نبات فسيولوجى

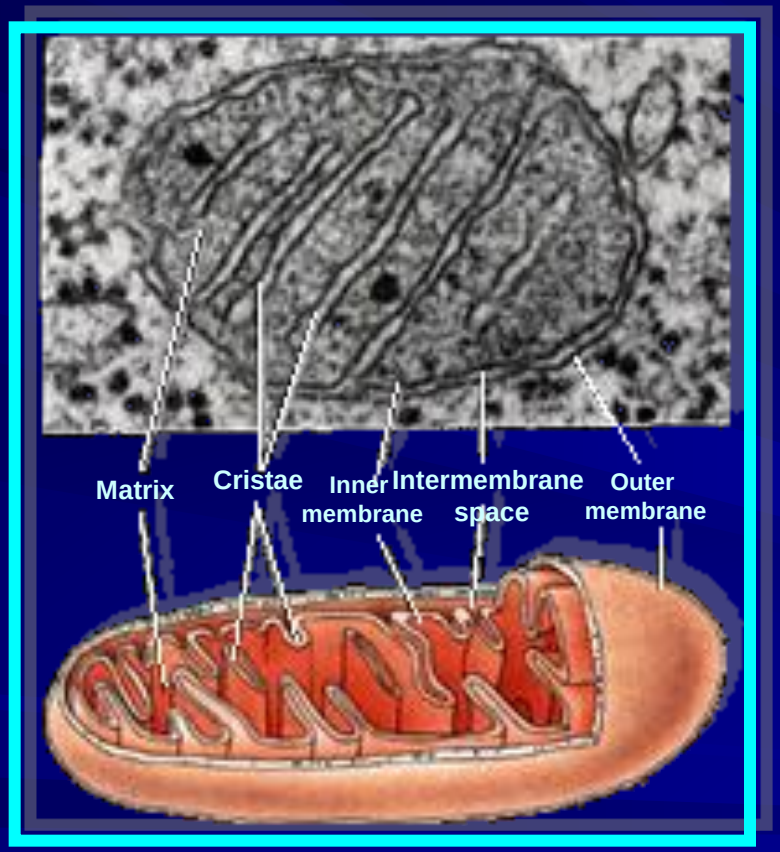
المحاضرة الثالثة

إعداد

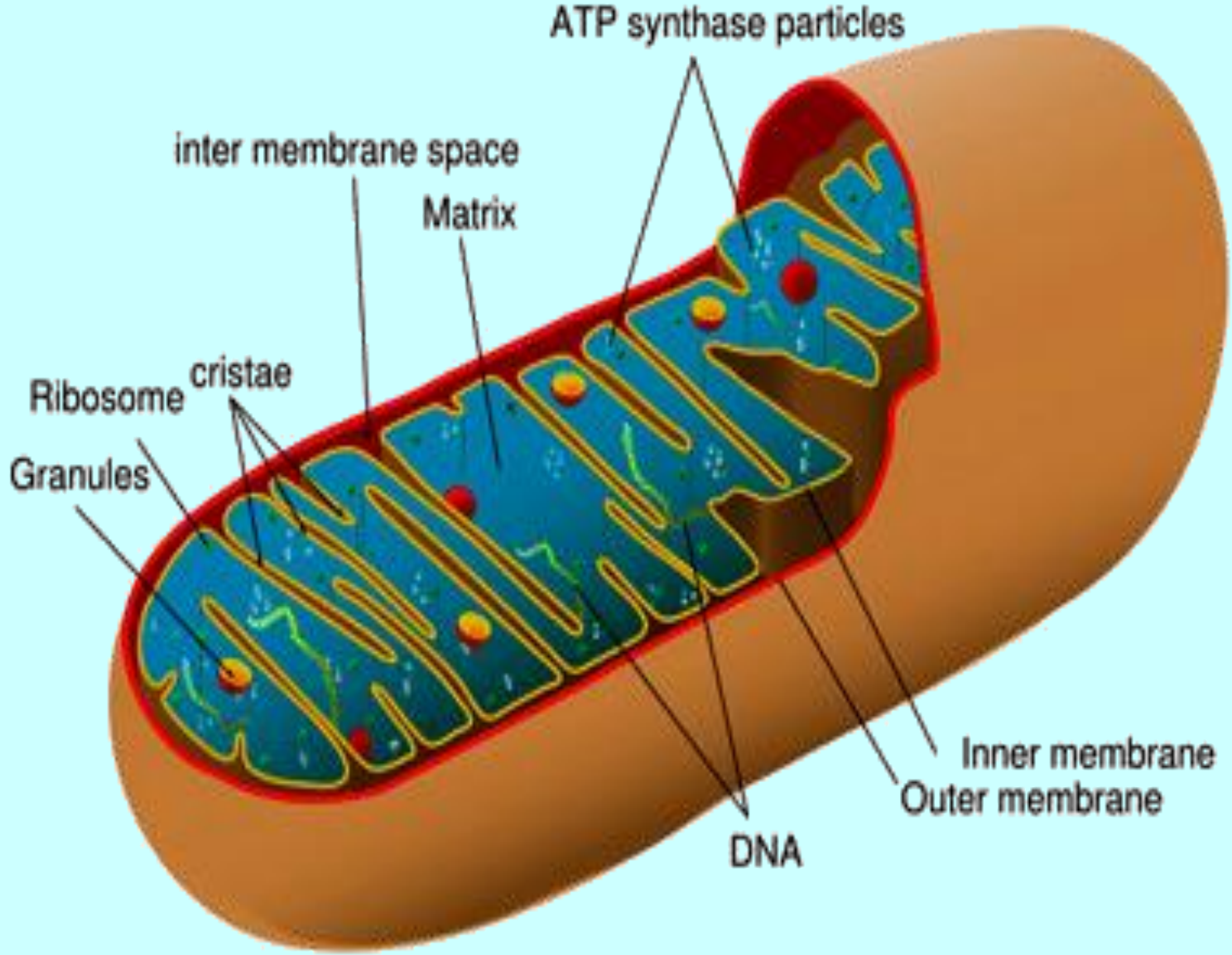
الأستاذ الدكتور/ أحمد لطفى ونس

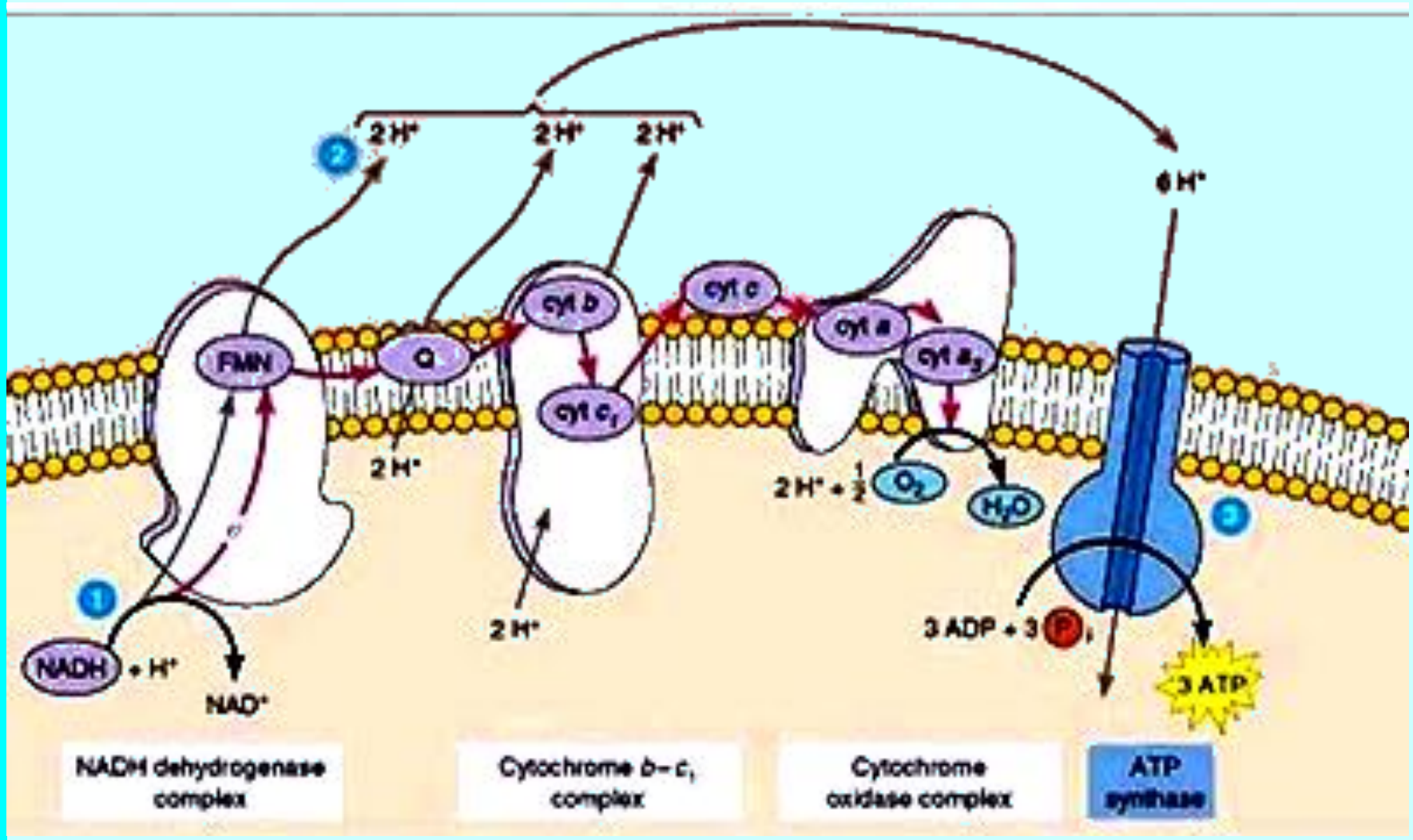
أستاذ النبات وعميد الكلية

Mitochondria الميتوكوندريا



تتركب الميتوكوندريا من حشوه Matrix بروتينية تحتوى على ريبوسومات وجزيئات من DNA كما تحتوى على الإنزيمات اللازمة لدورة كربس وأنزيمات السيتوكروم وتغلف الحشوة بغلاف مكون من غشائين بينهما فراغ ويشبهان فى تركيبهما الأغشية البلازمية الأخرى، الغشاء الداخلى متعرج وذو نتوءات تبرز للداخل تسمى Cristae ويوجد على الغشاء الداخلى للميتوكوندريا ألاف من جسيمات دقيقة يتركب كل منها من رأس كروى وساق إسطوانية جوفاء متصلة بالغشاء تمثل إنزيمات تحويل أدينوسين ثنائى الفوسفات ADP إلى أدينوسين ثلاثى الفوسفات. وترجع أهمية الميتوكوندريا إلى أنها تتم بها تفاعلات دورة كربس وإنتاج الطاقة اللازمة لمختلف أنشطة الخلية.


ATP synthase particles
inter membrane space
Matrix
Ribosome
cristae
Granules
Inner membrane
Outer membrane
DNA


2 H+
2 H+
2 H+
6 H+
FMN
Q
cyt b
cyt c
cyt a
cyt a3
cyt c1
2 H+
2 H+
2 H+ + ½ O2
H2O
3 ADP + 3 Pi
3 ATP
NADH + H+
NAD+
NADH dehydrogenase complex
Cytochrome b–c1 complex
Cytochrome oxidase complex
ATP synthase

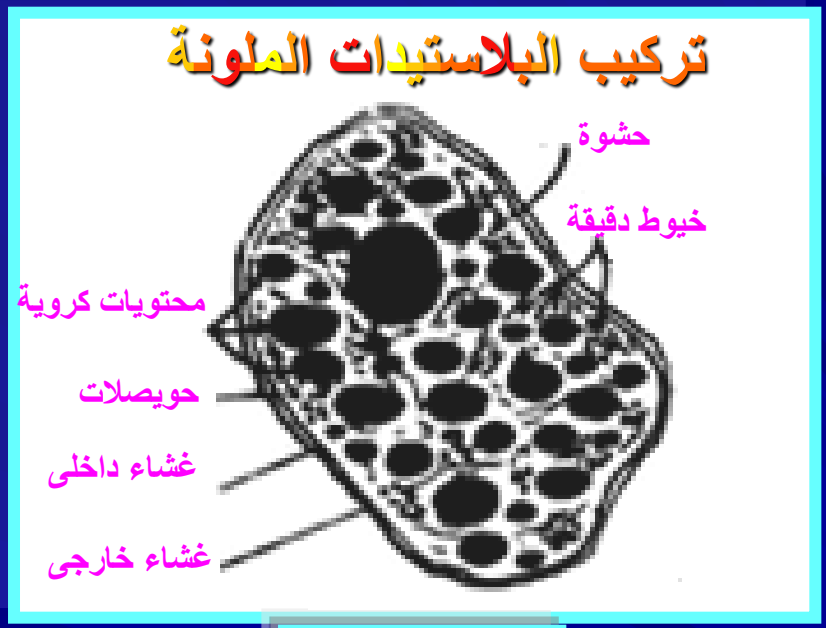
البلاستيدات Plastids

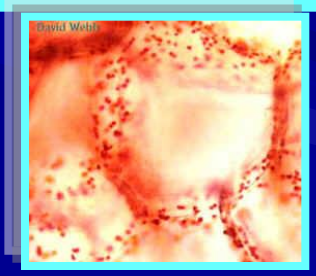
١ـ البلاستيدات الأولية Protoplastids:
توجد فى الخلايا المرستيمية وتطور أثناء نمو الخلايا الناتجة من الإنقسام لتعطى الأنواع الأخرى من البلاستيدات.

٢ـ البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts
هى بلاستيدات خالية من الصبغات، ذات أشكال متعددة ويمكن أن يتغير شكلها لأنها ذات قدرة عالية على التمدد والمطاطية، توجد البلاستيدات عديمة اللون فى خلايا الأنسجة غير المعرضة للضوء كالدرنات والكورمات وإندوسبرم البذور. تقوم البلاستيدات عديمة اللون بوظيفة تكوين وتخزين المواد الغذائية، فنمها ما يختص بتكوين وتخزين النشا وتسمى بالبلاستيدات النشوية Amyloplasts ومنها ما يختص بتخزين الزيوت والدهون وتسمى بالبلاستيدات الزيتية Elaioplasts.

٣- البلاستيدات الملونة Chromoplasts

هى بلاستيدات ذات أشكال عديدة كما هو موضح بالرسم، تحتوى على صبغات الكاروتين والزانثوفيل ولاتحتوى على صبغات الكلوروفيل لذا فهى تأخذ اللون الأصفر أو الأحمر أو البرتقالى تبعا لنوع ونسب الموجودة بها





البلاستيدات الملونة فى الطماطم

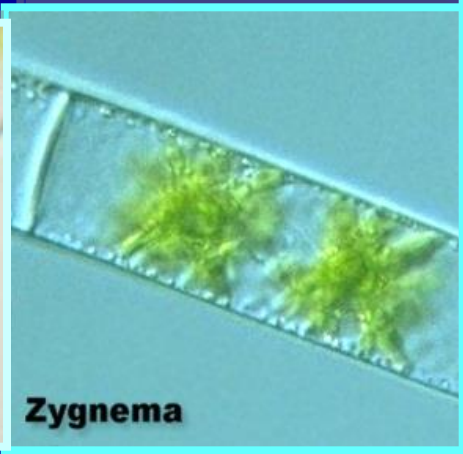
البلاستيدات الملونة فى الجذر

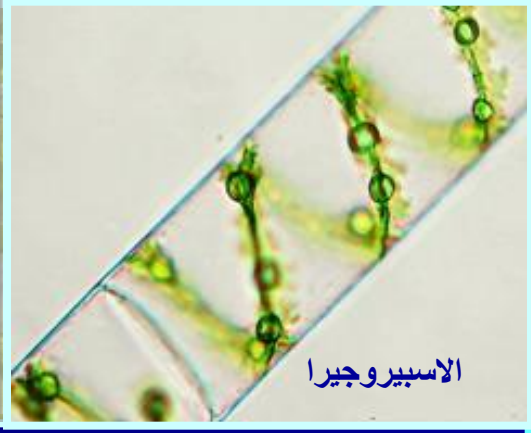
•وظيفة البلاستيدات الملونة:

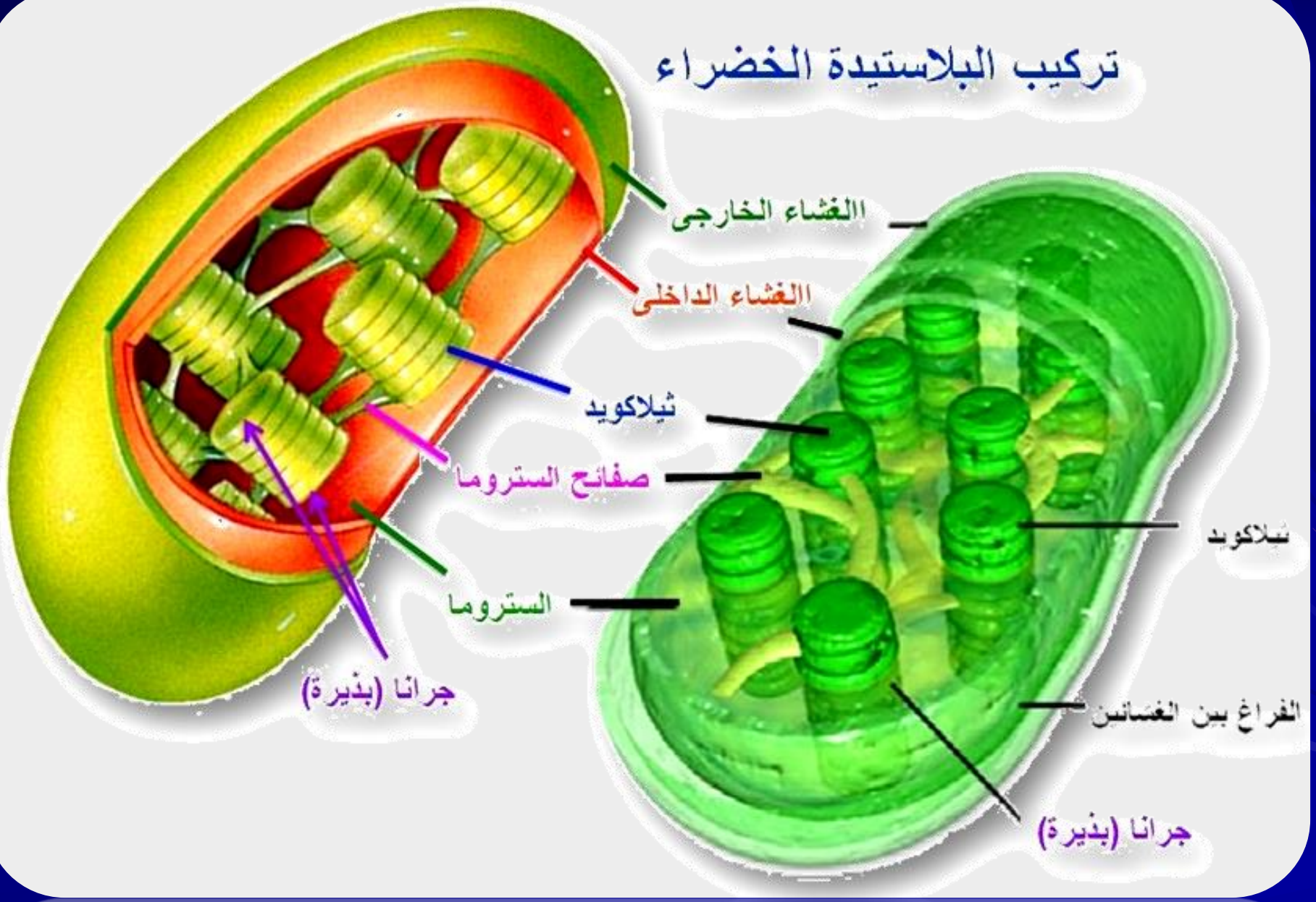
هى المسئولة عن إعطاء اللون لبعض الثمار كالطماطم والبرتقال وبتلات الأزهار وبعض أنواع الجذور مثل الجزر.

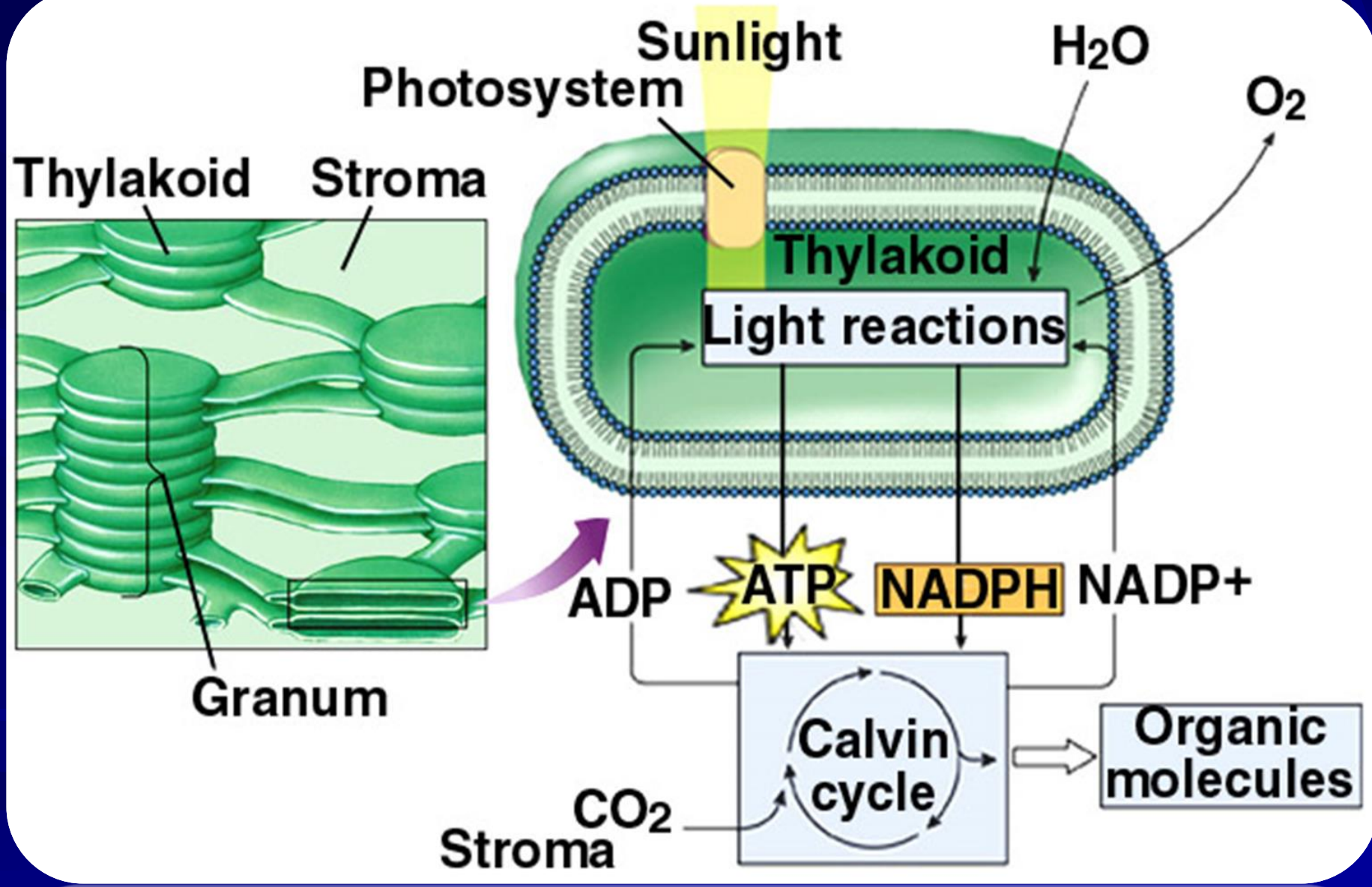
٤- البلاستيدات الخضراء **Chloroplasts**:

تختلف البلاستيدات فى أحجامها وأشكالها وعددها فى خلايا النباتات المختلفة ولكنها ثابتة فى النوع الواحد. فى النباتات الراقية يوجد ٥٠ : ١٠٠ بلاستيدة فى الخلية الواحدة وتأخذ شكل عدسى أو قرصى أو بيضاوى، بينما فى النباتات الأولية (الطحالب) يكون عددها محدود فى الخلية، لذا تكون كبيرة الحجم وتأخذ أشكال مميزة مثل الشكل الكأسى (طحلب كلاميدوموناس)، الحلزونى (طحلب اسبيروجيرا)، النجمى (طحلب زجنيما).

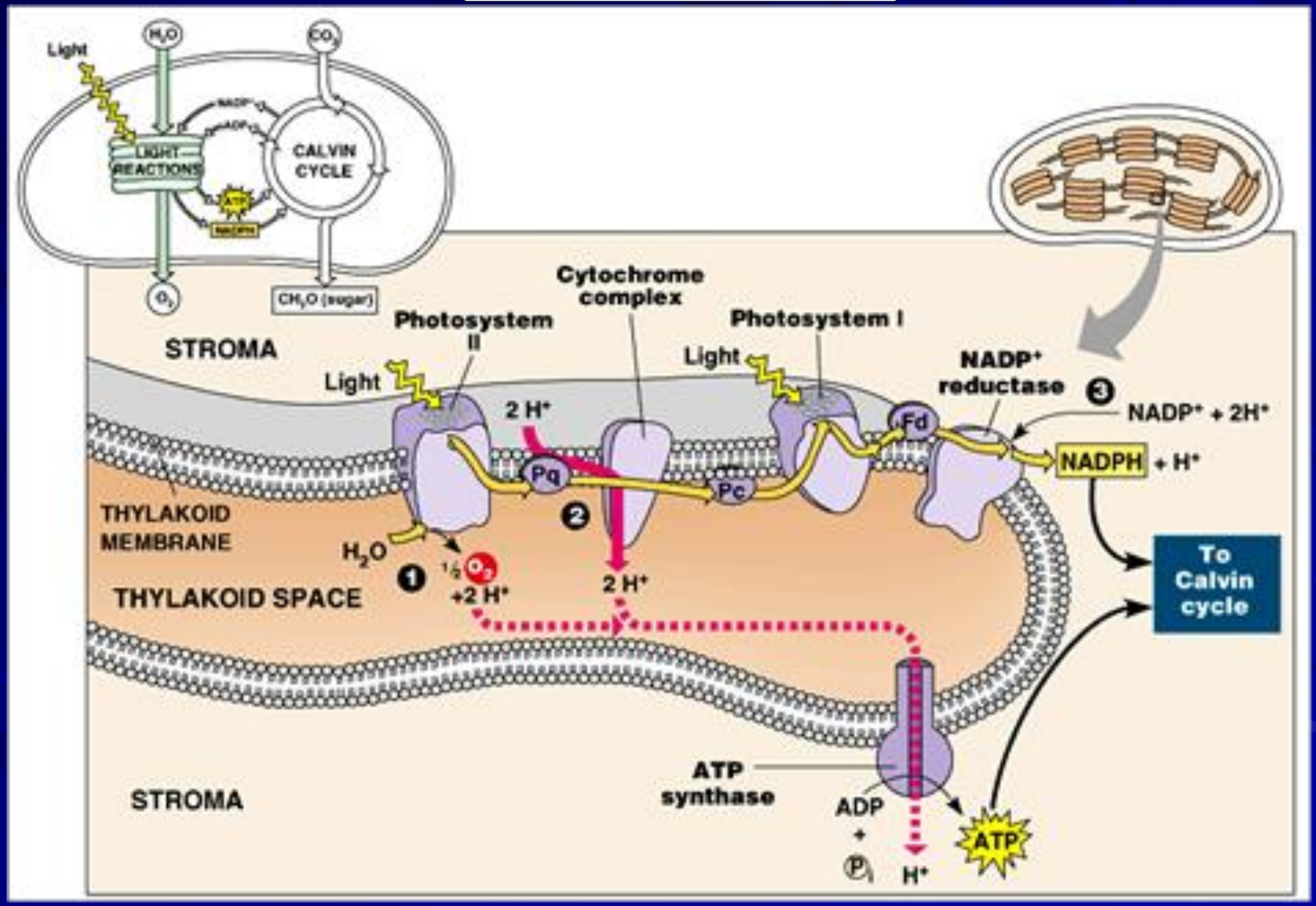





تركيب البلاستيدة الخضراء
الغشاء الخارجى
الغشاء الداخلى
ثيلاكويد
صفائح الستروما
الستروما
جرانا (بذيرة)
ثيلاكويد
الفراغ بين الغشائين
جرانا (بذيرة)


Sunlight
Photosystem
H_2O
O_2
Thylakoid
Stroma
Thylakoid
Light reactions
ADP
ATP
NADPH
NADP+
Granum
Calvin cycle
Organic molecules
CO_2
Stroma

تركيب البلاستيدة الخضراء



الريبوسومات Ribosomes:

هى جسيمات دقيقة كروية الشكل توجد إما حرة فى سيتوبلازم الخلية أو على السطوح الخارجية للشبكة الإندوبلازمية الخشنة وغلاف النواة كما توجد فى السائل النووى والنوية وفى بعض العضيات البروتوبلازمية مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء. والريبوسومات المعزولة من بادرات البسلة تتراوح أقطارها ما بين ٠.١ إلى ٠.٣ ميكرون وتحتوى على ٥٠ :٦٠% حمض ريبونيوكليك الريبوزى (rRNA) وعلى حوإلى ٤٠ : ٥٠% بروتين، أى أن الريبوسومات ما هى إلا تجمع لعديد من جزيئات rRNA والبروتين. والريبوسومات هى مركز بناء البروتينات من الأحماض الأمينية فى الخلية.

التركيب المورفولوجي والوظيفي للريبوسوم: يتكون الريبوسوم من جزئين هما:

تحت وحدة الريبوسوم الصغري: هي بادئة تكوين البروتين.

تحت وحدة الريبوسوم الكبري: يوجد عليها موقعان لهما أهمية كبيرة فى بناء البروتين هما:

الأمينو أسيل A.

الببتيديل P.

التركيب الكيميائي للريبوسوم: يدخل في تركيب الريبوسوم نوعين من البوليمرات هما:

rRNA: ويوجد منه ٤ أنواع.

البروتين: ويوجد منه ٧٠ نوع.

كيف؟ وأين يتم بناء الريبوسوم؟

تقوم الريبوسومات الموجودة أصلاً في الخلية ببناء ٧٠ نوع من البروتينات في السيتوبلازم.

تقوم إنزيمات بلمرة rRNA ببناء ٤ أنواع من rRNA في النواة.

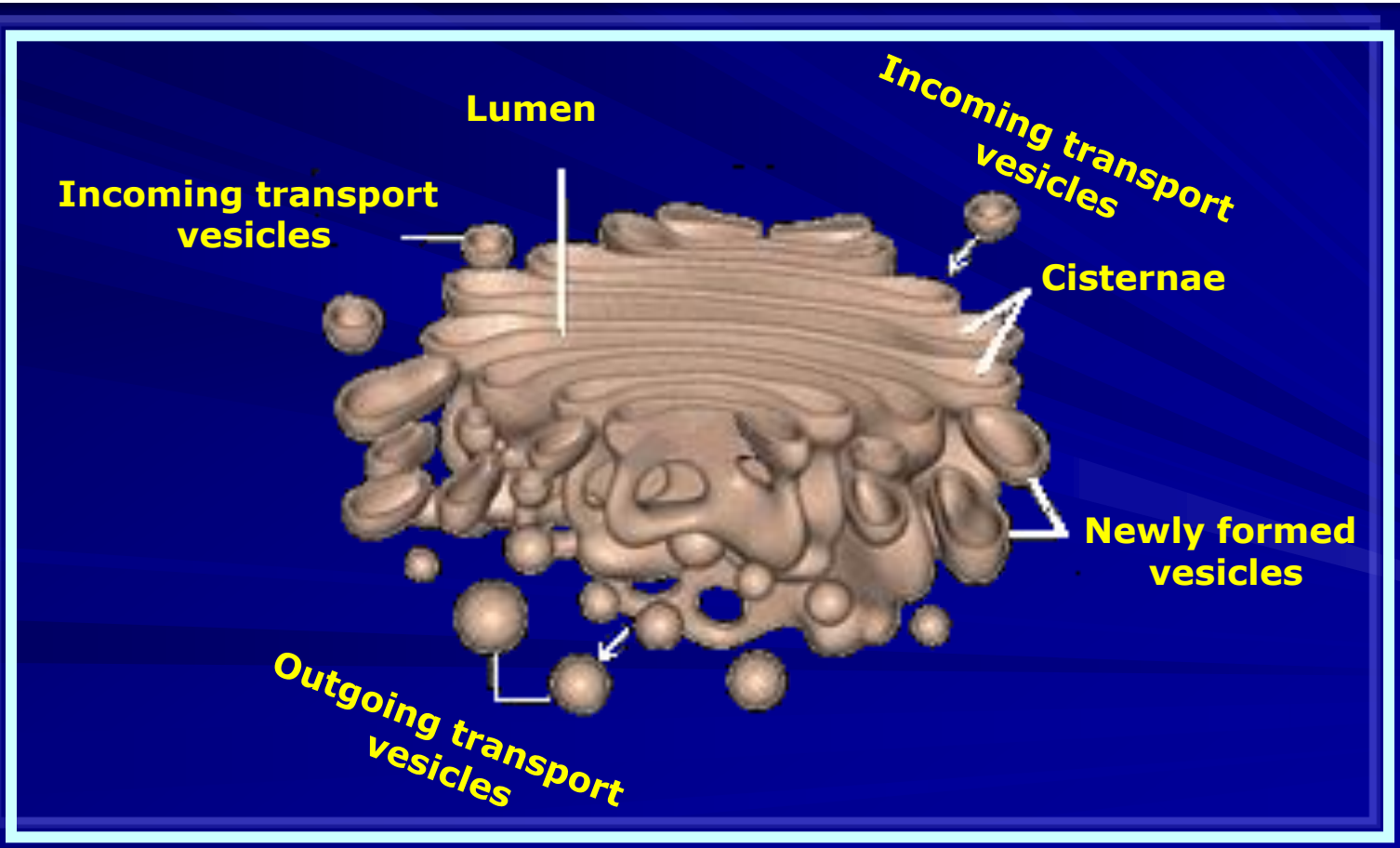
تدخل البروتينات إلى النواة لتلتقي مع جزيئات rRNA في النوية، لتقوم النوية ببناء وحدات الريبوسوم (تحت الوحدة الكبرى ، تحت الوحدة الصغرى).

تخرج وحدات الريبوسوم من النواة إلى السيتوبلازم منفردة.

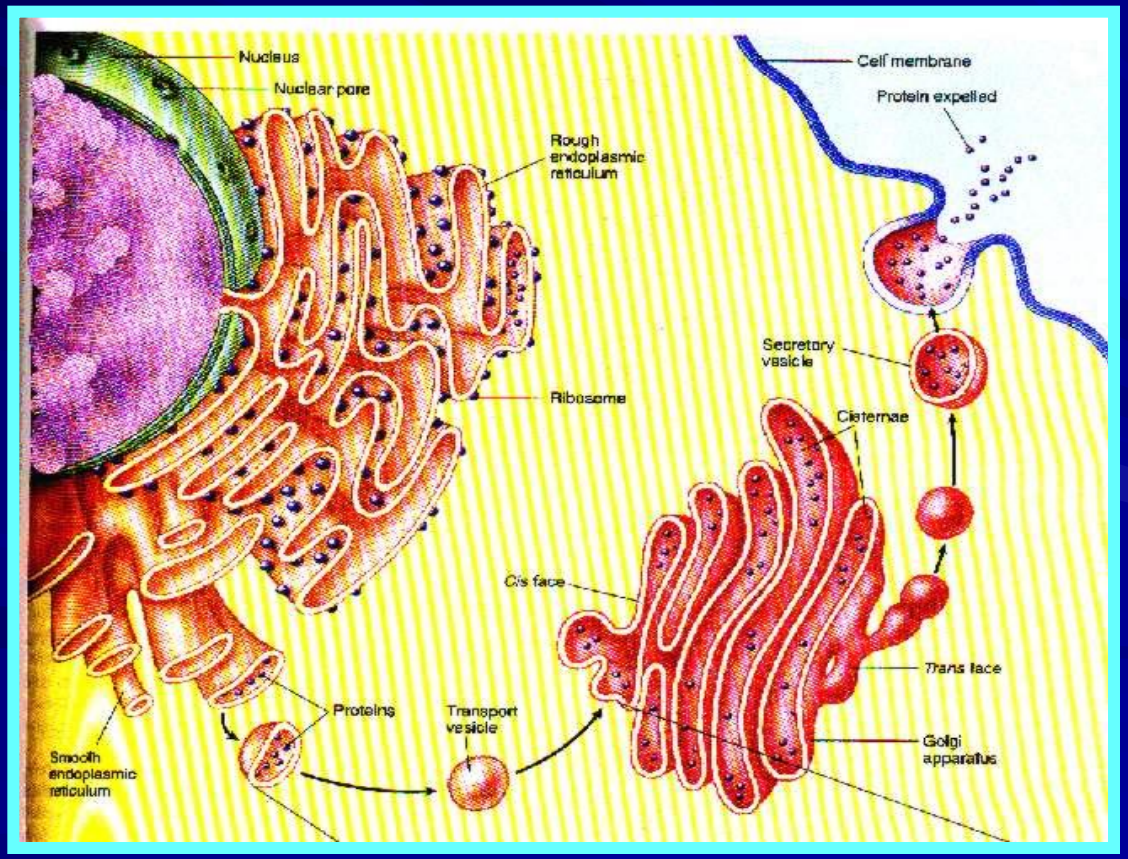
لا تلتقي تحت الوحدة الصغرى والكبرى إلا أثناء بناء البروتين فقط.

الديكتيوسومات Dictyosomes

تسمى هذه العضيات البروتوبلازمية أيضا بأجسام جولجى Golgi bodies ويتكون كل ديكتيوسوم من صفائح قرصية غشائية مجوفة متراصة فوق بعضها البعض يتراوح عددها بين ٤ : ٨ صفائح قرصية تسمى سسترنات Cisternae تحتوى بداخلها على مركبات عديدة مثل البروتينات والكربوهيدرات، جدار كل قرص عبارة عن غشاء يشبه فى تركيبة باقى الأغشية البلازمية.



وظيفة أجسام جولجى هى الإفراز حيث تكون حويصلات غشائية، أغشيتها تتكون من بروتينات وفوسفوليبدات مشابهة لتلك الموجودة فى الغشاء البلازمى الخارجى وتحتوى تلك الحويصلات بداخلها على نواتج الإفراز التى تنتقل للديكتيوسومات عن طريق الشبكة الإندوبلازمية. تنفصل الحويصلات عن الديكتيوسومات وتتحرك فى إتجاه جدار الخلية حتى تلتحم بالغشاء البلازمى فتزيد من مساحة سطحه (خاصة فى الخلايا الناتجة حديثاً من الإنقسام والتى تنمو لتتحول إلى خلايا بالغة) وتفرز محتويات الحويصلات خارج الغشاء البلازمى فتدخل الكربوهيدرات والبروتينات فى تكوين الجدار الخلوى والصفيحة الوسطى كما يدخل جزء من البروتين فى تركيب الغشاء البلازمى، أما المواد الإفرازية (التى لاتحتاجها الخلية) فتفرز خارج الخلية ولذا يزداد عدد أجسام جولجى فى الخلايا المختصة بالإفراز كما فى خلايا قلنسوة الجذر والتى تفرز مواد لزجة لتساعد على سهولة إنزلاق الجذر بين حبيبات التربة.



الأجسام الدقيقة Microbodies

هى أجسام دقيقة توجد فى سيتوبلازم الخلية تم إكتشف وتحديد ثلاث أنواع منها حتى الآن وهى

١- الجليوكسيسومات Glyoxysomes

توجد بصفة أساسية فى أنسجة البذور المخزنة للزيوت وتحتوى على إنزيمات دورة الجليوكسيلات Glyoxylate حيث تقوم بدورة مؤداها تمثيل وتحويل الزيوت والدهون إلى سكريات عند إنبات البذور الزيتية.

٢- البيروكسيسومات Peroxisomes

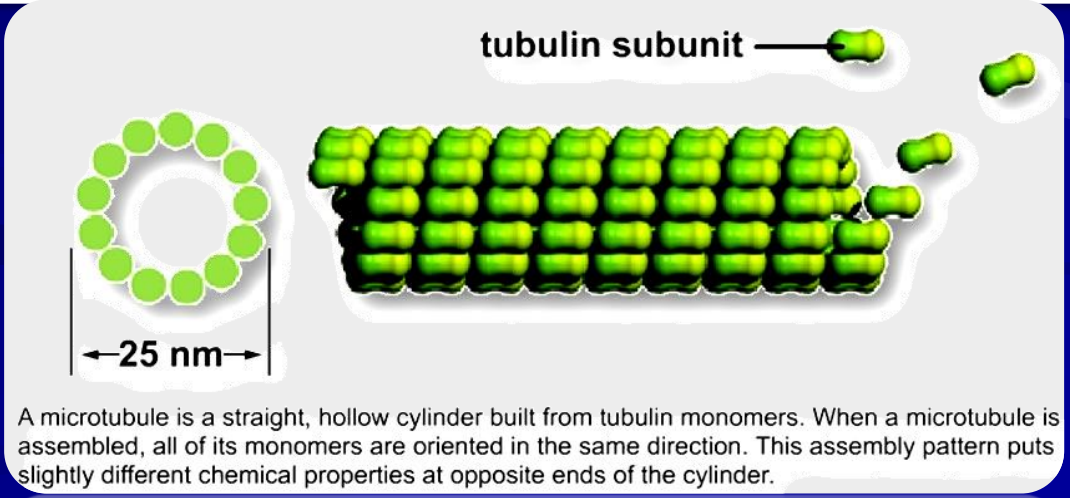
تحتوى هذه الجسيمات على إنزيمات عديدة مختصة بإنتاج وتحليل مركبات فوق الأكسيد، تشترك هذه الجسيمات فى عملية التنفس الضوئى التى تحدث فى النباتات ثلاثية الكربون حيث تقوم بتحليل فوق أكسيد الهيدروجين بواسطة إنزيم الكتاليز وبالتالى تقلل من أضرار التنفس الضوئى.

٣- إسفيروسومات Spherosomes

تحتوى هذه الجسيمات على العديد من إنزيمات التحلل المائى مثل إنزيمات تحلل البروتين Proteases وإنزيمات تحلل الأحماض النووية Ribonucleasaes وأنزيمات الفسفتة Phosphatases وأنزيمات الأسترة Estrases. وقد تكون وظيفة هذه الجسيمات هى تحزين ونقل الليبيدات، كما تعتبر مخازن لأنزيمات التحلل المائى حيث ينفجر معظمها عند موت الخلية لتحرر الإنزيمات وتقوم بتحليل البروتوبلازم.

الأنيبيبات الدقيقة Microtubules

عبارة عن تراكيب دقيقة إسطوانية مجوفة يبلغ قطرها الكلى حوالى ٢٥ نانوميتر وقطر تجويفها الداخلى حوالى ١٥ نانوميتر. يتركب جدار الأنيبيبات الدقيقة من تحت وحدات بروتينية كثيرة تتجمع وتلتصق معا مكونة جدار الأنيبية، وتتكون الأنيبيبات الدقيقة من بروتين يسمى Tubulin. توجد تحت وحدات الـ Tubulin منتشرة فى السيتوبلازم ولكنها لا تتجمع لتكون الأنيبيبات الدقيقة إلا بتوجيه من وحدات توجد فى أماكن معينة بالخلية تسمى مراكز تنظيم الأنيبيبات الدقيقة Microtubules organizing Centers التى تنظم بناء وهدم الأنيبيبات الدقيقة تبعا لإحتياجات الخلية. توجد الأنيبيبات الدقيقة فى كل الخلايا الراقية (حقيقة النواة) وتؤدى عدة وظائف هامة منها تدعيم السيتوبلازم والمحافظة على شكل الخلية – حمل العضيات السيتوبلازمية - تعمل كمسارات تحدد حركة العضيات الخلوية والفجوات على طول إمتدادها داخل الخلية - تدخل كوحدات تحت تركيبية فى تكوين الأهداب والأسواط - تلعب دوراً هامً فى إنقسام الخلية حيث تشارك فى تكوين خيوط المغزل لفصل وهجرة الكروموسومات إلى قطبى الخلية فى الدور الإنفصالى من الإنقسام الميتوزى - تحدد مكان إنقسام السيتوبلازم وتكوين الصفيحة الوسطى فى الدور النهائى من الإنقسام الميتوزى، كذلك تلعب دوراً أساسياً فى تنظيم بناء الجدار الخلوى عن طريق توجيه ترسيب لويفات السليلوز الدقيقة فى الجدار وبالتالى توجيه إستطالة الخلية وبذلك تتحكم فى شكل الخلية النهائى.



A microtubule is a straight, hollow cylinder built from tubulin monomers. When a microtubule is assembled, all of its monomers are oriented in the same direction. This assembly pattern puts slightly different chemical properties at opposite ends of the cylinder.

ب-المكونات غير البروتوبلازمية

هى مكونات غير حية تمثل بعض نواتج عمليات الأيض بالخلية والتى قد تكون مفيدة للخلية كتلك المواد التى تدخل فى بناء الجدار الخلوى والأغشية الخلوية أو المواد المخزنة لكونها زائدة عن حاجة الخلية مثل النشا والبروتينات والزيوت، وقد تكون غير مفيدة أو فضلات يتم التخلص منها خارج الخلية أو تكون ضاره بالخلية فتجمعها داخل الفجوات العصارية فى صور مختلفة. توجد المكونات غير الحية فى جدار الخلية والسيتوبلازم والعصير الخلوى وهى إما أن تكون فى حالة ذائبة أو صلبة أو غروية، وقد تكون عضوية أو غير عضوية. لا توجد المكونات غير الحية فى الخلايا الحديثة ولكنها تظهر ويزداد مقدارها بنمو الخلايا وتقدمها فى العمر ويكون وجوده بصورة أوضح فى الخلايا المختصة بالتخزين. وسوف نشير هنا إلى أهم المكونات غير الحية الشائعة فى النباتات الزهرية .

الفجوة العصارية والعصير الخلوى

تعتبر الفجوة العصارية من مميزات الخلية النباتية، يختلف شكل وحجم وعدد الفجوات تبعاً لنوع الخلية وعمرها، فالخلية المرستيمية النشطة فى عملية الإنقسام تمتلئ بسيتوبلازم كثيف وتوجد به فجوات عصارية صغيرة جداً مبعثرة فى هذا السيتوبلازم وعند تطور الخلايا المرستيمية وفى أولى خطواتها نحو النمو والتميز فإنها تتشرب وتمتص كمية كبيرة من الماء والأملاح الذائبة والتى لا تلبث أن تتجمع فى الفجوات الصغيرة فيزداد حجمها شيئا فشىء وتلتحم مع بعضها البعض خلال مرحلة إستطالة الخلايا لتكون فى النهاية فجوة واحدة مركزية مما يدفع السيتوبلازم ليلاصق الجدر الخلوية على هيئة طبقة رقيقة من المادة الحية تبطن الجدار الخلوى من الداخل وتتمركز النواة عند أحد جوانب الخلية. وتحاط الفجوة العصارية بغشاء سيتوبلازمى يعرف بالتونوبلاست **Tronoplast** أو الغشاء الفجوى وهو غشاء إختيارى النفاذية يحيط العصير الخلوى **Cell sap** وهو محلول به العديد من المواد الذائبة ويمكن تلخيص وظائف الفجوة فيما يلى:

١) المحافظة على إستمرار ضغط إمتلاء الخلية **Turgor Pressure** وهذا الضغط الإمتلائى له دور هام فى التحكم فى تحرك الماء من وإلى الخلية، كما أنه يساعد فى التركيب الدعامى للخلايا والأنسجة والأعضاء النباتية. وإذا فقدت الخلية ضغط إمتلائها بدرجة كبيرة فإنها تفقد حيويتها وهو ما يعرف بالبلزمة **Plasmolysis** المستديمة، ويؤدى ذلك إلى تمزق الخيوط السيتوبلازمية التى تربط المادة الحية للخلايا المتجاورة ببعضها البعض.

٢) يخزن فى الفجوة العصارية العديد من المواد الأساسية اللازمة للنشاط الأيضى.

٣) يتم فيها تراكم بعض نواتج الأيض الثانوى والعديد من المركبات السامة والمركبات الدفاعية الخلوية ضد بعض الكائنات الطفيلية.

والغشاء الفجوى يلعب دوراً أساسياً وهاماً فى النشاط الكيموحيوى للخلايا النباتية، فهو إختيارى النفاذية ويتحكم فى عبور العديد من المواد المختلفة إلى الفجوة ولكنه قد لا يسمح بالمرور العكسى من الفجوة إلى السيتوبلازم، كما يعرف عن الغشاء الفجوى بأنه قد يبتلع الجزيئات أو حتى العضيات الخلوية مثل الميتوكوندريا ويحللها عن طريق الهضم بالإنزيمات الفجوية عند موت الخلية. وعلى ذلك لا يجب أن ننظر إلى الفجوات على أنها مكان ميت فى الخلية لا أثر له على العمليات الأيضية، بل أن الصبغات الذائبة فى الماء (الأنثوسيانينات) والتى توجد فى بعض الفجوات الخلوية قد تكون مسئولة عن تلون بعض الثمار والأزهار وكذلك أوراق بعض النباتات خاصة فى الخريف.

هناك عدد من النظريات حول تكوين الفجوات نوجزها فيما يلي:

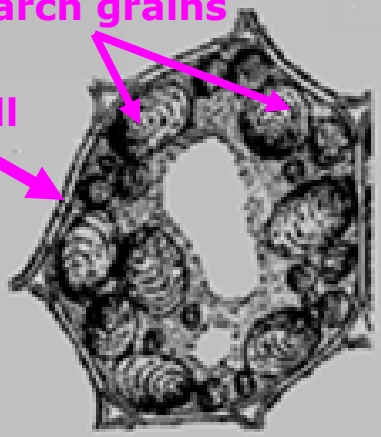
١- تتكون الفجوة الكبيرة من فجوات صغيرة توجد فى الخلايا المرستيمية حيث تكبر فى الحجم أثناء نمو الخلية وتندمج معاً لتكون فى النهاية فجوة واحدة كبيرة.

٢- تتكون عن طريق جذب الماء والذائبات إلى مكان معين في السيتوبلازم ثم يتكون غشاء حوله.

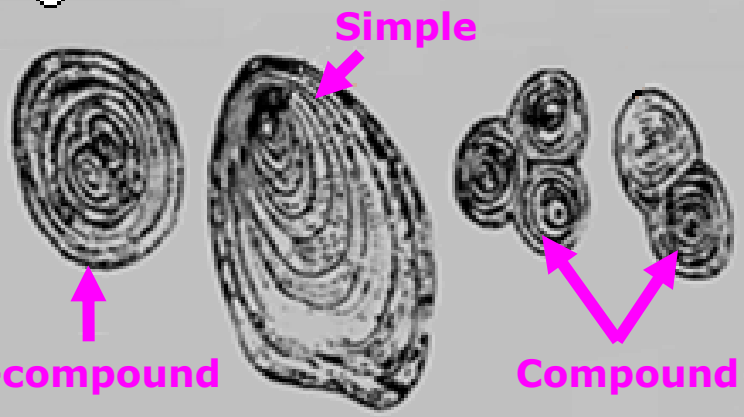
٣- تتكون من حويصلات تنتج من الدكتيوسومات.

٤- تتكون عن طريق إمتداد الشبكة الإندويلازمية أو إنفصال حويصلات منها وتجمعها معاً مكونة الفجوات.

رسومات تخطيطية توضح تركيب وأشكال حبيبات النشا من مصادر نباتية مختلفة



from potato tuber



from corn grains

from bean seeds

from banana fruits

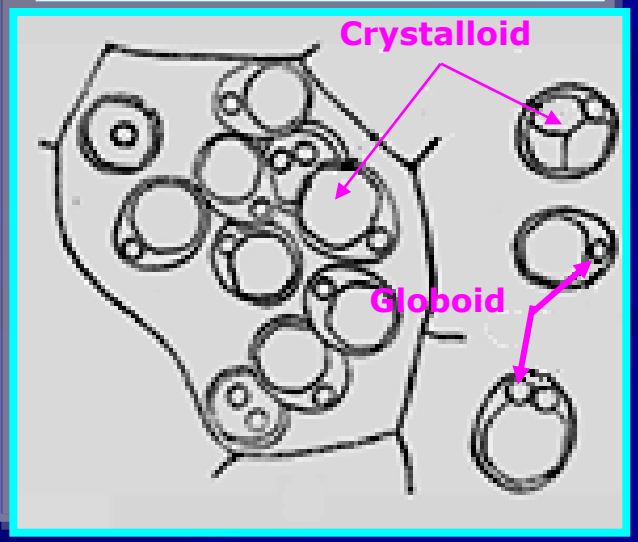
from rice grains

from wheat grains

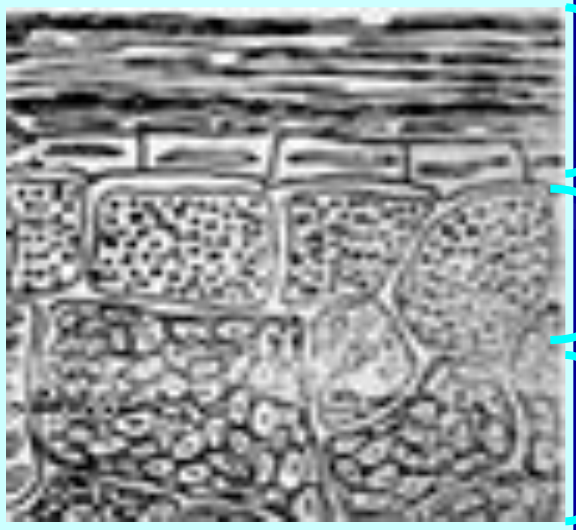
البروتينات Proteins

يدخل البروتين فى تكوين البروتوبلازم وفى بناء الأغشية والجدر الخلوية كما قد توجد أحيانا كمركب إختزانى فى صورة حبيبات تعرف بحبيبات الأليرون **Aleurone grains** وهذه الحبيبات تكون عادة كبيرة الحجم فى البذور الزيتية عنها فى البذور والحبوب النشوية، ففى القمح مثلا توجد طبقة واضحة ومميزة أسفل غلاف الحبة مباشرة تسمى طبقة الأليرون تحتوى على حبيبات أليرون صغيرة ومستديرة تتكون من بروتين غير متبلور أما فى البذور الزيتية مثل بذور الخروع فتتكون حبيبة الأليرون من غلاف بروتينى يوجد بداخله عادة جسمان أحدهما كبير ومضلع يتكون من بروتين نقى يعرف بالجسم شبه البللورى **Crystalloid** ويسمى كذلك لأنه يشبه الغرويات فى قدرته على تشرب الماء والإنتفاخ، والجسم الأخر صغير وكروى وغير متبلور يعرف بالجسم الكرى **Globoid** ويتكون من فيتين **Phytin** وهو عبارة عن بروتين مرتبط بفوسفات الكالسيوم والماغنسيوم ويوجد الجسمان فى وسط من الألبيومين السائل الذى يتصلب فيما بعد محيطان بالجسمين الشبه بللورى والكرى .

حبيبات الأليرون فى بذور الخروع



حبيبات الأليرون فى حبوب القمح



الزيوت والدهون Fats and oils

يكثر وجود الدهون والزيوت فى المحاصيل الزيتية مخزنة فى الثمار الناضجة والبذور وأحيانا فى الدرنات والريزومات . ويعتبر حمض الأوليك Oleic acid أكثر الأحماض الدهنية إنتشارا فى تركيب الدهون والزيوت النباتية يليه حمض اللينوليك Linoleic وحمض البالميتوليك Palmitoleic

أشباه القلويات (القلويدات)

هى مركبات أزوتية معقدة التركيب كثيرا ما تسبب تأثيرات فسيولوجية واضحة على الحيوانات ومن أمثبتها الكافيين Caffein الذى يوجد فى بذور البن وأوراق الشاى وهو يؤثر على الجهاز العصبى المركزى، والأفيون ذو التأثير المخدر وهو يوجد فى المادة اللبنية Latex التى تنتجها الثمار غير الناضجة لنبات الخشخاش *Papaver somniferum*، والكينين Quinine الذى يوجد فى قلف أشجار بعض أنواع نبات الكينا Cinchona.

الصبغات Pigments

الصبغات النباتية قد تكون غير قابلة للذوبان فى الماء وتذوب فى الكحول وهذه توجد فى البلاستيدات الخضراء مثل صبغات الكلوروفيل وصبغات الكاروتين والزانثوفيل، وقد تكون قابلة للذوبان فى الماء وهذه توجد فى الفجوات العصارية وتشمل صبغات الفلافونات Flavons ونواتج أكسدتها هى الأنثوسيانينات Anthocyanins المسئولة عن اللون فى كثير من الأزهار مثل أزهار حنك السبع والجارونيا وبذور ثمار الرمان وجذور بعض النباتات مثل البنجر. وصبغة الانثوسيانين ذات لون أزرق فى الوسط القلوى ويتغير لونها إلى الأحمر فى الوسط الحامضى .

البلورات Crystals

تختلف البلورات كثيرا فى تركيبها الكيميائى ، فقد تكون بروتينية وتظهر فى شكل مكعبات صغيرة كما فى درنات البطاطس وقد تكون سكرية مثل بلورات الأنيولين الكروية التى فى كثير من نباتات العائلة المركبة مثل نبات الداليا مخزنة فى الدرنات. وتعتبر بلورات أملاح الكالسيوم هى أكثر البلورات إنتشارا فى الخلايا النباتية ومنها بلورات أكسالات الكالسيوم التى توجد فى صور مختلفة، مثل البلورات المنشورية **Prismatic crystals** تشاهد فى ساق نبات الزيزفون ، والبلورات الوردية أو النجمية **Rosette or Druses crystals** تشاهد فى سيقان نبات الرجلة وفى جذور وسيقان نبات القطن، والبلورات الأبرية **Acicular crystals** التى توجد عادة متجمعة فى حزم تسمى رافيدات **Raphids** كما فى ساق الدراسينا والجذور الدرنية لنبات الأسبرجس. هناك أيضا بلورات كربونات الكالسيوم التى توجد عادة فى شكل عناقيد متدلية من جدر الخلايا التى تحتويها والتى يكبر حجمها كثير عن الخلايا المجاورة كما هو الحال فى خلايا بشرة أوراق نبات التين المطاطى حيث يظهر نتوء من جدار خلية البشرة الخارجى ويبرز داخل الخلية ثم تترسب عليه كربونات الكالسيوم مكونة البلورة التى تعرف بالحوصلة الحجرية **Cystolith** كما تسمى الخلية المحتوية عليها بخلية الحوصلة الحجرية .