الأجزاء النباتية التى لا يستعملها الإنسان فى غذائه (عن Chrispeels & Sadava ٢٠٠٣)

إن من أهم العوامل المسببة للقلق بشأن استخدام اللكتينات فى عمليات التحول الوراثى هى خصائصها المضارة للتغذية فى أغذية الإنسان والحيوان، وتأثيراتها على الحشرات النافعة غير المستهدفة بها. فعلى سبيل المثال . أظهرت لكتينات الفاصوليا وفول الصويا تأثيرات سامة مضادة للتغذية على معظم الحيوانات. كذلك من مشاكل الاعتماد على اللكتينات الحاجة إلى تركيزات عالية منها لكى تُحدث تأثيرها السام على الحشرات (عن Czapla ١٩٩٧)

إنزيمات الشيتينيز

يدخل الشيتين chitin [وهو البوليمر غير المتفرع للـ 2-acetamide-2-deoxy-D-glucopyranoside (أو N-acetylglucosamine، واختصارًا GlcNAc)] برابطة β-1,4 يدخل هذا الشيتين كمكون أساسى فى تركيب الأديم cuticle والغلاف القشرى shells للحشرات، وفى تركيب الجدر الخلوية للفطريات وبعض الطحالب، كما يتواجد فى كل من النيماتودا والرخويات mollusks. وأنواع عديدة من الكائنات

ونظرًا للأهمية الكبرى للسيتين والإنزيمات الشيتونيلية chitinolytic enzymes فى نمو الحشرات وتطورها، فإن تلك الإنزيمات تحظى بقدر كبير من اهتمام الباحثين فيما يتعلق باستعمالها ذاتها كمبيدات حشرية حيوية، أو بروتينات دفاعية فى النباتات، التى تحول وراثيًا لهذا الغرض، أو الاعتماد عليها فى كائنات حية دقيقة محولة وراثيًا بها، لستخدم فى المكافحة الحيوية للحشرات

وتُعرّف إنزيمات الشيتينيز chitinases بأنها إنزيمات ذات نشاط موجه لتحلل بوليمر السيتين، هذا إلاّ أن بعض إنزيمات الشيتنيز تحلل بوليمرات أخرى قريبة، مثل متعددة السكريات التى توجد فى الجدر الخلوية والتى تحتوى على N-acetylglucosamines، و N-acetylmuramates التى يكون فيها الارتباط برابطة β,1-4 يحدث التحلل الإنزيمى عشوائيًا فى مواقع داخلية على امتداد طول جزئ

الشيتين، ويكون المنتج النهائى لعملية التحلل كتل جزيئية قابلة للذوبان فى الماء من الـ GlcNAc، مثل chitotetraose، والـ chitotriose، والـ chitobiose، وجميعها مركبات عديدة التسكر تعد بمثابة مواد يعمل عليها إنزيم شيتونيلى آخر، هو β-N-acetylglucosaminidase الذى يقوم بفصل وحدات الـ GlcNAc عن النهاية غير المختزلة. ولقد وجد كلا النوعين من الإنزيمات فى عدد من الكائنات متضمنة كائنات تحتوى على الشيتين، مثل الحشرات، والقشريات crustaceans، والخمائر، والفطريات، وكذلك فى كائنات لا تحتوى على شيتين، مثل البكتيريا والنباتات الراقية والفقاريات.

تلعب إنزيمات الشيتينيز - فى الحشرات - دورًا فى كل من الانسلاخ والهضم، فالحشرات تقوم دوريًا بطرح أديمها القديم وتمثيل آخر جديد، وتتم تلك العملية بمساعدة إنزيمات الشيتنيز التى تتواجد فى سائل الانسلاخ الذى يتراكم فى المسافة التى تفصل بين الأديم القديم وطبقة البشرة هذا .. ويعاد استخدام نواتج تحلل الأديم القديم فى تمثيل الجديد، حيث غالبًا ما تقوم الحشرة بتناول تلك النواتج ضمن غذائها، ويبدو أن إنزيمات الشيتينيز التى توجد فى معى اليرقة تلعب دورًا هاضمًا، بالإضافة إلى دورها فى تحليل الشيتين الذى يتواجد فى بطانة المعى.

أما فى الفطريات .. فإن إنزيمات الشيتينيز تساعد فى تحليل المادة العضوية، وربما تفيد فى الحد من نمو الفطريات الأخرى. وفى الخمائر تفيد إنزيمات الشيتينيز فى فصل الخلايا عن بعضها البعض.

إن الدور الذى تلعبه إنزيمات الشيتينيز النباتية معروف جيدًا، ولقد أمكن عزل عديد من إنزيمات الشيتينيز النباتية والميكروبية، ونقل بعضها إلى النباتات، حيث أدت إلى زيادة مقاومتها للأمراض الفطرية. هذا .. إلاّ أن الدور الذى تلعبه مختلف الإنزيمات الشيتينية فى مقاومة الحشرات لم يمكن فهمه جيدًا بعد

ولقد استعملت الإنزيمات الشيتينية البكتيرية فى تحفيز نشاط المبيدات الحشرية الميكروبية، بما فى ذلك *Bacillus thuringiensis*.

ويبدو أن إنزيمات الشيتينيز تلعب دورا فى اختراق الفطريات الممرضة لأديم العائل.

وتُفْرز إنزيمات الشيتينيز، والـ β-N-acetylglucosaminidases عندما تنمو الفطريات الممرضة للحشرات: *M. anisopliae*، و *B. bassiana*، و *Verticilium lecanii* على أديم الحشرات

ولا نعرف أى استعمال للإنزيمات الشيتينية النباتية فى مكافحة الحشرات، علما بأن نباتات الحبوب النجيلية تحتوى على مستويات عالية من الإنزيمات الشيتينية (١٥-١٠٠ ميكروجرام/جم)، ومع ذلك فإن الحبوب المخزنة تكون قابلة للإصابة بالحشرات

ولقد أمكن عزل الجين المسئول عن تكوين جين الشيتينيز من الحشرة *M. sexta*، ونقل بطرق الهندسة الوراثية إلى كل من التبغ والطماطم، وعندما ربيت يرقات *Heliothus virescens* على أوراقها لمدة ثلاثة أسابيع كان نموها يقل بمقدار ٨٠٪ عن نمو اليرقات التى ربيت على أوراق نباتات عادية غير معدلة وراثيًّا (عن Kramer وآخرين ١٩٩٧).

الجمع بين الجينات ذات المصادر النباتية والمقارنة بينها

أدى تحويل البطاطس وراثيًا بالجينين المسئولين عن إنتاج مثبط ألفا أميليز القمح wheat α-amylase inhibitor، ولكتين زهرة اللبن الثلجية snowdrop lectin معًا، أو بالجينين المسئولين عن إنتاج شيتينيز الفاصوليا bean chitinase ولكتين زهرة اللبن الثلجية معًا أدى ذلك إلى جعل نباتات البطاطس مقاومة للمن بصورة جوهرية (Gatehouse وآخرون ١٩٩٦)

كما قارن Gatehouse وآخرون (١٩٩٧) تأثير ثلاثة جينات ذات أصول نباتية - هى التى تشفر لكل من: لكتين lectin زهرة اللبن الثلجية snowdrop (وهى *Galanthus nivalis*) أو GNA، وإنزيم شيتينيز chitinase الفاصوليا أو BCH، وإنزيم ألفا أميليز α-amylase القمح أو WAI - قارنها مع تأثير جين اللوبيا المثبط لفعل التربسين trypsin inhibitor (CpTI) على حشرة فراشة الطماطم *Lacanobia oleracea*، حيث قاموا بإنتاج نباتات بطاطس محولة وراثيًا بأى من تلك الجينات منفردة أو فى أزواج.