المركز الجامعي لميلة عبد الحفيظ بو الصوف

معهـــد : علـــــوم و تكنولـــوجيـــــا

قســـم : علـــوم الطبيعـــة و الحيـــــاة

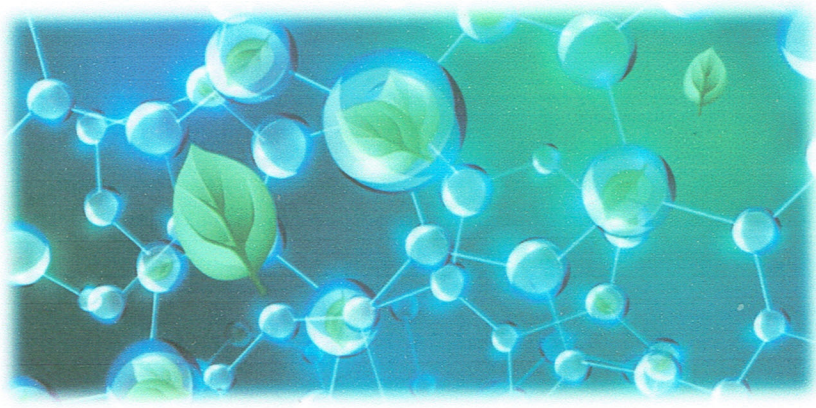
ميـــــدان : علـــوم الطبيعـــــة و الحيـــــاة

فـــرع : بيـــو تكنـــولوجيـــــا

تخـــصـص : بيوتكنولوجيـــا نبـــات

مطبوعات ماستر مادة : الكيمياء النباتية و الإنتاج الصناعي

Phytochimie et production industrielle



مادة: الكيمياء الحيوية و الانتاج الصناعي : Biochimie et Production Industrielle

مقدمة : يتناول هذا العلم دراسة كل المنتجات الطبيعية التي تخلق أو تفرز داخل الخلايا كنتيجة لعملية التحول الغذائي (الأيض أو الاستقلاب Métabolisme) و تعتبر هذه المواد مخلفات أو نواتج ثانوية (أيض ثانوي Métabolisme secondaire) توجد ذائبة داخل الفجوة العصارية للخلية أو بشكل مواد مترسبة.

و أن العملية المسؤولة على تركيب المواد الأولية و الثانوية في الكائنات الحية هي **عملية التمثيل الضوئي** و التي يتم من خلالها إنتاج الطاقة و المتمثلة في ATP , NADPH و هذه تحتاج إلى الضوء كي تتم، و تفاعلات لا تحتاج إلى الضوء و تسمى تفاعلات الظلام يتم من خلالها تثبيت جزيء CO_2 و الذي ينتج عنه تكوين المواد الكربوهيدراتية (دورة كالفن). راجع محاضرات التمثيل الضوئي لمقياس فيزيولوجيا نبات

عملية التنفس: يتم فيها تقريبا عكس (دورة كالفن) و تتكون غالبا من 3 مراحل:

المرحلة الأولى(دورة الجلكزة glycolyse) تبدأ باحتراق و تكسير السكريات (الجلوكوز، الفركتوز و النشاء) و يتحول بمقتضاه الجلوكوز إلى جزيئين من حمض البيروفيك حسب الخطوات التالية: شكل 01.

المرحلة الثانية(دورة كريبس) بعد أن يتحول حمض البيروفيك الى خلات المرافق الإنزيمي أ يدخل هذا الأخير دورة كريبس متحدا مع الأكزالوخليك إلى أن يتم تحرير جزيئين من CO_2 حسب الخطوات التالية: شكل 02.

المرحلة الثالثة (الفسفرة التأكسدية) أثناء المرحلة الأولى و الثانية تنتقل الالكترونات من FADH NADH , عن طريق مجموعات السيتكروم (السلسلة التنفسية) حيث يحمل O_2 المتأين و الممتص من الهواء فيكون الماء و نتيجة لذلك تتكون طاقة فوسفورية كبيرة و طاقة حرارية عالية جدا، بحيث كل جزيء NADH يدخل السلسلة التنفسية يعطي 3ATP و كل جزيء FADH يعطي 2ATP. شكل 03.

و أن هذه المرحلة الأخيرة تبين أن تحطيم جزيء واحد من الجلوكوز يعطي في نهاية العملية التنفسية 38 جزيء ATP .

و أثناء عمليتي (البناء و الهدم) تتكون كل المواد الكيميائية العضوية التي تعرف باسم المنتجات الطبيعية و هذه تختلف طبقا لنوع النبات و نوع العضو و نوع الإنزيمات الموجودة و الظروف البيئية المحيطة.

و على ذلك يكون البرتوبلازم هو المادة الحية في الخلية و هو أساس تكوين كل المنتجات الطبيعية النباتية و من أهم هذه المنتجات هو الجلوكوز الذي يدخل في:

أ- تركيب جدر الخلايا التي تكون هيكل النبات .
ب- تجهيز المواد الغذائية المختلفة.
ج- تحرير الطاقة عن طريق أكسدته
د- إنتاج عدة إفرازات و اخراجات.

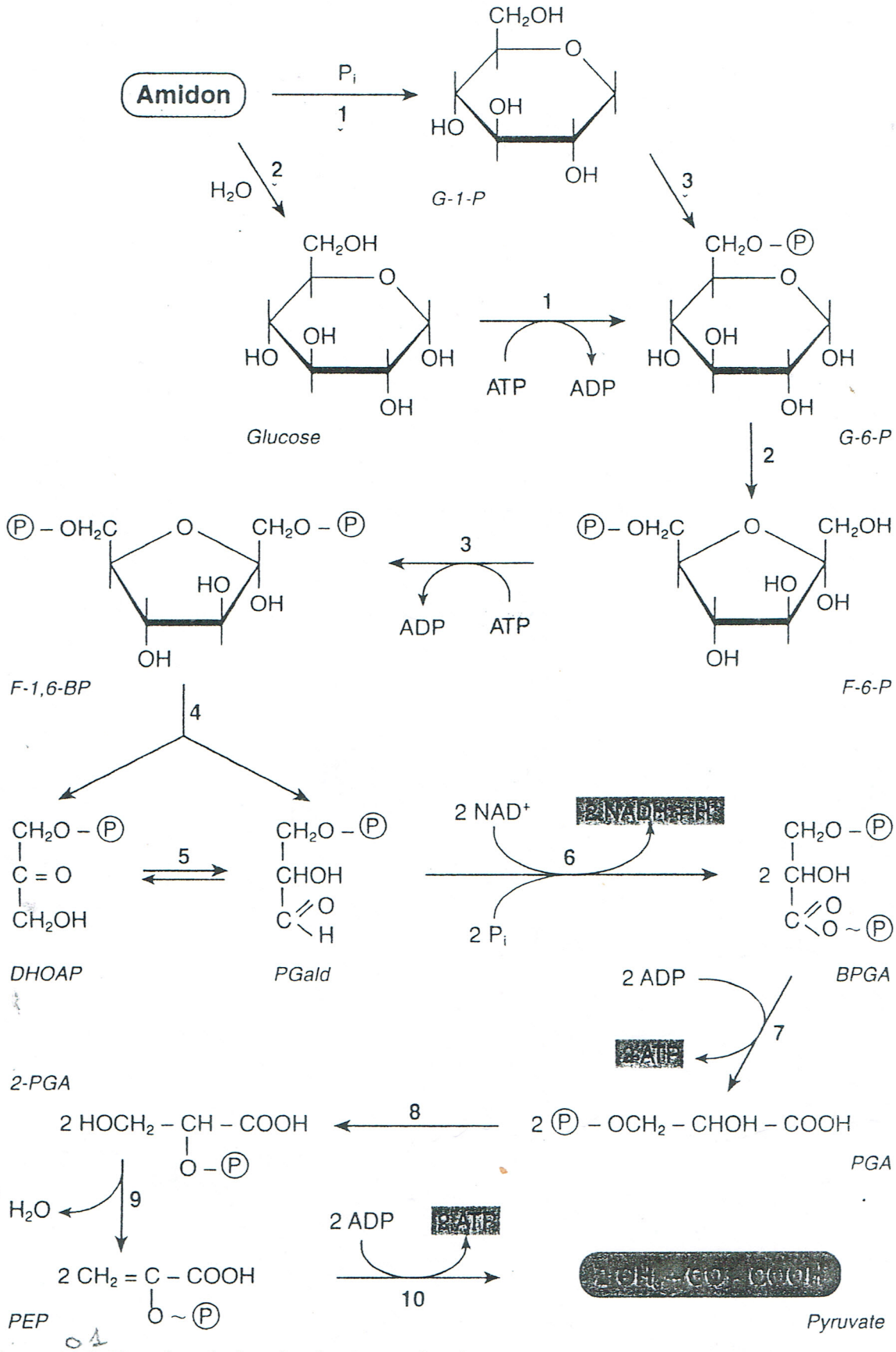


Figure 14-3. Phosphorylation du glucose et glycolyse.
Enzymes impliquées : *1'*, phosphorylase ; *2'*, amylases ; *3'*, phosphoglucomutase. Glycolyse : *1*, hexokinase ; *2*, phosphoglucoisomérase ; *3*, phosphofructokinase ; *4*, aldolase ; *5*, triose-phosphate isomérase ; *6*, glycéraldéhyde-phosphate déshydrogénase ; *7*, phosphoglycérate kinase ; *8*, phosphoglycérate mutase ; *9*, énolase ; *10*, pyruvate kinase.

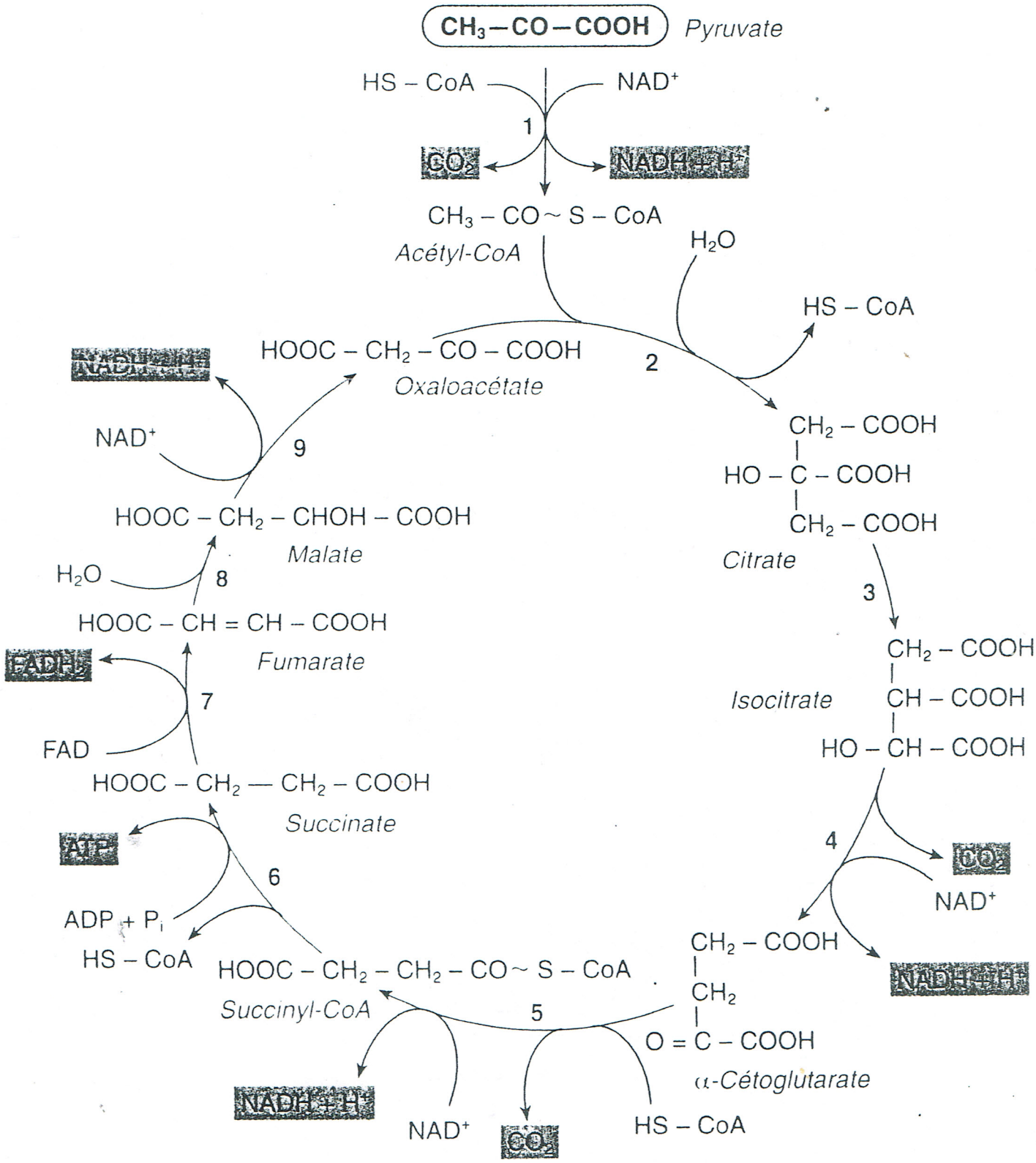


Figure 1.9. Le cycle de Krebs.

Enzymes impliquées : *1*, pyruvate déshydrogénase (complexe enzymatique) ; *2*, citrate synthase ; *3*, aconitase ; *4*, isocitrate déshydrogénase ; *5*, α-cétoglutarate déshydrogénase (complexe enzymatique) ; *6*, succinyl-CoA synthétase ; *7*, succinate déshydrogénase ; *8*, fumarase ; *9*, malate déshydrogénase. Deux intermédiaires réactionnels (*cis*-aconitate, oxalosuccinate) n'ont pas été représentés.

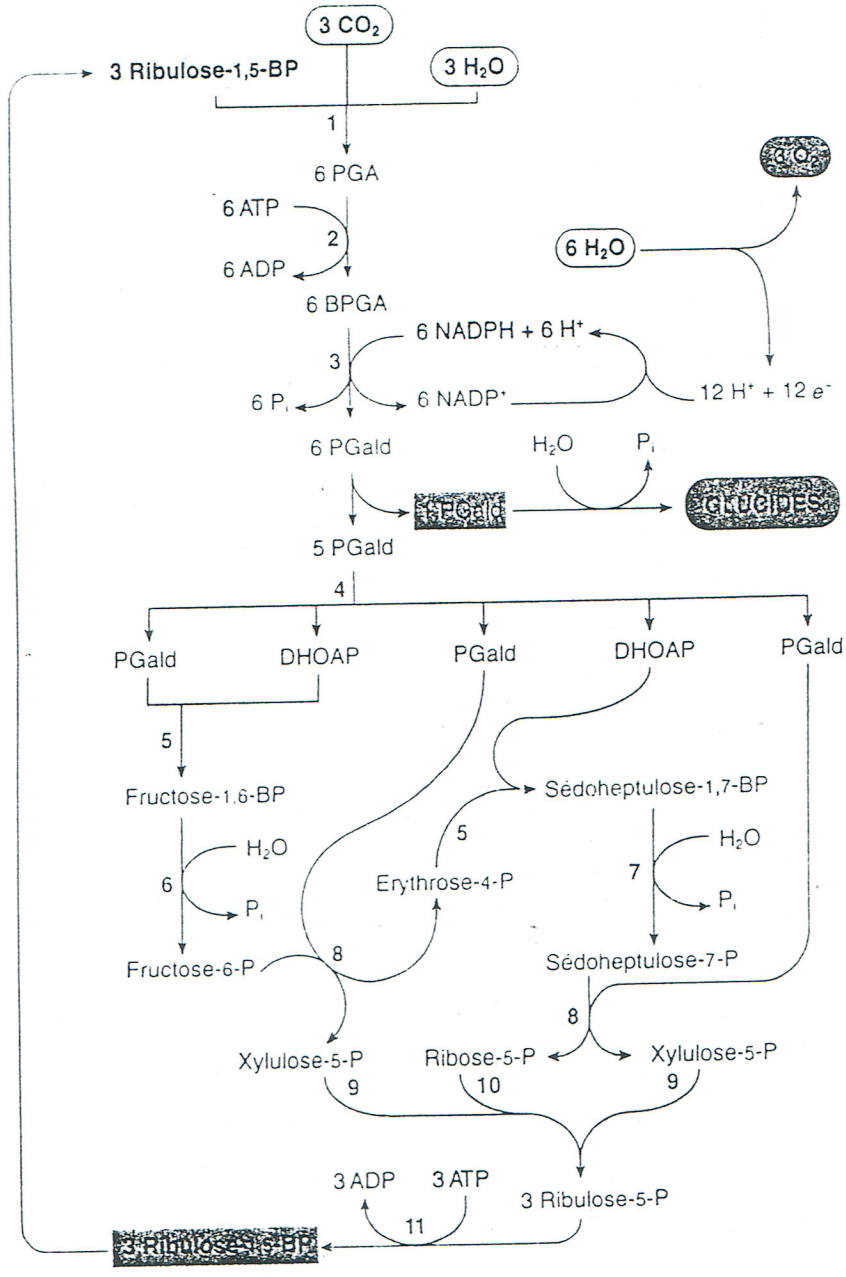


Figure 12-3. Fixation du CO_2 dans la photosynthèse et Cycle de Calvin.
Enzymes impliquées : *1*, ribulose bisphosphate carboxylase/oxygénase (rubisco) ; *2*, phosphoglycérate kinase ; *3*, glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase ; *4*, triose-phosphate isomérase ; *5*, transaldolase ; *6*, fructose-1,6-bisphosphatase ; *7*, sédoheptulose-1,7-bisphosphatase ; *8*, transcétolase ; *9*, épimérase ; *10*, isomérase ; *11*, ribulose-5-phosphate kinase.

الميتابوليزم الثانوي Métabolisme secondaire

إن النظرة إلى العلاقة بين النباتات الراقية و الحيوانات العديدة تجعل من مقدرة النبات على البقاء إحدى المعجزات، فلا يستطيع النبات إذا ما هاجمه جائع كحشرة مثلا أن يبتعد عنه أو يدافع عن نفسه جسديا. بيد أن نباتات كثيرة طورت طرق ماكرة تقي بها نفسها، فهي تستخدم وسائل دفاع كيميائية، قد تكون هذه الوسائل بسيطة أو معقدة، حيث تنتج بعض أنواع النباتات مواد معقدة التركيب تتدخل في حلقة نمو المهاجم أو تضعف من مقدرته على هضم النبات.

إلى جانب الميتابوليزم الأولي الذي يتشابه في الكائنات الحية فان بعض النباتات تنفرد عن غيرها من الكائنات في أنها تقوم بعدة تحويلات لنواتج الميتابوليزم الأولي إلى مواد أكثر تعقيدا، و إن هذه المواد هي مركبات بعضها مسؤول عن الرائحة و الطعم و لون النبات، و بعضها يعطي للنبات صفته الطبية و سميته الفعالة، و لكن عدد ضخم من هذه المركبات أهميتها بالنسبة للنبات لا زالت غامضة و يمكن أن يستعملها كوسائل دفاع، مثل النباتات الصحراوية من أجل منع تبخر الماء تقوم بإنتاج مواد صلبة على سطح الورقة تمنع تبخر الماء.

و هذه المركبات تنتج من مركبات الميتابوليزم الأولي و من أهمها :

- الجلوكوسيدات – الفلافونويدات - القلويدات – التربينات – العفصيات – الراتنجات - ...الخ

و من أجل حدوث الميتابوليزم الثانوي يجب توفر الآتي:

1- السكريات ⟵ مصدر للكربون
2- البروتينات ⟵ مصدر للإنزيمات
3- الليبيدات ⟵ مصدر للطاقة

حضاري (مميزات)

[redacted] الميتابوليزم الثانوي

- توزيعها غير المنتظم في النباتات (بالنسبة للأعضاء أو بالنسبة لفصول النمو)
- تتجمع باستمرار في الفجوات الخلوية و تتكون خلايا متخصصة لذلك
- ظهور هذه المركبات أثناء انتاش البذور و النمو
- تكثر في مرحلة الإزهار
- تتأثر بعوامل المناخ.

أ- تكوين جدر الخلايا

تتكون جدر الخلايا النباتية من السليلوز، و يربط هذه الجدر صفائح مكونة من بكتات الكالسيوم و هي تكون بمثابة مادة لاصقة لربط هذه الجدر، و نظرا لازدياد النبات في الحجم فانه يحتاج الى خلايا دعامية و يقتضي ذلك ان يترسب السوبارين و اللجنين على جدر الخلايا فيزيد سمكها و تكثر الخلايا الدعامية في منطقة الخشب و منطقة البيرسيكل.

لذلك يستعمل النباتات الخشبية كمصدر للخشب و صناعة الورق و الالياف و يستخدم خشب البريسيكل في المنسوجات الخشبية و صناع الاكياس، و يستخدم القطن في المنسوجات و صناعة المفرقعات و السلوفان ، اما الجدر التي تحتوي على السوبارين فتستخدم في صناعة الفلين كما ان الفحم الموجود في الطبيعة ما هو الا جدر خلوية ميتة فقدت عناصرها الغازية على مضي الزمن و اصبحت تتكون من مادة الكربون فقط.

ب- تجهيز المواد الغذائية المختلفة

يجهز النبات كمية من الغذاء التي تلزمه و يخزن الباقي في اجزاء التخزين و اهم المواد الغذائية المكونة هي الكربوهيدرات و الدهون و البروتينات و يضاف اليها السليلوز الاحتياطي و هو مادة كربوهيدراتية سهلة التحول إلى مواد اخرى عند الحاجة مثل المواد البكتينية ، الاصماغ و المواد المحاطية، و هناك نوع من السليلوز يسمى الهيمي سليلوز و هذا يوجد في بذور نباتات المناطق الحارة على شكل طبقات داخل الخلايا و يكسب البذور صلابة شديدة مثل بذور البلح(التمر).

البكتينات

المواد البكتينية هي مواد كربوهيدراتية تكون الصفيحة الوسطى بين الجدر الخلوية، و توجد على شكل بكتات الكالسيوم ، و هناك نوع اخر يسمى protopectines و هو يوجد متصل للجدر السليلوزية من داخل الخلية و هو ينحل اذا غلي في الماء لمدة طويلة او اذا سخن مع الاحماض و ينتج عن تحلله البكتين.

و في النبات يتحلل protopectines بفعل الانزيمات مثل انزيم protopectinase و خاصة في كثير من الخضر و الفواكه غير الناضجة اذ انه هو المكون الاساسي للعلاف الثمري المتوسط في قشر البرتقال و الموالح.

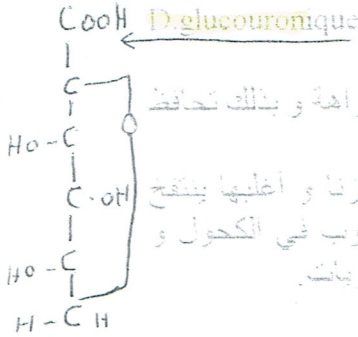
اما بكتات الكالسيوم فانها تذوب في القلويات و في محلول اكسالات الامونيوم، و البكتات تذوب في الماء الساخن و تكون محلولا غرويا حمضي التفاعل مع ورق عباد الشمس و المحلول يكون غليظ القوام و لكنه غير لزج ، و تترسب البكتات من المحلول باضافة الكحول لانها لا تذوب فيه كما انها تذوب في المذيبات العضوية. كما تترسب باضافة املاح المعادن الثقيلة مثل الرصاص.

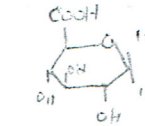
فوائد البكتينات

- تدخل في كثير من صناعات الحلوى مثل المربى
- للبكتين صفات مطهرة لانها تلتصق بالميكروبات و توقف نشاطها و تعزلها، و لذلك يستعمل البكتين و منتجاته كواقي ضد النزلات المعوية.

الاصماغ

عبارة عن مواد كربوهيدراتية صلبة غير متبلورة تتكون في النباتات نتيجة لتحطيم الجدر الخلوية السليلوزية او البكتينية لسبب داخلي او خارجي(السبب الداخلي فيزيولوجي ، و السبب الخارجي باثولوجي مرضي).





والأصماغ مكونة من رابطة جلوكوسيدية من حمض عضوي يسمى D.glucouronique acide يتحد مع أملاح عضوية و أملاح غير عضوية.

تنتشر الأصماغ في نباتات المناطق الجافة و الحارة لأنها تمتص الماء بشراهة و بذلك تحافظ النباتات عليه.

و الأصماغ قريبة الشبه بالكتينات و لها قيمة غذائية اذ تعتبر غذاء مجرنا و أغلبها ينتفخ بالماء او يذوب فيه مكونا محلولا غرويا سميك القوام نزج. هي لا تذوب في الكحول و المذيبات العضوية، و لا تتخمر بالخميرة و هذا ما يميزها عن جميع السكريات.

س

فوائد الأصماغ

تستخدم الأصماغ في كثير من الصناعات و خاصة الغذائية

كما تستخدم في العلاج و خاصة عقب العمليات الجراحية أو أثناء حدوث نزيف دموي حيث توقف النزيف

و أهم الأصماغ التجارية نذكر الصمغ العربي موجود في أشجار الصنط و صمغ الكثيرة يستخرج من أشجار Astragalus من العائلة البقولية.

المواد المخاطية (الهلامية)

عبارة عن مواد كربوهيدراتية صلبة غير متبلورة، تعتبر مواد غذائية احتياطية في النبات. تمتص الماء بشراهة و تحافظ عليه لوقاية النبات من الجفاف. تفرز داخل خلايا متعددة أو شعيرات خارجية في كل أعضاء النبات.

و هي مجموعة من المركبات تختلف في صفاتها الطبيعية و الكيميائية و أهم اقسامها:

أ- **المخاطيات المتعادلة**: و هذه تكون رابطة جلوكوسيدية مع سكر المانوز و تسمى D-mannans و تتحد أيضا مع سكر الجلاكتوز و تعطي رابطة D-galactans؛ و عند التحلل تعطي هذه السكريات و تمتاز بانها تتحد مع أملاح النحاس(خلات النحاس) و تعطي مركبات معقدة.

ب- **المخاطيات التي تحتوي على رابطة حمض الورونيك**: و أهم انواعها هي التي تتحد مع حمض الجلاكتوبورونيك D-galactouronique acide الموجودة في البذور و نوع خاص في بذور الحرذل و الكتان.

و هذه المخاطيات تتحلل بالأحماض و الإنزيمات و تعطي عديد من السكريات اهمها الجلاكتوز و الزيلوز.

ج- **المخاطيات البحرية**: و هي عبارة عن استرات كبريتية للسكريات المتعددة، تنتفخ في الماء مكونة محاليل غروية و من امثلتها الأجار.

و المواد المخاطية عامة تذوب في الماء و تعطي محاليل غروية غير سميكة و غير لزجة، تترسب من محاليلها المائية بإضافة الكحول، و تعطي **الاختبارات التالية**:

- تعطي لون **ازرق** مع **ازرق المثلين**، لأنها تمتص الألوان و هذه المخاطيات المتعادلة
- تعطي لون **بنفسجي** مع **أحمر الرتينيوم** و خاصة مع المخاطيات ذات رابطة حمض جلاكتورونيك
- تعطي لون **أحمر قرمزي** مع محلول coralling sod– ملح حمض **الروزاليك** و خاصة مع المخاطيات المشتقة من اصل بكتيني.

ج- الإفرازات و الاخراجات

و هذه تنتج في النباتات كنتيجة ثانوية لعملية الايض ، و هي مواد هامة للانسان في الصناعة و الطب و اهميتها:

1- الجلوكوسيدات
2- الفلافونويدات
3- القلويدات
4- الصابونيات
5- الزيوت الطيارة
6- العفصيات (الدبغات)
7- الراتنجات
8- البتوعات (الين النباتي)
9- الكومارينات.

السكريات النباتية

تكون السكريات في النبات على اربعة صور:

1- سكريات الميتابوليزم الوسطي و هي جميع السكريات التي تنتهي بالمقطع OSE
2- سكريات النقل و المتمثلة في سكر السكروز
3- سكريات التخزين و المتمثلة في النشاء و الانلين
4- سكريات الحمر و المتمثلة في السليلوز و الهيمي سليلوز

1- سكريات الميتابوليزم الوسطي

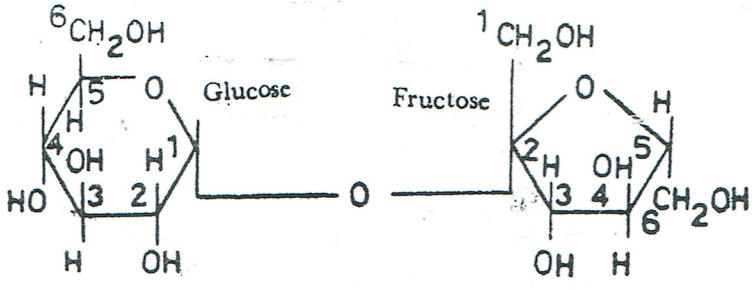
و هي جميع السكريات التي تكون في الصورة الألدهيدية او الكيتونية و التي تحتوي من 3-7 ذرات كربون. و التي تدخل في جميع التفاعلات الحيوية داخل النبات كدورة حامض الستريك (دورة كريبس) و دورة الجلكزة و دورة كالفن.

ملاحظة: جميع هذه السكريات الداخلة في الميتابوليزم الوسطي تكون في الصورة النشطة و هي الصورة الفسفرة.

تختلف النباتات عن الحيوانات فالى جانب السكريات الداخلة في الميتابوليزم الوسطي في الحيوانات فان النبات يستطيع كذلك تمثيل سكريات خاصة به فقط مثل سكر الأبيوز و سكر الريبلوز، و سكر الرافينوز و سكر سطاكيوز.

2- سكريات النقل

ان سكر السكروز هو السكر الوحيد من بين السكريات في النبات الذي له خاصية الانتقال و تركيبه الكيميائي كما يلي شكل 4.



شكل 4: التركيب الكيميائي لسكر السكروز

في بعض الانواع النباتية نجد دائما السكريات الثلاثية و الرباعية المشتقة من سكر السكروز مثل الرافينوز او سطاكيوز و نادرا ما نجد السكريات الخماسية من سكريات النقل مثل المانيول.

ان السكروز شديد الذوبان في الماء و هو سكر غير مختزل.

3- سكريات التخزين

و توجد على مستوى الجذور ، الدرنات ، الريزومات ، الأبصال

4- سكريات الجدر (انظر المحاضرة السابقة).

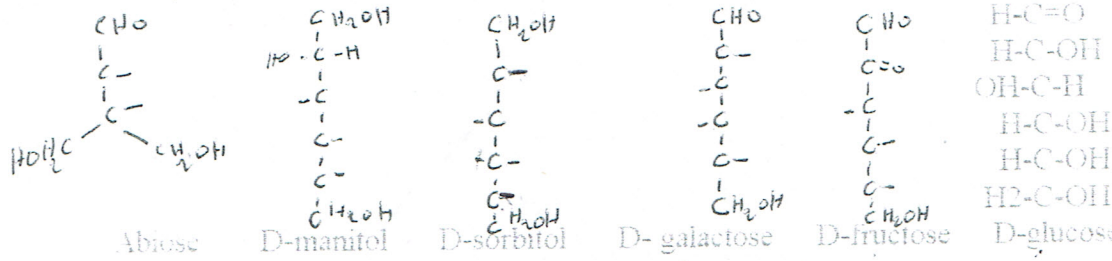
تقسيم السكريات الثنائية

تقسم السكريات البنائية إلى :

1- السكريات البسيطة (السكريات الأحادية) monosaccharides
2- سكريات الأليجو oligosaccharides
3- السكريات العديدة polysaccharides

أولا: السكريات البسيطة (السكريات الأحادية) monosaccharides

و هي السكريات التي تكون في الغالب مكونة من سكر بسيط واحد و التي لا تتحلل الى وحدات اقل منها و تكون على شكل ثنائي biose، ثلاثي triose، رباعي tetrose، خماسي pentose و سداسي hexose من ذرات الكربون و تكون على صورة سكريات الدهيدية أو كيتونية مثل :



ثانيا: سكريات الأليجو oligosaccharides

عبارة عن سكريات معقدة من اكثر من سكر و تنقسم الى سكريات ثنائية Disaccharides و سكريات ثلاثية Trisaccharides و سكريات رباعية Tetrasaccharides و عدد الجزيئات الداخلة في تركيبها من السكريات البسيطة و هذه السكريات تذوب في الماء و في الايثانول المحتوي على الماء و اغلبيتها متبلورة قابلة للتبيير.

أ- السكريات الثنائية Disaccharides و منها:

الهكسوزات الثنائية Dihexose C3 مثل سكر التيرانوز Turanose و هو سكر ثنائي يتكون من ارتباط سكر الجلوكوز في C1 مع سكر الفركتوز في C3 و يسمى

β-D-fructose3-(α-D-glucopyranoside) β3-(α-D-glucopyranosesyl)β-fructopyranose