الفصل الثالث

محتوى الخضروات من المركبات الضارة بصحة الإنسان

مقدمة

إلى جانب نواتج التمثيل الغذائى الأولية التى ترتبط بنمو وتطور النباتات ، فإن النباتات تُمثّل عديدًا من المركبات الأخرى الثانوية Secondary Metabolites التى لايُعرف لها دور أساسى فى العمليات الأيضية . ويعتقد أن هذه المركبات تلعب دورًا فى حماية النباتات لنفسها من الإصابات المرضية والحشرية ، وفى تحملها للظروف البيئية القاسية . . . إلخ . وتقدر هذه المركبات بعشرات الآلاف ، ومن المؤكد أنها تؤثر فى الإنسان سلباً أو إيجابًا . وقد عرفت التأثيرات المفيدة لبعضها والتأثيرات الضارة لبعضها الآخر .

ولأسباب واضحة فإن النباتات التى اختارها الإنسان لغذائه يجب أن تخلو ـ قدر الإمكان ـ من تلك المركبات السامة . وبالرغم من العلم بوجود بعض هذه المركبات . . فإن كمياتها ضئيلة وأضرارها محدودة ، ووسائل التغلب عليها والحد من أضرارها متعارف عليها (MacGregor ١٩٨٧) .

وقد اختار الإنسان لغذائه الطرز والأنواع التى ينخفض محتواها من تلك المركبات السامة . فمثلا . . تحتوى الفاصوليا الليما البرية على مستويات عالية من الجلوكوسيدات السيانوجينية ، بينما ينخفض ـ كثيرًا ـ محتوى تلك المركبات فى الفاصوليا المزروعة . ولهذا . . فإن النباتات المزروعة تكون أكثر تعرضًا للإصابات المرضية والحشرية .

ويتم التخلص من المركبات الضارة بصحة الإنسان ـ التى توجد فى غذائه النباتى ـ بطرق مختلفة تجرى بعد الحصاد ؛ مثل النقع فى الماء لإزالة الجلوكوسيدات السيانوجينية من الكاسافا ، والطهى الذى يؤدى إلى تثبيط البروتينات الضارة للإنسان . ومع ذلك يتبقى كثير منها لا يتأثر بعملية الطهى أو الشىّ .

وقد وجد ـ على سبيل المثال ـ أن حوالى ٥٠٪ من مركبات الأيض الثانوية التى تم اختبارها أحدثت سرطانات متنوعة فى فئران التجارب . ويقدر العلماء أن أكثر من ٩٩٪ من المركبات الكيميائية المُحدِثة للسرطان ـ التى نتناولها فى طعامنا ـ هى مركبات طبيعية ، أو تتكون عند طهى الطعام ، وليست مخلّقة صناعيا (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤ صفحة ٣٤٥) .

الحدود الفاصلة بين النبات السام والنبات الذى يحتوى على مركبات ضارة بالصحة

إلى جانب ما تحتويه الخضروات من عناصر غذائية ضرورية للإنسان ، فإن بعضها يحتوى على مركبات ضارة بصحته . وهى تتشابه فى ذلك مع عديد من النباتات الأخرى ، إلا أن هذه المركبات الضارة توجد غالبًا فى الخضروات غير الناضجة أو المصابة بأمراض أو عيوب فسيولوجية معينة يسهل التعرف عليها ، أو أنها توجد فى الأجزاء السليمة المستخدمة فى الغذاء ، ولكنها ـ أى المواد الضارة ـ تستبعد عند تقشير الخضر ، أو تتحطم عند الطهى . وفيما عدا ذلك . . فإن أى نبات طازج وسليم ـ ويحتوى على مركبات ضارة بصحة الإنسان لا يزول أثرها عند الطهى ـ لا يعد من الخضروات ، وإنما من النباتات السامة .

ومن أمثلة النباتات السامة بعض الأنواع البرية من عيش الغراب التى تتبع الجنس Amanita ـ التى تُحدث ٩٠٪ من حالات الوفاة الناتجة من التسمم بعيش الغراب ـ ؛ مثل : A. phalloides ، و A. verna ، و A. virosa .

أما الأنواع المزروعة من عيش الغراب فإنها لا تحتوى على أية مركبات ضارة بصحة الإنسان ، وتعد من الخضروات ؛ ومن أمثلتها : Agaricus bisporus ، و Lentinus

edodes ، و Armillaria mastsudake ، و Volvariella volvacea ، و Pholiata nameko .

وتحتوى الأنواع السامة من عيش الغراب على ٣ مركبات سامة ؛ هى :

١ ـ الفالين Phallin ، وهو يؤدى إلى تحطيم كرات الدم الحمراء ، ولكنه يصبح غير فعال كمادة سامة بالتسخين أو الغليان فى الماء .

٢ ـ أمانيتين Amanitine .

٣ ـ فاللويدين Phalloidine .

وهذان المركبان يؤثران على الكبد والكلى والقلب ، ولا يمكن التخلص منهما بالتسخين (Yamaguchi ١٩٨٣) .

التقسيم العام لأنواع المركبات الضارة التى توجد فى محاصيل الخضر

يقسم Peirce (١٩٨٧) أنواع المركبات الضارة بصحة الإنسان ـ والتى توجد فى بعض محاصيل الخضر ـ كما يلى :

١ ـ مركبات تغير فعل الهرمونات . . ومنها الثيوجلايكوسيدات thioglycosides ـ التى تعد من المركبات المؤثرة على الغدة الدرقية Goitrogens ـ وتوجد فى الصليبيات .

٢ ـ مضادات الفيتامينات Antivitamins ؛ مثل إنزيم الليبوكسيديز Lipoxidase المضاد لفيتامين « أ » ، وهو إنزيم يحطم الكاروتينات ، وحامض rickitogenic المضاد لفيتامين « د » ، وهذا الحامض يتحد مع الكالسيوم (وكلا المضادين يوجد فى فول الصويا) ، والـ anti-α-tocopherol المضاد لفيتامين « هـ » ، ويوجد فى البسلة والفاصوليا .

٣ ـ مركبات محدثة للسرطان Photocarcinogens ؛ مثل مركبات الـ Flurocou-marins التى توجد فى الجزر الأبيض (وهو محصول يختلف عن الجزر المعروف لنا) .

٤ ـ مركبات مثبطة للإنزيمات ، وهى كثيرة ؛ ومن أمثلتها ما يلى :

أ ـ مثبطات إنزيمات الـ Proteases . . توجد فى فاصوليا الليما ، وفول الصويا ، والفول الرومى ، والبطاطس .

ب ـ السيانوجينات الجلوكوسيدية Cyanogenetic Glucosides . . توجد فى فاصوليا الليما والفاصوليا الخضراء .

جـ ـ مثبط إنزيم Glucose-6-phosphate dehydrogenase . . يوجد فى الفول الرومى .

د ـ مثبط إنزيم Cholinestrase . . يوجد فى المحاصيل الباذنجانية ، والكوسة ، والقرع العسلى . ويتحكم هذا الإنزيم فى الجهاز العصبى .

هـ ـ القلويدات Alkaloids . . توجد فى البطاطس وبعض الباذنجانيات الأخرى ، ومن أمثلتها السولانين solanine ، والأوبيم opium ، والكوينين quinine ، وجميعها تؤثر على الجهاز العصبى .

و ـ مثبطات إنزيم الـ Amylase . . توجد فى القلقاس والفاصوليا الجافة ، وهى تمنع تحلل النشا .

ز ـ مثبطات إنزيم Invertase . . توجد فى البطاطس ، وهى تمنع تحلل السكر .

٥ ـ مركبات تحدث خللا فسيولوجيا ؛ ومنها ما يلى :

أ ـ الهيماجلوتانينات Hemagglutinins . . توجد فى البقوليات .

ب ـ النترات Nitrate والنتريت nitrite . . توجد فى السبانخ والخضر الورقية عمومًا .

جـ ـ الأوكسالات Oxalates . . توجد فى الروبارب ، والسبانخ ، والسلق ، والسبانخ النيوزيلاندى .

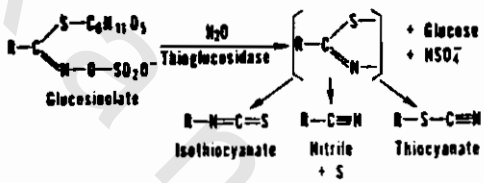
د ـ محدثات الحساسية Allergens . . توجد فى عدة نباتات ، ويؤدى الطهى إلى التخلص من غالبيتها ، غير أن البسلة والعدس يحتويان على مركبات محدثة للحساسية لا تتأثر بالحرارة .

الثيوجليكوسايدات

تؤدى مركبات الثيوجليكوسايدات Thioglycosides إلى تضخم الغدة الدرقية ،

ويطلق عليها اسم Goiterogenic Agents . وتنتشر هذه المركبات بكثرة فى العائلة الصليبية ، وتوجد على صورة جليكوسيدات تحتوى على كبريت ؛ مثل مركب السنرجين Sinirgin الذى لا يعتبر فى حد ذاته ساما للإنسان ، إلا أنه يتحول بفعل إنزيم ميروزينيز myrosinase إلى مركبات أخرى سامة ؛ مثل : allyliso thiocya-nate ، و 5-vinyloxazolidine-2- thione ، التى تؤدى إلى تضخم الغدة الدرقية ، إلا أن إتلاف الإنزيم بالحرارة عند الطهى يمنع هذا التحول (Liener ١٩٧٣) .

وقد أوضحت دراسات Carlson وآخرين (١٩٨٧) تشابه كل من كرنب بروكسل ، والقنبيط ، والكيل فى محتواها الكلى من ١٣ نوعا من الجلوكوسينولات glucosinolates ، وهى التى تتحول بفعل إنزيم الثيوجلوكوسيديز إلى عدة مركبات ؛ منها الأيزوثيوسيانات isothiocyanate ، والثيوسيانات ، كما يلى :



هذا . . إلا أن محتوى الأنواع المختلفة من الجلوكوسينولات يختلف باختلاف النوع النباتى والصنف البساتى ، ويتأثر بكل من مستوى التسميد والمعاملات الزراعية ، وكذلك بفترة التخزين وظروف التخزين ، حيث يزداد محتواها مع التخزين ، وتكون الزيادة فى الجو المتحكم فيه Controlled Atmosphere أقل منها فى الهواء العادى (Hansen وآخرون ١٩٩٥) .

مثبطات إنزيم البروتييز Protease Inhibitors

تعمل هذه المركبات على تثبيط نشاط إنزيمات البروتييز التى تعمل على تحلل البروتينات إلى أحماض أمينية . وتتباين هذه المركبات فى مدى تأثرها بالحرارة ؛ حيث إن بعضها حساس ويزول أثره بالحرارة ، وبعضها الآخر لا يتأثر بالحرارة ويبقى أثره بعد الطهى . يوجد مثبط التربسين trypsin inhibitor فى البقوليات ، وخاصة بذور فول

الصويا غير المطهية . كما يوجد مثبط الكيموتربسين Chemotrypsin inhibitor فى البطاطس ، وكلاهما ـ التربسين والكيموتربسين ـ من الـ proteases التى توجد فى الجهاز الهضمى للحيوانات .

ومن مضادات التغذية Antinutritional Factors التى لا تتأثر بالحرارة كل من الفيسين Vicine ، والكونفيسين Convicine فى الفول الرومى (Burbano وآخرون ١٩٩٣) .

السيانوجينات الجلوكوسيدية

السيانوجينات Cyanogens هى مركبات جليكوسيدية تعطى عند تحللها HCN ، وهو من المركبات الشديدة السمية للإنسان ، لأنه يؤثر على إنزيمات التنفس . ويوضح جدول (٣ ـ ١) محتوى بعض الخضروات من الـ HCN .

جدول (٣ ـ ١) : الخضروات ذات المحتوى المرتفع من الـ HCN .

الخضر	تركيز HCN (ملليجرام / ١٠٠ جرام)
فاصوليا الليما	١٤,٤ – ١٦,٧
الكاسافا (الأصناف المرة)	١١٣
اللوبيا	٢,١
البسلة	٢,٣
الفاصوليا الجافة	٢,٠
الحمص Cicer arictinum	٠,٨
الجرام الأحمر Cajanus cajan	٠,٥

وتعتبر الأصناف الحديثة من فاصوليا الليما أقل كثيرًا فى محتواها من HCN من الأصناف القديمة . وتوجد السيانوجينات كذلك فى الفول الرومى . وتعتبر الذرة الرفيعة ـ وهى أحد المحاصيل الحقلية ـ من أهم النباتات التى تشتهر بارتفاع محتواها من السيانوجينات ؛ حيث تصل إلى ٢٥٠ ملليجرام / ١٠٠ جرام .

وتعرف الـ Cyanogensis بأنها : « قدرة النباتات على إنتاج غاز سيانيد الأيدروجين (HCN) السام فى ظروف معينة » . ويحدث ذلك فى نحو ٢٠٥٠ نوعا نباتيا راقيا

تتوزع فى نحو ١١٠ عائلات . وتقسم تلك المركبات إلى فئتين رئيستين ؛ هما : الجلوكوسيدات السيانوجينية ، والدهون .

لا تنتج النباتات غاز سيانيد الأيدروجين إلا إذا جرحت أنسجتها ، كما يحدث عند مضغ الطعام ، أو عند إصابتها بالفطريات . ومرد ذلك أن المركب السيانوجينى والإنزيم الذى يحلله ويؤدى إلى إطلاق الغاز منه يوجدان فى حجيرات منفصلة بالخلية . ولا يحدث الاختلاط بين المركب والإنزيم إلا عندما يحدث خلل ببناء الخلية .

تنتج النباتات ما لا يقل عن ٢٦ نوعًا من الجلوكوسيدات السيانوجينية ، وهى تفيد فى حماية النباتات من الافتراس ومن الإصابات المرضية . وبالنسبة للإنسان . . فإلى جانب كونها مرة الطعم ، فإنها تثبط الإنزيمات المسئولة عن التنفس فى الميتوكوندريا .

وتعد الكاسافا من أكثر النباتات احتواءً على الجلوكوسيدات السيانوجينية ، بالرغم من كونها الطعام الرئيسى لمئات الملايين من البشر فى المناطق الاستوائية من أفريقيا ، وآسيا ، وأمريكا اللاتينية ؛ حيث يُعتمد عليها فى توفير أكثر من ٦٠٪ من الطاقة اللازمة للفرد فى بعض هذه المناطق . وتنتج جميع أصناف وسلالات الكاسافا غاز سيانيد الأيدروجين السام . وهى تتراوح فى الطعم بين الحلوة والمرة تبعًا لمحتواها من مركب اللينامارين linamarin ، وهو المركب السيانوجينى الرئيسى .

يؤثر غاز سيانيد الأيدروجين على نظام العصب المركزى ، والجهاز الهضمى ، والغدة الدرقية . ويؤدى فقر الغذاء فى محتواه من البروتين إلى زيادة سمية الغاز ؛ لأن الأحماض الأمينية تساعد على التخلص من السيانيد بمجرد انطلاقه داخل الجسم .

ويعمل الإنسان على خفض سمية الكاسافا بطحن الجذور مع ترك اللب المطحون فى الماء لفترة ؛ وذلك للسماح للإنزيم بأن يأتى على اتصال بمركب اللينامارين ؛ مما يؤدى إلى انطلاق غاز سيانيد الأيدروجين . ويلى ذلك غسيل اللب وإعداده للاستعمال . ويعد طهى الجذور وتخميرها من الوسائل البديلة لخفض محتواها من اللينامارين وسيانيد الأيدروجين (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤) .

المركبات المسببة للفافيزم

الفافيزم Favism هو مرض يحدث لبعض الأفراد ذوى الحساسية عند أكلهم للفول الرومى أو البلدى ، ويؤدى إلى التسمم والموت إن لم يسعف المريض بالعلاج السريع . ويرجع المرض إلى مركبات من مشتقات البريميدين Primidine derivatives ـ تعرف بأسماء divicine ، و isouramil ـ تُحدث الحالة الطبية المعروفة باسم Hemolytic Anemia لدى الأفراد الذين لديهم نقص فى إنزيم NADP-linked glucose-6-phosphate dehydrogenase . ويشيع هذا المرض خاصة فى حوض البحر الأبيض المتوسط (Liener ١٩٧٣) .

الأوكسالات

يتحد أيون الأوكسالات Oxalate الموجود فى الطعام مع أيون الكالسيوم الموجود فى نفس الطعام ، وفى الأطعمة الأخرى التى تؤكل معه ؛ مكونًا ملح أوكسالات الكالسيوم ، ويؤدى ذلك إلى ما يلى :

١ ـ ترسيب أيون الكالسيوم ، فلا يستفيد الجسم منه .

٢ ـ قد تترسب أوكسالات الكالسيوم فى الكلى وتكون حصوات الكلى .

ويوجد أيون الأوكسالات بكثرة فى كل من السبانخ والسلق والبنجر والسبانخ النيوزيلندى والقلقاس والروبارب .

وقد وجد أن محتوى أوراق السبانخ من الأوكسالات ينخفض بازدياد الوزن الطازج للأوراق بين الحشتين الأولى والثانية ، وكان هذا النقص فى الأوكسالات أكثر وضوحا فى الأصناف السريعة النمو منه فى الأصناف الأبطأ نموا (Hirooka & Sugiyama ١٩٩٢) .

ولمزيد من التفاصيل عن الأوكسالات فى النباتات . . يُراجع Franceshi & Horner (١٩٨٠) .

النترات

يحدث التأثير السام لأيون النترات nitrate عندما يتحول إلى أيون نيتريت nitrite ؛ الأمر الذى قد يحدث قبل تناول الطعام المحتوى على النترات أو بعد تناوله ؛ أى إن التسمم يحدث من أيون النيتريت الذى يؤدى ـ فى حالة امتصاص الجسم له بكميات كبيرة ـ إلى أكسدة الهيموجلوبين من حالة الحديدوز ferrous hemoglobin إلى حالة الحديديك ferric hemoglobin ، فيفقد بذلك مقدرته على إمداد الجسم بالأوكسجين ويحدث التسمم ، وهى الحالة التى تعرف طبيا باسم ميثيموجلوبينميا methemoglobinemia . هذا . . ويستخدم تركيز النترات كدليل مباشر على مدى احتمال التسمم بأيون النيتريت .

وقد وضعت بعض الدول حدودًا لأقصى ما يمكن أن تحتويه مياه الشرب وبعض الخضر من أيون النترات ، فالحد الأقصى المسموح به فى الولايات المتحدة هو ١٠ أجزاء فى المليون فى مياه الشرب . وفى هولندا . . حُدِّدَ الحد الأقصى لمحتوى النترات فى كل من الخس ، والهندباء ، والسبانخ ، والبنجر بمقدار ٣,٥ جم لكل كيلو جرام من الخضر الطازجة المنتجة شتاء (من نوفمبر إلى أبريل) ، وبمقدار ٢,٥ جم لكل كيلو جرام من الخضر الطازجة المنتجة صيفًا (من مايو إلى أكتوبر) ، باعتبار أن النترات يزداد تراكمها تحت ظروف الإضاءة المنخفضة .

وتبلغ الجرعة السامة للفرد الذى يزن ٧٠ كجم نحو ٠,٧ ـ ١,٠ جم نيتروجين نتراتى ، وتنخفض هذه الجرعة إلى أقل من ٠,٧ ـ ٠,١ جم فى الأطفال الرضع الذين يكونون أكثر حساسية للتسمم من النترات من الأطفال الأكبر سنا أو الأفراد البالغين ، لكن لحسن الحظ . . فإن هذه الجرعات السامة لا يصل إليها أى فرد ، لأن ذلك يتطلب ـ فى حالة البالغين ـ أن يتناول الفرد من ١,٥ ـ ٢ كجم من السبانخ فى وجبة واحدة .

ويبدو أن النترات تتراكم على وجه خاص فى أعناق الأوراق والسيقان ، كما فى السبانخ ، كما تتراكم أيضًا فى جذور البنجر والفجل ، لكن لا يحدث تراكم للنترات فى جذور الجزر والبطاطا ، أو فى ثمار الطماطم ، أو فى قرون الفاصوليا الخضراء ، كما لا تتراكم فى أبصال البصل ، أو فى البذور والثمار بصورة عامة .

وتصل معظم النترات إلى جسم الإنسان ضمن ما يتناوله من خضروات ؛ فمثلا . . قُدّر ما يصل جسم الإنسان يوميا من أيون النترات ـ فى هولندا ـ بنحو ١٤٣ مجم ؛ منها نحو ١٢٠ مجم من الخضروات (عن Kees Reinink & Groenwold ١٩٩٤) .

وقد أوضحت دراسات Yang (١٩٩٢) أن تخزين الخضروات (الخس ، والسبانخ ، والبطاطس ، والفلفل ، والخيار) فى أى من حرارة الغرفة أو على الصفر المئوى أدى إلى زيادة معدل تحلل محتواها من النترات مع زيادة محتواها من النتريت ، بينما أدى تخزينها فى جو معدل (صناديق محكمة الإغلاق أمام تبادل الغازات) على الصفر المئوى إلى زيادة محتواها من النتريت دون أن ينخفض محتواها من النترات .

العوامل المؤثرة على مستوى النترات فى الخضر

يتأثر مستوى أيون النترات فى الخضر بالعوامل الآتية :

١ ـ الصنف :

فعلى سبيل المثال . . أوضحت الدراسات التى أُجريت على السبانخ زيادة محتوى أيون النترات فى الصنف ونتربلومسديل Winter Bloomsdale ذات الأوراق المجعدة ، عنه فى صنفين من ذوات الأوراق الملساء .

كذلك وجدت اختلافات مماثلة فى تراكم النترات بين الأصناف فى كل من الجزر ، والفجل ، والهندباء .

٢ ـ شدة الإضاءة :

يزداد تراكم النترات فى الخضروات فى ظروف الإضاءة الضعيفة .

٣ ـ مصدر السماد الأزوتى :

ففى السبانخ . . يزداد محتوى الأوراق من أيون النترات مع زيادة التسميد النتراتى ، بالمقارنة بالتسميد الأمونيومى . فقد كانت نسبة النترات بالأوراق ٠,٤٠ ٪ فى حالة التسميد بنترات البوتاسيوم ، وانخفضت إلى ٠,٢٨ ٪ عند التسميد بنترات الأمونيوم ،

وإلى ٠,٢١ ٪ مع التسميد باليوريا ، ولم يكن للتسميد بالعناصر الأخرى أى تأثير على مستوى النترات بالنبات . وقد أدت معاملة التربة بمثبطات النترتة nitrification inhibitors إلى خفض تراكم النترات بأوراق السبانخ .

وأمكن إنتاج خس منخفض فى محتواه من النترات ـ فى ظروف الإضاءة الضعيفة ـ التى يزداد فيها تركيز النترات بالنبات ـ دون التأثير على المحصول ؛ وذلك بجعل نسبة الأمونيوم إلى النترات فى المحلول المغذى ٠,٢٥ على أن تتغير إلى ١,٠ خلال الأسبوعين الأخيرين من النمو .

ولكن زيادة حرارة المحلول المغذى ليلا ـ من ٦ إلى ١٠ درجات مئوية مع حرارة لا تقل عن ٦° مئوية نهارًا ـ أدت إلى زيادة كلٌّ من النمو والمحتوى النتراتى (Steingrover ١٩٩٣) .

٤ ـ طريقة التسميد :

وجدت زيادة فى تراكم أيون النترات فى السبانخ عند إضافة السماد نثرًا قبل الزراعة ، عما لو أُضيف إلى جانب النباتات أثناء نموها . وربما يرجع ذلك إلى زيادة فترة امتصاص النبات لأيون النترات فى الحالة الأولى ، عنه فى الحالة الثانية (Maynard & Barker ١٩٧٢) .

ويمكن الحصول على مزيد من التفاصيل عن موضوع تراكم النترات فى محاصيل الخضر فى Splittostoesser وآخرين (١٩٧٤) ، و Maynard وآخرين (١٩٧٦) ، و Mills & Jones (١٩٧٩) .

مركبات ضارة أخرى

من المركبات الضارة الأخرى التى توجد فى الخضر ما يلى :

١ ـ القلويات الجليكوسيدية :

تنتشر القلويات الجليكوسيدية Glycoalkaloids فى الخضر الباذنجانية ، مثل الطماطم والبطاطس ، فتحتوى ثمار الطماطم الخضراء على التوماتين Tomatine ، لكنه يختفى فى الثمار الناضجة ، كما تحتوى درنات البطاطس التى تعرضت

للضوء على السولانين Solanine ، وكلاهما سام للإنسان (Yamaguchi ١٩٨٣) .

٢ ـ الكيوكربتسينات :

الكيوكربتسينات Cucurbitacins عبارة عن جليكوسيدات مرة الطعم توجد فى ثمار بعض القرعيات ؛ مثل : الخيار والقثاء ، وبعض سلالات الكوسة والبطيخ البرى ، وهى سامة جدا للإنسان .

٣ ـ الهيماجلوتانينات Hemaglutinins : توجد فى البذور الجافة لعديد من البقوليات ، خاصة الفاصوليا وفول الصويا ، وتسبب قلة امتصاص الغذاء ، وضعف النمو .

٤ ـ اللاثروجينات Lathrogens : توجد فى الحمص ، وتسبب الشلل .

٥ ـ السابونينات Saponins : توجد فى فول الصويا ، وتحدث غازات فى الأمعاء ، وتقلل من فاعلية الكائنات الدقيقة بها .

٦ ـ مثبطات إنزيم الكولينستريز Cholinestrase inhibitors : توجد فى ثمار الكوسة والقرع العسلى ، وتؤثر على الأعصاب (Kehr ١٩٧٣) .

المركبات الضارة التى تتكون فى الأجزاء النباتية المصابة بالأمراض

الفيتوالاكسينات

تؤدى الإصابة ببعض الكائنات المسببة للأمراض النباتية أحيانًا إلى إنتاج مركبات خاصة ـ فى الأنسجة المصابة والأنسجة المحيطة بها ـ تعمل على وقف تقدم الإصابة ، ويعتبر ذلك نوعًا من مقاومة النباتات الطبيعية للأمراض . وتعرف المركبات المتكونة هذه باسم فيتو ألاكسينات phytoalexins ، ومن الفيتو ألاكسينات المعروفة تلك التى تنتجها محاصيل الخضر التالية :

١ ـ البسلة :

ينتج بالبسلة فيتوألاكسين البيزاتين Pisatin الذى يؤدى ـ بتركيز أعلى من ٢٠٠ جزء

فى المليون ـ إلى إتلاف كرات الدم الحمراء ، وانطلاق البوتاسيوم الخلوى خلال ٨ دقائق فى الماشية .

٢ ـ الفاصوليـا :

تنتج الفاصوليا عددًا من الفيتوألاكسينات منها : فاصيوليدين phaseollidin ، وفاصيولين phaseollin ، وكيفيتون Kievitone ، وفاصيولينيسوفلافان Phaseollini-soflavan ، وكيوميستيرول Coumesterol .

وقد وجد أن الفاصيولين بتركيز ١٧ جزءًا فى المليون يؤدى إلى إتلاف كرات الدم الحمراء فى الماشية والأغنام .

٣ ـ الجـزر :

ينتج الجزر عددًا من الفيتوألاكسينات ؛ منها حامض الكلوروجينيك Chlorogenic Acid ، وميريستيسين Myristicin . ومن المعروف أن حامض الكلوروجينيك مثبط لامتصاص الثيامين فى أمعاء الفئران . أما الميريستيسين ، فله خصائص المبيدات الحشرية ، وقد تؤدى الجرعات التى تزيد على ٤٠٠ جزء فى المليون إلى إحداث هلوسة للإنسان . ونظراً لأن أصناف الجزر العادية لا يزيد تركيز الميريستيسين بها على ٢٠ جزءًا فى المليون ؛ لذا يلزم لظهور الأعراض أن يستهلك الفرد الذى يزن ٧٠ كجم نحو ٥ كجم من الجزر دفعة واحدة .

٤ ـ البطاطـا :

يوجد بالبطاطا فيتوألاكسينات كثيرة ؛ منها الأيبوميامارون Ipomeamarone الذى يعتبر ساما للإنسان إذا وجد بتركيزات عالية ، كما فى جذور البطاطا المصابة بالأمراض .

٥ ـ البطاطـس :

يعرف منذ زمن بعيد أن درنات البطاطس المصابة بالندوة تُحدث عند استهلاكها تسممًا للإنسان . كذلك يؤدى تعرض الدرنات للضوء أو إصابتها ببعض الأمراض إلى تكون مركب ألفاسولانين α-Solanine الذى يعتبر ساما للإنسان إذا تعاطى منه الشخص الذى يزن ٧٠ كجم نحو ٢١٠ ملليجرام (Surak ١٩٧٨) .

٦ ـ الكرفس والخضر الخيمية :

يعتقد أن السورالينات Psoralens (وهى : linear furanocoumarins) ـ التى توجد فى الكرفس ، والجزر الأبيض ، والبقدونس ، والتين ، والموالح ـ هى فيتوألاكسينات ذات علاقة بمقاومة الكرفس لمسببات الأمراض . كما تنتج هذه المركبات بمعاملات خاصة ؛ مثل كبريتات النحاس ، والأشعة فوق البنفسجية ، والحرارة المنخفضة . كما أدت الأضرار الميكانيكية للكرفس عند الحصاد إلى زيادة تركيز الـ furanocoumarin من ٢ إلى ٩٥ ميكروجرام / جرام وزن طازج .

وللسورالينات تأثيرات بيولوجية ضارة ؛ حيث تكون مطفرة للدنا (الـ DNA) ، ومسرطنة إن وجدت مع الأشعة فوق البنفسجية فى المدى الموجى ٣٢٠ ـ ٣٨٠ مللى ميكرون .

ولكن يبدو أن السورالينات نفسها ليست هى الفيتوألاكسينات ، وإنما مرد النشاط المضاد لمسببات الأمراض إلى المارمسين marmesin ، الذى يتكون منه السورالين . وقد وجد Afek وآخرون (١٩٩٥) أن معاملة الكرفس بالجبريللين بعد الحصاد أدت إلى إبطاء تكوين السورالين ، مع استمرار مقاومة النباتات لأمراض المخازن لفترة أطول ، علما بأن المارمسين يتحول تدريجيا ـ بصورة طبيعية ـ إلى سورالين بعد الحصاد .

السموم الفطرية

تفرز كثير من الفطريات الأسكية والناقصة ، وقليل من الفطريات الزيجوية سمومًا فطرية mycotoxins ، ويعتبر الأفلاتوكسن Aflatoxin أولها اكتشافًا ، وأكثرها شيوعًا ، وأخطرها ، وهو يُفْرَزُ بواسطة نوعين من الفطريات ، هما Aspergillus flavus ، و A. parasiticus ، اللذان يصيبان عديدًا من المحاصيل الحقلية والبستانية قبل الحصاد أو بعده ، أو أثناء التخزين .

ينتشر الفطر على كثير من الحبوب والبذور ؛ ومنها : القمح ، والذرة ، والأرز ، والشعير ، والقطن ، والفول السودانى ، وفول الصويا ، كما يمكن أن يوجد أيضا فى دقيق القمح والذرة ، وأن يصيب الجبن ومنتجات الألبان واللحوم . وعندما تكون عليقة الحيوان ملوثة بالفطر فإن السم ينتقل إلى لبن الحيوان .

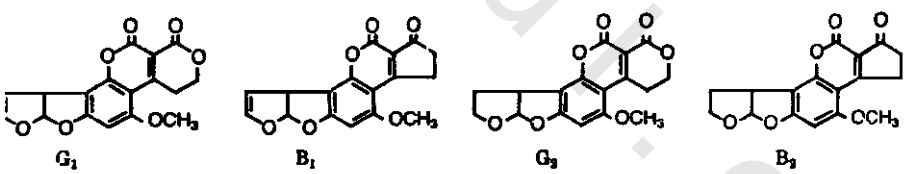
تعد الرطوبة العالية والماء الحر أهم العوامل التى تساعد على إصابة الحبوب أو البذور بالفطر .

يزداد تركيز السم بزيادة نمو الهيفات ، وتزداد سرعة تمثيله لتصل إلى حدها الأقصى وقت تكوين الجراثيم الكونيدية للفطر ، ثم تقل سرعة تكوين السم بعد ذلك .

يُحدث الأفلاتوكسين نوعين من الأعراض على الإنسان والحيوان ، وهما أعراض حادة acute ، وأخرى مزمنة chronic . وقد وجد فى حيوانات التجارب أن الأعراض الحادة ـ التى تحدث عند تناول جرعة كبيرة من السم مرة واحدة ـ تنتج من تضخم الكبد وتقرحه ، وتؤدى إلى موت الحيوان . أما الأعراض المزمنة فتتضمن حدوث الطفرات وظهور تقرحات وأورام سرطانية بالكبد (عن وصفى ١٩٩٣) .

يتبين مما تقدم أن الأفلاتوكسينات من المواد المسرطنة ، وخاصة للكبد . وهى لا تتأثر بحرارة الطهى ؛ لذا . . فإن استهلاك الإنسان للأغذية المصابة بالفطريات المنتجة لهذه الأفلاتوكسينات يكون فيه خطورة كبيرة على صحته .

ونبين ـ فيما يلى ـ التركيب البنائى لأربع من هذه الأفلاتوكسينات ، وهى التى تعرف بالرموز B_1 ، و B_2 ، و G_1 ، و G_2 :



Aflatoxins

ويعد الأفلاتوكسين B_1 أشدها سمّية ؛ حيث يبلغ الحد الأقصى للتركيز المسموح به فى الأغذية خمسة أجزاء فى البليون .

وقد وجد الفطر ناميا على نحو ٥٠ نوعا من الأغذية ، وكان من أكثرها شيوعا : الفول السودانى ، والحبوب مثل القمح والذرة ، والبذور الزيتية مثل بذرة القطن .

ومن السموم الأخرى المعروفة التى تفرزها الفطريات التى تصيب الأغذية ما يلى (عن Kragt ١٩٨٧) :

السُّم	الفطريات المنتجة له	الأغذية التى ينمو عليها والأضرار التى يحدثها
Sterigmatocystin	Aspergillus spp. Penicillim luteum	البن الأخضر والقمح . مُسرطن ، لكن بدرجة أقل كثيرا من الأفلاتوكسينات
Ochratoxins	A. ochraceus P. viridicatum	أهمها Ochratoxin A الذى يحدث أضرارًا كبيرة للكلى
Citrinin	Penicillium spp. Aspergillus spp.	يحدث أضرارًا للكلى
Patulin	Pencillium spp. Aspergillus spp. Byssachlamys nivea	التفاح المعطوب وعصير التفاح . ليس له تأثير ضار واضح ، ولكنه مضاد للبكتيريا
Penicillic Acid	A. ochraceus	الذرة المخزن فى جو رطب وفى حرارة منخفضة . مُسرطن للفئران .
Trichothecenes	Fusarium spp.	تعرف باسم T-toxins ، وهى كثير وسامة .

وتزداد معدلات الإصابة بالفطريات المنتجة للأفلاتوكسينات فى الخضر الجافة بطبيعتها ، مثل المحاصيل البذرية ، والخضر التى تجفف صناعيا ، مثل البامية ، والملوخية ، والبصل المجفف .

فمثلا . . وجد Mahmoud & Abd-Allah (١٩٩٤) الأفلاتوكسينات B_1 ، و B_2 ، و G_1 ، و G_2 فى بعض عينات بذور الفول البلدى بتركيزات تراوحت ـ فى المتوسط ـ بين ٢٠ و ٣٠ ميكروجرام / كجم .

ولاحظ Ahmad (١٩٩٣) أن بذور Vigna mungo كانت ملوثة بجراثيم الفطرين Aspergillus flavus ، و Penicillium citrinum عند الحصاد . ومع التخزين . . ازدادت معدلات الإصابة بهذين الفطرين ، كما ظهرت كذلك إصابة بالفطريات A. terreus ، و A. niger ، و A. ochraceus وغيرها ، وكانت نحو ٧٠٪ من عزلات A. flavus من المنتجة للأفلاتوكسينات السامة .

ومن أهم الفطريات التى أمكن عزلها من كل من البامية ، والملوخية ، والفلفل المجفف ما يلى (عن Adebanjo & Shopeju ١٩٩٣) :

Aspergillus flavus	A. niger
A. fumigatus	Rhizopus oryzae
Penicillium oxalicum	Rhizomucor pusillus
Fusarium equiseti	

كما تمكن Zohri وآخرون (١٩٩٢) من عزل ١٥ نوعا من الفطريات ـ تنتمى إلى ٧ أجناس ـ من عينات من البصل المجفف جمعت من أحد مصانع تجفيف البصل فى محافظة سوهاج بمصر ، إلا أن تواجد الفطريات فى العينات تناقص بشدة خلال مراحل التجفيف إلى أن وصل إلى الصفر فى مرحلة التجفيف النهائية. وكانت أكثر الفطريات تواجدا خلال المراحل الأولى للتجفيف ما يلى :

Aspergillus niger	A. flavus
A. terreus	A. niger
Penicillium chrysogenum	

وقد تناقص تواجد السموم الفطرية mycotoxins من ١٢٠ ميكروجرام / كجم من البصل فى مرحلة التجفيف الأولى إلى ٢٠ ميكروجرام / كجم فى مرحلة التجفيف الثامنة ، ثم إلى الصفر فى مرحلتى التجفيف الأخيرتين التاسعة والعاشرة .

وأوضحت دراسات Omar & Mahmoud (١٩٩٤) على الطماطم إصابة الثمار

بعديد من الفطريات ، منها : Penicillium citrinum ، و Aspergillus flavus ، وكانت الإصابة بهما مُصاحَبة بإنتاج الأفلاتوكسينات B_1 ، و B_2 ، و citrinin . كما عُزل كذلك الفطر Alternaria alternata ، الذى أنتج سموما فطرية بتركيز مرتفع .

وتتجه الدراسات ـ حاليا ـ إلى تربية أصناف جديدة مقاومة للفطريات المنتجة للأفلاتوكسينات ، مثل مقاومة الذرة السكرية للفطر Aspergillus flavus مسبب مرض عفن الكيزان ، والذى يعد من أهم مصادر الأفلاتوكسينات فى حبوب الذرة الشامية (Cambell & White ١٩٩٥) .

محتوى الخضر من العناصر الثقيلة

لا يعد ارتفاع محتوى الخضر من بعض العناصر الدقيقة السامة للإنسان من الخصائص المميزة لخضر بعينها ، وإنما هو أمر يرجع إلى زيادة تلوث البيئة بتلك العناصر ؛ ومن ثم زيادة امتصاص الخضر ـ وغيرها من النباتات ـ لها ، ولكن لهذه القاعدة استثناءات . . على الأقل فيما يتعلق بعنصر السيلينيوم .

ويتضح من دراسات Zayed & Terry (١٩٩٢) أن مستوى السيلينيوم فى نباتات البروكولى يتأثر بتركيز كل من أيونى السيلينيوم والكبريتات فى المحلول المغذى ؛ حيث أدت زيادة أيون الكبريتات إلى زيادة تركيزه فى النبات ومنافسته لأيون السيلينيوم على الإنزيمات الخاصة بأيض وتمثيل الكبريت ؛ الأمر الذى أدى إلى نقص إنتاج الـ Seleno amino acids التى ينتج عنها مركبات السيلينيوم المتطايره ؛ التى تؤدى إلى التخلص من السيلينيوم من التربة إلى الهواء الجوى . ولذا . . فإنه بالتحكم فى مستوى الكبريتات فى التربة . . يمكن خفض مستوى السيلينيوم بها عن طريق تطايره من خلال النباتات المزروعة فيها .

ويعتبر تطاير السيلينيوم من التربة من خلال النباتات والكائنات الدقيقة إحدى وسائل التخلص من كميات العنصر التى قد تلوث التربة .

ويستدل من دراسة لاحقة (Zayed & Terry ١٩٩٤) على أن معظم تطاير السيلينيوم فى البروكولى يكون عن طريق الجذور التى يكون تطايره منها أسرع مما

يحدث عن طريق النموات الخضرية بمقدار ٢٦ مرة . كما أدت إزالة النموات الخضرية إلى زيادة تطاير السيلينيوم من الجذور بمقدار ٢٠ إلى ٣٠ مرة ـ خلال الـ ٧٢ ساعة التالية لإزالة النموات الخضرية ـ مقارنة بما كان عليه التطاير من الجذور المتصلة بالنموات الخضرية .

كما انخفض معدل تطاير السيلينيوم بزيادة تركيز الكبريتات عن ٢٥ مللى مولار فى المحلول المغذى .

وحُصل على نتائج مماثلة مع خمسة نباتات أخرى ؛ هى : الأرز ، والكرنب ، والقنبيط ، والمسترد الصينى ، والمسترد البنى البرى .

وقد أدت إضافة مضادات حيوية ميكروبية Prokaryotic Antibiotics إلى المحلول المغذى إلى نقص كبير فى معدل تطاير السيلينيوم من كل من الجذور والمحلول المغذى ، بدرجة أكبر مما يمكن أن ترجع إلى التطاير الميكروبى للسيلينيوم من المحلول المغذى فقط ؛ مما يعنى أن النشاط الميكروبى فى النبات يلعب دورا فى عملية التطاير .

وقد قسم Terry وآخرون (١٩٩٢) ، و Zayed (١٩٩٣) الخضر حسب قدرتها على تخليص التربة من عنصر السيلينيوم ـ بتطاير العنصر من خلالها ـ إلى ثلاث مجموعات كما يلى :

١ ـ خضروات ذات قدرة عالية على امتصاص العنصر وتسريبه ـ بالتطاير ـ إلى الهواء الجوى . وهذه المجموعة تشمل البروكولى ، والكرنب ، والقنبيط ، ويتراوح معدل تطاير العنصر منها بين ٢٠٠ و ٣٠٠ ميكرو جرام / م^{٢} من المساحة الورقية يوميا .

٢ ـ خضروات ذات قدرة متوسطة : تشمل الجزر ، والخيار ، والطماطم ، والباذنجان ، ويتراوح معدل تطاير العنصر منها بين ٤٠ و ١٠٠ ميكروجرام / م^{٢} من المساحة الورقية يوميا .

٣ ـ خضروات ذات قدرة ضعيفة : تشمل الفاصوليا ، والخس ، والبصل ، ويتطاير العنصر منها بمعدل يقل عن ١٥ ميكروجرام / م^{٢} من المساحة الورقية يوميا .

وقد وجد ارتباط عالٍ جدا بين قدرة النبات على تسريب العنصر من خلاله ومحتواه من العنصر ؛ مما يعنى أهمية قدرة النبات على امتصاص العنصر فى الاستفادة منه فى تخليص التربة من السيلينيوم ، ولكن قابل ذلك ارتفاع محتوى العنصر فى النبات إلى مستويات قد تسبب مشاكل صحية للإنسان ؛ حيث وصل تركيزه فى الكرنب إلى ٢٠٠ مجم / كجم من الأوراق على أساس الوزن الجاف .

كذلك أدى الاتجاه إلى إنتاج الخضر فى الحدائق المنزلية داخل المدن إلى الاهتمام بمحتوى هذه الخضر من العناصر الثقيلة ، وخاصة عنصر الرصاص الذى ينتج بكثرة مع عادم السيارات .

وتوصى منظمة الصحة العالمية بألا يزيد ما يصل إلى جسم الفرد البالغ من عنصر الرصاص على ٢٥٤ ميكروجرام يوميا ، ويقل الحد المسموح به ـ بالنسبة للأطفال الذين تقل أعمارهم عن ثلاث سنوات ـ إلى ١٠٠ ـ ٢٠٠ ميكروجرام يوميا .

هذا . . وتتراوح نسبة الرصاص فى المدن المزدحمة ـ مثل نيويورك وبوسطون ولندن من ٢٠٠ ـ ٦٠٠٠ جزء فى المليون (لم تشمل الدراسة مدينة القاهرة التى تعد أكثر ازدحاما من المدن التى ورد ذكرها) . وبرغم أن الرصاص لا يتحرك فى التربة ، فإن النباتات تمتصه من التربة الملوثة بسهولة ، كما أنه يترسب مباشرة على أوراق النباتات من عادم السيارات .

وقد قام Bassuk (١٩٨٦) بدراسة وسائل خفض نسبة الرصاص فى نباتات الخس المزروعة فى أرض ملوثة ـ صناعيا ـ بالرصاص ، فوجد أن إضافة المادة العضوية أو الفوسفور تقلل من امتصاص الرصاص بشدة ، وكانت أكثر المعاملات فاعلية إضافة السماد الحيوانى مع الفوسفور .

كذلك وجد أن الرصاص المترسب على أوراق الخس ـ من عادم السيارات ـ يمكن غسيله بمحلول مائى من حامض الخليك بتركيز ١٪ ، أو بمحلول صابون غسيل بتركيز ٠,٥٪ .

مصادر إضافية خاصة بموضوعات هذا الفصل

إن التعمق فى موضوع هذا الفصل يُخرج الكتاب عن مضمونة ، ألا وهو « أساسيات وفسيولوجيا الخضر » . ولذا . . فإننا نُحيل القارئ الذى يرغب فى مزيد من الاطلاع فى هذا الموضوع إلى مراجع معينة ، منها ما يلى : Kehr (١٩٧٣) ، و Liener (١٩٧٣ ، و١٩٨٠) ، و Gould (١٩٧٣ بالنسبة للتلوث الميكروبى) ، و Surak (١٩٧٨ بالنسبة للفيتوألاكسينات) ، و Spayd (١٩٨٧) ، و MacGregor (١٩٨٧) ، و San (١٩٨٧) ، و Swanson (١٩٨٧) ، و Poel وآخرون (١٩٩٣) .

obeikandl.com