Lecture 3

Prokaryotic Cells

Living systems are organized into cells

Cells are characteristically microscopic in size. Although there are exceptions, **a typical eukaryotic cell is 10 to 100 micrometers (µm)** (10 to 100 millionths of a meter) **in diameter**, although most **prokaryotic cells are only 1 to 10 µm in diameter**.

الأنظمة الحية منظمة بالخلايا

إن السمة العامة للخلايا هي قياسها المجهري. وعلى الرغم من وجود استثناءات **فقطر خلية حقيقة النواة نموذجية يتراوح بين 10 إلى 100 ميكرومتر** (10 إلى 100 جزء من مليون من المتر)، وقياس معظم خلايا **بدائية النواة هو من 1 إلى 10 ميكرومتر فقط.**

Cells were discovered by Robert Hooke in England in 1665 (in the 17th century), using one of the first microscopes, one that magnified 30 times. naming the shapes, he saw in cork *cellulae* (Latin, "small rooms"). This is known to us as *cells.* Not long after that, the Dutch scientist **Anton van Leeuwenhoek** used microscopes capable of magnifying 300 times. **He was the first to observe living cells**, which he termed animalcules, or "little animals" .

اكتشفت الخلايا قبل روبرت هوك في إنكلترا عام 1665 (في القرن السابع عشر) باستخدام واحد من أقدم المجاهر الذي يكان يكبر 30 مرة فقط، مطلقاً على الأشكال التي رآها في الفلين اسم خليات (غرف صغيرة أو زنزانات باللاتينية)، ومنه وصل إلينا اسم خلايا. بعد مدة ليست طويلة، استخدم العالم الهولندي **أنطون فان لوفنهوك** مجهراً قادراً على التكبير 300 مرة، **وكان أول من شاهد الخلايا الحية**، وقد أطلق عليها اسم (حييونات).

After these early efforts, a century and a half passed before biologists fully recognized the importance of cells. In 1838, German botanist **Matthias Schleiden** stated that all plants are aggregates of fully individualized, independent, separate beings, namely the cells themselves." In 1839, German physiologist **Theodor Schwann** reported that all animal tissues also consist of individual cells. **Thus, the cell theory was born.**

بعد هذه الجهود المبكرة، مضى قرن ونصف قبل أن يدرك علماء الأحياء بشكل كامل أهمية الخلايا. وعام 1838، أعلن عالم النبات **ماتيوس شلايدن** أن النباتات كلها هي تجمعات من كائنات مفردة، ومستقلة، ومنفصلة، وهي الخلايا بذاتها. وعام 1839، أعلن الفيزيولوجي الألماني **ثيودور شوان** أن أنسجة الحيوانات جميعها تتكون من خلايا منفردة، **وبهذا ولدت النظرية الخلوية (نظرية الخلية).**

The cell theory, one of the basic ideas in biology, is the foundation for understanding the reproduction and growth of all organisms.

إن النظرية الخلوية، هي واحدة من الأفكار الأساسية في علم الحياة، وتشكل حجر الأساس في فهمنا لتكاثر الكائنات جميعها ونموها.

Cell theory is the unifying foundation of cell biology

The cell theory was proposed to explain the observation that all organisms are composed of cells. It sounds simple, but it is a far-reaching statement about the organization of life. In its modern form,

النظرية الخلوية هي الأساس الموحد لبيولوجيا الخلية

اقترحت النظرية الخلوية، لتفسير ملاحظة أن الكائنات الحية جميعها تتكون من خلايا وفي حين تبدو هذه العبارة بسيطة، إلا أنها عبارة بعيدة المدى حول تنظيم الحياة.

the **cell theory** includes the following three principles:

1. **All organisms are composed of one or more cells**, and the life processes of metabolism and heredity occur within these cells.
2. **Cells are the smallest living things**, the basic units of organization of all organisms.
3. **Cells arise only by division of a previously existing cell**.

تشمل **النظرية الخلوية** في شكلها الحديث المبادئ الثلاثة الآتية:

1. **تتكون الكائنات الحية جميعها من خلية واحدة أو أكثر**، وتتم العمليات الحياتية من استقلاب ووراثة داخل هذه الخلايا.
2. **الخلايا أصغر الأشياء الحية**، وهي الوحدات الأساسية في تنظيم الكائنات كلها.
3. **تنشأ الخلايا فقط من انقسام خلية موجودة سابقاً.**

Although life likely evolved spontaneously in the environment of early Earth, **biologists have concluded that no additional cells are originating spontaneously at present**. Rather, life on Earth represents a **continuous line of descent from those early cells.**

على الرغم من نشوء الحياة تقريباً بشكل تلقائي في بيئة الأرض البدائية، **استنتج علماء الأحياء عدم وجود خلايا إضافية تنشأ تلقائياً في الوقت الحالي**. إذ تمثل الحياة على الأرض، في الواقع، **خطاً متصلاً لذرية من تلك الخلايا البدائية.**

The diversity of life arises by evolutionary change

The unity of life that we see in certain key characteristics shared by many related life-forms contrasts with the incredible diversity of living things in the varied environments of Earth. The underlying unity of biochemistry and genetics argues that all life has evolved from the same origin event. The diversity of life arises by evolutionary change leading to the present biodiversity we see.

تنوع الحياة ظهر عن طريق التغير التطوري

إن وحدة الحياة التي نراها ماثلة في صفات أساسية مشتركة بين كثير من أشكال الحياة المتقاربة، تتضارب مع التنوع الهائل للكائنات الحية في البيئات المختلفة على الأرض. تجادل الوحدة الأساسية (الأساس الموّحد) لكل من الكيمياء الحيوية وعلم بأن كل أشكال الحياة تطورت من أصل واحد. وتنوع أشكال الحياة ظهر عن طريق حدوث تغيّر تطوري قاد إلى التوع الحيوي الذي نشاهده.

Biologists divide life's great diversity into **three great groups, called domains: Bacteria, Archaea, and Eukarya** (figure 3.1).

يقسم علماء الأحياء التنوع الهائل لأشكال الحياة **إلى ثلاث مجموعات كبيرة تدعى فوق الممالك (الحقول): الجراثيم، والعتائق (الجراثيم القديمة)، وحقيقية النوى** (الشكل 3.1).

The domains Bacteria and Archaea are composed of single-celled organisms *(prokaryotes)* with little internal structure, and the domain Eukarya is made up of organisms *(eukaryotes)* composed of a complex, organized cell or multiple complex cells.

تضم فوق مملكتي الجراثيم والجراثيم القديمة كائنات وحيدة الخلية (بدائيات النوى)، فيها القليل من التراكيب الداخلية، أما فوق مملكة حقيقية النوى، فتضم كائنات مكونة من خلية منظمة بشكل معقد أو ذات خلايا متعددة (تدعى حقيقية النوى).

Within Eukarya are four main groups called kingdoms (figure 3.1). **Kingdom Protista consists of all the unicellular eukaryotes except yeasts (which are fungi), as well as the multicellular algae**. Because of the great diversity among the protists, many biologists feel kingdom Protista should be split into several kingdoms.

يقع ضمن حقيقية النوى أربع مجموعات رئيسة تدعى ممالك الشكل (3. 1). **تتألف مملكة الطلائعيات من جميع الكائنات حقيقية النوى وحيدة الخلية ما عدا الخميرة (التي تعد من الفطريات)، بالإضافة إلى الطحالب متعددة الخلايا**، وبسبب التنوع الكبير للطلائعيات، يشعر العديد من علماء الأحياء أن مملكة الطلائعيات يجب أن تقسم إلى عدة ممالك.

Kingdom Plantae consists of organisms that have cell walls of cellulose and obtain energy by photosynthesis. Organisms in the kingdom Fungi have cell walls of chitin and obtain energy by secreting digestive enzymes and then absorbing the products they release from the external environment. Kingdom Animalia contains organisms that lack cell walls and obtain energy by first ingesting other organisms and then digesting them internally.

تتألف مملكة النبات من كائنات لها جدار خلوي من السليلوز، وتحصل على الطاقة من عملية التركيب الضوئي. الكائنات التي تنتمي لمملكة الفطريات لها جدار خلوي من الكيتين، وتحصل على الطاقة بإفرازها أنزيمات هاضمة، ثم امتصاص نواتج الهضم المنطلقة من البيئة الخارجية. وتضم مملكة الحيوان كائنات ليس لديها جدار خلوي، وتحصل على الطاقة بالتهامها أولا الكائنات الحية الأخرى، ثم هضمها داخلياً.

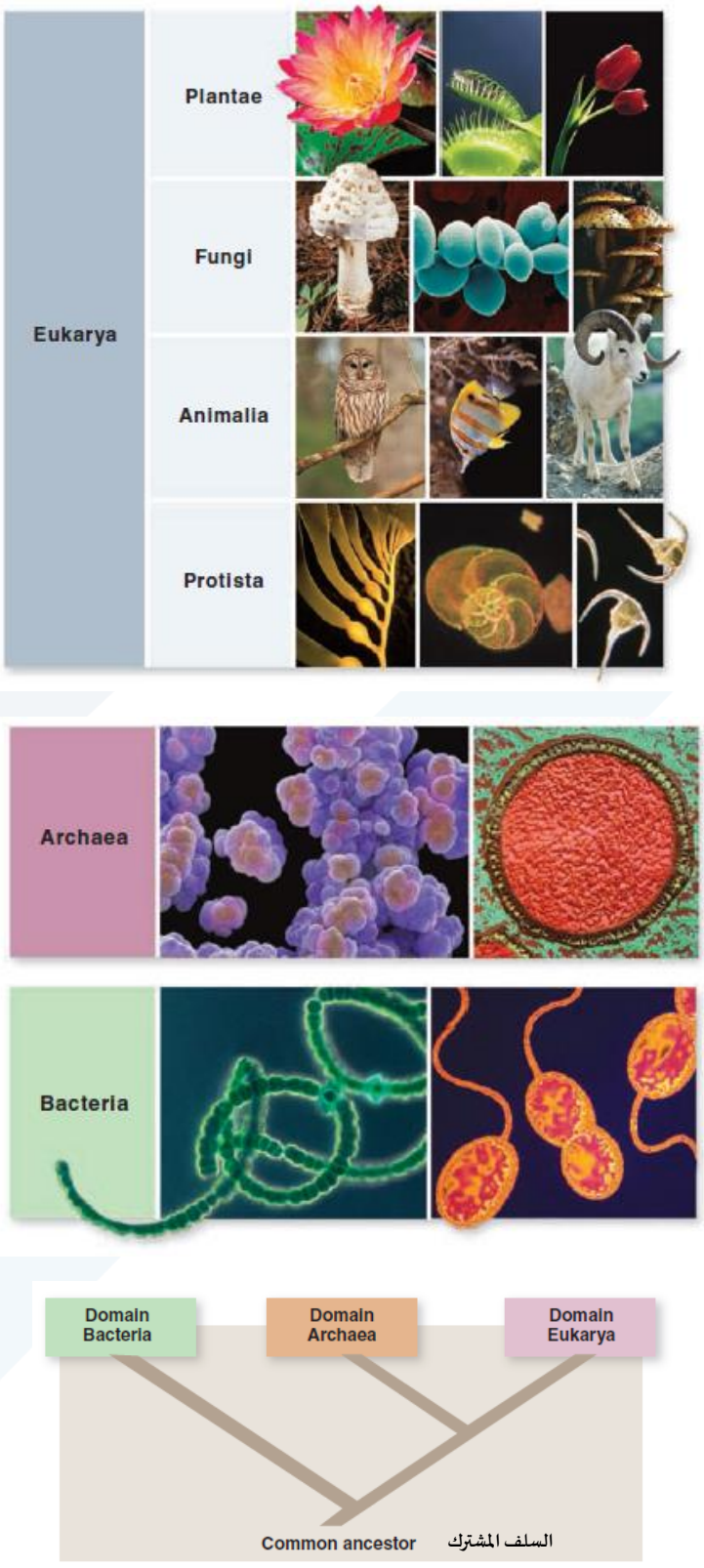

Figure (3.1): The diversity of life.

All cells share many structural features

The general plan of cellular organization varies between different organisms, but despite these modifications, all cells resemble one another in certain fundamental ways. Before we begin a detailed examination of cell structure, **let's first summarize four major features all cells have in common:**

1. **nucleoid or nucleus.**
2. **cytoplasm.**
3. **ribosomes to synthesize proteins.**
4. **plasma membrane.**

تمتلك الخلايا جميعها تراكيب أساسية متشابهة

يختلف المخطط العام للتنظيم الخلوي في خلايا الكائنات الحية المختلفة، ولكن على الرغم من هذه التعديلات، فإن الخلايا كلها تشبه الواحدة منا الأخرى بطرق أساسية معينة. قبل أن نبدأ بدراسة مستفيضة لتركيب الخلية، **دعنا أولاً نلخص أربع خصائص رئيسة تشترك فيها الخلايا كلها، وهي:**

1. **النواة البدائية أو النواة.**
2. **السيتوبلاسما (أو الهيولى).**
3. **الجسيمات الريبية (الريبوزومات أو الريباسات) لتركيب البروتين.**
4. **الغشاء البلازمي (السيتوبلاسمي أو الهيولي).**

Prokaryotic Cells

Prokaryotes are the simplest organisms. **They are very important in the ecology of living organisms. Some harvest light by photosynthesis, others break down dead organisms and recycle their components. Still others cause disease or have uses in many important industrial processes.**

Prokaryotes have two main domains: **archaea and bacteria.**

بدائيات النوى

بدائيات النوع هي أبسط الكائنات. **وهي مهمة جداً في بيئة الكائنات الحية. بعضها يأخذ الضوء بعملية التركيب الضوئي، وأخرى تفكك الكائنات الميتة، وتعيد تدوير مكوناتها، أو تسبب المرض، وتستخدم في كثير من العمليات الصناعية المهمة.**

هناك فوق مملكتين لبدائيات النوى: **العتائق (الجراثيم القديمة)، والجراثيم.**

Although prokaryotic cells do **contain ribosomes**, which carry out protein synthesis, most lack the membrane- bounded organelles characteristic of eukaryotic cells.

على الرغم من أن الخلايا بدائية النوى **تحتوي الجسيمات الريبية**، التي تقوم بتصنيع البروتين، إلا أن معظمها لا يحتوي على عضيات محاطة بغشاء، وهي خاصية للخلايا حقيقيات النوى.

It was long thought that prokaryotes also lack the elaborate cytoskeleton found in eukaryotes, but we have now found they **have molecules related to both actin and tubulin, which form two of the cytoskeletal elements.** The strength and shape of the cell is determined by the cell wall and not these cytoskeletal elements (figure 3.2).

كان الاعتقاد لمدة طويلة بأن بدائيات النوى تخلو من الهيكل الخلوي الذي يوجد في حقيقيات النوى، ولكننا وجدنا حالياً بأنها **تمتلك جزيئات شبيهة بالأكتين والخيوط الدقيقة، اللتان تشكلان عنصرين من الهيكل الخلوي**، تحدد قوة الخلية وشكلها من خلال الجدار الخلوي وليس من عناصر الهيكل الخلوي، (الشكل 3. 2).

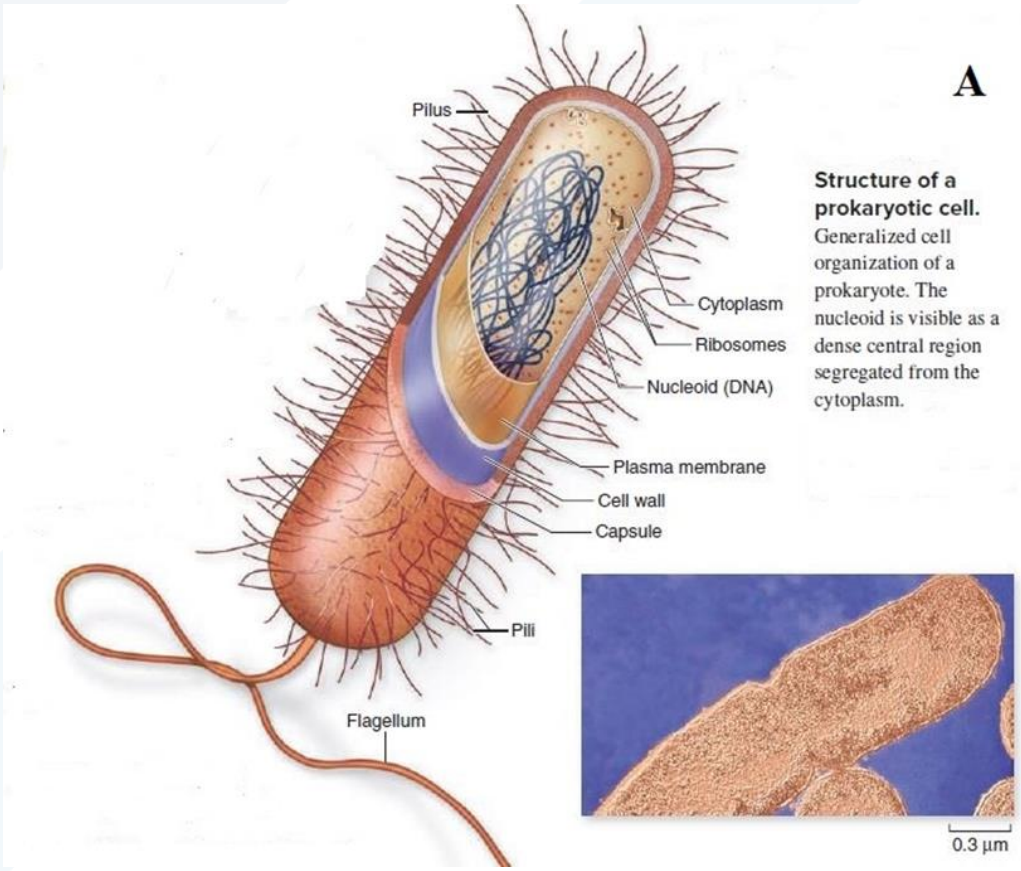

Figure (3.2): Structure of a prokaryotic cell.

The plasma membrane of a prokaryotic cell carries out some of the functions organelles perform in eukaryotic cells. For example, **some photosynthetic bacteria, such as the cyanobacterium *Prochloron* (figure 3.3), have an extensively folded plasma membrane, with the folds extending into the cell's interior. These membrane folds contain the bacterial pigments connected with photosynthesis**. In eukaryotic plant cells, photosynthetic pigments are found in the inner membrane of the chloroplast.

يقوم الغشاء الخلوي في الخلية بدائية النوى ببعض الوظائف التي تقوم بها عضيات في خلايا حقيقية النوى. فعلى سبيل المثال، **بعض الجراثيم التي تقوم بالتركيب الضوئي، مثل الجراثيم المزرقة (الزرقاء) *Prochloron* الشكل (3. 3)، تمتلك طيات كثيرة، تمتد إلى داخل الخلية. تحتوي طيات الغشاء هذه على صبغات جرثومية تقوم بالتركيب الضوئي**. أما في الخلايا النباتية حقيقية النوى، فإن صبغات التركيب الضوئي توجد في الغشاء الداخلي للصانعات الخضراء.

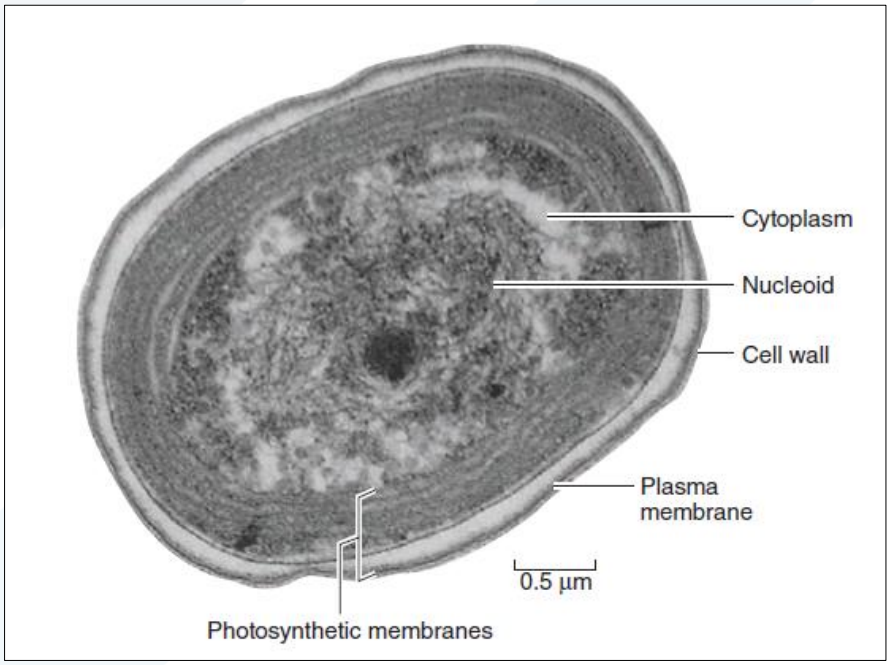

Figure (3.3): Electron micrograph of a photosynthetic bacterial cell.

Bacterial cell walls consist of peptidoglycan

Most bacterial cells are encased by a strong cell wall. **This cell wall is composed of peptidoglycan (or murein)**, which consists of a carbohydrate matrix (polymers of sugars) that is cross-linked by short polypeptide units. **Cell walls protect the cell, maintain its shape, and prevent excessive uptake or loss of water.**

تتكون جدران الخلية الجرثومية من الببتيدوغليكان

معظم الخلايا الجرثومية محاطة بجدار خلوي قوي. **يتكون الجدار الخلوي من الببتيدوغليكان (أو الميورين)**، الذي يتكون من لُحمة (مصفوفة) من السكريات (بوليمرات من السكريات) تتقاطع مع وحدات من متعدد الببتيد قصيرة. **يحمي الجدار الخلوي الخلية، ويحافظ على شكلها، ويمنع دخول الماء أو خسارة الماء بشكل كبير (مفرط).**

Some bacteria also secrete a jellylike protective capsule of polysaccharide around the cell. **Many disease-causing bacteria have such a capsule, which enables them to adhere to teeth, skin, food-or to practically any surface that can support their growth.**

إن بعض الجراثيم تفرز كبسولة (محفظة) واقية حول الخلية، مكونة من سكر متعدد، وتشبه الهلام. **تمتلك الجراثيم المسببة للمرض مثل هذه الكبسولة، وهي تمكنها من الالتصاق بالأسنان، أو الجلد، أو الغذاء، أو عملياً بأي سطح يمكنه أن يدعم نموها.**

Archaea have unusual membrane lipids

The cell walls of archaea are composed of various chemical compounds, **including polysaccharides and proteins, and possibly even inorganic components.** The cell walls of archaea **lack peptidoglycan,** although some have **pseudomurein (or pseudpeptidoglycan)**, which is similar to peptidoglycan in structure and function.

تمتلك العتائق (الجراثيم القديمة) غشاء دهني غير عادي

تمتلك الجدران الخلوية للجراثيم القديمة (العتائق) مكونات كيميائية عدة مختلفة، **تضم السكريات المتعددة والبروتينات، والمحتمل أيضاً وجود مكونات غير عضوية. تفتقر جدر العتائق للببتيدوغليكان** مع أن بعضها يحوي **الميورين الكاذب (أو الببتيدوغليكان الكاذب)** الذي يشبه الببتيدوغليكان في التركيب والوظيفة.

A common feature distinguishing archaea from bacteria is the nature of their membrane lipids. **Archaeal membrane lipids are composed of glycerol linked to hydrocarbon chains by ether linkages, not the ester linkages seen in bacteria and eukaryotes (figure 3.4*a*). These hydrocarbons**

may also be branched, and they may be organized as tetraethers that form a monolayer instead of a bilayer (figure 3.4*b*).

إن طبيعة دهون غشاء الخلية هي الصفة الرئيسة التي تميّز بين العتائق والجراثيم. دهون الغشاء في الجراثيم القديمة مكونة من الغليسرول المرتبط بسلاسل هيدروكربونية من خلال روابط الإيتر المختلفة عن روابط الإيستر الملاحظة في الجراثيم الحقيقية والكائنات حقيقية النوى (الشكل 3.4 *a*). يمكن لهذه الهيدروكربونات أن تكون كتفرعة، ويمكنها الانتظام في إيترات رباعية مكونة طبقة واحدة بدلاً من طبقتين (الشكل 3.4 *b*).

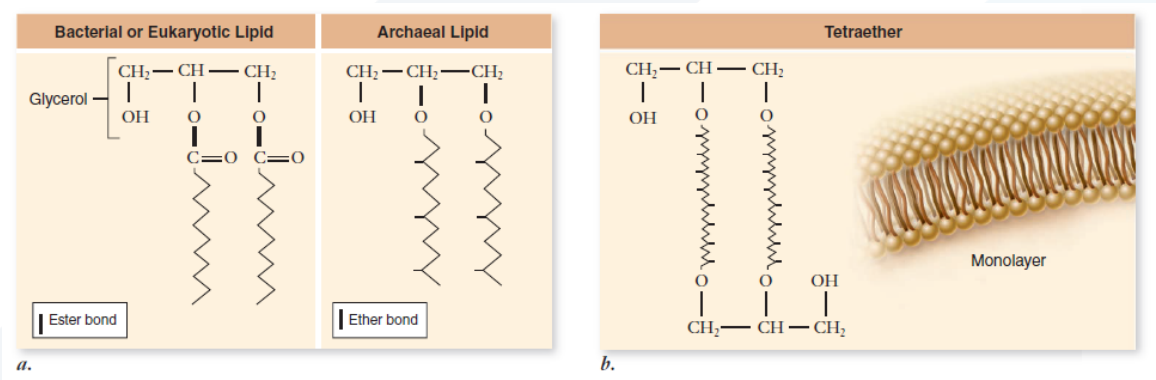

Figure (3.4): Archaeal membrane lipids.

In the case of some hyperthermophiles, the majority of the membrane may be this **tetraether monolayer. This structural feature is part of what allows these archaea to withstand high temperatures.**

في حالة بعض الجراثيم القديمة المحبة للحرارة العالية جداً، فإن غالبية الغشاء الخلوي يمكن أن يتكون من هذه الإيترات الرباعية ذات الطبقة الواحدة. وتعد هذه السمة البنيوية جزءاً يسمح لهذه الجراثيم القديمة من مقاومة درجات الحرارة العالية.

These features seem to confer greater thermal stability to archaeal membranes -meaning **that archaea with this characteristic cannot adapt to changing environmental temperatures.**

إن هذه الصفات – على ما يبدو قد منحت ثباتاً حرارياً أكبر لأغشية العتائق – بمعنى أن العتائق بهذه الخاصية فقدت القدرة على التكيّف مع درجات حرارة البيئة المتغيرة.

Many archaea are extremophiles. They live in **hot springs** that would cook other organisms (figure 3.5), in **hypersaline environments** that would dehydrate other cells, and in **atmospheres** rich in otherwise-**toxic gases** such as **methane or hydrogen sulfide**. They have even been recovered living beneath **435 m of ice in Antarctica!**

الكثير من الجراثيم القديمة متطرفة. حيث تعيش في **الينابيع الحارة** التي يمكنها طبخ كائنات أخرى الشكل (3. 5)، وفي **بيئات عالية الملوحة** يمكنها أن تؤدي لفقد الماء لخلايا أخرى. وفي **أجواء** غنية **بالغازات السامة** مثل **الميتان أو كبريتيد الهيدروجين**. وقد أمكن استعادتها وعزلها حية من تحت العمق **435 متراً من الجليد في المنطقة المتجمدة الجنوبية!**

These harsh environments may be similar to the conditions present on the early Earth when life first began**. It is likely that prokaryotes evolved to dwell in these harsh conditions early** on and have retained the ability to exploit these areas as the rest of the atmosphere has changed.

يمكن أن تشبه هذه البيئات القاسية الظروف التي سادت على الأرض عند بداية الحياة. **من المحتمل أن هذه البدائيات تطورت لتسكن (تعيش) في هذه الظروف القاسية بوقت مبكر** واحتفظت بقدرتها على استغلال هذه المناطق إلى أن تغيّر الجو عموماً.

Figure (3.5): Hot springs such as these in Yellowstone National Park contain thermophilic prokaryotes.

Mitochondria and chloroplasts arose by endosymbiosis

Symbiosis is a close relationship between organisms of different species that live together. **The theory of endosymbiosis proposes** that some of today's eukaryotic organelles evolved by a symbiosis arising between two cells that were each free-living. **One cell, a prokaryote, was engulfed by and became part of another cell, which was the precursor of modern eukaryotes** (figure 3.6).

نشأت الجسيمات الكوندرية والصانعات الخضراء عن طريق التعايش (التكافل) الداخلي

التعايش الداخلي هو علاقة قوية بين كائنات من أنواع مختلفة تعيش معاً. **تقترح نظرية التكفل الداخلي** أن بعض عضيات حقيقيات النوى الموجودة اليوم نشأت عن طريق تكافل حدث بين خليتين كانت كل واحدة منها تعيش بشكل

منفصل (حر) عن الأخرى. **إحدى الخليتين، بدائية النوى، احتوتها (ابتلعتها)خلية أخرى، وأصبحت جزءاً من تلك الخلية، التي هي أصل حقيقية النواة الحديثة**، (الشكل 3. 4).

According to the endosymbiont theory, the engulfed prokaryotes provided their hosts with certain advantages associated with their special metabolic abilities. **Two key eukaryotic organelles are believed to be the descendants of these endosymbiotic prokaryotes: mitochondria**, which are thought to have originated as bacteria capable of carrying out oxidative metabolism, **and chloroplasts, which apparently arose from photosynthetic bacteria.**

بحسب نظرية التكافل الداخلي، زودت بدائيات النوى النواة المبتلعة مضيفاتها بفوائد معينة مرتبطة بقدراتها الاستقلابية الخاصة. **هناك عضيتان مهمتان في حقيقيات النوى يعتقد أنهنا من أنسال بدائيات النوى داخلية التكافل: الجسيمات الكوندرية**، التي يعتقد أنها نشأت بوصفها جراثيم قادرة على القيام بالأكسدة الاستقلابية، **والصانعات الخضراء التي ما يبدو نشأت من جراثيم تقوم بالتركيب الضوئي.**

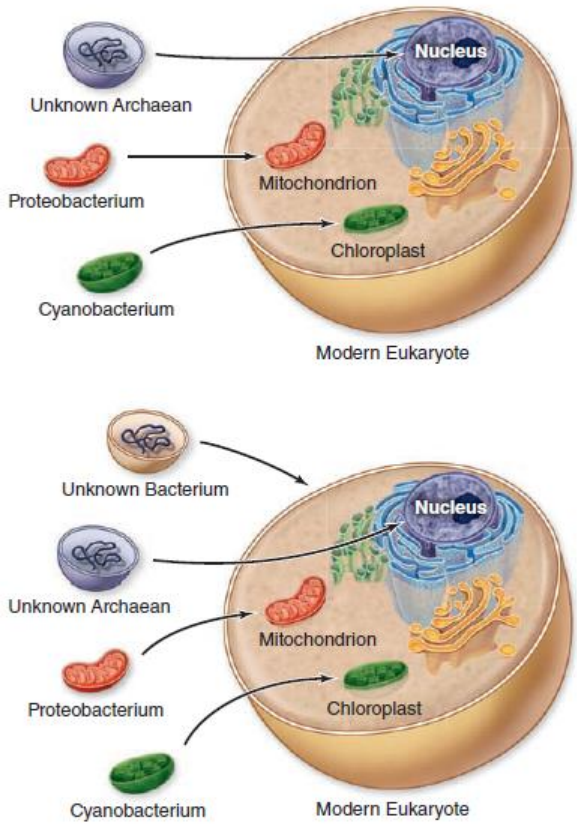

Figure (3.6): Possible origins of eukaryotic cells.

End of lecture