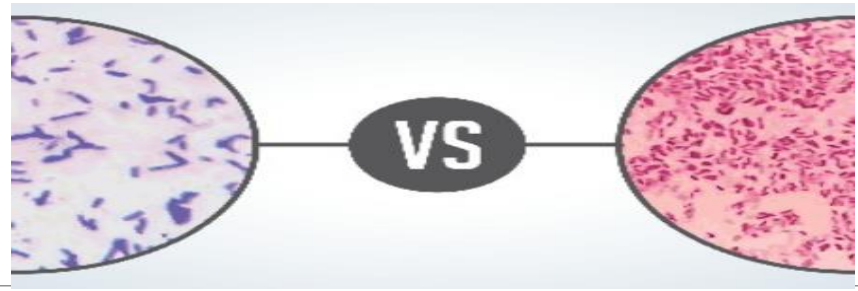


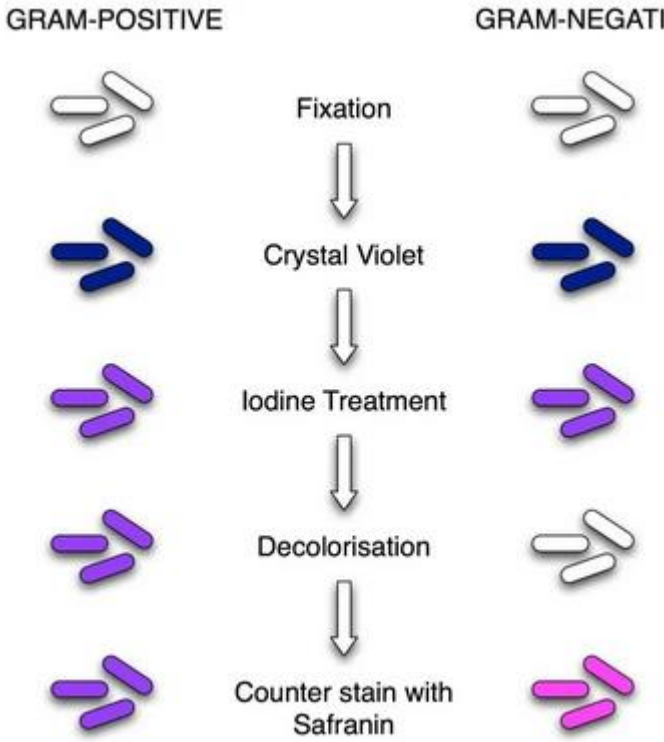
On the basis of staining behaviour

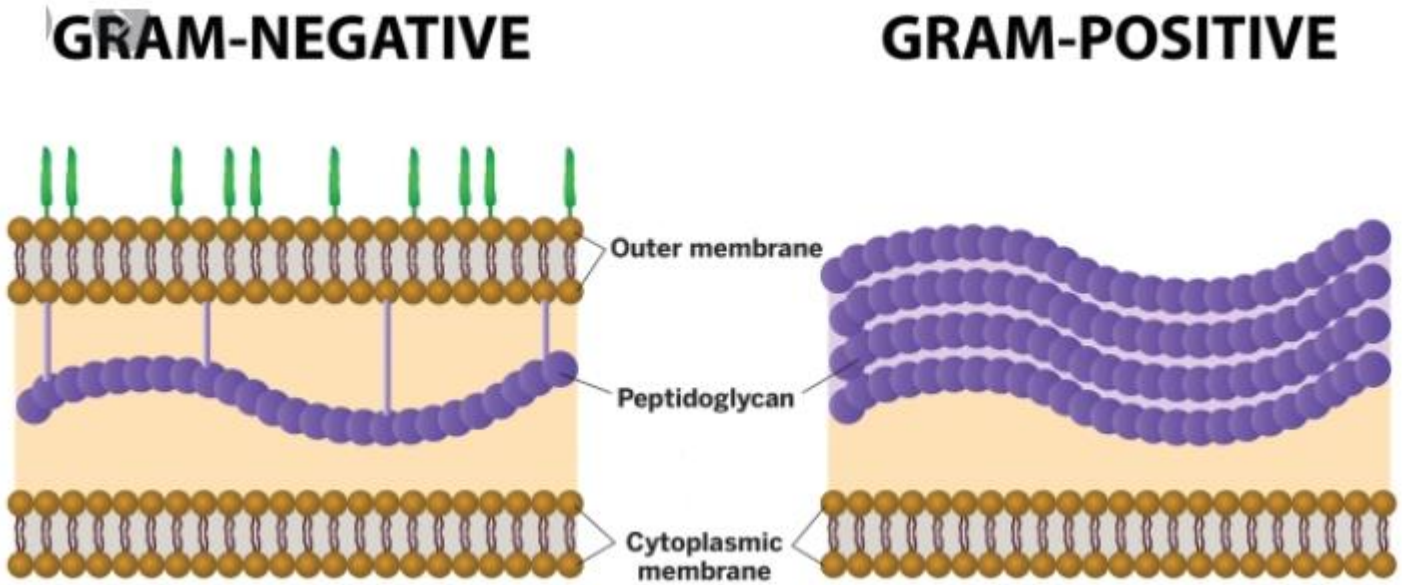
- Gram staining

Gram +ve :- All cocci are Gram positive except *Neisseria* and *Branhamella*.

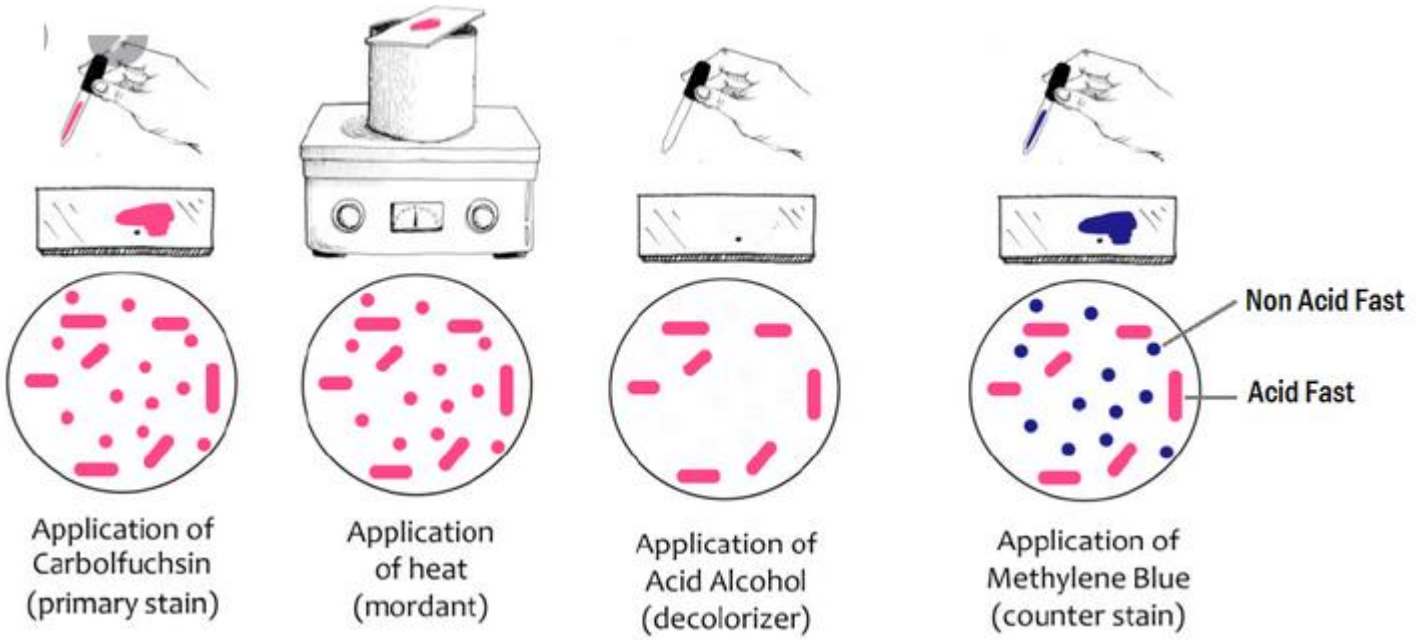
Gram –ve:- All rods are gm-ve except *Corynebacterium, Mycobacterium, Bacillus, Clostridium, Actinomyces, Listeria, Erysiopelothrix* are gm-ve.


VS

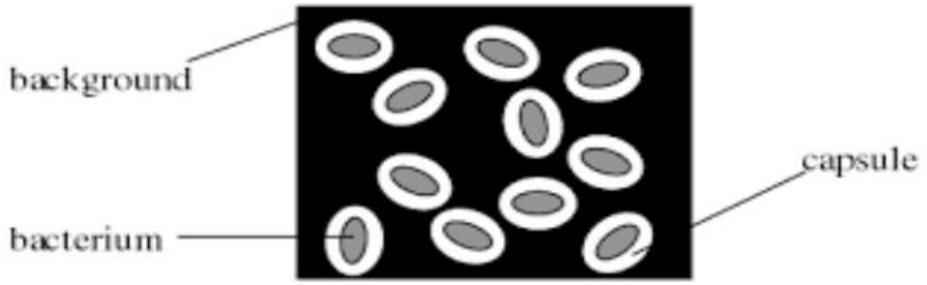

GRAM-POSITIVE
GRAM-NEGATIVE
Fixation
Crystal Violet
Iodine Treatment
Decolorisation
Counter stain with Safranin

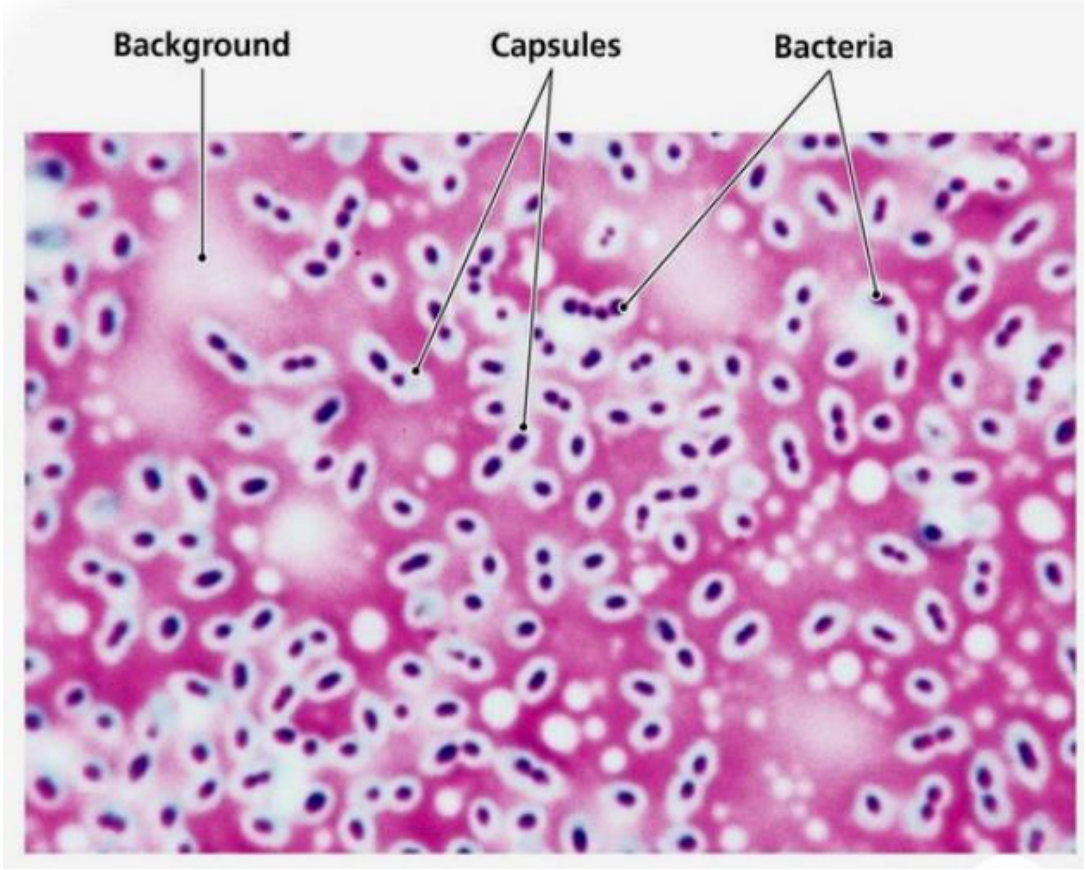

GRAM-NEGATIVE
GRAM-POSITIVE
Outer membrane
Peptidoglycan
Cytoplasmic membrane

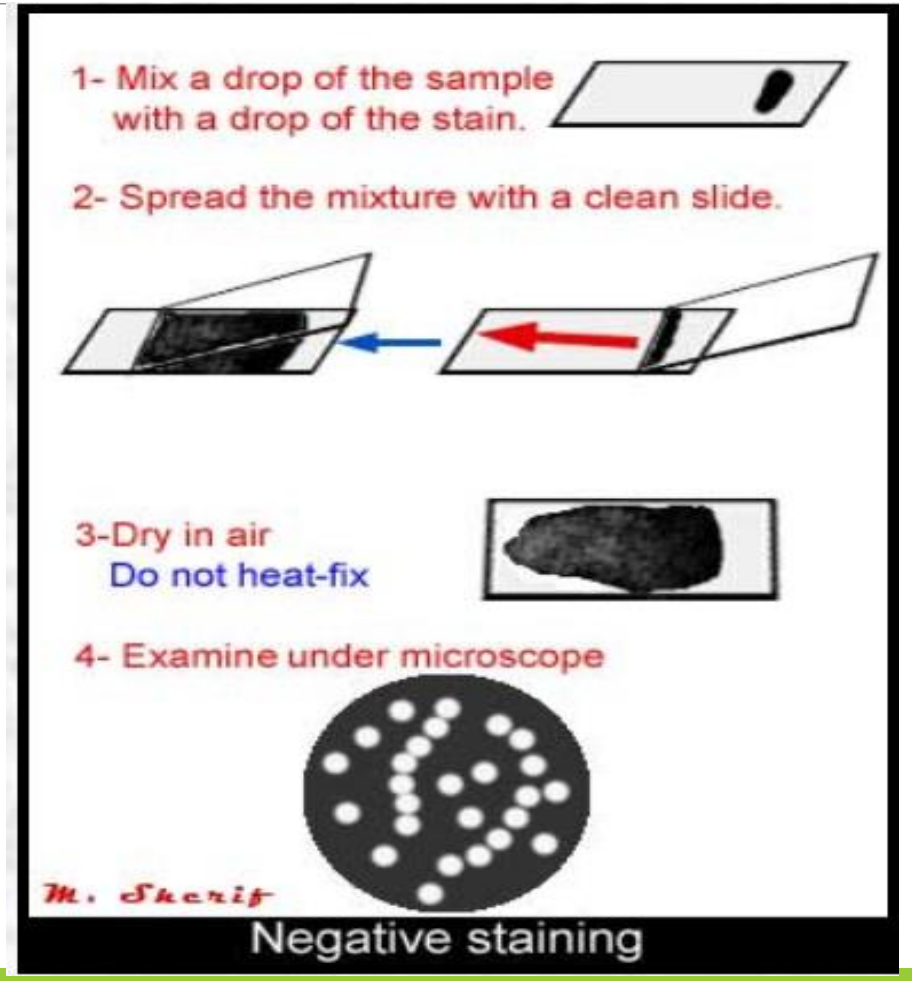
- Acid fast staining:- Ziehl Neelson staining method.
- Acid fast bacteria:- *Mycobacterium tuberculosis, Mycobaterium leprae, Nocardia* Spp.



- Capsulated bacteria:- *Streptococcus pneumoniae, Bacillus anthracis, Klebsiella pneumoniae, Streptococcus mutans, Haemophilus influenza, Clostridium perfringes.*
- Spore former:- *Bacillus* Spp., *Clostridium* Spp., *Thermoactinomyces vulgaris, Coxiella burnetti, Desulfotomaculum* Spp., *Sporolactobacillus, Sporomusa* Spp.

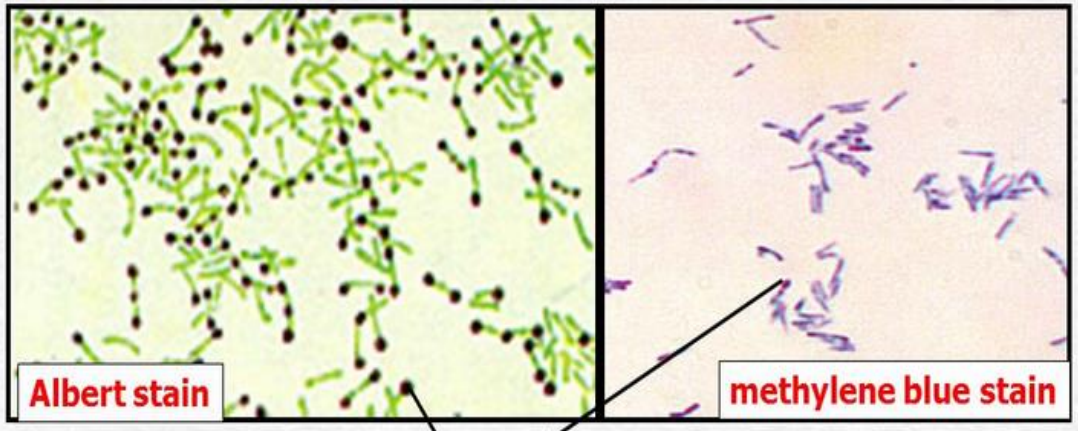

background
bacterium
capsule


Background
Capsules
Bacteria


1- Mix a drop of the sample with a drop of the stain.
2- Spread the mixture with a clean slide.
3-Dry in air
Do not heat-fix
4- Examine under microscope
M. Sherif
Negative staining

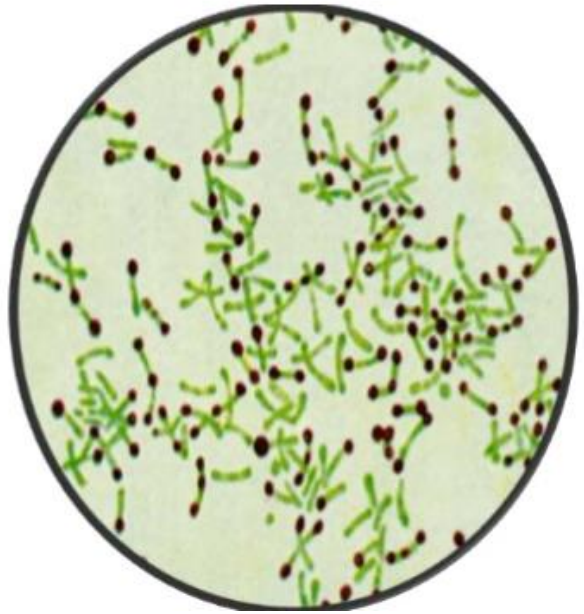
• Albert staining:- *Corynebacterium* Spp

•Another characteristic is the presence of **metachromatic granules** (RNA and polymetaphosphate) in bacterial cells. The granules are bluish-purple with methylene blue, and dark purple by Albert staining method.

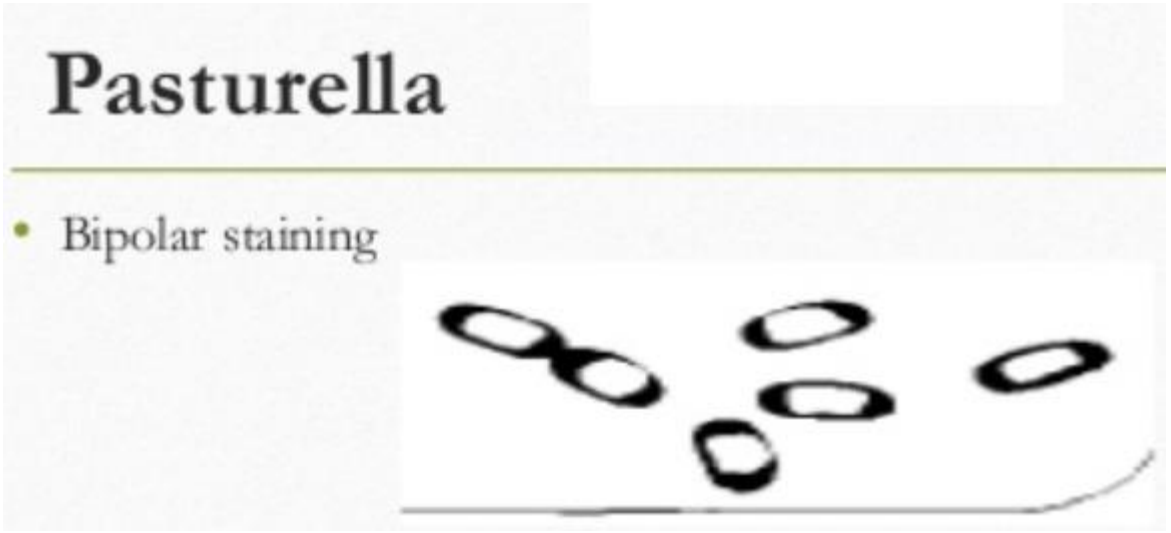


How the C.diptheria appear

- To demonstrate metachromatic granules in *C.diphtheriae*. These granules appear bluish black whereas the body of bacilli appear green or bluish green.
-



- Bipolar staining :- *Yersinia pestis, Burkholderia pseudomallei, Pasturella multocida, Francisella tularensis, Klebsiella granulomatis*





On the basis of GASEOUS REQUIREMENTS

- Aerobic:- *Bacillus* Spp., *Pseudomonas* Spp
- Anaerobic:- *Clostridium* Spp., *Bacteroides* Spp., *Fusobacterium* Spp., *Peptostreptococcus.*, *Peptococcus.*, *Ruminococcus*
- Facultative anaerobes:- members of family of enterobcateriaceae.
- Microaerophilic:- *Mycobacterium tuberculosis.*, *Camplylobacter Spp.*, *Helicobacter pylori*

نیازیا عدم نیاز به اکسیژن

- چگونگی واکنش باکتری ها با اکسیژن یک فاکتور مهم در طبقه بندی آنها است.
- ۱-کاتالاز : که مطابق واکنش زیر پراکسید هیدروژن را می شکند:
- $H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O2$
- ۲- پراکسیداز : که آن نیز پراکسید هیدروژن را می شکند.
- ۳- سوپر اکسید دیسموتاز : که این آنزیم رادیکال سوپراکسید را در واکنش زیر تغییر می دهد:
- $O^{2-} + O^{2-} + 2H^{+} \rightarrow H_2O_2 + O_2$
- تمام این ترکیبات تا زمانیکه شکسته نشده اند سمی اند .

باکتری ها از نظر نیاز به اکسیژن

- باکتری های هوازی اجباری
- باکتریهای بی هوازی اجباری
- باکتری های هوازی -بی هوازی اختیاری
- باکتری های بی هوازی تحمل کننده اکسیژن (آئروتولرانت)
- باکتری های میکروآئروفیل

باکتری های هوازی اجباری

- این گروه از این نظر دقیقاً مشابه انسان ها هستند که از گلیکولیز ،چرخه کربس TCAو زنجیره انتقال الکترون با اکسیژن به عنوان گیرنده نهایی الکترون استفاده می کنند .
- باکتری های این گروه تمام آنزیم های بالا را دارند.
- مایکوباکتریوم ها و نوکاردیا از این گروهند.
- باید در حضور اکسیژن رشد کنند و توان تخمیر کردن را ندارند.

باکتری های بی هوازی اجباری

- فسفوریلاسیون اکسیداتیو را انجام نمی دهند.
- در حضور اکسیژن کشته می شوند.
- فاقد آنزیمهای خاصی مثل کاتالاز، پرکسیداز و سوپراکسید دیسموتازهستند.

باکتری های هوازی -بی هوازی اختیاری

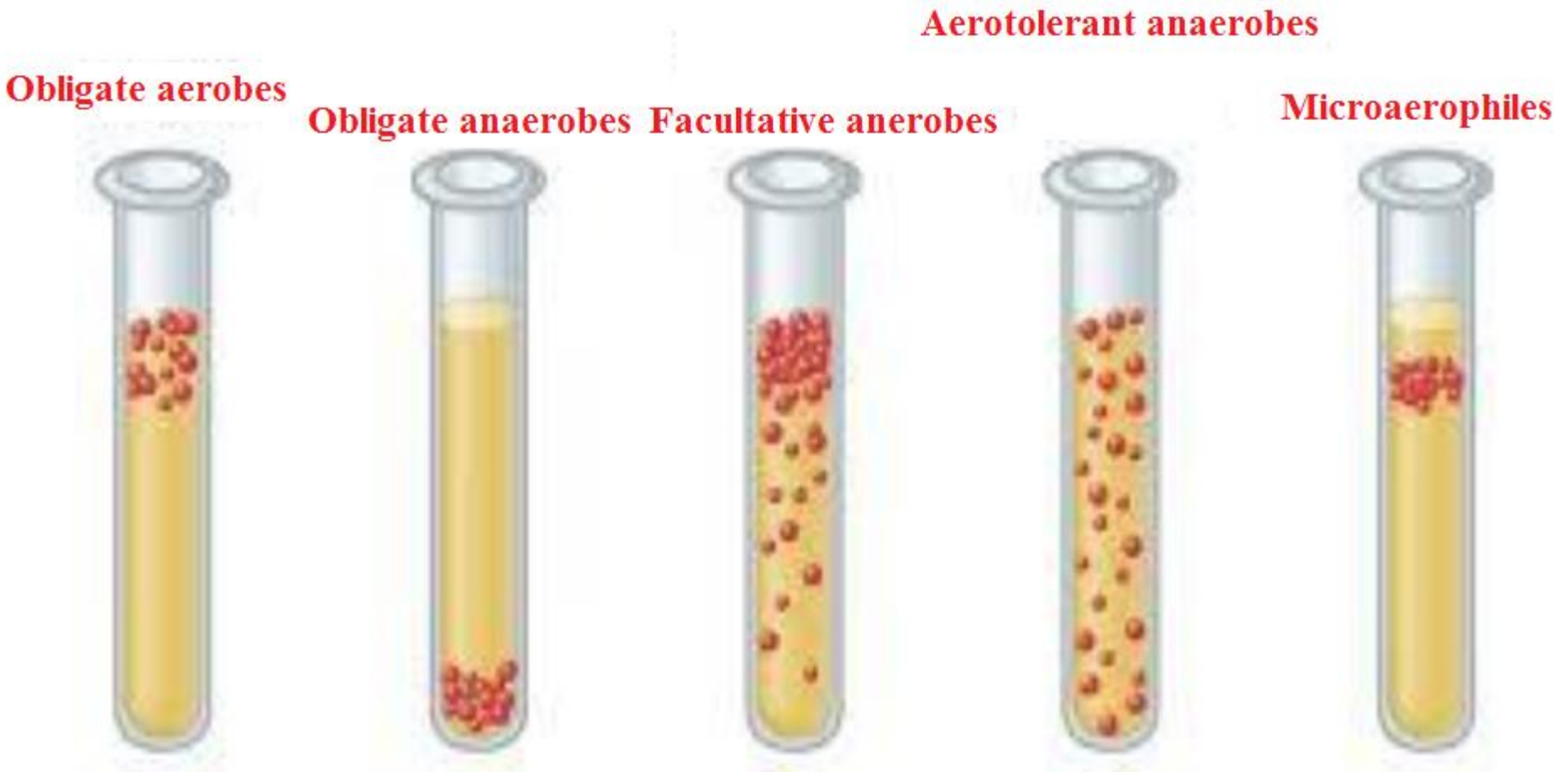
- این باکتری ها هوازی اند.
- در زنجیره انتقال الکترون از اکسیژن به عنوان آخرین گیرنده الکترون استفاده می کنند و دارای کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز هستند.
- تنها تفاوت این است که آنها می توانند در غیاب اکسیژن با استفاده از فرایند تخمیر برای تولید انرژی رشد کنند .
- بنابراین آنها اگرچه می توانند بی هوازی تخمیری باشند، اما شرایط هوازی را ترجیح می دهند.
- اعضای یانواده ی انتروباکتریاسه، همچون *اشرشیا کلی*، کلبسیلا، سالمونلا و شیگلا از این گروهند.

باکتری های بی هوازی تحمل کننده اکسیژن

- این باکتری ها از روش تخمیر استفاده می کنند و هیچ سیستم انتقال الکترونی ندارند. بنابر این به اکسیژن نیازی ندارند.
- آنها به دلیل داشتن سوپراکسید دیسموتاز می توانند مقادیر کم اکسیژن را تحمل کنند، اما کاتالاز ندارند. لاکتوباسیل ها و بعضی استرپتوکوک ها در این گروه جای می گیرند.

باکتری های میکروآئروفیل

- در واقع یک گروهی از ائروتولرانت ها هستند.
- به غلظت های کم اکسیژن (کمتر از ۲۱٪ هوا و معمولا در حدود ۲-۱۰٪) نیاز دارند
- کمپیلوباکترها و هلیکوباکتر ها از این دسته هستند.


Aerotolerant anaerobes
Obligate aerobes
Obligate anaerobes
Facultative anerobes
Microaerophiles

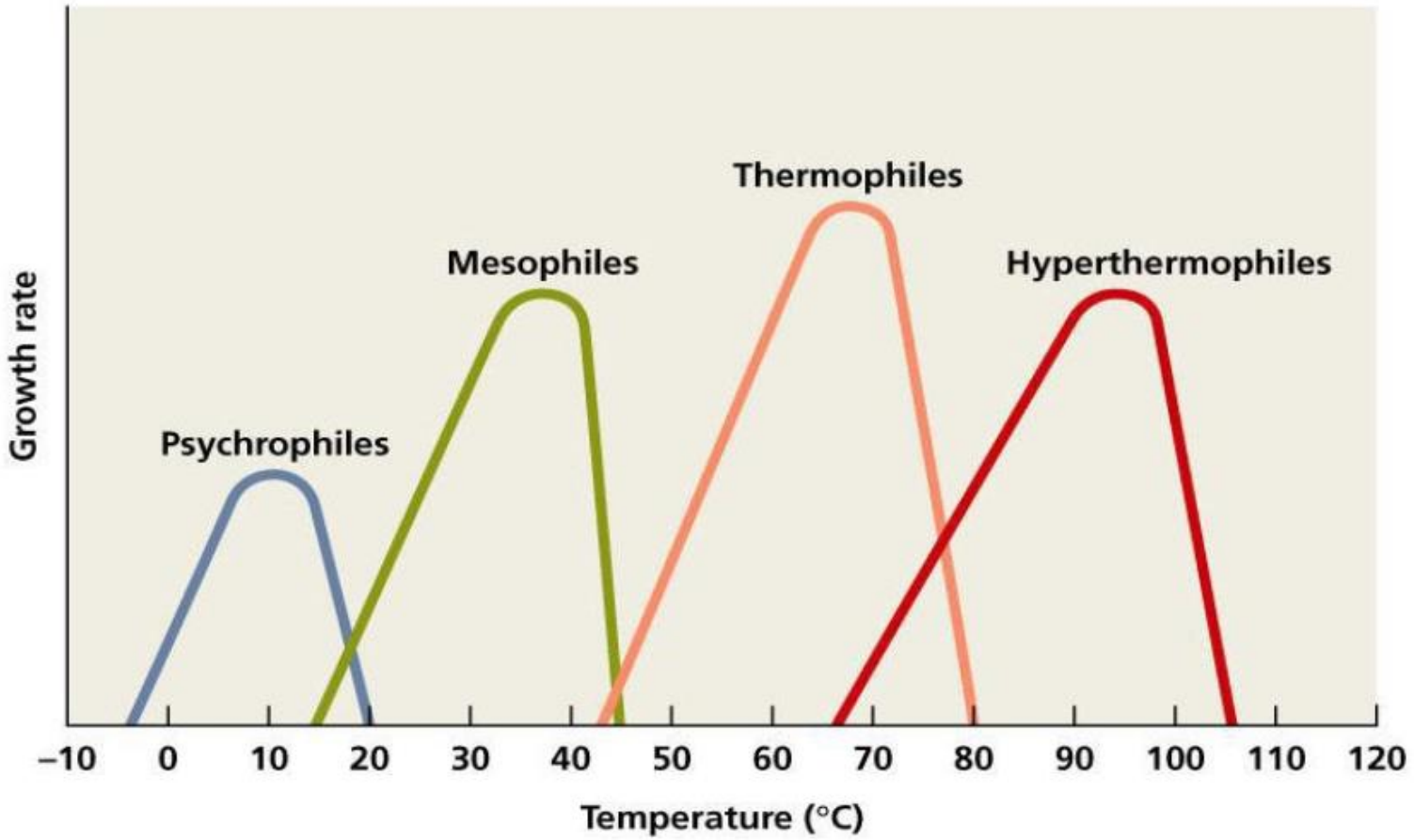
On the basis of temperature

- Psychrophiles:- grow well at 0°C or below 7 °C and have optimum temperature of 15-25 °C.

Eg:- *Pseudomonas, Alcaligens, Lactobacillus, Achromobacter, Flavobacterium, Psychromobacter*

- Mesophiles:- grow at 20-45°C and optimum temperature at 37 °C. eg:- all member of enterobacteriaceae etc.
- Thermophiles:- Grow well above 45 °C and optimum at 55-60 °C. Eg:- *Bacillus stereothermophilus, Clostridium Spp.*
- Hyperthermophilus:- grow well at 70 °C and optimum at 80-90 °C. eg:- *Thermus aquaticus, Thermococcus* Spp., *Pyrococcus* Spp., *Pyrodictium* Spp.

- کرایوفیل (انجماد دوست)
- سایکروفیل (سرما دوست)
- سایکروتروف (مزوفیلی که سرما را تحمل می کند)
- مزوفیل (معتدل دوست)
- ترمودوریک (مزوفیلی که گرما را تحمل می کند)
- ترموفیل (گرما دوست)
- هایپر ترموفیل یا اکسترموفیل (گرمای زیاد دوست دارد)



On the basis of pH requirement

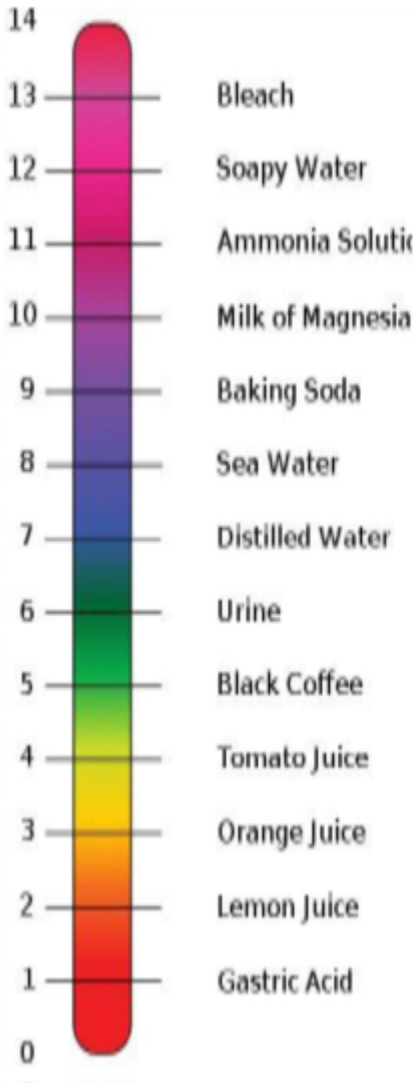
- Acidophiles:- These bacteria which require low pH and unable to grow at high pH i.e, pH> 5. eg. *Thiobacillus ferroxidans* can tolerate up to pH 1. *Flavobacterium acidurans, Sulfolobus* Spp., *Thermoplasma* Spp.

Some acid tolerant bacteria are lactobacillus, Acetobacter.

- Neutrophiles:- growth on neutral pH 6.8. Most of bacteria are neutrophils. Eg:- *Alcaligens, Pseudomonas, E. coli*
- Alkalophiles:- Grow well above pH 8. i.e, basic pH

Eg:- *Bacillus alcalophiles, Bacillus circulans, Natranococcus* Spp., *Natranobacterium* Spp., *Ectothhiorhodo Spirillum* Spp.

pH



- اسیدوفیل (اسید دوست) : کپک و مخمر ، باکتری های تولید کننده اسید
- (لاکتیک اسید باکتری ها و استیک اسید باکتری ها، فرمیک اسید باکتری ها و...)
- نوتروفیل (خنثی دوست): اکثر پاتوژن ها
- آلکالوفیل (قلیایی دوست): بیشتر در میکروارگانیسم ها موجود در طبیعت

مطرح است (مثلا چشمه های قلیایی)

بالاترین قلیاییت در مواد غذایی مربوط به سفیده تخم مرغ است که

تا ۹.۲ می رود و قلیاییت بالاتری در صنایع غذایی نداریم.

On the basis of salt requirement

- Non halophiles:- Unable to grow in high salt concentration. Eg: *E. coli*
- Halotolerant:- tolerate low level of salt concentration i.e 8% salt
- Halophiles:- grow in high salt concentration ie salt loving
  - Slightly:- Require 0.5to 3% Nacl
    - » *Pseudomonas* spp
    - » *Vibrio*
    - » *Moraxella*
    - » *Acinetobater*



- Moderately:- Require 3% to 15% Nacl
  - »*Bacillus* spp.
  - »*Micrococcus* spp.
- Extremely:- Require 15% to 30% salt
  - *Halobacterium* spp
  - *Halococcus* spp
  - *Natranobacterium* spp
  - *Natranococcus* spp
  - *Haloterax* spp





On the basis of relationship with their host

- Saprophytism :- Those bacteria that are free living but depend on dead and decayed organic matter for their growth.
- Parasites:- Those bacteria that can establish themselves and multiply in host tissue deriving nourishment from the host.

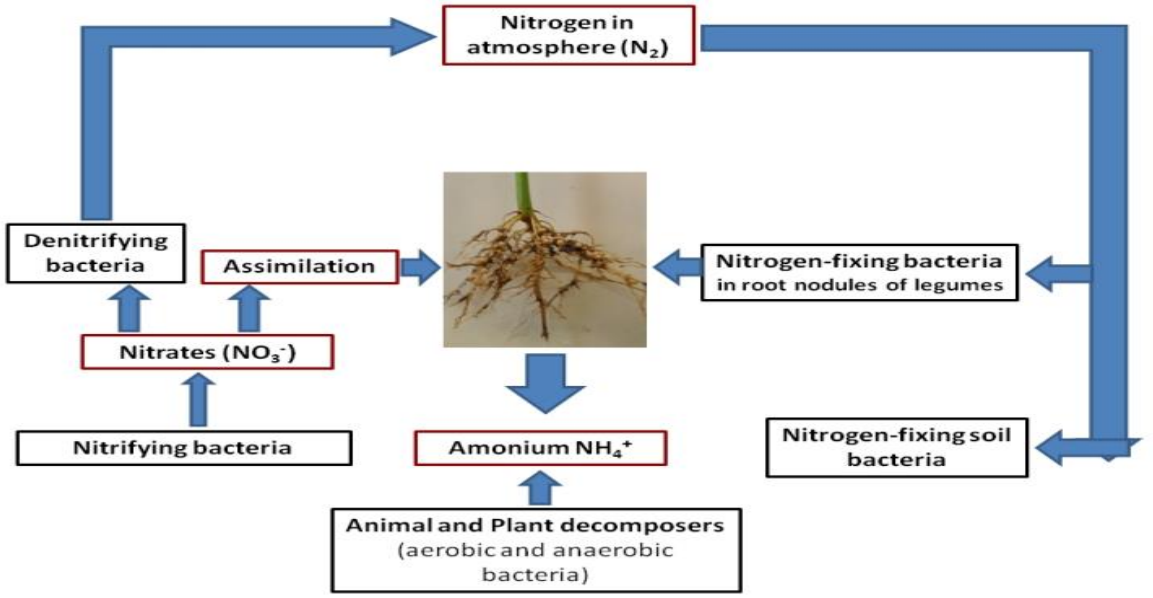
Use organic molecules as a food source

Saprophytic, Symbiotic and Parasitic Bacteria: Importance to Environment, Biotechnological Applications and Biocontrol

SAPROPHYTIC BACTERIA

SYMBIOTIC BACTERIA Plant growth-promoting bacteria

The saprophytic bacteria are the major decomposers of organic matter , breaking down complex mixtures such as cellulose, hemicelluloses, lignin and proteins into simple soluble forms (catabolic reactions) and freeing their atoms to be re-used by other bioprocesses (anabolic reactions)



Importance of saprophytic and symbiotic bacteria to the nitrogen cycle

On the basis of influence of atmospheric pressure

- Bacteria that can tolerate high pressure and isolated from deep sea are called Barotolerant.
  - 300 M depth → Barotolerant
  - 4000-6000 M depth → Barophilic
  - 10,000 M depth → extremely Barophilic

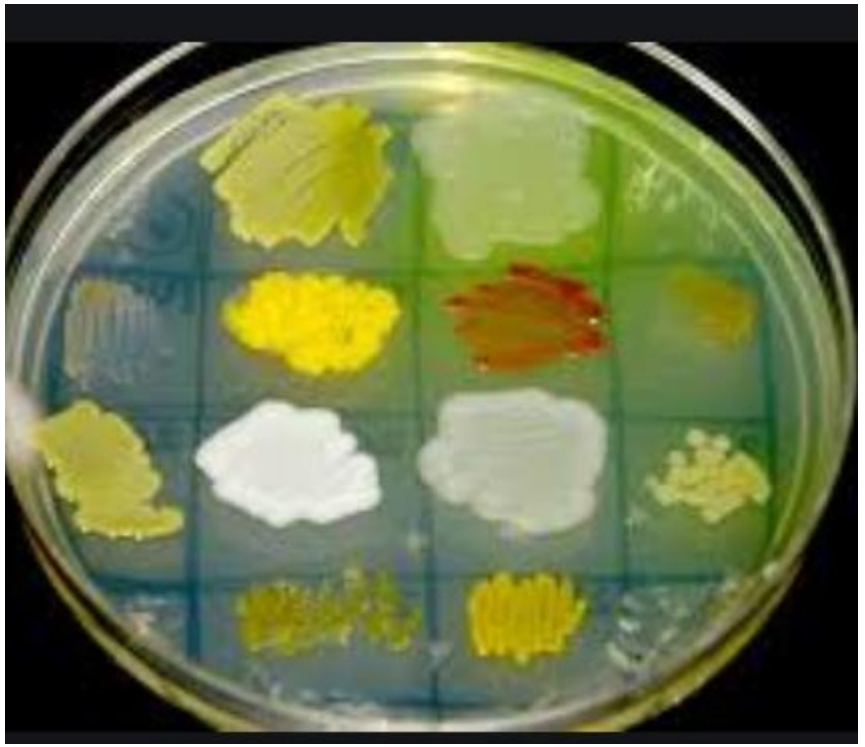
Eg:

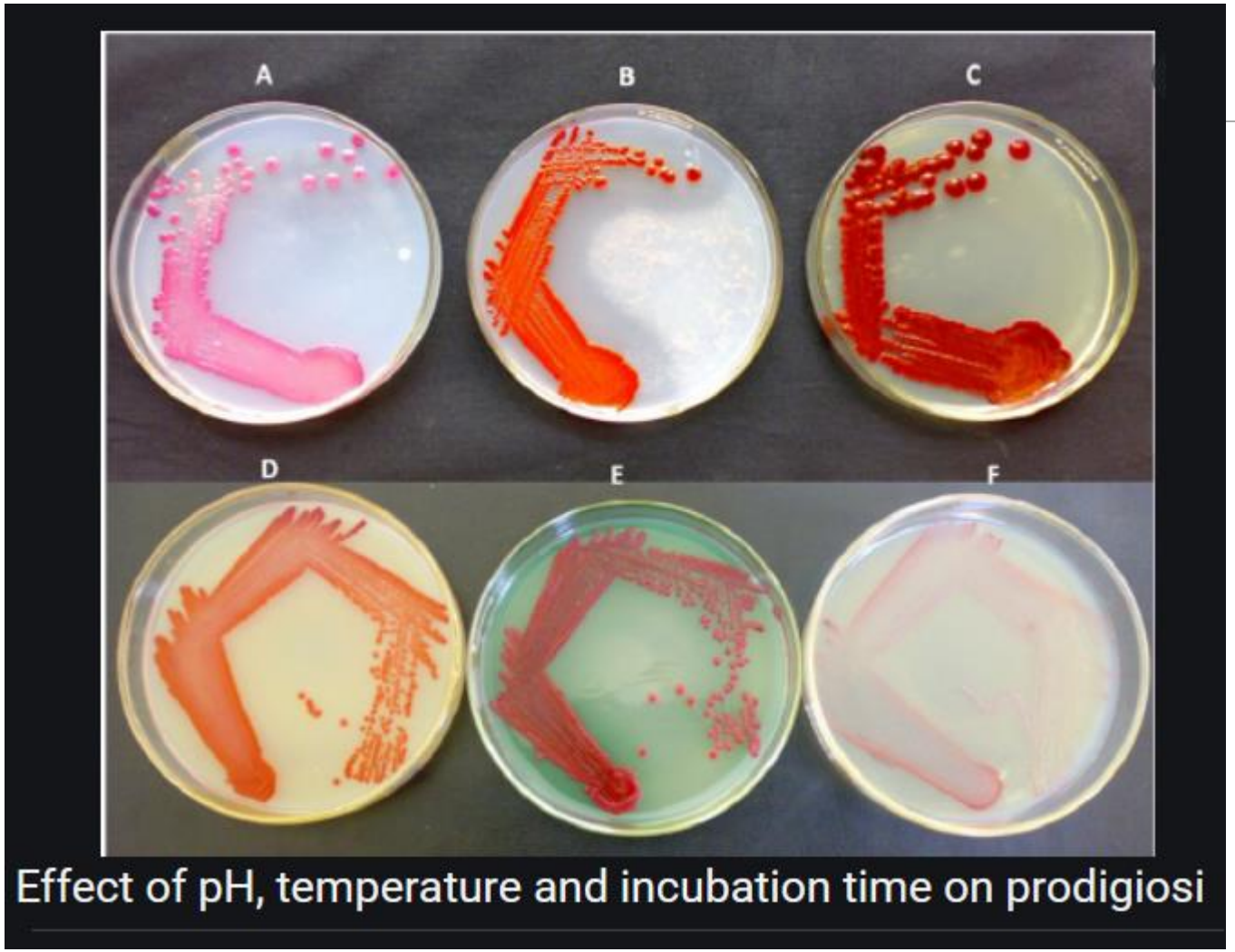
Shewenella, Photobacterium, Moritella japonica, Methanococcus .

On the basis of pigmentation

Microbial pigments are secondary metabolites

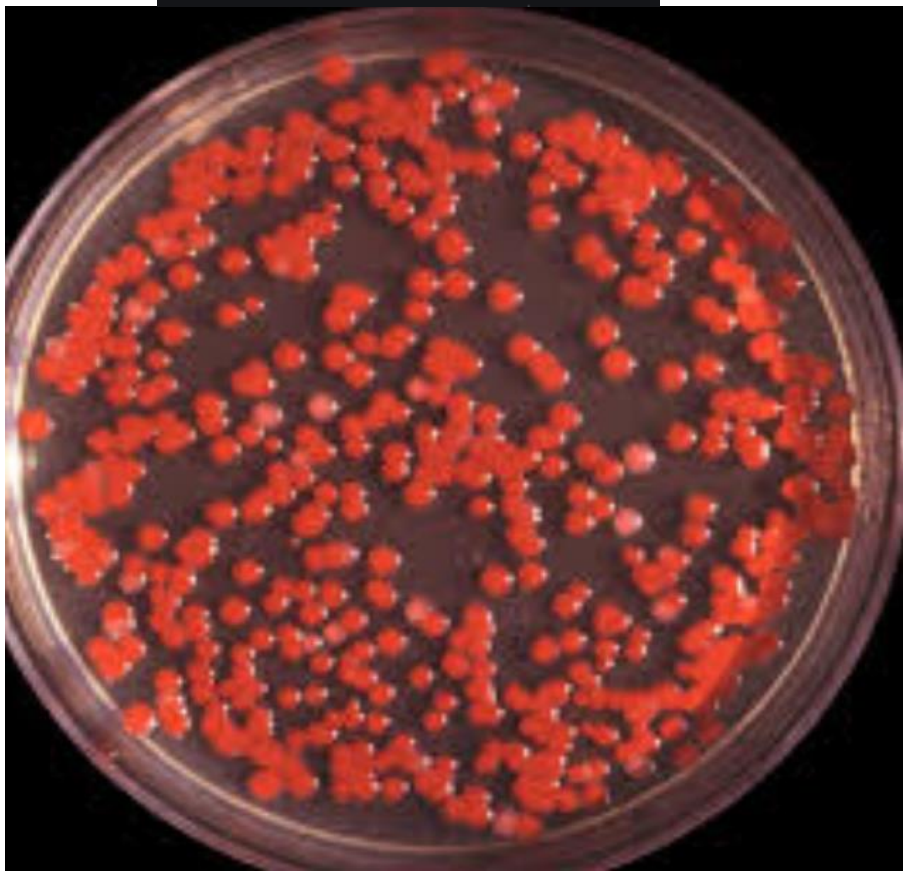
Purple: Spirillum rubrum
Violet: Chromobacterium violacein
Indigo: Janthinobacterium lividum
Blue: Streptomyces coelicolor (actinorhodin edible)
Green: Chlorobium tepidum
Yellow: Xanthomonas campestris (xanthomonadins)
Orange: Sarcina aurentiaca
Red: Serratia marcescens (prodigiosin)
Brown: Rhizobium etli
Black: Prevotela melaninogenica





Effect of pH, temperature and incubation time on prodigiosi

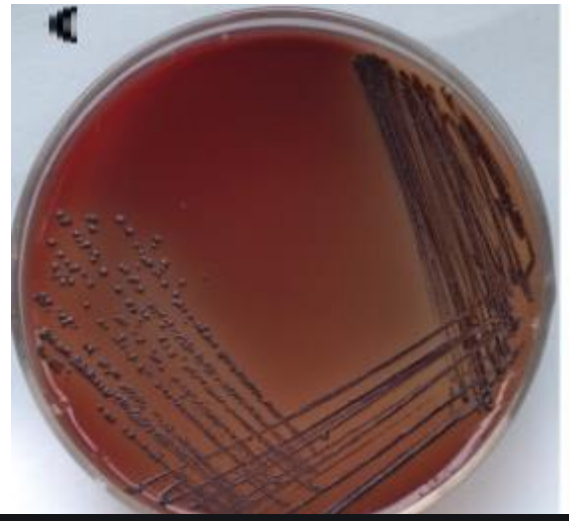
Serratia marcescens

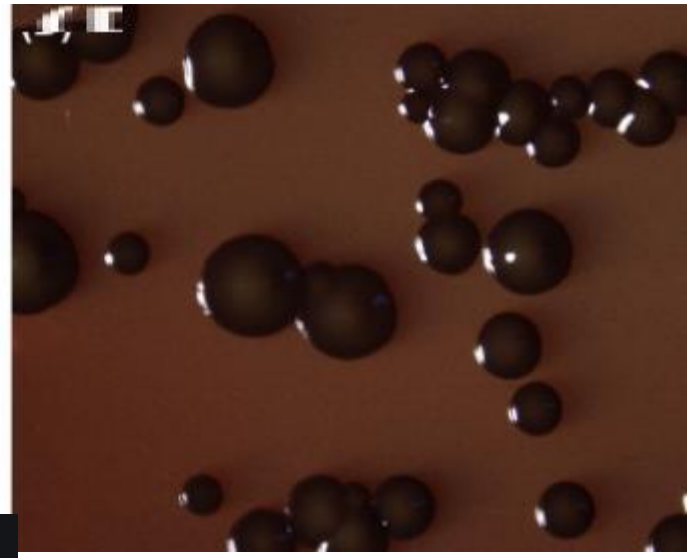


On the basis of pigmentation

Microbial pigments are secondary metabolites

Golden: Staphylococcus aureus
Silver: Actinomyces sp.
White: Staphylococcus epidermidis
Cream: Proteus vulgaris
Pink: Micrococcus roseus
Maroon: Rugamonas rubra
Fluorescent blue/green: Pseudomonas aeruginosa (Pyocyanin)
Fluorescent yellow: Pseudomonas fluorescens (Pyoverdin/fluorescein)





Prevotella melaninogenica

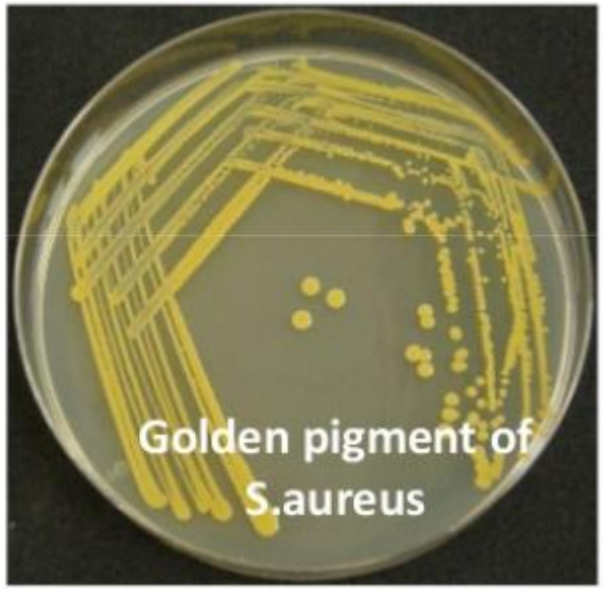
Factors Influencing Pigment Production :

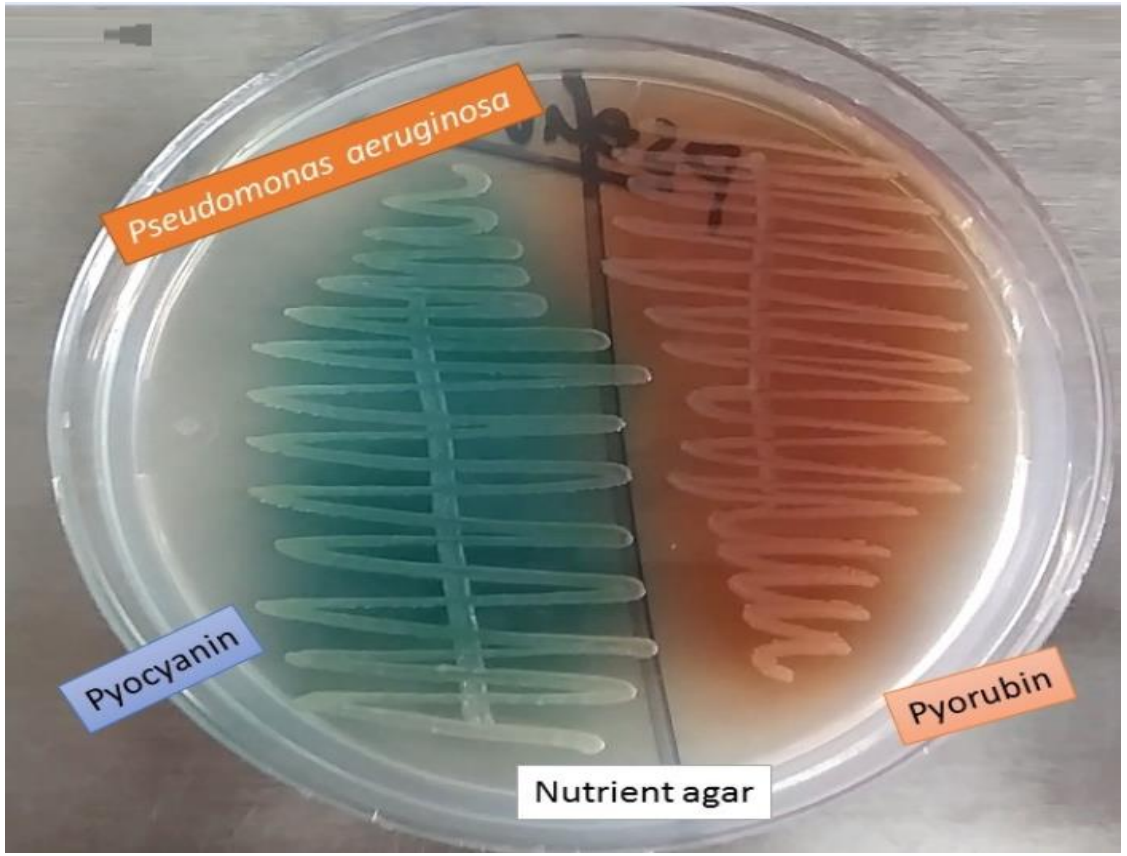
1. Temperature: Maximum pigmentation at RT (20° to 25°C).

2. Oxygen: pigmentation under aerobic condition.

3. Medium: Pigment is produced on solid medium.

4. Light: pigmentation is better in presence of light.

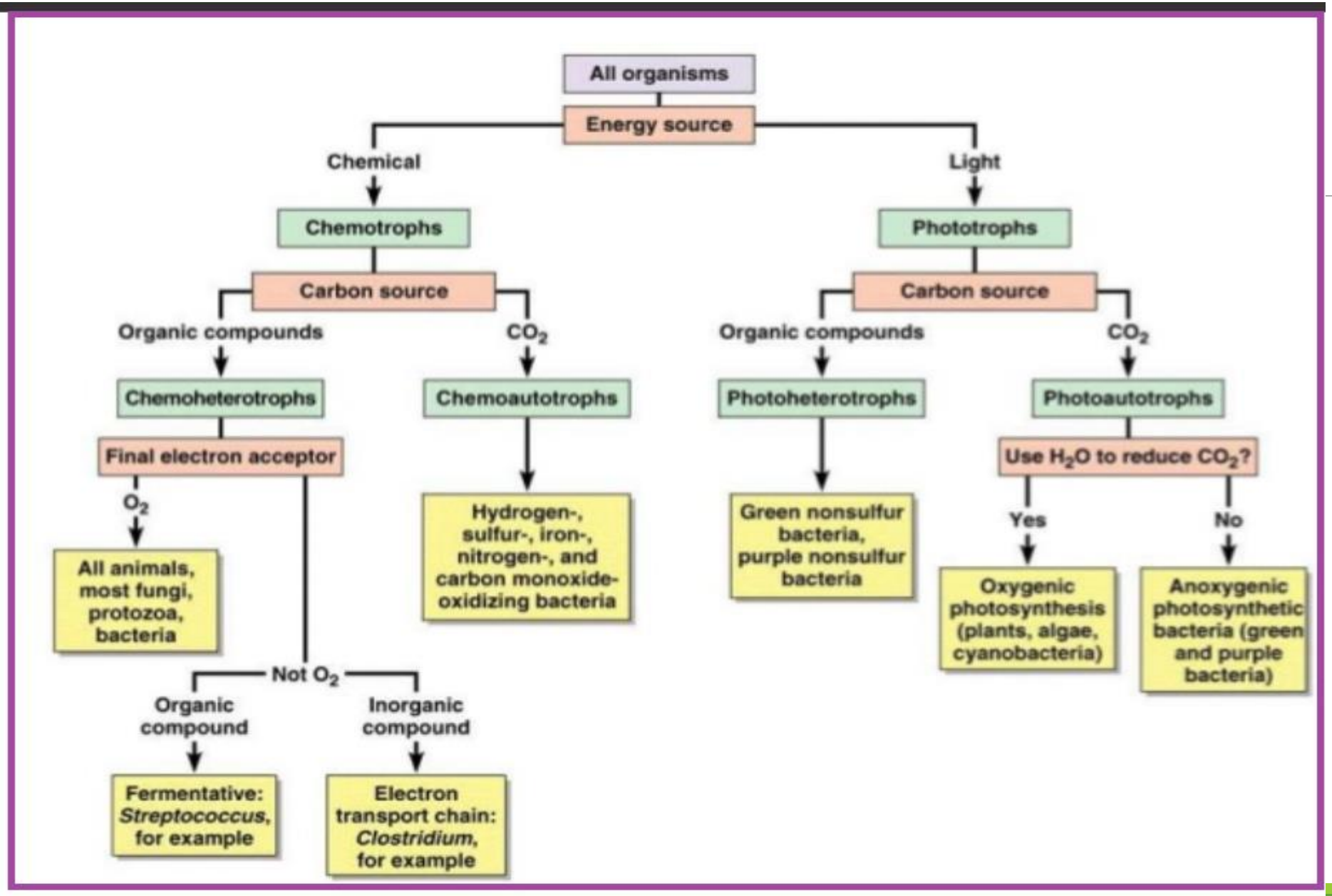




On the basis of mode of nutrition

- On the basis of energy source utilization- Phototrophs and chemotrophs
- On the basis of carbon source utilization- autotrophs and heterotrophs

Autotrophs use CO_2 and heterotrophs require organic carbon source.


All organisms
Energy source
Chemical
Light
Chemotrophs
Phototrophs
Carbon source
Carbon source
Organic compounds
CO_2
Organic compounds
CO_2
Chemoheterotrophs
Chemoautotrophs
Photoheterotrophs
Photoautotrophs
Final electron acceptor
Use H_2O to reduce CO_2?
O_2
Hydrogen-, sulfur-, iron-, nitrogen-, and carbon monoxide-oxidizing bacteria
Green nonsulfur bacteria, purple nonsulfur bacteria
Yes
No
All animals, most fungi, protozoa, bacteria
Oxygenic photosynthesis (plants, algae, cyanobacteria)
Anoxygenic photosynthetic bacteria (green and purple bacteria)
Not O_2
Organic compound
Inorganic compound
Fermentative: *Streptococcus*, for example
Electron transport chain: *Clostridium*, for example

On the basis of metabolism

- Heterotrophic bacteria are classified into two types;
  - Respiratory
  - Fermentative

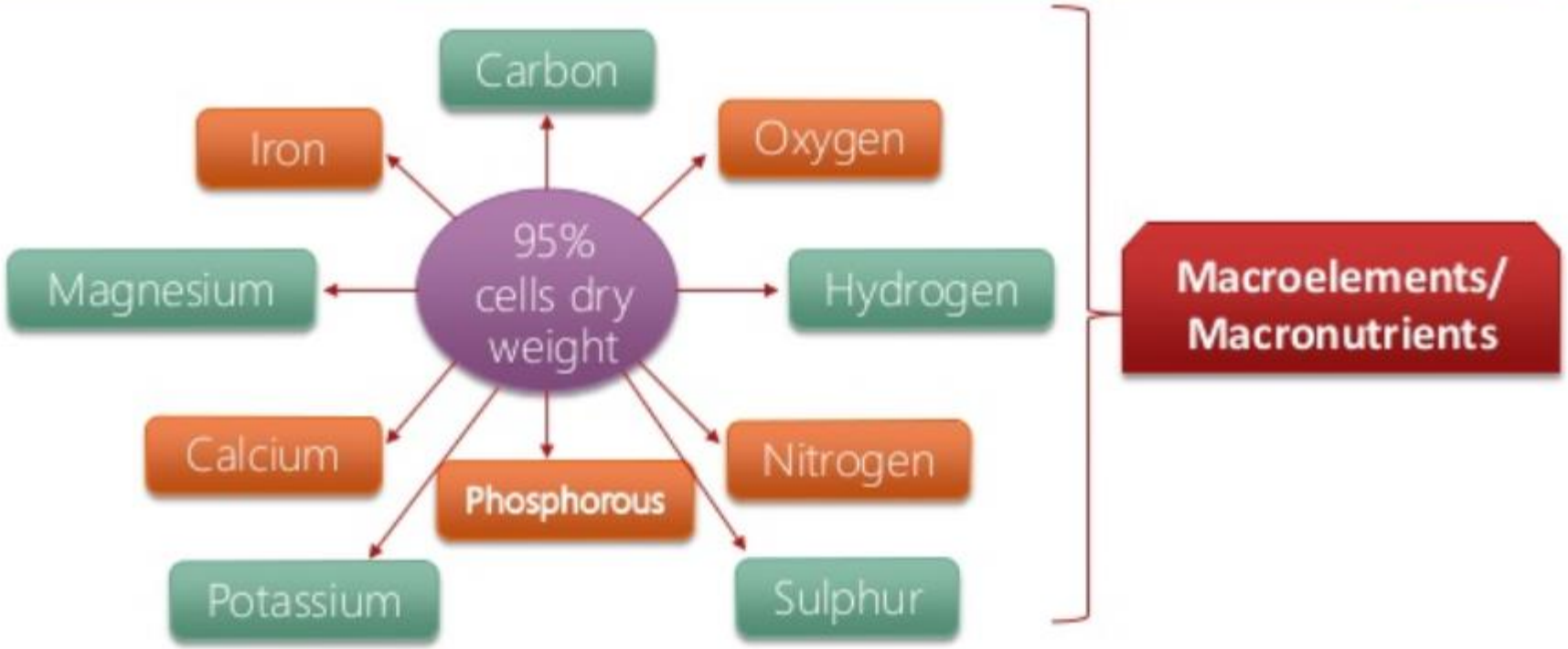
  Respiratory mechanism may be aerobic or anerobic.

  In aerobic respiration, oxygen serves as the terminal electron acceptor whereas in anaerobic respiration NO_3^-, SO_4^-, $C0_3^-$ etc

  Partial oxidation of organic compound in case of fermentation.

Nutritional Requirements

- Nutrients are substances required for biosynthesis of macromolecules, energy production and growth
- macroelements (macronutrients)
  - required in relatively large amounts
  - C, H, N, O, P, S and K, Mg, Fe and Ca
- micronutrients (trace elements)
  - Mn, Zn, Co, Mo, Ni, and Cu
  - required in trace amounts, used as cofactors by enzymes
  - often supplied in water or in media components



- The first six (C, O, H, N, S and P) : components of carbohydrates, lipids and proteins
- K^+ : enzyme -protein synthesis
- Ca^{2+} : heat resistance of bacterial endospores
- Mg^{2+} : cofactors, stabilise the cell membrane and ribosomes
- Fe^{2+} and Fe^{3+} : part of cytochrome and cofactors for enzymes and ECP

- **Micronutrients/ Trace elements** : Several nutrients which are required in small amounts
- Ubiquitous and normally part of enzymes and cofactors
- Aid in catalysis of reaction and maintenance of protein structure
- Mn^{2+}: transfer of phosphate groups
- Mo^{2+} : nitrogen fixation
- Co^{2+} : component of vitamin B_{12}

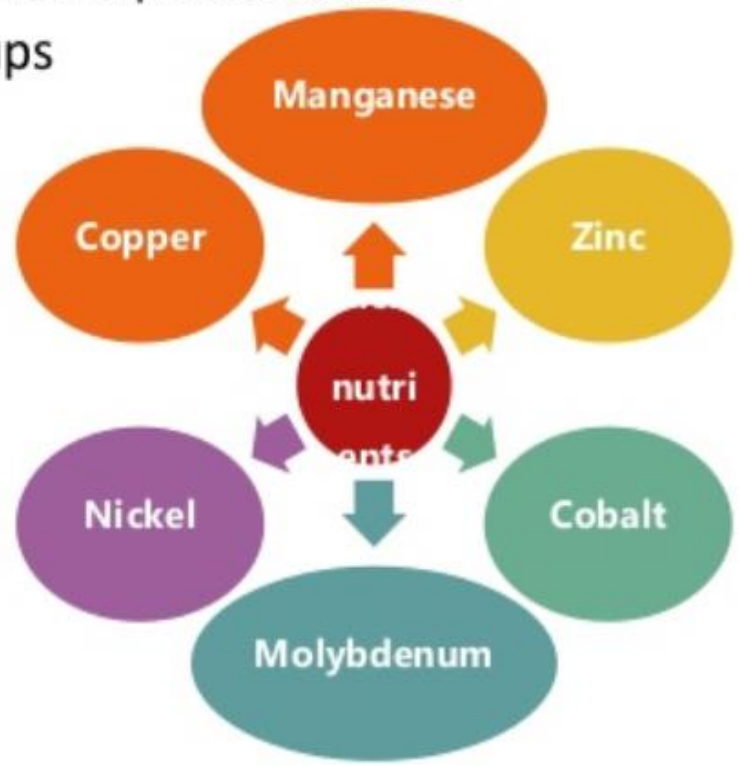
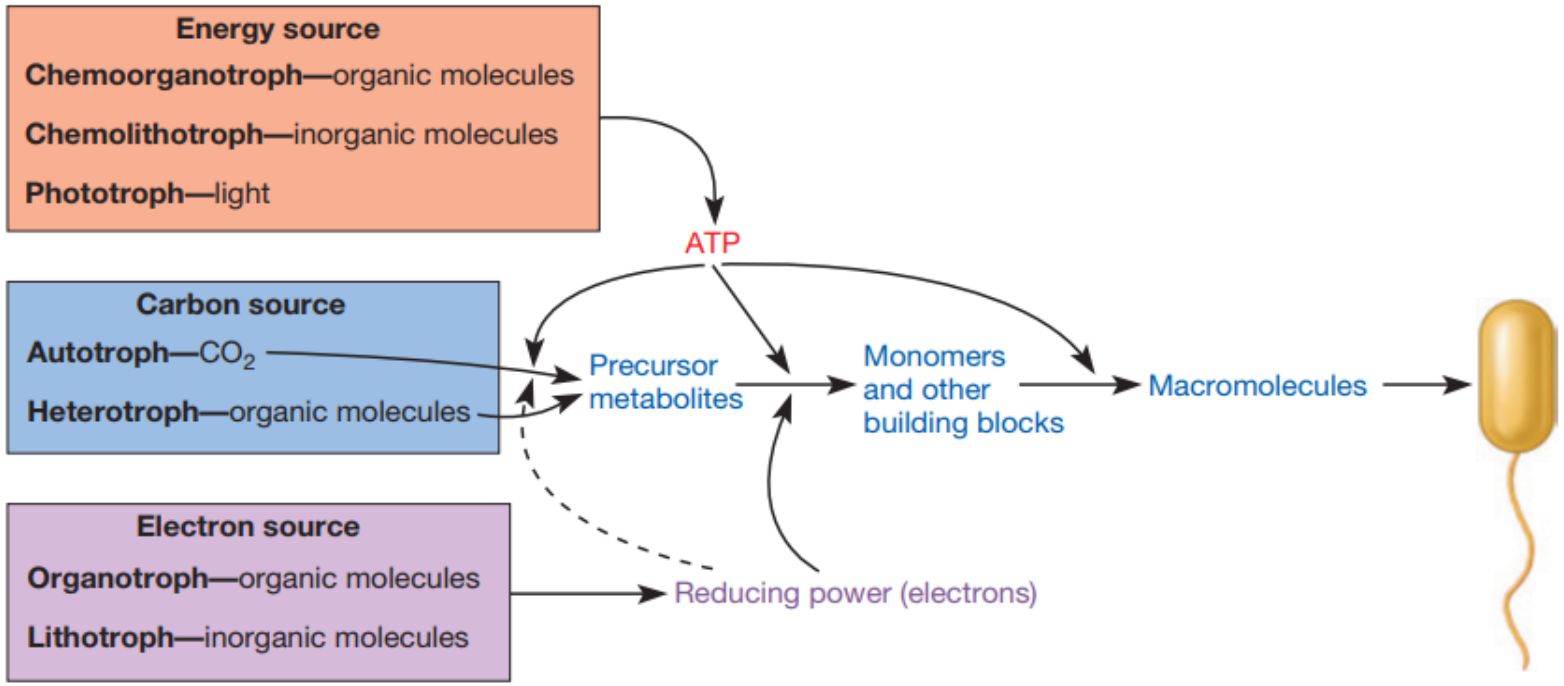


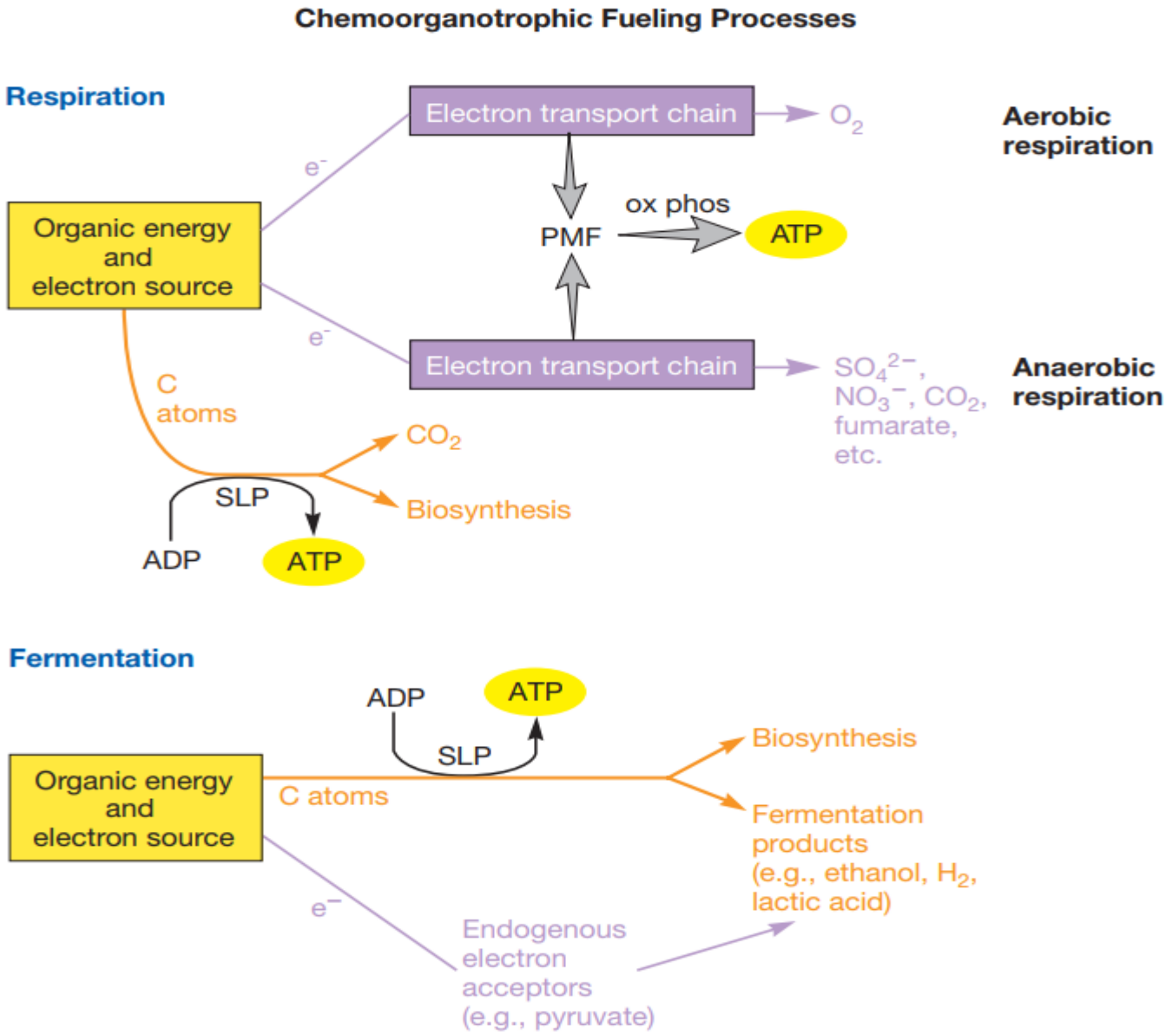
Table 11.1	Sources of Carbon, Energy, and Electrons
Carbon Sources	
Autotrophs	CO_2 sole or principal biosynthetic carbon source
Heterotrophs	Reduced, preformed, organic molecules from other organisms
Energy Sources	
Phototrophs	Light
Chemotrophs	Oxidation of organic or inorganic compounds
Electron Sources	
Lithotrophs	Reduced inorganic molecules
Organotrophs	Organic molecules

Table 11.2 Major Nutritional Types of Microorganisms

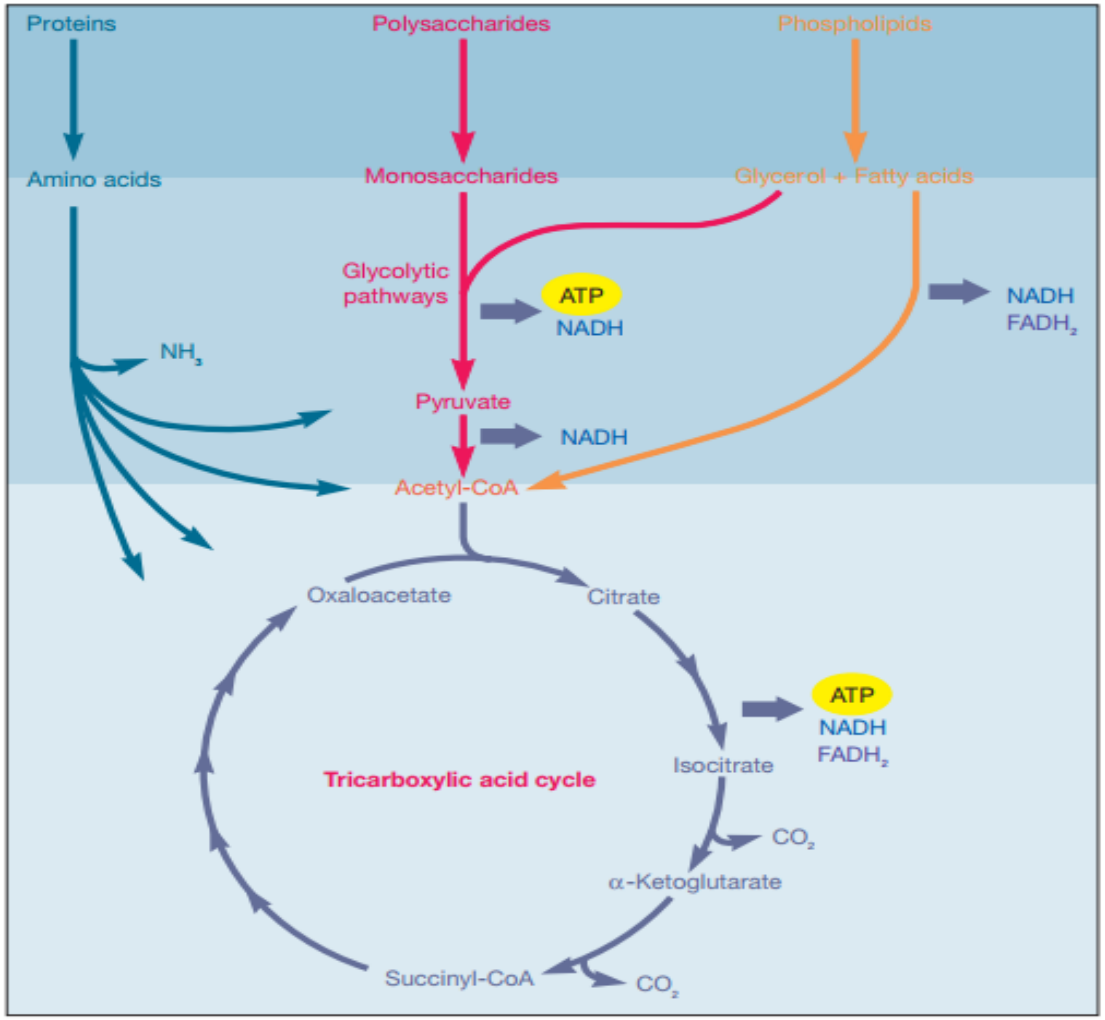
Nutritional Type	*Carbon Source*	*Energy Source*	*Electron Source*	*Representative Microorganisms*
Photolithoautotroph	CO_2	Light	Inorganic e^- donor	Purple and green sulfur bacteria, cyanobacteria, diatoms
Photoorganoheterotroph	Organic carbon	Light	Organic e^- donor	Purple nonsulfur bacteria, green nonsulfur bacteria
Chemolithoautotroph	CO_2	Inorganic chemicals	Inorganic e^- donor	Sulfur-oxidizing bacteria, hydrogen-oxidizing bacteria, methanogens, nitrifying bacteria, iron-oxidizing bacteria
Chemolithoheterotroph	Organic carbon	Inorganic chemicals	Inorganic e^- donor	Some sulfur-oxidizing bacteria (e.g., *Beggiatoa* spp.)
Chemoorganoheterotroph	Organic carbon	Organic chemicals, often same as C source	Organic e^- donor, often same as C source	Most nonphotosynthetic microbes, including most pathogens, fungi, and many protists and archaea



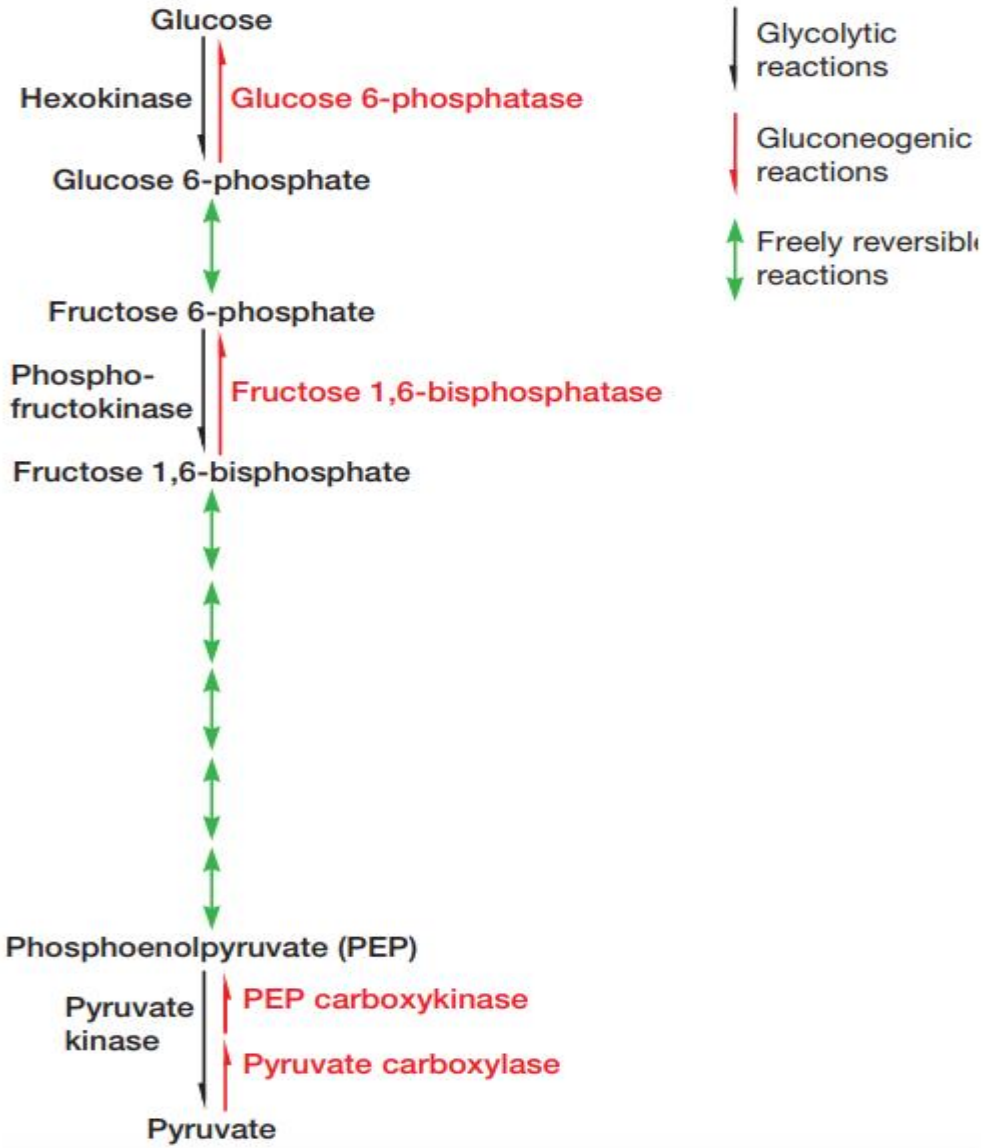
The Fueling Reactions Convert an Organism's Carbon, Energy, and Electron Sources into Precursor Metabolites, ATP, and Reducing Power. In autotrophs, the precursor metabolites arise from CO_2-fixation and related pathways, which are discussed in chapter 12. In heterotrophs, the precursor metabolites arise from reactions of the central metabolic pathways (*see figure 12.2*). ATP and reducing power are used in anabolic reactions that convert precursor metabolites into monomers and other building blocks. Monomers are used to generate macromolecules such as proteins, which are assembled into various cell structures.



Chemoorganotrophic Fueling Processes.



Pathways Used by Chemoorganotrophs to Catabolize Organic Energy Sources. Notice that these pathways funnel metabolites into the glycolytic pathways and the tricarboxylic acid cycle, thus increasing metabolic efficiency and flexibility.



The Embden-Meyerhof Pathway Is an Example of an Amphibolic Pathway.