

## تركيب ووظيفة الخلية النباتية

يتوقف مفهوم فسيولوجيا النبات على فهم الأساس التركيبي والوظيفي للخلية النباتية الحية. ولقد ساعد الميكروسكوب الإلكتروني في توضيح المعالم التركيبية للخلية الحية. تتميز الخلية النباتية الحية بوجود جدار خلوي يحيط بالبروتوبلازم والذي يحوى العديد من العضيات البروتوبلازمية. ويحاط السيتوبلازم بغشاء رقيق يعرف بالغشاء البلازمي. ومن العضيات البروتوبلازمية الميتوكوندريا — البلاستيدات — الريبوسومات — البيروكسيزومات — الجليوكسيسومات. كما توجد بعض التركيبات الغشائية مثل الشبكة الإندوبلازمية — جهاز جولجي. كما تمثل الفجوات جزءاً من تركيب الخلية النباتية أيضاً وهي تختلف في الحجم وفي طريقة توزيعها داخل الخلية، كما تحتوى على سائل يطلق عليه العصير الخلوي و الذي يحتوى على سكريات وأملاح و صبغات و بلورات .... الخ. كما يختلف حجم الخلية من نسيج لآخر. كما يتراوح حجم الخلية ما بين عدة ميكرونات إلى عدة ملليمترات. كما يتوقف حجم و شكل النبات الراقي عامة على عدد و شكل و طريقة تنسيق الخلايا المكونة له. و نتناول في الجزء التالي تركيب الخلية النباتية مع ذكر بعض الوظائف لأهم العضيات الموجودة.

### 1. جدار الخلية:

يقوم البروتوبلاست الحى بإنتاج الجدار الخلوي وتدعيمه والسليلوز هو المادة الكربوهيدراتية الرئيسية المكونة للجدار الخلوي. كما تشكل المواد البكتينية — الهيميسليلوز — اللجنين — السوبرين — البروتينات جزءاً هاماً من مكونات الجدر الخلوية. كما يتكون الجدار الخلوي من عدة طبقات رئيسية هي الصفيحة الوسطى — الجدار الابتدائي — الجدار الثانوي.

#### أ. الصفيحة الوسطى:

يبدأ تكوين الصفيحة الوسطى في الطور النهائي للإنقسام المباشر للخلية وتحدث عدة تغيرات في هذا الدور من الإنقسام أهمها:

- هجرة الإنبات الدقيقة الموجودة في السيتوبلازم في إتجاه المنطقة الإستوائية وتتداخل مع اللويقات ويتكون الفراجموبلاست.
- تتجه أيضاً الحويصلات إلى خط الإستواء وتلتحم مع الفراجموبلاست لتكوين الصفيحة الخلوية. وتحتوى هذه الحويصلات على مواد بكتينية تشارك في تكوين الصفيحة الوسطى والمادة البكتينية الموجودة بهذه الحويصلات عبارة عن حمض البكتيك الذى يحتوى على ١٠٠ جزيء من حمض الجلاكترونك على الأقل.
- كما توجد مواد أخرى تشترك في تكوين الصفيحة الوسطى مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم بالإضافة إلى كميات بسيطة من البروتوبكتين. وهذه الأملاح هى التى تعطى الصلابة المميزة للصفيحة الوسطى.

### ب. الجدار الإبتدائى:

بمجرد تكوين الصفيحة الوسطى يزداد حجم الخلية وتستطيل ويتبع ذلك تشرب الصفيحة الوسطى بثلاث أنواع من المركبات هى:

- ١ – السليلوز.
- ٢ – الهيميسليلوز.
- ٣ – الجليكوبروتين.

وينتج عن هذا الترسيب من الجهة الداخلية للخلية طبقة رقيقة سمكها من ١ – ٣ ميكرون. ويطلق على هذه الطبقة الجدار الإبتدائى. ومن المعروف أن الصفيحة الوسطى تقع دائماً بين الجدار الإبتدائى للخلايا المتلاصقة.

### ج. الجدار الثانوى:

من المعروف أنه بمجرد تكوين الخلايا البارنشيمية تتوقف الخلايا عن الإستطالة وعن ترسيب مواد أخرى للجدار بينما فى البعض الآخر مثل الألياف والقصبيات فإن الجدار يستمر فى التغلظ وذلك يترسب طبقات إضافية من السليلوز واللجنين ويتراوح سمك هذه الطبقة من ٥ – ١٠ ميكرون وتعرف هذه الطبقة بالجدار الثانوى. وبذلك يفقد الجدار الخلوى مرونته ويصبح صلباً وغير مطاط. وقد يستمر التغلظ ليشمل حيزاً كبيراً

من تجويف الخلية فى بعض أنواع الخلايا. وقد توجد بعض المواد الأخرى لتدعيم الجدار الثانوى للخلايا وأهمها:

§ السوبرين: وهى المادة التى توجد مغلفة للجدار السليلوزى فى نسيج الفلين والإندودرمس مكونة لشريط كاسبرى فى الأخير.

§ الكيوتين: مادة دهنية يدخل فى بنائها الأحماض الدهنية والكحولات ومواد راتنجية.

§ الشموع: وهى التى تحمى الخلية من فقد الماء.

والبروتوبلاست هو الوحدة الحية المنسقة داخل خلية مفردة والتى تقوم بعمليات التحول الغذائى فى الخلية. والبروتوبلازم مصطلح شامل لجميع المحتويات الحية فى الخلية وهو أساس الحياة فيها. ويتكون البرتوبلازم (البرتوبلاست) من السيتوبلازم — النواه — البلاستيدات — الميتوكوندريا — الريبوزومات — الديكتيوسومات — الأجسام الكريه — الأنبيبات الدقيقة — الليسوسومات. كما يحتوى البروتوبلاست أيضاً على مكونات غير حيه وهى من نواتج عمليات التحول الغذائى وتظهر هذه المواد أحياناً فى صورة مخزونة زائدة عن حاجة الخلية وتوجد هذه المكونات فى الفجوات العصارية أو السيتوبلازمية وهى إما صلبة أو فى حالة غروية وهى إما عضوية أو غير عضوية. ومن المكونات غير الحية الفجوات العصارية، الكربوهيدرات (النشا — السكريات — السليلوز — الهيميسليلوز — اللجنين — البكتين — الصمغ — المواد المخاطية)، البروتينات، الزيوت، الدهون، الكيوتين، الشمع النباتى، اللبن النباتى، الراتنجات، الدباغ، القلويدات، البلورات المعدنية.

### السليلوز كمادة أساسية فى تكوين الجدار الخلوى

السليلوز مادة كربوهيدراتية عديدة التسكر والوحدة البنائية له هو البيتا جلوكوز ويتراكم الجلوكوز بطريقة خاصة لتكوين مادة السليلوز كالتالى:

§ يتجمع عدد من جزيئات الجلوكوز ١٠٠٠ — ٣٠٠٠ جزئى فى سلسلة طويلة لتكوين ما يعرف بالسلاسل السليلوزية.

§ يتجمع حوالى ١٠٠ سلسلة سليلوزية مرتبة فى صورة شبكية التركيب لتكون ما يعرف بالميصلة.  
والميسلة هى أصغر وحدة تركيبية للجدار الخلوى.

§ يتجمع حوالى ٢٠ ميسلة لتكوين اللويقات الدقيقة وقطر اللويقة حوالى ١٥ — ٢٥ نانوميتر.

§ يتجمع حوالى ٢٥٠ لويقة دقيقة فى نسيج يشبه الحبل مكونه ما يسمى لويقة كبيرة وأبعادها ٤ × ٣.٥ ميكرون وهى تمد الجدار الخلوى بالقوة الكافية.

### ٣. البرتوبلازم (البرتوبلاست):

عبارة عن كتلة هلامية تتكون من مواد غروية لها صفة اللزوجة والشفافية وتعتبر مسئولة عن جميع أوجه النشاط الحيوية فى الخلية. وتحتوى هذه الكتلة على بقية المحتويات الحيه فى الخلية ويتركب البرتوبلازم من:

— ماء ٨٥ — ٩٠%	،	— بروتين ٧ — ١٠%
— دهون ١ — ٢%	،	— كربوهيدرات ١ — ١.٥%
— مواد غير عضوية ١ — ١.٥%		

### ٣. الأغشية السيتوبلازمية:

الغشاء السيتوبلازمى الخارجى Ectoplast وهو مبطن للجدار الخلوى من الداخل وهو غشاء رقيق شفاف ويحيط تماماً بكتلة البرتوبلاست من الخارج ويبدى خاصية النفاذية الاختيارية. والغشاء البلازمى الداخلى Tonoplast وهو الغشاء المحيط بالفجوة العصارية ويشبه فى تركيبه وخواصه الغشاء البلازمى الخارجى.

وتركيب الغشاء الكيماوى عبارة عن بروتين وفسفوليبيدات متداخلة مع بعضها فى صورة موزايك (الموديل المبرقش السائل) إلا أن البعض يذكر أنه يتكون من طبقتين من البروتين بينهما طبقة من المواد الدهنية سمكها عبارة عن جزئين من الفسفوليبيدات وسمك الغشاء كله يصل إلى ٥ — ١٥٠ انجستروم (تصور دانييلى ودافسون). والجزء البروتينى من الغشاء ينفذ الماء والمواد القطنية. بينما الجزء الدهنى من الغشاء

ينفذ المواد الغير قطبية فقط. كما يمكن الإستدلال على وجود الأغشية البلازمية وملاحظتها بإحدى الطرق التالية.

١ — الفحص الميكروسكوبى عن طريق استخدام صبغات خاصة ومشاهدة البلزمة.

٢ — العلاقات المائية: وذلك بملاحظة إنتفاخ الخلايا وانكماشها فى المحاليل المختلفة وهذا يشير إلى وجود أغشية بلازمية حول السيتوبلازم غير منفذة أو قليلة النفاذية للذائبات بينما هى منفذة للماء.

٣ — النفاذية الاختيارية: حيث أن الخلية تنفذ المواد المختلفة بدرجات متفاوتة حتى شقى الملح تمتص وتنفذ داخل الغشاء البلازمى بدرجات مختلفة وهذا يشير إلى أن هناك غشاء يتحكم فى عملية النفاذية.

#### ٤. الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum

عبارة عن تكوين شبكى يصل بين غشاء النواة ويمتد ليصل إلى الجدار الخلوى وقد تمتد الشبكة الإندوبلازمية إلى الخلايا المجاورة وبذلك تعمل الشبكة الإندوبلازمية على زيادة مسطح الاتصال بين المكونات النووية وسيتوبلازم الخلية وتعمل كنظام موصل داخل الخلية وقد تمتد أشرطة الشبكة الإندوبلازمية من خلية لأخرى أى أن هناك اتصال مباشر بين أنوية الخلايا المتجاورة وذلك من خلال الشبكة الإندوبلازمية المتصلة بأغشية الأنوية. ومن الملاحظ أن التركيب الشبكى له تجويف بحيث يظهر كأنابيب وقد تنفتح هذه الأنابيب فى بعض المواقع فتظهر كحويصلات (سسترنات) Cisternae وهى تعمل كمستودعات وقد تمتلئ الأنابيب والحويصلات بالسوائل والبروتينات.

ومن الملاحظ أن الشبكة الإندوبلازمية يتباين مظهرها الخارجى من حيث الملمس من منطقة لأخرى ويبدو انه يوجد نوعان رئيسيان هما:

### أ. الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum

يبدو هذا الجزء من الشبكة نتيجة لالتصاق الريبوسومات به وبذلك يصبح لهذه المنطقة نشاط ملحوظ فى بناء البروتين والذى يتم تخزينه وانتقاله عبر تجويف الشبكة الإندوبلازمية. (التجويف الحويصلى للشبكة الاندوبلازمية) إلى أجهزة جولجى المصاحبة لها.

### ب. الشبكة الاندوبلازمية الملساء Smooth endoplasmic reticulum

وهى ناعمة الملمس وتلعب دوراً أساسياً فى تمثيل وتجميع الجليكوليبيدات وهى مركبات عبارة كحولات وأحماض دهنية وكربوهيدرات.

### ٥. أجهزة جولجى Golgi apparatus

تبدو أجسام جولجى (قد تسمى دكتوزومات) عبارة عن عدة أغشية مرتبطة ببعضها ومفلطحة وهى وعائية أيضاً ومرتبطة بالعديد من الحويصلات الكرية. تتشابه أغشية أجسام جولجى إلى حد كبير مع الشبكة الإندوبلازمية وفى بعض الأحيان قد يمتزج كل منهما بالآخر. ولأجسام جولجى دور مهم فى بناء الصفيحة الوسطى بحيث تحتوى الحويصلات المكونة لأجسام جولجى على مولدات ٩ للمواد التى تشترك فى بناء الجدار الخلوى مثل (عديدات التسكر — البروتينات — مركبات كيميائية أخرى) تتراكم فى الأوعية ثم تنتقل عند تمام الإنقسام الميتوزى إلى الصفيحة الخلوية. وتنشأ صفائح أجهزة جولجى من حويصلات دقيقة تنفصل عن أجزاء من الشبكة الإندوبلازمية.

### ٦. الميتوكوندريا Mitochondria

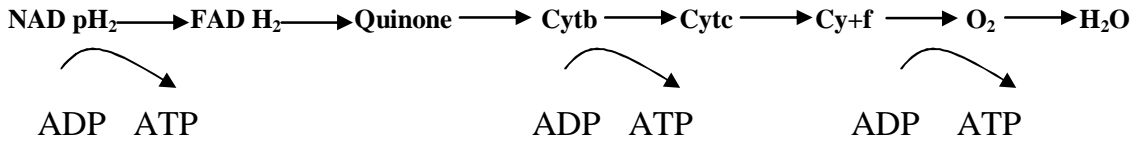
وهى جسيمات حية منتشرة فى سيتوبلازم الخلايا الحية ولها تركيب خاص وتتركب من أغشية مزدوجة تتكون من مواد بروتينية ودهنية. ويمتاز تركيبها بوجود صفائح داخلية عرضية عبارة عن إمتدادات للغشاء الداخلى Cristae. وتأخذ الميتوكوندريا أشكال متعددة فهى أسطوانية أو بيضاوية أو كروية ويصل قطرها ٣ - ٤ ميكرون وتلعب دوراً كبيراً فى عملية التنفس وإطلاق الطاقة كما تحتوى الميتوكوندريا على:

٢ — الأحماض النووية DNA & RNA

١ — الفسفوليبيدات

٣ – السيتوكرومات. ٤ – إنزيمات دورة كريس. ٥ – مكونات نظام نقل الإلكترونات.

وتختص الميتوكوندريا بإنتاج الطاقة المستخدمة في الخلية ولذلك عندما تكون الخلية نشطة فإن الميتوكوندريا تكون كثيرة وكثيفة ويتضح ذلك في الخلايا المرستيمية. عندما تتحلل الدهون والكربوهيدرات في السيتوبلازم فإن المنتجات الناتجة تتأكسد مع تحرير  $CO_2$  والماء والطاقة. ففي الميتوكوندريا يتم تخزين الطاقة المنفردة في صورة روابط فوسفاتية غنية بالطاقة. وأكثر المركبات أهمية في هذا الشأن هو الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ATP ويمكن استخدام هذه الطاقة بكل سهولة عند الحاجة إليها في التفاعلات الحيوية بالخلية. والملاحظ من تركيب الميتوكوندريا أن التركيب الغشائي له دور هام جداً في تخليق وإنتاج جزيئات الطاقة ATP من خلال عملية الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation حيث تتم خطوات هذه الفسفرة على الزوائد المقبضية الموجودة على الحواجز العرضية Cristae والممتدة من الغشاء الداخلى. ويمكن الإشارة بإختصار شديد إلى خطوات تلك الفسفرة التأكسدية فيما يلى:



ومن المعروف أيضاً أن الميتوكوندريا لها القدرة على الإنقسام والنمو دون الإعتماد على النواه وذلك لإحتوائها على DNA & RNA الخاص بها.

## ٧. البلاستيدات Plastids

وهي جسيمات حيه في الخلايا وخاصة الأنسجة الكلورانشيمية وهي ذات وظائف معينة وتأخذ العديد من الأشكال وهي مزدوجة الغشاء ومن أنواعها:

١ – البلاستيدات الأولية. ٢ – البلاستيدات عديمة اللون.

٣ – البلاستيدات الملونة. ٤ – البلاستيدات الخضراء.

• البلاستيدات الأولية Proplastids ويمكنها تكوين أى نوع من البلاستيدات الأخرى.

- البلاستيدات عديمة اللون **Leucoplasts**: وتوجد في أماكن التخزين (أعضاء التخزين) المختلفة في النبات حيث تخزن المواد النشوية أو البروتينات أو الزيوت وفي هذه الحالة تسمى بالبلاستيدات النشوية أو البروتينية أو الزيتية.
- البلاستيدات الملونة **Chromoplasts**: وهي تحتوى على صبغات ملونة مثل الكاروتينويد (الكاروتين أو الزانثوفيل) وهي لا تستطيع القيام بعملية البناء الضوئى وهي مسئولة عن تلوين الثمار مثل الطماطم والتفاح أو الجذور كما في الجذر أو الأزهار.
- البلاستيدات الخضراء **Chloroplasts**: وهي المسئولة عن عملية البناء الضوئى وسوف نتناولها بالتفصيل. كما يمكن تحويل بعض الأنواع من البلاستيدات إلى النوع الآخر فمثلاً:
  - البلاستيدات عديمة اللون كما في درنات البطاطس تتحول إلى خضراء عند تعرضها للضوء.
  - البلاستيدات الخضراء تتحول إلى ملونة كما في ثمار الطماطم حيث يتكسر وينهدم الكلورفيل ويتراكم الكاروتين (الليكوبين) بها مما يعطيها اللون الأحمر.والبلاستيدات الخضراء أكثر أنواع البلاستيدات أهمية نظراً لأنها تعضد الحياه كلها وذلك لوظيفتها في تجميع الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئى. وتحاط البلاستيدات الخضراء بغشاء مزدوج وتحتوى على نوعين من الصفائح.
- صفائح الجرانا **Granum thylakoids** وتحتوى على صبغات البناء الضوئى مثل الكلورفيلات والكاروتينويدات ويتم بالجرانا تفاعل الضوء والهدف منه إنتاج الطاقة في صورة جزيئات **NAD** **pH<sub>2</sub> ATP** & واللازمة لإختزال **CO<sub>2</sub>** من خلال تفاعل الظلام.
- صفائح الأستروما **Stroma thylakoids** وهي صفائح رقيقة تحتوى على إنزيمات تفاعل الظلام ويتم بها إختزال **CO<sub>2</sub>** إلى سكريات.



## ٨. الفجوات Vacuoles

توجد الفجوات منتشرة فى السيتوبلازم وهى صغيرة الحجم وخاصة الخلايا المرستيمية. أما فى الخلايا البالغة فإنها تحتوى على فجوة واحدة فى الغالب وتمثل الفجوة فى هذه الحالة ٩٠% من الحجم الكلى للخلية.

تحاط الفجوة بغشاء فردى ويعرف بإسم التونوبلاست Tonoplast أى الغشاء الفجوى أو الداخلى وهو إختيارى النفاذية. وتحتوى الفجوة بداخلها ما يسمى بالعصير الخلوى الذى يقوم بعدة وظائف منها:

١ – الحفاظ على ضغط الإمتلاء حيث يحتوى العصير الخلوى على السكريات – الأحماض العضوية – الدهون – الأملاح المعدنية والصبغات مثل الأنتوسيانين والكلوريدات وكلها تزيد من الضغط الإسموزى الذى يحافظ على ضغط الإمتلاء.

٢ – تخزين المواد الأساسية اللازمة للنشاط الخلوى.

٣ – يتراكم بها المركبات الدفاعية الخلوية والمواد السامة والبللورات المعدنية مثل أوكسالات الكالسيوم.

## ٩. الجليوكسيسومات والبيروكسيسومات والأسفيروزومات Glyoxysomes, Peroxysomes, Sphasomes

يطلق على هذه الجسيمات لفظ الأجسام الدقيقة أو الكروية حيث لا يزيد قطر أى منها عن ٢ نانومتر وتحاط بغشاء فردى ولا يوجد بداخلها تراكيب غشائية ولكنها تحتوى على كمية هائلة من البروتين والدهون.

• الجليوكسيسومات: توجد فى أنسجة البذور الزيتية حيث يتحول الدهن إلى كربوهيدرات من خلال دورة جليوكسيلات وتحتوى على الإنزيمات اللازمة لأكسدة بيتا للأحماض الدهنية حتى تكوين المرافق الإنزيمى Acetyl-Co A.

• البيروكسيسومات: وهى الجسيمات التى تقوم بوظيفة أيض الجليكولات Glycolate المنتجة بواسطة البلاستيدات الخضراء وخلال التمثيل الضوئى وهى المسئولة عن عملية التنفس الضوئى المميزة للنباتات ثلاثية الكربون.

وتوجد تلك الأجسام الكروية (الجليوكسيسومات & البيروكسيسومات & الأسفيروزومات) بكثرة فى سيتوبلازم خلايا الأنسجة التى تقوم بتخزين الدهون مثل إندوسبرم الخروع وفلقات عباد الشمس والفول السودانى أو فى طبقة الأليرون فى إندوسبرم حبوب الغلال ويتم إستهلاك الدهون التى تم تخزينها فى تلك الجسيمات الكروية خلال مراحل تكوين البادرة عند الإنبات حيث تحتوى فى تلك الفترة على إنزيم الليبيز Lipase ويعتقد العلماء أن هذه الجسيمات تنشأ من أجزاء دقيقة تنفصل عن الشبكة الإندوبلازمية.

### ١٠. الأنابيبات الدقيقة Microtubules

وهى عبارة عن عضيات أسطوانية طولها حوالى بضعة ميكرونات وقطر قناتها ١٢٠ أنجستروم وتوجد هذه الأنابيب الدقيقة فى سيتوبلازم الخلية كما يتألف منها المغزل النووى Nuclear spindle فى عملية الإنقسام الخلوى غير المباشر. وتتكون هذه الأنابيب فى مكان الإحتياج إليها فى الخلية ولا تنتقل إلى مكان آخر وتختفى بعد إنتهاء الغرض منها. ويرجع أن لها دور بتنظيم وضع لويقات السليلوز الجديدة فى جدر الخلية كما أنها توجه إلى الغشاء البلازمى للمناطق التى يبنى فيها جدار الخلية.

### ١١. الليسوسومات Lysozomes

جسيمات كروية دقيقة منتشرة فى السيتوبلازم تقوم بتجميع الإنزيمات الهاضمة من الخلية بداخلها لتحمى الخلية من الهضم الذاتى. وعند موت الخلية تتجزأ هذه الأجسام وتحرر الإنزيمات الهاضمة وتحلل الخلية.

### المكونات غير الحية

ويطلق عليها أيضاً المكونات غير البرتوبلازمية وهى نواتج لعمليات التحول الغذائى وأحياناً تمثل هذه المكونات مواد مخزونة زائدة عن حاجة الخلية. وتوجد هذه المكونات فى الفجوات العصارية أو السيتوبلازم وهى إما ذائبة أو صلبة أو فى حالة غروية وهى إما عضوية أو غير عضوية ومن أمثلتها:

### أولاً: الكربوهيدرات Carbohydrates

#### ١ — السكريات Sugars

- يوجد سكر الجلوكوز والفراكتوز فى جميع الخلايا تقريباً حيث أنها السكريات الأساسية المستخدمة كمادة للتنفس.

- السكروز هو المادة الأساسية المخزنة في سيقان قصب السكر وجذور نبات بنجر السكر.
  - الفركتوز (سكر الفاكهة) المادة الأساسية المخزنة في ثمار الفواكه وقد يتجمع الفركتوز في صورة سلاسل معقدة لتكوين مركب الأينولين والذي يوجد بصورة مخزونة في جذور وريزومات نبات الداليا
- الطرطوفة — الخرشوف.

## ٢ — النشا Starch

- توجد في صورة حبيبات مخزونة في أعضاء التخزين مثل درنات البطاطس وجذور البطاطا وكورمات القلقاس وحبوب الغلال. وتتنوع حبيبات النشا من بسيطة إلى نصف مركبة إلى مركبة.

## ٣ — السليلوز Cellulose سبق الحديث عنه في تركيب الجدار الخلوي.

## ٤ — الهيميسليلوز Hemicellulose

- وهي مواد توجد مرتبطة بالسليلوز وتوجد مخزونة في إندوسبرم بعض البذور كغذاء مخزن. كما يوجد بالجدر الخلوية للأسجة الخشبية مثل أشجار التفاح.

## ٥ — اللجنين Legnin

- مادة كربوهيدراتية تبنى في سيتوبلازم الخلية ويتم إنتاجها في جدار الخلية لتكوين الجدار الثانوي للخلية.

## ٦ — المواد البكتينية Pectic compounds

- مثل حمض البكتيك والبكتين والبروتوبكتين. وقد ترتبط بالسليلوز لتكوين الجدار الابتدائي كما قد ترتبط أحياناً باللجنين.

## ٧ — الصمغ Gums

- هي مواد كربوهيدراتية معقدة يتم إنتاجها في النباتات لظروف مرضية ينتج عنها تحطم جدران ومحتويات الخلايا. والصمغ العربي أهم تلك الأنواع.

## ٨ — المواد المخاطية Mucilage

- مركبات كربوهيدراتية معقدة مثل الصمغ وتمثل المواد المخاطية ناتجاً عادياً لنشاط الخلية وقد تتكون بكميات كبيرة تؤدي إلى إمتلاء الخلية بها. ومن أمثلة المواد المخاطية تلك التي توجد في قلف شجرة الدردار Ulmus وكذلك في غلاف بذرة الكتان Linum والأنسجة الخازنة للماء في النباتات الصحراوية مثل الصبار.

## ثانياً : البروتينات Proteins

البروتينات هي المكون الأساسي للبروتوبلازم أما البروتينات المخزونة فهي قد توجد ذائبة في العصير الخلوي أو في حالة صلبة (أليرون) في إندوسبرم البذور الغنية بالزيت مثل الخروع. وحببيات الأليرون قد تكون معقدة (بللورية) كما في أليرون الخروع أو أليرون بسيط غير متبلور كما في أليرون القمح.

## ثالثاً: الدهون Oils and Fats

يخزن الزيت في إندوسبرم بعض البذور مثل الخروع والكتان أو في الجنين مثل القطن والخروع وفول الصويا وقد يخزن في لحم الثمرة مثل الزيتون وقد تخزن في بعض البذور مثل بذور الكاكاو *Theobroma cacao* وجوز الهند *Cocos nucifera* والغلاف اللحمي لثمار نخيل الزيت *Elaeis guineensis*. (مع ملاحظة أن الزيوت سائلة بينما الدهون تكون جامدة في درجة الحرارة العادية. وقد توجد أنواع أخرى من الزيوت والتي تعرف بالطيارة *Volatole oils* والتي تعرف برائحها الطيارة وتخزن في بتلات بعض الأزهار مثل الورد *Rosa sp.* أو الثمار مثل الينسون *Pimpinellan anisum* أو الريمات مثل الزنجبيل *Zingiber officinale* أو في الخشب مثل شجر الصندل *Santaium album* أو القلف مثل القرفة *Cinamomum* أو الأوراق مثل النعناع *Mentha sp* أو الكافور *Eucalyptus*.  
يمثل الكيوتين والسوبرين مواد شبيهة بالدهون إلا أن الكيوتين مركب مادة شبه محبة للماء وتغطي السطح الخارجي للأوراق وهي تسمح بنفاذ المواد المرشوشة إلى داخل خلايا النبات بينما السوبرين مادة شبه دهنية لا تسمح بنفاذ الماء ومن أمثلتها شريط كاسبرى والمادة المغلظة لخلايا الفلين.  
أما الشمع النباتي فهو مادة دهنية أيضاً ولكنها أكثر صلابة وتترتب على سطوح الأوراق والسيقان أو الثمار.

## رابعاً: اللبني النباتي Latex

وهو يوجد في تراكيب خاصة تسمى الغدد والقنوات اللبنية (التراكيب اللبنية *Laticifers*) وبصفة عامة يحتوى اللبني النباتي على مواد سكرية — حببيات نشا — زيوت — قلويدات — بروتينات — راتنجيات —

كاوتشوك – صموغ – إنزيمات. ويستخدم اللبـن النباتى فى الحصول على العديد من الصناعات ويتوقف ذلك على نوع اللبـن النباتى والشجرة المستخدمة ومن أمثلة تلك المواد:

- المطاط: ويستخرج من بعض الأشجار مثل شجرة مطاط بنما *Castelia elastica*.
- المورفين: ويستخرج من ثمار الخشخاش *Papaver somniferum*.
- إنزيم البابين: ويستخرج من ثمار الباباظ *Carica papaya*.
- عقار *Lactocarium*: ويستخرج من الخس.

### خامساً: الراتنجات Resins

مواد معقدة التركيب وهى شبه صلبه ولا تذوب فى الماء ولكنها تذوب بدرجات مختلفة فى الكحول – الإيثير – الكلورفورم. ومن أهم الراتنجات الطبيعية المصطكى Masic ويحصل عليه من شجرة المصطكى *Pistacio lentiscus* واللبان الذكر *Frankinsense* ويحصل عليه من شجرة اللبان الذكر *Boswellia carterii*. وهو يتكون من خلال خلايا إفرازية أو غدد أو قنوات كما فى ريزومات الزنجبيل أو القرنفل العطرى أو ثمار العائلة الخيمية. وقد تتكون الراتنجات نتيجة لجروح تحدث بالنبات حيث تتراكم مكونة طبقة واقية.

### سادساً: الدباغ Tannins

وهى مواد معقدة التركيب تكثر فى وجود النسيج المتوسط لأوراق نبات الشاى *Camellia* وقلق شجرة البلوط *Guercus suber*. كما توجد الدباغ بصفة عامة فى كافة أنواع الخلايا وجدر الخلايا والعصير الخلوى والسيتوبلازم ويختلف نسبة وجود هذه المادة باختلاف نوع النبات. وتعمل الدباغ على تجانس السيتوبلازم ووقاية النبات من تطفل الحيوانات كما تساعد على التأم جروح النبات. كما يستفاد من الدباغ تجارياً فى بعض الصناعات مثل صناعة دبغ الجلود حيث تتفاعل مع جيلاتين جلود الحيوان لتكوين مادة قوية متماسكة. كما يستفاد منها فى صناعة حبر الكتابة حيث تتفاعل الدباغ مع أملاح الحديد لتكوين الحبر الأسود.

## سابعاً: القلويدات Alkaloids

وهي مركبات ذات تأثير سام وتمثل أهمية قصوى في مجال الأدوية والنواحي الطبية وأساس تركيبها النتروجين. ومن أمثلة القلويدات المعروفة:

- الكينين Quinine: ويستخرج من شجرة الكينا *Cinchona*.
- سترينين Strychnine ويستخرج من بذور شجرة الجوز المضيء *Strychnos nux sp*.
- المورفين Morphine ويستخرج من ثمار الخشخاش *Papaver sp*.
- الكافيين ويستخرج من بذور البن *Coffea Arabica*.
- البابين Papin ويستخرج من ثمار نبات الباباظ *Carica papaya*.

## ثامناً: البللورات Crystals

تتركب معظم البللورات من مواد غير عضوية وأكثرها شيوعاً أملاح الكالسيوم مثل أوكسالات أو كربونات الكالسيوم، كما توجد بللورات من السيليكا في أوراق النجيليات وعموماً تتكون البللورات كمادة ثانوية ناتجة من عمليات التحول الغذائي لبعض المواد وهذه المواد غير مرغوب فيها ولو تراكمت لأصبحت سامة للنبات، لذا يلجأ إلى ترسيبها نتيجة تفاعل تلك المواد مع بعض العناصر أو الأملاح في صورة بللورات يتم تخزينها وتجميعها في خلايا خاصة وبذلك تتحول المواد السامة إلى مواد غير سامة في صورة بللورات.

### ١ — بللورات أكسالات الكالسيوم

البللورات الإبرية *Acicula & Raphide* بللورات إبرية وتوجد منتشرة أو في صورة حزم في خلايا بعض النباتات مثل الدراسينا ، الحميض ، جذور الأسيرجس.

البللورات المنشورية *Prismatic*: توجد في خلايا نبات الاتل *Tamarix* أو بشرة قواعد الأوراق المخزنة للصل.

البللورات النجمية *Rosette & Droses* تكثر هذه البللورات في ساق العنب ، التين الشوكي ، أوراق الدفلة ، الكافور ، عنق ورقة الخروع.

## ٢ – بللورات كربونات الكالسيوم

من أشهر تلك البللورات الحويصلة الحجرية Cystolith وتوجد في البشرة المتضاعفة لنبات التين المطاط.