الجزء الثالث

فسيولوچيا النبات

الفصل الحادى عشر

تركيب النباتات الكيمياوى

---

١ — يجب علينا بعد اذ عرفنا بنية النباتات ظاهرها وباطنها أن نتقدم الى درس العمل الذى تؤديه الأجزاء على اختلافها لحفظ حياة النبات .

ويسمى هذا الفرع من علم النبات "بالفسيولوچيا" (Physiology) .

بين الأنواع الراقية من النباتات أجزاء وأنسجة شتى مهيأة للقيام بوظائف خاصة أى أنواع من الأعمال الفسيولوچية ؛ فالأجزاء والأنسجة التى تؤدى بها هذه الوظائف تسمى "أعضاء النبات" (Plant Organs) .

ويجدر بنا فى المبدأ أن ننبه الى أن كل الوظائف على اختلافها تتوقف على مادة البروتوبلازم الحية ، والى أن عملها وقوتها للقيام بهذه الوظائف قياما تاما ، انما هو مرتبط ببعض الشرائط الخارجية وهى وجود الحرارة الملائمة ، والمدد الكافى من المواد الغذائية ، وتوافر مقدار خاص من الضوء فى حالة النباتات الخضراء وكذلك تعرضها لأوكسيچين الجو فاذا لم تتوافر هذه الشرائط حدث الموت وبطلت به الظواهر الحيوية المختلفة .

وتنقسم وظائف النباتات الى ثلاثة أقسام :

(١) الوظائف الغذائية — هذه مختصة بامتصاص مدد الغذاء واصطناعه وتخصيصه فهى لذلك مهيأة خاصة ببقاء حياة الفرد .

(٢) الوظائف التناسلية — هذه مختصة بتوليد أفراد جديدة وحفظ النوع .

(٣) الحس والحركة والنمو .

٢ — يجب علينا قبل فحص عملية التغذية بالتفصيل أن نعرف شيئا عن المواد التى تدخل فى تركيب النباتات . اذا احتفر نبات جديد من الأرض ووضع فى فرن محمى الى درجة فوق درجة غليان الماء قليلا كأن تكون ١٠٥ م — ١١٠ م فانه يفقد شيئا من وزنه بسبب خروج الماء من أنسجة النبات . فاذا استمرت عملية التجفيف أبد بضع ساعات انطرد كل الماء من عصارة الخلية ومن مادة البروتوبلازم وجدران الخلايا ولم يبق من النبات إلا مادته الجامدة .

هذه البقية أى المادة الجافة تشتمل على مركبات كثيرة كيماوية مختلفة الأنواع بين عضوية وغير عضوية ، اذا أحرقت تركت وراءها مقدارا قليلا من رماد لا يقبل الاحتراق لونه أبيض أو ضارب الى الصفرة وهذا الرماد متكون من مركبات غير عضوية أهم مؤلفاتها كان قد امتص من التربة بواسطة جذور النبات .

وفى الجدول الآتى بيان لمقدار الماء والمادة الجافة والرماد فى ١٠٠ جزء بالوزن من البزور والثمار والأوراق وغيرها من أجزاء النباتات الشائعة :

أنواع	ماء	مقدار المادة الجافة	الجزء القابل للاحتراق	رماد
القمح (حبوب)	١٤٫٣	٨٥٫٧	٧٦٫٥	٩٫٢
الشعير	١٤٫٣	٨٥٫٧	٧٢٫٧	١٣٫٠
الشوفان	١٤٫٣	٨٥٫٧	٧٥٫٧	١٠٫٠
الفول	١٥٫٠	٨٥٫٠	٧٩٫٥	٥٫٥
بزر اللفت	١١٫٨	٨٨٫٢	٨٤٫٣	٣٫٩
التفاح	٨٤٫٨	١٥٫٢	١٤٫٨	٠٫٤
جذور الجزر	٨٥٫٠	١٥٫٠	١٤٫١	٠٫٩
درنات البطاطس	٧٥٫٠	٢٥٫٠	٢٤٫١	٠٫٩
الحشائش وهى خضراء ...	٨٠٫٠	٢٠٫٠	١٨٫٠	٢٫٠
البرسيم	٨٦٫١١	١٣٫٨٩	١٢٫٢٢	١٫٦٧
ساق البطاطس وورقه ...	٨٥٫٠	١٥٫٠	١٣٫٤	١٫٦

ومقدار الماء فى البزور الناضجة قليل نسبيا ويتراوح متوسطه بين ١٠ و ١٥ فى المائة . فأما فى الثمار الطرية والجذور الشحمة والدرنات والأوراق الخضراء والأعضاء الخضراوية الغضة فيندر أن يقل مقدار الماء فيها عن ٧٥ فى المائة وقد يبلغ ما بين ٧٥ و ٩٠ فى المائة من مجموع وزنها . ونسبة الرماد فى المادة الجافة من الحبوب والجذور الطرية والدرنات هى فى الجملة أقل بكثير منها فى الأوراق وقلف النباتات .

تج ٧٣ : زن قطعا من الجزر واللفت والبطاطس والتفاح والشليك كلا منها على حدة فى أطباق فخارية ثم اقطع كلا منها قطعا كثيرة صغيرة الحجم . وضع الأطباق ومحتوياتها فى فرن دافئ أو فرن مائى وزنها كل ثلاث ساعات ولاحظ مقدار ما تفقده من الوزن .

تج ٧٤ : كرر التجربة السابقة بأوراق البطاطس واللفت واللبخ وغيره من الأشجار وكذا أوراق الحشائش المقطوعة حديثا ودقيق القمح جميعه ودقيق الفول جميعه .

٣ ــ المـادة الجافة من نبات ما تشتمل على : مقـدار قليل من مواد غير عضوية لم تستعمل امتصت من التربة ، ومقدار كبير من المركبات المختلفة العضوية صاغها النبات من المواد الغذائية التى امتصها من التربة والهواء .

واذا أعطينا قائمة بالمركبات التى تصادف فى باطن النباتات احتاج الأمر الى مجلد ضخم على أن الأمر غير محتاج هنا الى وصف شئ غير المواد العضوية المهمة التى منها يتكون جرم النبات . وقد تقسم هنا قسمين .

(١) مواد غير نتروچينية (٢) ومواد نتروچينية تبعا لما اذا كانت المركبات تشتمل على نتروچين أو لا تشتمل .

(١) المواد العضوية غير النتروچينية .

أهم أنواع هذا القسم هى الكاربوايدرات والدهون والحوامض المذكورة بعـــد .

(١) كاربوايدرات ــ هذه المركبات تكون أكبر جزء من جسم النباتات . وتشتمل على كاربون وايدروچين واوكسيچين .

والايدروچين والأوكسيچين موجودان فيها بنفس النسبة التى يوجدان عليها فى المـاء . وأهم المواد الكربوايدراتية هى أنواع السكر والنشا والأنيولين وأنواع السلولوز وأنواع البنتوزان .

(٢) أنواع السكر ــ كل أنواع السكر تقريبا حلوة المذاق قليلا أو كثيرا . وهى توجد فى الغالب ذائبة فى العصارة الخلوية . وأشـيع أنواعه الجلوكوز والفراكتوز وقصب السكر والمولتوز .

(١) الجلوكوز أى الدكستروز أو سكر العنب ($ك_{٦} يد_{١٢} ا_{٦}$) يوجد فى أغلب الفواكه ولا سيما فى العنب إذ يشتمل عصيره على مقدار يتراوح بين ٢٠ و ٣٠

فى المائة أما التفاح الناضج فيشتمل على متوسط من السكر مقداره يتراوح بين ٧ و ١٠ فى المائة ويشتمل الكريز على ٩ الى ١٠ فى المائة ويشتمل البرقوق على مقدار بين ٣ و ٥ فى المائة من هذا السكر .

(٢) الفراكتوز أى سكر الفواكه أوليفيولوز ($كـ_{٦}يد_{١٢}ا_{٦}$) يوجد فى الفواكه الناضجة أيضا مرافقا لسكر العنب . وكلا نوعى الدكستروز واللفيولوز يختزل محلول فهلينج ، وهما قابلان للاختمار مباشرة باليستة (الخميرة) (Yeast) .

تج ٧٤ : أذب ٣٥ جراما من سلفات النحاس فى ٥٠٠ سم م من الماء وضع على ماعون المحلول ورقة مكتوبا عليها حرف (ا) ثم أذب ١٦٠ جراما من البوتاسا الكاوية و ١٧٣ جراما من تيرات الصوديوم البوتاسيوم فى ٥٠٠ سم م من الماء وضع عليها ورقة مكتوبا عليها حرف (ب) فاذا خلطت مقدارين متساويين من ا ، ب بعضهما ببعض تجهز لديك المحلول المعروف بمحلول "فهلينج" . (ويجب حفظ كل من المحلولين ا ، ب منفصلين ولا يمزجان إلا عند الحاجة الى محلول فهلينج فانه يفسد اذا حفظ طويلا) .

اعصر بضع نقط من عصارة العنب فى أنبوبة اختبار تشتمل على ١٠ سم م من محلول فهلينج . وسخن الأنبوبة وما فيها على مصباح بنصن (Bunsen flame) وانظر الراسب المحمر من أوكسيد النحاسوز . (تج٢ ا) اختبر عصارة البرقوق الناضج وغيره من الفواكه بنفس الطريقة .

(٣) سكر القصب أو سكروز ($كـ_{١٢}يد_{٢٢}ا_{١٢}$) يوجد فى العصارة الحلوية من السوق والجذور فى كثير من النباتات ولا سيما قصب السكر والبنجر اللذين يستخرج منهما هذا النوع للاتجار به .

وعيدان سكر القصب تشتمل على مقدار يتراوح بين ١٥ و ٢٠ فى المائة والبنجر من ١٢ الى ١٦ فى المائة من هذا الكربوايدرات وهو يختلف عن السكرين السابقين فى أنه لا يختزل محلول فهلينج ولا يمكن تخميره بالخميرة مباشرة . واذا غلى مع حوامض مخففة أو أثر فيه بانزيم (الانفرتاس) الذى يوجد فى الخمرة

وفى كثير من أنسجة النباتات تحلل الى مخلوط من الدكستروز واللفيولوز يسمى "السكر المقلوب" (Invert-sugar) .

تج ٧٥ : اغسل بعض قطع البنجر فى الماء .

(أ) اختبر بعض المحلول لمعرفة ما اذا كان به سكر مما يختزل محلول فهلينج أم لا ، كما فى (تج ٧٤)

(ب) خذ ١٠ سم م من محلول وأضف اليها ثلاث نقط أو أربعا من حامض الكلوريدريك القوى واغل الجميع مدة ٢٠ دقيقة وبعد معادلة الحامض بمحلول من كربونات الصودا اغله وأعد فحصه بمحلول فهلينج .

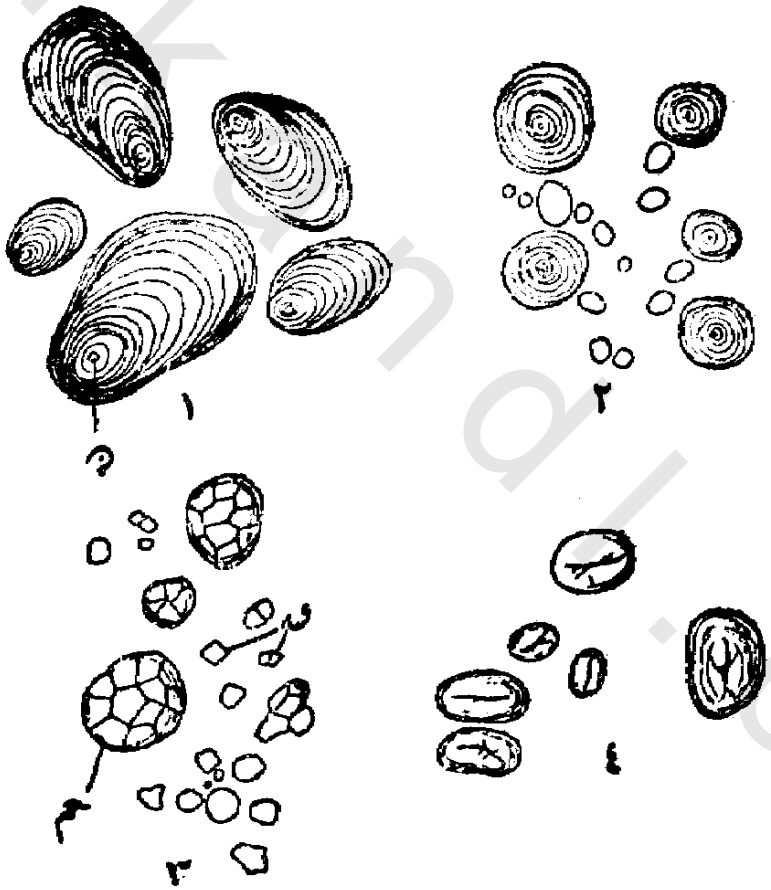
(٤) مولتوز ($ك_{١٢} يد_{٢٢} ا_{١١}$) هو نوع من السكر مكون بتأثير الانزيم دياستاز فى النشا وهو يوجد فى بزور شعير البيرة المستنبتة (Malt) وغيره من الحبوب المستنبتة . وهو قابل للاختمار بواسطة الخميرة مباشرة ويختزل محلول فهلينج ولكن ليس بدرجة سكر العنب .

(ب) النشا ($ك_{٦} يد_{١٠} ا_{٥}$) يوجد هذا الكربوايدرات على شكل حبوب عضوية صغيرة الحجم صلبة متركبة من طبقات عديدة بعضها فوق بعض ومنتظمة حول نواة أو سرة تكاد تكون مركزية ، على أنه قد يرى نواتان أو أكثر فى نفس الحبة فتسمى الحبة إذ ذاك "مركبة" وحبوب النشا تكونها بلاستيدات الخلايا عادة وأوفر ما تكون فى الجذور والدرنات والحبوب حيث تكون بمثابة مخزن من الغذاء المدخر . ويوجد النشا فى حبوب الغلال الجافة بنسبة ٥٠ الى ٧٠ فى المائة من وزنها وفى البطاطس بنسبة ١٠ الى ٣٠

وحبوب النشا تختلف حجما وشكلا حتى فى نفس النبات على أنها فى بعض النباتات ذات خصائص ممتازة فى شكلها وأبعادها حتى ليستطاع تمييزها تحت الميكروسكوب . فحبوب النشا المستخرجة من درنات البطاطس منبسطة

بيضية بلا انتظام . حجمها كبير بالقياس الى غيرها ونواتها غير مركزية (Excentric) رقم ١ . (شكل ٦٩) .

وفى القمح والشعير يوجد من هذه الحبوب فى خلايا الاندوسبرم ماهو كبير وصغير وكلاهما مفرطح على شكل بزر العدس وله نواة مركزية (٢ . شكل ٦٩) .



(شكل ٦٩)

(١) حبوب نشوية من البطاطس : ن = نواة الحبة (٢) حبوب نشوية من القمح .
(٣) حبوب نشوية من الشوفان ؛ حم = حبة مركبة ؛ ق = قطع من حبة مركبة .
(٤) حبوب نشوية من الفول . (مكبرا ٣٦٠ قطرا) .

أما فى فلقات بزور البازلاء والفول وغيرهما من النباتات القرنية فان الحبوب بيضية وعلى شكل الكلوة (كما فى رقم ٤ ، شكل ٦٩) وفيها شقوق متشععة فى وسطها .

وتكون الحبوب فى القرطم بيضية مركبة ، جزئياتها المركبة لها (ق) صغيرة وزاوية (Angular) .

وتسمى المادة التى تكون الحبة "بالنشا" أو "الاميلوز" ويوجد منها على ما يظهر نوعان مختلفان اختلافا يسيرا واذا عوملت بمحلول اليود انقلب لونها أزرق بنفسجيا قاتما .

وانزيم الدياستاز يحولها الى مولتوز وكثير من المواد القابلة للذوبان من المواد الكربوايدراتية الشبيهة بالصمغ وهذه تسمى "دكسترينات" .

قد كان العالم "ناجيلى" وغيره يرون أن حبة النشا تشتمل على مادتين هما "الجرانيولوز" و "السلولوز النشوى" و "الفارينوز" الذى يبقى كمتخلف غير قابل للذوبان إذا عوملت حبوب النشا باللعاب أو بالأحماض المخففة ؛ على أن هذا المتخلف لم يكن موجودا فى حبوب النشا من قبل ولكنه حاصل فعل المذوبات المستعملة وعليه فهو كما قال العالم ماير "أميلودكسترين" واذا غلى النشا مع الأحماض المخففة استحال جلوكوزا ودكسترينا . وإذا غلى مع الماء انتفخ النشا وكون عجينة فالوذجية القوام غير قابلة للذوبان . وإذا عرضت لحرارة جافة أو حمصت الى درجة ١٥٠ — ٢٠٠ انقلب النشا أسمر واستحال الى نوع من الدكسترين .

وتشتمل حبوب النشا فى بعض الأحيان على مادة الأميلوز ومعها مقدار من الأميلودكسترين وهذا ينقلب أحمر اللون كالنبيذ اذا عومل بمحلول من اليود .

ويحصل على النشا التجارى بواسطة فصله فصلا ميكانيكيا من درنات البطاطس بعد هرسها أو من حبوب القمح والذرة .

تج ٧٦ : اقسم بزرة من القمح والشعير والذرة والارز عرضيا بسكين واكشط بلطف جزءا صغيرا من الاندوسبرم وبثته فى الماء وافحص حبوب النشا بالقوتين الصغرى ثم الكبرى وانظر هل هى بسيطة أم مركبة ولاحظ صورتها وحجمها النسبى وكذا شكل السرّة وموضعها فى كل من هذه الحبوب .

تج ٧٧ : اقطع بزرة فولة وبازلاء مارا بالفلقتين وكذا اقطع درنة بطاطس . واكشط الجزء المقطوع بحد السكين وانقل الحبوب النشوية المتحصلة الى نقطة من الماء على لوحة زجاجية . وافحص صورة الحبوب النشوية وحجمها وشكلها ودوّن ذلك .

تج ٧٨ : اقطع أجزاء رقيقة من قطعة من درنة بطاطس وكذا من بزرة قمح . وافحصها بالقوة الصغرى واعمل رسما عن الحبوب النشوية الموجودة داخل الخلايا المنظورة .

تج ٧٩ : اعمل محلولا قويا من يودور البوتاسا فى الماء وأضف اليه بعض بلورات اليود واترك المخلوط مدة اثنتى عشرة ساعة وهزها من آن لآخر
كله فأضف إليه ماء آخر حتى يصبح لون المخلوط كيتا (أحمر كالنبيذ) .

عند فحص حبوب النشا فى التجارب السابقة (٧٦ — ٧٨) ضع نقطة من هذا المحلول بالقرب من حدّ قطعة الغطاء الزجاجى الشيئى حتى يجرى ماء النقطة تحت الزجاجة وتتصل بحبوب النشا ولاحظ تغير لون حبوب النشا .

تج ٨٠ : استخرج مستحلبا من الدياستاز كالآتى : هز خمس حبات من مسحوق المولت (الشعير بعد انباته وفصل الأجنة عنه) فى خمسين سم م من الماء البارد وبعد تركه راكدا مدة أربع ساعات رشحه لتحصل على محلول رائق . ثم اطحن قليلا من النشا فى الماء أو ليكن الطحن فى هاون . وصب قليلا من المخلوط فى دورق سعته ٢٠٠ سم م فيه ماء غال . فاذا برد فصب ٢٠ سم م تقريبا من هذه العجينة الرقيقة من النشا فى ثلاث أنابيب اختبارية . بيّن وجود النشا باضافة بضع نقط من محلول اليود المذكور فى تج ٧٩ الى أنبوبة من الثلاث . وأضف الى

الاثنتين الباقيتين ٣ سـم م أو ٤ من خلاصـة الدياستاز وسخنهما الى درجة ٦٠ مئوية . واختبر وجود النشا فى احدى هاتين الأنبوبتين بأن تأخذ كل خمس دقائق بضـع نقط بشفاطة وتضيفها إلى محاليل مخففة من اليود بعد أن تكون قد وضعته فى عدة أنابيب .

بعـد مدة ينقلب النشا سكرا ودكسترين . فاذا حصـل ذلك فاختبر وجود السـكر بواسطة محلول فهلينج .

تبين هل تؤثر بحبيبة النشا الرقيقة فى محلول فهلينج . اذا لم يضف اليها دياستاز مطلقا .

السـلولوزات — يتركب هيكل النبات الصلب من جدران خلوية يبنيها البروتوبلازم . وتكون هذه الجدران فى أول عهدها رقيقة ثم يغلب أن تغلظ من تراكم طبقة من المـادة فوق طبقة على باطن الجـدران حيث تتلامس بالسيتوبلازم . واذا كانت الخلايا فى حالة انقسام وكانت الجدران فى حالة تكوّن ترى هذه على صورة طبقات رقيقة من مادة السيتوبلازم ممتدّة فوق الخلايا الآخذة فى الانقسام . وفى عملية التغلظ تبدو الطبقات الجديدة كأنما تكوّنت من تحوّل الطبقات الخارجيـة من السيتوبلازم وذلك لأنه اذا حدث غلظ فى جدار خلية شوهد نقص تدريجى فى المشتملات البروتوبلازمية من الخلية حتى لا يبقى من هذه المشتملات شىء فى تجويفها .

وقد جرت العادة بتسمية المـادة المكوّنة لجدار الخلية "بالسلولوز" كأنما هو مادة كيماوية مفردة . على أنه يعرف الآن من هذا السلولوز أنواع مختلفة . وتتركب جدران خلايا النبات من مخاليط أو مركبات من هذه السلولوزات مع غيرها من المواد .

فأما مايسمى "بالسلولوز الأصلى" فيمكن الحصول عليه من وبر القطن وألياف الكتان بواسطة معالجة الأخيرة بمواد كيماوية شتى لازالة المواد المتحدة معها أو المختلطة بها . فما السلولوز إلا كربوايدرات له ذلك الرمز النظرى الذى

تمثله ($كـ_{٦}$ $هـ_{١٠}$ $ا_{٥}$) . هذا السلولوز الأصلى غير قابل للذوبان فى الأحماض ولا القلويات المخففة ولكنه يذوب فى أوكسيد النحاسيك النوشادرى وفى محاليل كلورور الزنك المركزة الحارة وغيرها من المذوبات واذا عومل السلولوز بحامض الكبريتيك واليود معا أو زنك اليود ازرق لونه . واذا عومل بحامض الكبريتيك وحده استحال الى سكر دكستروز .

وهناك نوع آخر من السلولوز يوجد فى جدران خلايا الأنسجة المتخشبة . فاذا حصل عليه خالصا من المواد المتحدة معه أو المختلطة به تبين أن هذه الأنواع مختلفة عن السلولوز الناتج من و بر القطن فى بنائها الكيماوى أكثر من اختلافها فى تركيبها النظرى المشار اليه . فهى تشتمل على نسبة مئينية من الأوكسيجين أكثر قليلا من ذلك وتكون أضعف مقاومة للعملية الهيدروليتية ولا تعطى إلا مقادير صغيرة من سكرى الدكستروز والمنوز اذا هى عوملت بحامض الكبريتيك ، وزد على ذلك أن الدهيد الفورفورال ينتج اذا تأدرتت (Hydrolysed) سلولوزات من هذا القبيل من حامض الايدروكلويك المخفف . وجدران خلايا الأنسجة الاندسبرمية وفلقات البزور متكونة من مواد هيميسلولوزية وهى من الاختلاف عن النوعين المذكورين فى خواصها الكيماوية بحيث لا تستحق أن تدرج فى سلك السلولوزات مطلقا . إلا من حيث انها تشابه الآخرين فى مظهرهما وأنها هى المواد التى يتكون منها بعض جدران الخلايا . وأنواع الهيميسلولوزات سهلة الأدرتة بواسطة الأحماض والقلويات المخففة فتستحيل الى سكر الجلاكتوز والمنوز والبنتوز . ولا يوجد أى نوع من السلولوزات المذكورة على حالة نقاوة فى النباتات مطلقا الا فى ألياف تيلة القطن فقد يوجد نقيا ، وانما تكون متحدة أو مختلطة بمواد أخرى تكون ثلاثة أنواع أصلية مما يسمى "بالسلولوز المركب" كما هو مبين فيما يلى :

(١) بيكتوسلولوزات — هذه مركبات أو مخاليط متألفة من السلولوزات الأصلية مع البكتوز . واذا أدرت الأخير مع الأحماض أو القلويات المخففة يعطى مادة بكتين التى هى مادة تجلتن (Gelatinise) بسهولة . والجدر الخلوية من القطن الحام وألياف الكتان وغيره من الألياف غير الخشبية وكذلك غالب الأنسجة البرنشيمية ولا سيما أنسجة الجذور الشحمة والثمار كالجزر واللفت والتفاح والكمثرى تتكون فى الغالب من هذا النوع من السلولوز المركب .

ويؤكد مانجن (Mangin) أن أول الجدر التى تتكون أثناء انقسام الخلية انما هى من البكتوز على الأخص . فأما الطبقات المسمكة الثانوية من أغلب الجدران الخلوية غير الخشبية فهى مكونة من سلولوز وبكتوز معا .

ويلحق بالبكتوسلولوزات مواد الميوكوسلولوزات المتكونة من سلولوز ومواد أخرى تعطى محاليل لزجة اذا أذيبت فى الماء . وتوجد هذه المواد فى العادة فى بعض الجذور والثمار .

(٢) الاديبوسلولوزات — تظهر الجدر الخلوية من النسيج الفلى كأنها مؤلفة على الأخص من مادة دهنية أو شمعية تسمى "سوبرين" (Suberin) متحدة مع مقدار قليل جدا من السلولوز وبهذه المواد تلحق الكيوتوسلولوزات التى تكون الجدر الخلوية فى بشرة النباتات . وتشبه المادة المعروفة بالكيوتن (Cutin) مادة السوبرين مشابهة قريبة فى تركيبها وخواصها . واذا عوملت الجدر السوبرينية أو الكيوتينية بمادة كلورزنك اليود انقلبت سمراء ضاربة الى الصفرة وهما غير قابلتين لنفوذ الماء منهما وعلى ذلك فهما يمنعان فقدان الماء من الانسجة المغطاة بهما . فأما أن الكيوتن والسوبرين هما حاصلان ناتجان من تحول مادة السلولوز مباشرة فهى مسألة لم تحل حتى الآن .

(٣) اللجنوسلولوزات — تتكون الجدر الخلوية فى النسيج الخشبى فى النباتات من لجنوسلولوزات وهذه مركبات متجانسة من :

(ا) سلولوز أو اوكسيسلولوز .

(ب) بنتوزان وهذا يعرف "بالصمغ الخشبى" .

(ج) بعض مركبات عطرية لم تعزل نقية .

فأما المادتان ب و ج فيطلق عليهما فى العادة اسم "لجنين" أو "لجنون" واللجنوسلولوزات هى مكونات ابتدائية من الأنسجة النباتية وليست سلولوزات صلبة ملبسة باللجنين تكونت بسبب تغيرات كيماوية ثانوية .

والجدر الخشبية تصبح قرنفلية اللون اذا هى عوملت بمادة الفلوروجلوسين وحامض الادروكلوريك وتكون صفراء اللون فى محاليل كلورور الأنيلين وتصبح الجدر صفراء اذ هى عوملت بمادة كلورزنك اليود .

والجدر الخلوية من النسيج الخشبى فى الخشب الصميمى من الأشجار وغيره من أجزاء النباتات تتلون أحيانا بالدباغ أى بالتنين ومواد ملونة شتى .

ويتركب الورق على اختلاف أنواعه من سلولوز يحصل عليه من خرق التيل والقطن والخشب والقش غالبا .

تج ٨١ : لتحضير كلورزنك اليود يذاب ٢٥ جزء من كلورور الزنك وثمانية جزاء من يودور البوتاسيوم فى ٨ ½ أجزاء من الماء ويضاف اليه من اليود بقدر مايجعل لون المحلول كلون صبيد غامقا .

اقطع قطاعات من السوق وغيرها من أجزاء النباتات وثبتها فى المحلول ، لاحظ أن الجذور غير الخشبية وغير الكيوتوكلارية ذات لون أزرق ولاحظ تأثير المحلول فى وبر القطن وفى قطاعات الخشب .

تج ٨٢ : اقطع قطاعات من البزور بواسطة موسى جافة . وثبت بعض هـذه القطاعات فى الماء والحصها وثبت البعض فى الجليسرين النق والحصها وانقع بعض بزور الخردل والكتان فى الماء . ولاحظ لزوجة سطح البزور .

تج ٨٣ : اقطع قطاعات من سوق نباتات شتى وثبتها فى محلول مشبع من كلورور الانيلين أضف اليه نقطا قليلة من حامض الايدروكلوريك . هنا تتلون الجدران الخشبية بلون ذهبي .

(ز) البنتوزانات — ويلحق بسلولوز الأنسجة النباتية كربوايدراتات تسمى البنتوزانات (ك ٥ بد ٤ ا ٨) واذا سخنت هذه المواد مع الأحماض المخففة ادرتت وانقلبت سكرات بنتوزية (ك ٥ بد ٥ ا ١٠) عرابينوز أو زيلوز .

وتتكون البنتوزانات أثناء عهود النمو الأولى و يزداد مقدارها بتقدم النبات فى السن . و يظهر أن هـذه الكربوايدراتات قليلة الفائدة فى عمليات التغذية فى النباتات ولكن أكالة العشب من الحيوانات تهضمها جزئيا وتمثلها . وهذه البنتوزانات شائعة فى الأنسجة النباتية جميعها وأكثر ماتكون فى النجيليات وقش الغلال .

(هـ) الأنيولين (Inulin) — هو كربوايدرات له نفس التركيب المئيني الذى للنشا وهو قابل للذوبان فى الماء و يوجد ذائبا فى العصارة الخلوية من كثير من نباتات الفصيلة المركبة والناقوسية (Campanulaceæ) وغيرها من الفصائل . وهو يوجد أيضا فى بصلات كثير من نباتات الفصيلة الزنبقية (Liliaceæ) والأماريلليداسية (Amaryllidaceæ) وكذلك فى أوراق هذه النباتات وأجزائها الخضراوية ويكثر الأنيولين فى جذور الدهلية (Dahlia) والسريس (الشيكوريا) وفى درنات الطرطوفة إذ تحل محل النشا كغذاء مكتنز .

واذا وضعت أجزاء من هذه الجذور والدرنات فى كؤول قوى بضعة أيام انفصل الأنيولين على صورة كتل كرية صلبة فى بلورات ابرية الشكل منتظمة على شكل متشعع خاص ولا يختزل الانيولين محلول فهلنج ولكنه اذا غلى مدة طويلة فى الماء أو لمدة قصيرة فى أحماض مخففة انقلب كله الى ليفيولوز .

تج ٨٤ : انقع قطعة من جذر الطرطوفة فى كؤول ممثل قوى بضعة أسابيع . واعمل قطاعات منها بعدئذ وثبتها فى جليسرين نق وافحصها بعد ذلك وارسم البلورات الكرية من الأنيولين .

(٢) الدهون والزيوت الثابتة : هذه المواد التى هى مخاليط من مركبات شتى من الجليسرين والأحماض الدهنية تتركب من نفس العناصر الثلاثة التى توجد فى الكربوايدراتات ولكن أوكسيجينها أقل من أوكسيجين تلك بالنسبة الى الهيدروجين فى الكربوايدراتات وترى فى المبدأ غالبا على شكل نقط مستديرة صغيرة من جزئيات غير منتظمة تكاد تكون طرية أو نصف صلبة داخل سيتوبلازم الخلايا وبعد ذلك تجرى النقط بعضها الى بعض ثم تفرز فى العصارة الخلوية حيث تجتمع .

والزيوت والدهون مواد غذائية نباتية مكتنزة وهى على ذلك تكثر فى الاندوسبرم وفى الفلقتين من البزور وكذا فى بعض الثمار . و بزور نبات الريب (نوع من اللفت) تشتمل على متوسط من الزيت مقداره ٤٢ فى المائة . أما بزور الكتان فمتوسطها ٣٦ ٪ ومتوسط بزور القطن ٢٥ ٪

و يتكون مختلف أنواع الكعكات الزيتية (Oil cakes) ، أى الكسب التى تستعمل لتغذية المواشى ، من حثالة كثير من أنواع البزور والثمار بعد اذ استخرج أكثر ما فيها من الزيت بواسطة العصر وغيره من الوسائل .

تج ٨٥ : اعمل قطاعات عريضة رقيقة من بزور اللوز واللفت والبندق البرازيلى والكتان . ثبتها فى الماء والخصها بقوة مكبّرة لاحظ استدارة النقط الزيتية ولمعانها فى الخلايا وفى الماء حول القطاع .

(٣) الزيوت الطيارة أو الأساســية — يعزى الى هذه المركبات تلك الرائحة العطريّة التى توجد فى كثـير من النباتات كالورد والنعنـــع واللاوندة والفليـــة .

وكثير من الزيوت الأساسية متكوّن من كربون وايدروجين فقط فى حين أن غيرها يشتمل فوق ذلك على أوكسيجين . وهى توجد غالبا على شكل نقط فى سيتوبلازم الخلايا وقد تجتمع هذه النقط فى أجزاء خاصة من الشعيرات الغددية وغيرها من التخوت الزهرية .

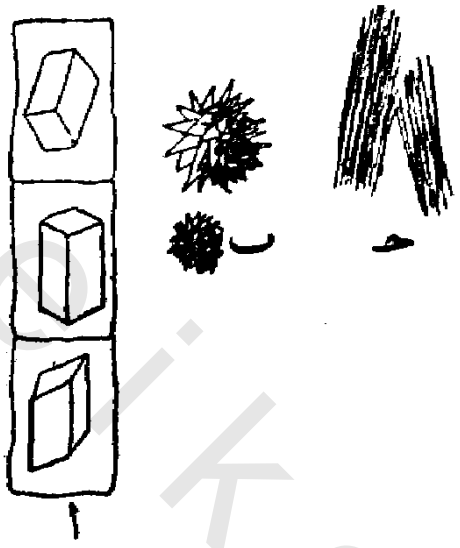
(٤) الأحماض العضوية : أشيع أمثلة هذه المركبات التى توجد فى خلايا النباتات الخضراء هى حوامض الاكساليك والماليك والستريك والطرطاريك . وتوجد إما منفردة أو متحدة مع قواعد شتى عضوية أو معدنية فتكوّن إذ ذاك أملاحا حمضية أو متعادلة .

وأشيع ما فى النبات من الحوامض هو الحامض الأوكساليك وهـذا يكون منفردا وفى الاكثر يكون متحدا بالكلسيوم او البوتاسيوم فى النسيج البرنشيمى من الأوراق والسوق والجذور وإلى الملح البوتاسى الحمضى تعزى حموضة طعم أوراق الحميض (روميكس) وبعض أنواع الأوكساليس .

وبلورات أوكسالات الجير شائعة جدا فى أنسجة عدد عظيم من النباتات وهى تتكوّن فى الفجوات التى فى السيتوبلازم وتحدث على شكل (١) بلورات

مفـــردة (ا . شـــكل ٧٠) . (٢) مجاميع بلورية متشععة (ب) أو (٣) حزم من البلورات الابرية الشـكل أو رافيدات (حـ) وهـذه الصورة شائعة فى الخلايا فى كثير من ذوات الفلقة المفردة .

أما حوامض المـاليك والستريك والطرطاريك فتوجد منفردة أيضـا أو متحدة مع الجير أو البوتاسا ولا سيما فى أنواع شتى من الثمار الفجة ويشتمل الليمون على ٥ الى ٧ فى المـائة من الحامض الستريك .



(شـــكل ٧٠)

(ا) بلورات مفردة كبـيرة من أوكسالات الكلس من خلايا برنشيمة ورقة البرسيم الحجازى ؛

(ب) مجـاميع بلورية من ورقة الراوند ؛

(حـ) حزم بلورية من ورقة نبات الفخسيا .

تجربة ٨٦ — عالج أوراق بعض البرسيم والجلبان وأوراق غيرهما بمـاء جافيل (كما فى تجربة ٧٠) واغسلها فى المـاء وثبت قطعة صغيرة فى الجليسرين .

ثم لاحظ صورة بلورات أوكسالات الكلسيوم وموضـعها فى الأوراق . واعرف فى أى جزء من أنسجة الأوراق تكثر هذه البلورات .

(٢) المواد النتروجينية العضوية — تشتمل هـــذه المركبات على عنصر النتروجين وكثيرا ما تشتمل أيضا على عناصر أخرى كالكبريت والفوسـفور فضلا عن الكربون والايدروجين والأوكسيجين .

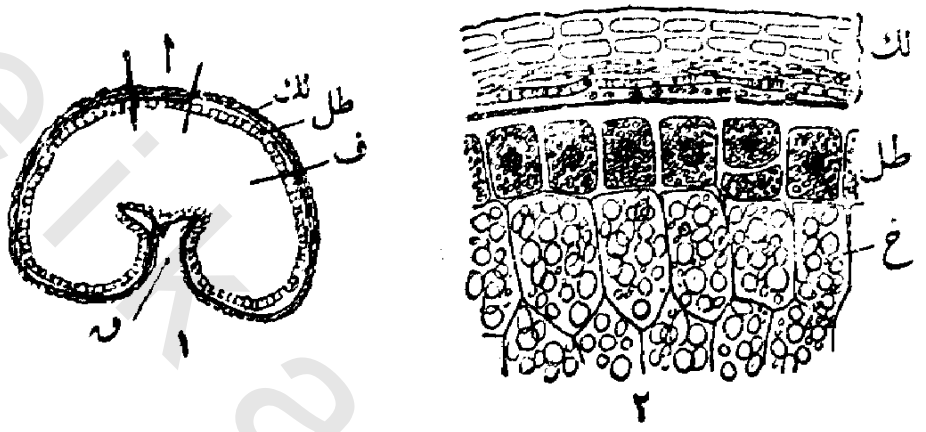
وأهم أمثلتها البروتيدات والاميدات والالكلويدات .

(١) البروتيدات ــ البروتيدات مركبات معقدة التركيب جدّا لم يمكن الى الآن معرفة علامتها الكيماوية . وهى فى العادة لزجة القوام كبياض البيض وهى كمثله تتجمد بالتسخين؛ بعضها قابل للذوبان فى الماء وبعضها غيرقابل . وأبسط أنواع البروتيدات مركبة من الكربون والايدروچين والأوكسيچين والنتروچين والكبريت وهى تشتمل على مابين ١٥ و ١٧ فى المائة من النتروچين وما بين $\frac{1}{2}$ و ٣ فى المائة من الكبريت وبما أن البروتوپلازم يتركب فى الأكثر من بروتيدات فهى ترى فى كل أجزاء النباتات الحية وزد على ذلك أن منها ما يوجد ذائبا فى العصارة الخلوية .

وبعض البروتيدات تكون مخزونة فى الفجوات الخلوية وفى العصارة الخلوية من البزور وغير ذلك من الأعضاء الساكنة (Resting Organs) كغذاء نتروچينى مختزن على صورة حبيبات صلبة مستديرة أوغير منتظمة الشكل وتسمى هذه "بالحبيبات الأليرونية" (Aleuron-grains) أو "الحبيبات البروتيدية" وهذه الحبيبات الألورونية تكون فى الغلال صغيرة جدّا ومستديرة وتكون مختزنة على الأخص فى الطبقات الخارجة من الاندوسبرم (شكل ٧١). أما فى غيرها من البزور النشوية كالفول والبازلاء فتكون صغيرة ولكنها فى كثير من البزور الزيتية كحبوب الخروع والبندق البرازيلى تكون كبيرة وتشتمل فى الجملة على جزء صغير مستدير من فوسفات الكلسيوم والمغنيزيوم مضاف الى بلورة بروتيدية أصغر منه أو أكبر .

وتشتمل بزور الترمس على متوسط فى المائة من البروتيد قدره ٣٤ وبزور الفول على ٢٤ والقمح على ١٣ والشعير على ١٠ والقش على ٣ والبطاطس على ٢ واللفت على ١ تقريبا .

والبروتيدات الصلبة تتصبغ بفعل اليود فتتقلب صفراء .



(شكل ٧١)

(١) قطاع عرضى من حبة القمح . لك = بريكارب ؛ طل = طبقة اليورونية ؛ ف = جزء نشوى من الاندوسبرم ؛ ف = قناة فى ظهر الحبة . (٢) الجزء ا من القطاع المذكور (مكبرا ١٦٠ قطرا) ؛ لك = بريكارب ؛ طل = طبقة اليورونية ترى الحبيبات الاليورونية الصغيرة ونواة مركزية داخل كل خلية ؛ خ = خلايا اندوسبرم تشتمل على حبوب نشوية .

تج ٨٧ : (١) اقطع قحة قسمين عرضيين ثم اقطع شريحة رقيقة مشتملة على جزء صغير من الطبقة البريكارية والأليورونية كما فى شكل (٧١) .

ثبت ذلك فى جليسرين مخفف وضع نقطة من محلول اليود تحت الغطاء الزجاجى . لاحظ لون حبيبات النشا والحبيبات الأليرونية .

(٢) اعمل قطاعا مثل ذلك من حبة الشعير وانظر هل الطبقات الأليرونية فى هذه الحبة مثل ماهى فى حبة القمح ؟

تج ٨٨ : اعمل قطاعات من فلقتى الفول والبازلاء وثبتها فى جليسرين مخفف ثم افحصها . لاحظ الحبيبات الصغيرة الاليرونية فى الخلايا هى والحبيبات النشوية الكبيرة . اصبغها باليود ثم أعد فحصها .

(٣) الأميدات — هذه المواد مركبات نتروجينية بلورية قابلة للذوبان توجد ذائبة فى العصارة الخلوية . وأكثرها حوامض أميدية أمشتقات بسيطة منها . وهى مواد مختزنة توجد على الأخص فى الريزومات والبصلات والدرنات والجذور من النباتات ويندر أن توجد فى البزور الكامنة وأشيع هذه المواد انتشارا مادة الاسبراچين (Asparagine) فهى توجد فى برنشيمة كل أجزاء النباتات تقريبا وتكثر على الأخص فى صغار فراخ الهليون وأزرار البروكسل ودرنات البطاطس وفى بوادر الترمس والجلبان وغير ذلك من النباتات القرنية المزروعة فى الظلام .

ومن الأحماض الأميدية الشائعة الجلوتامين والبيتين واللوسين والتيروسين وهذه توجد فى بنجر السكر واللفت وغيرهما من الجذور .

(٣) الالكلويدات — هى مركبات عضوية قاعدية أكثرها سام وتكون الجوهر الفعال فى كثير من النباتات المستعملة فى الأقرباذين وأعرف أمثلتها المورفين الذى يحصل عليه من الخشخاش (أبى النوم) والنيكوتين الذى يستخرج من شجرة التبغ والهايوسيامين الذى يستخرج من شجرة الهايوسيامس ميوتيكوس ، والأستركنين الذى يحصل عليه من الجوز المقيىء .