جامعة تكريت

كلية الزراعة
قسم وقاية النبات
دراسات عليا /ماجستير

اعداد
أ.م.د محمد شاكر منصور

فسلجه الحشرات متقدم

الجهاز الهضمي

تقسم القناة الهضمية من الناحية الفسيولوجية الى خمسة مناطق وذلك حسب الوظائف :

١. منطقة استقبال الغذاء Region of reception الفم ، والتجويف الفمي ، والبلعوم ، والغدد اللعابية .

٢. منطقة التوصيل والخزن Region of conduction & storage (المريء والحوصلة) :

- المريء Oesophagus : لتوصيل او نقل الغذاء الى مكان الهضم .
- الحوصلة Crop : وظائفها هي:

أ- خزن الغذاء غير المهضوم .

ب- الهضم الجزئي او الكلي للغذاء اذ تحصل على الانزيمات الهاضمة اما من الغدد اللعابية Salivary gland او من المعدة Midgut (Stomach) كما في حشرات مستقيمة الاجنحة كالجراد والغمدية الاجنحة والقمل القارض

٣. منطقة السحق والهضم Region of trituration & digestion(القانصة والمعدة)

- القانصة Gizzard (Proventriculus) : وظائفها هي

أ- طحن وتفتيت الغذاء (في الحشرات القارضة)

ب- تعد صمام يسمح بمرور السوائل الى المعدة ويمنع مرور القطع الغذائية الصلبة غير المهضومة (في رتبة غمديه الاجنحة) .

ت- تعد صمام او غربال (تفصل حبوب اللقاح عن الرحيق كما في نحل العسل)

٤. **منطقة الامتصاص** Region of absorption : وتشمل المعدة والقناة الخلفية .

ان منطقة الامتصاص تشمل المعدة والقناة الهضمية الخلفية وقد تتداخل مع منطقة الهضم معتمدا على

* نوع الحشرة * ونوع المادة الممتصة .

* المعدة (القناة الوسطى) : تعد منطقة هضم وامتصاص وتمثل منطقة الافراز الرئيسية في القناة الهضمية (افراز الانزيمات الهاضمة) ، وفي غالبية الحشرات تقسم المعدة الى عدة مناطق حسب * وظيفتها او * اختلاف الحموضة او * الانزيمات التي تفرزها ، فقد تكون من ٣-٤ مناطق ، وتتصل بالمنطقة الرابعة عدد من الانابيب الاعورية تقوم بوظيفة الهضم والامتصاص .

*الخلايا الطلائية في المعدة Epithelial cells : وظيفة الخلايا الطلائية إفراز الانزيمات الهاضمة وامتصاص المادة الغذائية المهضومة .

وظائف الانابيب الاعورية Gastric caeca:

أ- زيادة المساحة السطحية للمعدة وبالتالي زيادة كفاءة عملية الهضم والامتصاص .

ب- مكانا ملائما لتكاثر البكتريا التي لها دور في الهضم والامتصاص.

٥. **منطقة التوصيل وتكوين البراز** Region of conduction & formation of feces

تقوم القناة الهضمية الخلفية Hindgut بتفريغ البراز وتوصيلة الى الخارج.

* حلمات المستقيم Rectal Papillae : وهي نتوءات بشكل وسائد Pads داخل المستقيم والتي يعتقد ان وظيفتها **اعادة** بامتصاص الماء وايونات الاملاح والمواد المفيدة من الفضلات قبل طرحها للخارج وأعادته الى دم الحشرة وتوجد في معظم الحشرات خاصة حشرات البيئات الجافة.

* الغدد الشرجية Anal Glands : وهي غدد توجد قرب فتحة الشرج وتوجد في بعض الحشرات من غمديه وحرشفية الاجنحة ووظيفتها هي :

- افراز مواد لاسعة.
- افراز مواد طاردة ذات رائحة كريهة تستعمل كوسيلة دفاعية.

ثانيا : الغدد اللعابية Salivary glands

تعتبر الغدد اللعابية من ملحقات القناة الهضمية ، وغالبا تقع في منطقة الصدر ممتدة على جانبي القناة الهضمية الامامية ، ويختلف تركيبها ومكان تواجدها باختلاف انواع الحشرات :

وظيفة الغدد اللعابية اساسا هي افراز اللعاب لترطيب الفم ولهذا يطلق عليها في بعض المصادر بالغدد اللعابية لأنها مصدر اللعاب. يحتوي اللعاب على الانزيمات ويعتمد نوع الانزيم الموجود فيها على نوع الغذاء الذي تتغذى علية الحشرة ، الانزيمات الشائعة هي انزيمات الأميليز والانفرتيز ، وفي بعض الحشرات كالحشرات المتطفلة على دم العائل والمفترسة يوجد في لعابها انزيمي البروتيز والليبيز حيث تقوم تلك الحشرات بحقن العائل بهذه الانزيمات قبل ابتداء التغذية.

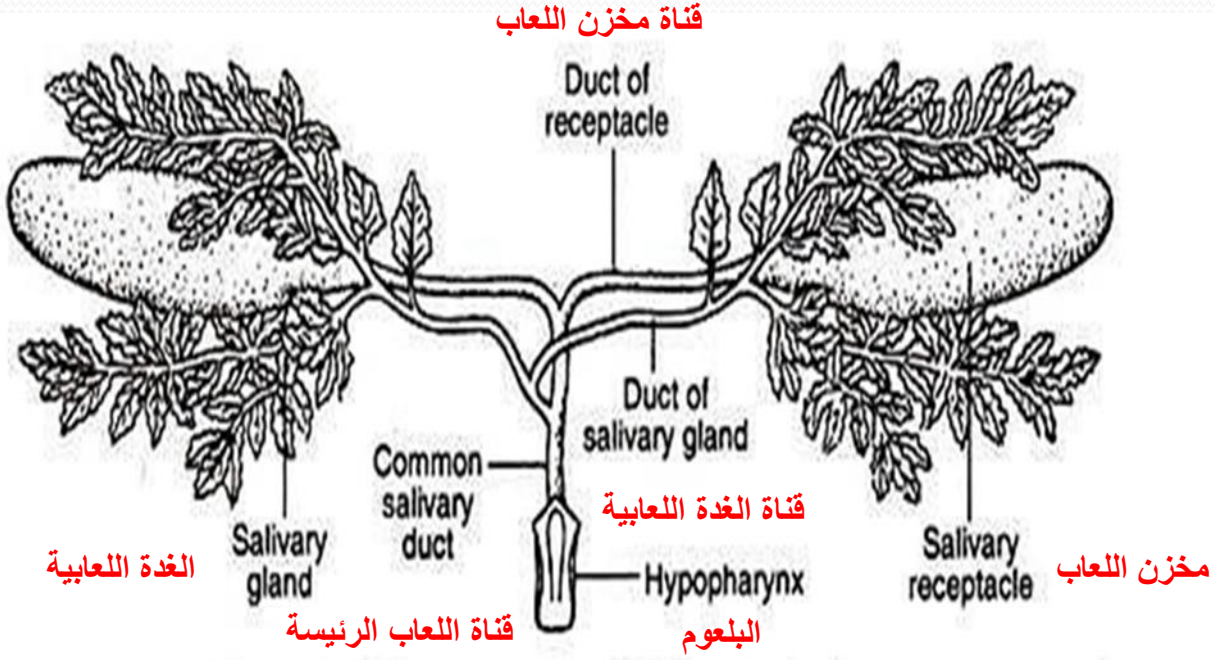

Fig. 18.55: Salivary apparatus of *Periplaneta americana*.

الغدة اللعابية في الصرصر الامريكي

❖ تسمى الغدد اللعابية **بغدة الشفى السفلى** Labial glands عندما تصب محتوياتها قرب الشفى السفلى ، ويوجد هذا النوع من الغدد في معظم الحشرات والتي تكون عنقودية الشكل .

في حشرة المن تقوم غدة الشفى السفلى بإفراز انزيم Pectinase المسؤول عن تحليل مادة البكتين الموجودة في جدران الخلايا النباتية ، وفي الحشرات الماصة للدم فان اللعاب المفرز من الغدد الشفوية يحتوي على بعض المواد التي تمنع تخثر الدم ، ومن الوظائف الاخرى لغدة الشفى السفلى هو انتاج مادة الحرير كما في يرقات رتبتي حرشفية وخيطية الاجنحة.

❖ او تسمى الغدد اللعابية **بغدة الفكوك العليا** Mandibular glands عندما تصب محتوياتها قرب الفكوك العليا ، ويوجد هذا النوع في الحشرات غير المجنحة وفي رتب الحشرات متساوية وغمديه وغشائية الاجنحة ، وغالبا ما يكون شكلها على هيئة كيس يقع في منطقة الراس.

وظيفة هذه الغدد افراز الفيرمونات كما في ملكة النحل التي تتحكم بالتركيب الاجتماعي للمستعمرة. وفي الشغالات فأنها تفرز اللعاب الذي يطّري شرنقة العذراء لمساعدة الحشرة البالغة للخروج من شرنقتها.

❖ او تسمى الغدد اللعابية **بالغدة البلعومية** Pharyngeal glands عندما تصب محتوياتها قرب البلعوم ، ويوجد هذا النوع من الغدد في رتبة غشائية الاجنحة وبالأخص في شغالة نحل العسل التي تقوم بإنتاج الغذاء الملكي Royal jelly وافراز انزيم الانفرتيز.

❖ وقد تسمى الغدد اللعابية **بغدة الفكوك السفلى** Maxillary glands كما هو الحال في تحت رتبة غير متجانسة الاجنحة Heteroptera التي تقوم بإفراز مادة سامة تعمل على قتل الفريسة.

المصادر الغذائية للحشرات Nutritional Requirements

ان الغذاء الذي تتناوله الحشرة من المصادر الغذائية المختلفة يجب ان يلبي احتياجاتها الغذائية لتحقيق نمو وتطور جيدين ، بمعنى اخر ان الغذاء يجب ان يحتوي على جميع العناصر الغذائية الضرورية وبكميات كافية ومتوازنة ، وفي حالة فقد او نقص اي مادة غذائية اساسية او عدم وجود المواد الغذائية بشكل متوازن فهذا سيؤدي الى ظاهرة سوء التغذية Malnutrition التي تسبب تشوهات مظهرية Deformation ووظيفية للحشرات ، بمعنى اخر حشرات مشوهة ومعوقة غير قادرة على اداء انشطتها الحيوية مثل الحركة والطيران والتغذية والنمو والتطور والتكاثر.

* ان معظم هذه الاحتياجات الغذائية موجودة في غذاء الحشرة ، لكن بعض هذه الاحتياجات تحصل عليها الحشرة من مصادر اخرى اي من غير الغذاء . * وان اهم هذه المصادر البديلة للغذاء هي :

١. **التخزين** (المواد الغذائية المخزونة) Storage : يوجد مصدران للمواد الغذائية المخزونة هما :

a. **المصدر الاول : مح البيضة** Yolk يحتوي على كل العناصر الغذائية لكي يكتمل نمو الجنين ، ويتكون من :

i. بروتينات (خاصة مح الانثى Female Protein الذي يعرف Vitellogenin

ii. الدهون (كليسرولات ثنائية Diglycerides)

iii . الكربوهيدرات (الجلايكوجين Glycogen)

ولكون بيضة الحشرة صغيرة الحجم فأنها تخزن الغذاء والعناصر الاساسية الرئيسية بما يكفي نمو وتطور الجنين الى الفقس فقط اي لا تخزن الغذاء والعناصر الاساسية للأدوار اللاحقة بعد الفقس (الاعمار اليرقية والحورية) اما العناصر الغذائية الاقل اهمية مثل الفيتامينات قد تكون موجودة بكميات كافية تلبي احتياجات اليرقة الحديثة الفقس وكذلك نموها اللاحق مثال ذلك بيض الجراد الصحراوي .

المصدر الثاني : الاجسام الدهنية Fat bodies تخزن الاجسام الدهنية كميات كبيرة من المواد الغذائية مثلاً حشرات رتبة حرشفية الاجنحة التي لا تتناول غذاء في دور الحشرة الكاملة اذ تتراكم كميات كافية من المواد الغذائية المخزونة في دور اليرقة تلبي الاحتياجات الغذائية للفعاليات الحيوية في دور الحشرة الكاملة التي قد تتناول او لا تتناول المحاليل السكرية ، وكذلك الجراد اذ تتناول الحشائش خلال العمر الحوري الاول والثاني فانة يستطيع اكمال نموه الى العمر الاخير بدون ان تتناول مواد نشوية في غذائه وذلك لأنه يستطيع ان يخزن كميات كافية من المواد النشوية في الاجسام الدهنية خلال العمرين المذكورين.

٢. **الكائنات الحية الدقيقة** Micro-Organisms تشمل البكتريا والسوطيات والخمائر اذ تجهز مواد غذائية مهمة للحشرة .

٣. **التخليق الذاتي** Auto Synthesis تقوم بعض الحشرات بتخليق بعض احتياجاتها الغذائية بنفسها ، فاغلبها تخلق فيتامين C والكولين لذلك لا تحتاجها في غذائها.

فسيولوجيا الهضم والامتصاص

Physiology of digestion & absorption

من الوظائف الرئيسية للقناة الهضمية هي :

- اولا : حركة الغذاء Movement of food
- ثانيا : هضم الغذاء بفعل الانزيمات الهاضمة Digestion of food by digestive enzymes
- ثالثا : امتصاص الغذاء Absorption of food
- رابعا : طرح الفضلات Egestion of feces

اولا : حركة الغذاء Movement of food

تتحرك المواد الغذائية على طول القناة الهضمية مندفعة للأمام او تعاد حركتها للخلف خاصة ما بين المعدة من جهة والحوصلة والقانصة من جهة اخرى بتأثير التقلصات اللاإرادية لجدران القناة الهضمية فضلا عن الحركة البندولية ، ويسيطر على اغلبها العضلات Muscles * وتزداد حركة الغذاء في الحشرات بـ :

i. بتأثير الجوع.
ii. وسرعة الامتصاص للمواد المهضومة.
iii. والنشاط العضلي.

* بينما تقل حركة الغذاء بسبب معاملة الحشرات بالمبيدات والمواد الكيميائية والاشعاع.

ثانيا : هضم الغذاء بفعل الانزيمات الهاضمة Digestion of food by digestive enzymes

ان اهم مصادر الانزيمات الهاضمة هي :

١. اللعاب Salivary
٢. افرازات المعدة Secretion of Midgut
٣. الاحياء الدقيقة الموجودة في القناة الهضمية Micro-organism in alimentary canal

انواع الهضم Types of Digestion

يوجد نوعان من الهضم :

١. الهضم الخارجي (خارج القناة الهضمية الوسطى) External digestion

يحدث خارج المعدة اي *اما في القناة الهضمية الامامية Foregut او * القناة الهضمية الخلفية Hindgut، اذ يحتوي اللعاب على العديد من الانزيمات الهاضمة.

ففي الحشرات المتغذية على السوائل يتم افراز انزيمات تساعد على بدء عملية الهضم قبل ان تدخل المادة السائلة الى القناة الهضمية.

الحشرات المفترسة مثل يرقات اسد المن التي تتغذى على البروتين (الحشرات) تقوم اولا بإفراز انزيمات هاضمة للبروتينات فتحللها ويصبح سائلا ثم تقوم الحشرة بامتصاصه وتناوله (سحب المواد المتحللة).

٢. الهضم الداخلي (داخل القناة الهضمية الوسطى) Internal digestion

تحدث معظم عمليات الهضم الأنزيمية في القناة الهضمية الوسطى (المعدة) المسؤولة عن افراز الانزيمات على الغذاء * ان نوع الانزيمات التي تفرزها المعدة يتوقف على نوع الغذاء فمثلا :

أ. يرقات ذبابة Lucilia المتغذية على البروتينات تفرز انزيمي Proteinase وانزيم Lipase .

ب. اما الفراشات المتغذية على رحيق الازهار ، وكذلك حشرات المن المتغذية على العصارة النباتية فان انزيم Invertase هي من تقوم بتحليل السكريات ولا تفرز انزيم Amylase .

ت. تفرز المعدة انزيم α-glucosidase ثم يحدث ارجاع عصارة المعدة الى الحوصلة فيحدث هضم جزئي للمادة الغذائية داخل الحوصلة كما في الجراد الصحراوي.

ث. اما في القناة الهضمية الخلفية فانة يحصل فيها قليل من الهضم الأنزيمي فضلا عن احتواءها على احياء دقيقة Micro-organism تقوم بعملية هضم السيليلوز كما في حشرة الارضة.

هضم الكربوهيدرات Digestion of carbohydrates

يجب ان تتحلل السكريات الثنائية والمتعددة الى سكريات احادية لكي يتم امتصاصها ، ان الانزيمات الهاضمة للسكريات تفرز من قبل :

١. الغدد اللعابية Salivary glands

٢. الخلايا الطلائية للمعدة Epithelial cells of stomach

*** اهم الانزيمات الهاضمة للكربوهيدرات هي :**

١. انزيم Amylase: التي تهضم السكريات المتعددة Polysaccharidesمثل النشأ.

٢. انزيم Glycosidase: التي تهضم السكريات الثنائية Disaccharides والسكريات القليلة Oligosaccharides .

٣. انزيمات هاضمة خاصة Special digestive enzymes وتشمل Cellulase و Sucrase (α-glucosidase) .

* فيما يلي شرح موجز لنشاط كل من هذه الانزيمات :

١. انزيم Amylases : ان انزيم الأميليز هو من نوع α- amylase اذ يقوم بمهاجمة الاواصر الكلوكوسيدية α –1-4-glucosidic bond في السكريات المتعددة مثل النشأ النباتي Starch والنشأ الحيواني (الجلايكوجين) ويحللها الى جزيئات من سكر الكلوكوز (سكر احادي).

* يوجد نوعان من انزيم الأميليز هما :

أ. الأميليز الخارجي Exoamylase

هذا الانزيم يفصل جزيئات سكر المالتوز Maltose (سكر ثنائي) من نهاية جزيئة النشا اذ يلاحظ سرعة تكون المالتوز الذي يتحلل بعد ذلك بفعل انزيم α-glucosidase الى جزيئتين من سكر الكلوكوز.

ب. الأميليز الداخلي Endoamylase

يهاجم هذا الانزيم الاواصر الداخلية في جزيئة النشا فيتكون اولا سكر متعدد هو Dextrinثم يتحلل الى سكر المالتوز ، وبعدها يتحلل المالتوز بفعل انزيم α-glucosidase الى جزيئتين من سكر الكلوكوز وبالتالي فان سرعة تكون المالتوز بفعل الأميليز الداخلي بطيئة.

٢. انزيمات Glycosidases: اعتمادا على * نوع الاصرة التي تربط السكريات * ونوع السكريات (Di و Oligo) امكن تشخيص خمسة انواع من هذه الانزيمات في صف الحشرات وليس من الضروري ان تكون موجودة في نوع واحد من الحشرات وهي :

ت	مجاميع الانزيمات	نوع السكريات التي تحللها
١	α -glucosidases	يحلل السكريات الثنائية (التي ترتبط فيها جزيئات الكلوكوز بروابط من نوع الفا α) مثل سكر Maltose و Raffinose و Trehalose وSucrose .
٢	β - glucosidases	يحلل السكريات الثنائية (التي ترتبط فيها جزيئات الكلوكوز بروابط من نوع بيتا β خاصة في النباتات الطرية) مثل سكر Cellobiose و Arbotin و Methyl-β-glucoside
٣	α -galactosidase	يحلل السكريات الثنائية (Di) مثل سكر Melibiose والسكريات القليلة (Oligo) مثل سكر Stachyose (سكر النشا).
٤	β - galactosidase	يحلل سكر Lactose .
٥	β -fructofuranosidase	يحلل السكريات الثنائية (Di) مثل Sucrose والسكريات القليلة (Oligo) مثل سكر Raffinose .

٣.انزيمات هاضمة خاصة Special digestive enzymes وتشمل :

أ- **Cellulases**: وهي انزيمات هاضمة للسليلوز Cellulose كما في الارضة وبعض الحشرات الاخرى ، وبالرغم من ان هناك العديد من الحشرات التي تتغذى على النباتات والخشب ، لكن يلاحظ ان هناك عدد قليل منها تحتوي على انزيم Cellulases الذي يحلل السليلوز.

*** ان الحشرات التي لا تمتلك انزيم Cellulase فهي اما :**

- + ان تتغذى على محتويات الخلية دون جدرانها السلولوزية
- + او ان تعتمد على كائنات حية دقيقة تستطيع ان تفرز انزيم Cellulase لهضم المادة السلولوزية .

اذن هذا الانزيم اما ان * يخّلق في المعدة او * يخلق بواسطة الاحياء الدقيقة الموجودة في الجهاز الهضمي.

- + ان الأنواع الاقل تطورا من حشرة الارضة (Primitive) تعتمد على البروتوزوا (السوطيات) الموجودة في القناة الهضمية الخلفية لهذه الارضة وهي من تقوم بإفراز انزيم Cellulase الهاضم للسليلوز .
- + اما الارضة الاكثر تطورا (Higher termites) فأنها تهضم السليلوز بواسطة انزيم Cellulase الذي يُخّلق ويفرز من المعدة وتكون الاحياء الدقيقة غير موجودة على الاطلاق.

*** اما ان تتأكسد جزيئات الكلوكوز الى طاقة (ATP) او * تكوين احماض عضوية لتصنيع الدهون.**

ب. Sucrase (α-glucosidase)وهو انزيم ذو نشاط عالي خاص في شغالات نحل العسل ، يفرز بصورة رئيسية من الغدد البلعومية والمعدة لذلك فهو يتواجد في العسل .

* هذا الانزيم يحلل السكروز الموجود في رحيق الازهار لتلبية احتياجات انسجة الجسم من السكريات ولإنتاج العسل حيث يحلله الى كلوكوز وفركتوز.

وقد وجد ان السكروز هي الاكثر تواجدا في دم نحل العسل من سكر التريهالوز ، شُخص تواجد هذا الانزيم في ملكات وذكور نحل العسل.

- **هضم البروتينات Digestion of Proteinsالانزيمات المحللة للبروتينات في الحشرات هي** :

١. انزيمات Proteinases : التي تحلل البروتينات الى Polypeptides (ببتيدات متعددة) التي تمتص من قبل الخلايا الطلائية للمعدة قبل تحللها مرة اخرى .

٢. انزيمات Polypeptidases : تم تشخيص نوعين منها في الخلايا الطلائية للمعدة :

أ- النوع الاول : انزيم Carboxypolypeptidase الذي يهاجم سلسلة الببتايد Peptide من نهايتها التي تحتوي على مجموعة الكاربوكسيل (COOH) .

ب- النوع الثاني : انزيم Aminopolypeptidase الذي يهاجم سلسلة الببتايد من نهايتها التي تحتوي على مجموعة الامين (NH_2) .

٣. انزيمات Dipeptidase الذي يحلل الببتيدات الثنائية Dipeptides الى احماض امينية Amino acid (AA) تذهب الى الدم .

اما في الحشرات ذات التغذية الحيوانية (تتغذى على بروتينات خاملة تكون اكثر استقرارا واصعب هضما) مثل بروتين الكيراتين وبروتين الكولاجين فمثلا حشرات عائلة قمل الطيور وخنافس الجلود وعثة الملابس التي تتغذى على ريش الطيور والشعر والجلود والصوف التي تحتوي على الكيراتين يقوم انزيم Keratinase بهضم الكيراتين وتحليله تحت ظروف لاهوائية الى سستين Cystine .

ان بعض يرقات رتبة ثنائية الاجنحة ذات التغذية الحيوانية تفرز انزيم Collagenaseلتحليل الكولاجين الى مواد قابلة للامتصاص.

هضم الدهون Digestion of Lipids

يحتوي غذاء الحشرات على كميات كبيرة من الكليسيرات الثلاثية وكميات قليلة من الدهون المفسفرة. لذلك فان معظم الحشرات التي تتغذى على غذاء نباتي او حيواني تمتلك انزيمات Lipases وانزيمات Esterases التي تعمل على تحليل الدهون الى حوامض دهنية Fatty acids وكليسيرول Glycerol كما ان لعاب الحشرة يحتوي على هذه الانزيمات في العديد من الحشرات .

انزيمات Lipases	انزيمات Esterases
١. تعمل على تحليل الكليسيرات الثلاثية الطويلة واسترات الاحماض الدهنية العالية	١. تعمل على تحليل الكليسيرات الثلاثية القصيرة واسترات الاحماض الدهنية الواطئة
٢. تتواجد عادة في تجويف المعدة	٢. تتواجد في الغالب داخل انسجة القناة الوسطى (داخل الخلايا الطلائية لجدار المعدة) لتؤدي عملها داخل هذه الخلايا لذلك وظائفها معدومة او قليلة جدا في تجويف القناة الوسطى

ثالثا : امتصاص الغذاء Absorption of food

تعتبر المعدة المركز الرئيس لامتصاص نواتج تحلل الغذاء (نواتج الهضم) ، اما القناة الهضمية الخلفية فأنها تعيد امتصاص بعض المواد المفيدة التي تطرحها انابيب مالبيجي الى تجويف الجسم (السائل الدموي) .

* في بعض الحشرات قد يحصل امتصاص جزئي في الحوصلة .

* وقد يحصل امتصاص في القناة الهضمية الامامية في بعض الحالات النادرة.

بصورة عامة فان الامتصاص يتم من قبل الخلايا الطلائية Epithelial cells في القناة الهضمية الوسطى

* يعتمد الامتصاص على ظاهرتي الانتشار Diffusion والنقل الفعال Active transport

امتصاص الكربوهيدرات Absorption of carbohydrates

بعد ان يتم تحليل الكربوهيدرات بفعل الانزيمات الهاضمة الى سكريات بسيطة احادية تمتص بصورة رئيسية في المعدة معتمدة على ظاهرة الانتشار Diffusion اذ تنتقل السكريات الاحادية من التركيز العالي في القناة الوسطى الى التركيز الواطئ لها في الدم .

*** ان عملية امتصاص وسرعة امتصاص الكربوهيدرات تتوقف على العوامل الاتية :**

١. معدل انطلاق المواد الغذائية من الحوصلة الى القناة الهضمية : اذ توفر الحوصلة الغذاء الذي يتحول الى كلوكوز للخلايا الطلائية للمعدة التي تقوم بامتصاصه ، وان تفريغ الحوصلة من محتوياتها مسيطر علية من قبل الجهاز العصبي او بواسطة الهرمونات .

٢. معدل تحول الكلوكوز الى سكر التريهالوز : ينظم هذا العامل ويضمن استمرار انتشار الكلوكوز ما بين الخلايا الطلائية للمعدة والدم. ان تخليق وتجمع التريهالوز في الدم يؤدي دورا رئيسا في امتصاص الكلوكوز عن طريق المحافظة على مستوى منخفض من الكلوكوز في الدم وبالتالي المحافظة على استمرارية الية الانتشار من التركيز العالي للكلوكوز في القناة الهضمية الوسطى الى التركيز الواطئ في الدم . يتم تحويل الكلوكوز الى التريهالوز في الاجسام الدهنية المحيطة بالقناة الهضمية الوسطى ثم يخزن في بلازما الدم .

٣. معدل تحول الكلوكوز الى جلايكوجين يخزن في الخلايا الطلائية للمعدة : وقد يتحول الكلوكوز في الخلايا الطلائية للجزء الخلفي للمعدة الى جلايكوجين (سكر متعدد) ويخزن فيها ويحدث هذا عند زيادة تركيز الكلوكوز في الدم ، اما عندما ينخفض تركيز الكلوكوز في الدم تقوم الخلايا الطلائية بإعادته الى الدم وذلك للمحافظة على تركيز الكلوكوز في الدم وبالتالي المحافظة على استمرارية انتشاره من المعدة الى الدم.

خلاصة الموضوع : لكي تستمر الية انتشار (بدون بذل طاقة) الكلوكوز من المعدة الى الدم يجب ان يكون تركيز الكلوكوز في الدم منخفض وفي المعدة مرتفع وهذا يتحقق من خلال الاتي :

أ- تحويل الكلوكوز الى تريهالوز في الاجسام الدهنية المحيطة بالقناة الهضمية الوسطى ويخزن في بلازما الدم .

ب- تحويل الكلوكوز الى جلايكوجين في الخلايا الطلائية للمعدة وخزنة فيها.

اما الية النقل الفعال تستخدم في بعض الحشرات لقدرتها الضعيفة على تخليق التريهالوز ولذلك يكون تركيز الكلوكوز مرتفعا في دمها وتركيز التريهالوز منخفضا ، ولهذا لكي ينتقل الكلوكوز من المعدة الى الدم يجب ان تصرف طاقة.

ولأهمية الكلوكوز * كمصدر للطاقة او * يخزن في العضلات والاجسام الدهنية بهيئة جلايكوجين او * يصنع منة سكر التريهالوز في الاجسام الدهنية ويخزن في بلازما الدم لذلك فان الحشرات تمتلك قدرة عالية للاستفادة من الكربوهيدرات.

امتصاص البروتينات Protein absorption

تمتص البروتينات المتحللة (الاحماض الامينية) من قبل

١. القناة الهضمية الوسطى (المعدة) : تقوم المعدة بامتصاص الاحماض الامينية كما تقوم بامتصاص البروتينات المهضومة جزئيا ثم تهضم في الخلايا الطلائية كما في الحشرات التي تتغذى على دم الحيوانات اذ تمتص الهيموغلوبين (بروتين) قبل تحلله من قبل القناة الهضمية الوسطى .

٢. الانابيب الاعورية.

٣. المستقيم : يساهم المستقيم بإعادة امتصاص الاحماض الامينية التي طرحت من قبل انابيب مالبيجي.

- * الية الامتصاص :

١. الانتشار : اذا كان تركيز الاحماض الامينية في الغذاء داخل المعدة اعلى مما في الدم .

٢. الية النقل الفعال : يحدث النقل الفعال في بعض الحشرات التي تكون فيها سرعة الاستفادة من هذه الاحماض الامينية بطيئة مما يؤدي الى زيادة تركيزها في الدم مقارنة في المعدة.

امتصاص الدهون Lipids absorption

تحدث عملية امتصاص الدهون في :

١. القناة الهضمية الوسطى .

٢. الانابيب الاعورية.

٣. القناة الهضمية الخلفية كما في بعض كاملات غمديه الاجنحة.

٤. الحوصلة : اذ قد يمتص الكوليسترول احيانا في بعض الحشرات من قبل الحوصلة.

امتصاص الاملاح غير العضوية Minerals ions or Inorganic ions absorption

- تمص الاملاح غير العضوية من قبل : ١ .**المعدة** ٢. **المستقيم**
- ان اماكن امتصاص الايونات في المعدة تختلف باختلاف الحشرات.

امتصاص الماء Water absorption

تختلف مناطق امتصاص الماء باختلاف الحشرات اذ يمتص من مناطق مختلفة من المعدة والانابيب الاعورية كما يعاد امتصاصه من قبل منطقة المستقيم . وعندما تكون الحشرة بحاجة مستمرة للماء فان منطقة المستقيم تكون نشطة جدا وتحتوي على غدد المستقيم Rectal glands اما اذا كانت الحشرة بحاجة قليلة جدا للماء فلا يعاد امتصاص الماء ولا يحتوي المستقيم على غدد المستقيم .يمتص الماء بثلاث اليات هي :

١ .الية الانتشار. ٢. الية النقل الفعال. ٣ .الية الفرق بالضغط الازموزي ما بين الدم والضغط الازموزي لمحتويات القناة الهضمية.

* عندما يكون الضغط الازموزي للدم عالي (اعلى من الضغط الازموزي لمحتويات القناة الهضمية) فان الماء سوف يمتص من القناة الهضمية الى الدم .

* اما اذا كان العكس فان الماء سوف ينسحب من الدم الى القناة الهضمية .

* ان حشرات المخازن التي تتغذى على مواد صلبة (حشرات البيئات الجافة) فأنها تحصل على الماء من :

١. استخدام الماء الناتج من اكسدة الغذاء (الكلوكوز) اذ تتكون ستة جزيئات ماء منها .

٢. اعادة امتصاص الماء من الفضلات قبل طرحها الى الخارج بواسطة غدد (حلمات) المستقيم.

الاحياء الدقيقة Micro – Organisms

- **مصدرها :**

١. الغذاء الملوث بهذه الاحياء (في معظم الحشرات) .

٢. تتواجد اصلا داخل القناة الهضمية والمبيض في بعض الحشرات ، وانتقالها من جيل لأخر بواسطة البيوض الملوثة خارجيا او داخليا بالأحياء المجهرية (البكتريا) .

- **انواعها :**

١. **البكتريا** : اكثر شيوعا في غالبية الحشرات .

٢. **السوطيات** : في الصراصر والارضة.

٣. **الخمائر** : في رتبتي متشابهة وغمديه الاجنحة.

- **موقعها في الجسم :**

١. **البكتريا** : تعيش في الزوائد الاعورية لحشرات متشابهة الاجنحة المتغذية على العصارة النباتية.

٢. **السوطيات** : تعيش في تجويف القناة الهضمية الخلفية بصورة حرة كما في الصرصر والارضة .

٣. **الخمائر** : التي تعيش في تجاويف غدية خاصة تقع بين خلايا الجزء الامامي للمعدة.

دور الاحياء الدقيقة في هضم وتجهيز المواد الغذائية :

١. تجهيز مواد غذائية مهمة للحشرة (الفيتامينات والاستيرولات والحوامض الامينية والببتيدات الثلاثية)

a. خميرة *Stegobium* تجهز الحشرات بفيتامينات B والاستيرولات عن طريق افرازها في القناة الهضمية للحشرات .

b. وقد وجد نوع من البكتريا في الجهاز الهضمي لذبابة البصل تقوم بتجهيز الحشرة ببعض الفيتامينات المهمة لتطور يرقات ذبابة البصل وان عدم وجود البكتريا يؤدي الى توقف نمو اليرقات ولا تصل الى طور العذراء ولا الى الطور البالغ .

c. تقوم الاحياء الدقيقة في الصرصر بسد احتياجاتها من الحوامض الامينية والببتيدات الثلاثية وفيتامينات B .

٢. تجهيز انزيمات هاضمة : توجد عدة انواع من السوطيات في القناة الهضمية الخلفية للصرصر وفي معظم انواع الارضة الواطئة (البدائية) التي تقوم بتخليق انزيم Cellulase الذي يحلل السليلوز الى سكريات احادية (كلوكوز).

٣. تحليل نواتج العمليات الحيوية مثل (اليوريا وحامض اليوريك) الى مركبات نيتروجينية يمكن للحشرة الاستفادة منها.

تأثير نقص المواد الغذائية في الحشرات

اولا : تأثيرها في عملية النمو

ثانيا : تأثيرها في عملية الانسلاخ

ثالثا : تأثيرها في شكل الجسم وحجمة ولونة

رابعا : التأثير في عملية التكاثر

التغذية Nutrition

التغذية عبارة عن عملية اخذ الغذاء واجراء العمليات الكيموفيزيائية عليه ، ويتبع ذلك نقل المواد الغذائية المتحللة الى اعضاء الجسم المختلفة لاستخدامه في الطاقة.

القواعد الاساسية للتغذية Principles of Nutrition : ان القاعدة الاساسية المثلى لتغذية الحشرات تعني بان الغذاء يجب ان يحتوي على جميع العناصر الغذائية الضرورية وبكميات كافية ومتوازنة. وفي حالة فقد او نقص اي مادة غذائية ضرورية او وجود المواد الغذائية بصورة غير متوازنة فان هذا يؤدي الى ظاهرة سوء التغذية Malnutrition وهذه الظاهرة تسبب تشوهات مورفولوجية وفسيولوجية للحشرات.

١. **قاعدة التماثل The Sameness Rule** : تتطرق هذه القاعدة الى المتطلبات النوعية للحشرات والتي تكون متشابهة بغض النظر على النوع وعادات التغذية للأنواع المختلفة من الحشرات ، وتعتبر هذه القاعدة عامة مع وجود قليل من الاختلافات التي قد تتعلق بالجنس والعمر او الى نوع خاص من الحشرات او عادة التغذية فمثلا

- ان جميع الحشرات المتغذية على النباتات تحتاج لفيتامين C .
- وذبابة الدروسوفلا بمفردها تحتاج الى ستيرول خاص Δ^{7}-Sterol الموجود في نبات الصبير .
- بينما عموم الحشرات تحتاج لمادة Δ^{5}-Sterol
- وقليل من الحشرات يجب ان يتوفر في غذائها فيتامين E .
- والبعض الاخر تحتاج الى احماض دهنية وخاصة حامض Linoleic .

مع وجود هذه الاختلافات فان معظم الحشرات تحتاج في غذائها نفس الحوامض الامينية والفيتامينات والدهون ولذا فيمكن اعتبار هذه القاعدة عامة وضرورية يمكن تطبيقها على نوعية المتطلبات الغذائية اكثر مما تنطبق على كمياتها وبوجه التحديد لمتطلبات الحشرات غير البالغة اكثر مما هو في الحشرات البالغة.

ان هذه القاعدة لا تخلو من عيوب نتيجة بعض الاختلافات بالمتطلبات النوعية للحشرات وخاصة الحشرات الطفيلية والمفترسة ولكنها تعتبر قاعدة عامة ومفيدة ترشدنا الى فكرة الغذاء الواحد لمختلف الاحياء.

٢. قاعدة النسبة الغذائية The Principles of Nutrient Proportionality : تعتبر هذه القاعدة كتحسين لقاعدة التماثل اذ تنحصر بكمية الاحتياجات الغذائية التي قد تختلف من نوع الى اخر وحتى في الانواع المتقاربة .

فمثلا كان نمو وتطور الصرصر *Blattella* طبيعيا في حالة تغذيتها على غذاء يحتوي ٣٠% بروتين (كازين) و ٣٦% كربوهيدرات (كلوكوز) .

وهذه القاعدة مفيدة لتتم عمليات الايض بصورة طبيعية اذ ان النسب غير المتوازنة تؤدي الى نقصان فعالية التحويل الغذائي للحشرة وكذلك تقلل من رغبة الحشرة من تناول الغذاء غير المتوازن فيقل معدل نموها ، ففي حالة تغذية بالغة ذبابة الدروسوفلا مثلا على غذاء مفتقر لاحد العناصر الغذائية الضرورية فتقلل قابلية الاخصاب كثيرا او تطول فترة حياتها قليلا .

الغذاء المتوازن والملائم يساعد الحشرة على انتاج اعداد كثيرة من الافراد ويعتبر احد العوامل الحيوية التي تنظم اعداد وتذبذب افرادها .ان الاختلافات في تركيب الغذاء يؤثر على الحشرات بمختلف الطرق ، فمثلا

+ كمية الاحماض الامينية والدهنية والسكريات في انسجة جسم الحشرة تعتمد على مكونات الغذاء المتناول.

+ فاستخدام الاسمدة والكيميائيات تغير من مكونات النباتات الكمية وبذا فقد تزداد قيمتها الغذائية للحشرات .

+ بعض الحشرات يجب ان تتغذى على مصادر غذائية مختلفة لكي تستطيع ان تحافظ على التوازن الغذائي ، فمثلا كان النمو وفترة البقاء وقابلية الاخصاب في حشرات حرشفية الاجنحة اعلى بكثير عند تغذية يرقاتها على عوائل نباتية مختلفة مقارنة بتغذيتها على عائل نباتي واحد.

٣. **قاعدة التكامل The Principles of Cooperating Supplements** : ويعني بها اضافة او احلال مواد غذائية لتساهم الغذاء الشائع وذلك لإكمال الاحتياجات الغذائية الضرورية للحشرات ، وعادة ما تكون هذه المواد عبارة عن احتياجات غذائية يتم تجهيزها بواسطة الاحياء الدقيقة وبدون هذه المواد فان القيمة الغذائية للغذاء الرئيسي تكون محدودة.

- تحتاج ذبابة *Phormia* في غذائها اما الحامض الاميني Cystine او Methionine وليس كلاهما .
- بالإمكان احلال احدى الحوامض الامينية Thymidine او Purine او Serine محل حامض الفوليك في غذاء ذبابة الدروسوفلا.

الاحتياجات الغذائية المهمة للحشرات

اولا : الكربوهيدرات Carbohydrates

ثانيا : البروتينات Proteins

ثالثا : الدهون Lipids

رابعا : الفيتامينات Vitamins

خامسا : الاحماض النووية Nucleic acid

سادسا : الاملاح غير العضوية Minerals

سابعا : الماء Water