الفصل السادس

محتوى الخضراوات من المركبات الضارة بصحة الإنسان

مقدمة

إلى جانب نواتج التمثيل الغذائى الأولية التى ترتبط بنمو وتطور النباتات، فإن النباتات تُمثِّل عديدًا من المركبات الأخرى الثانوية Secondary Metabolites التى لا يُعرف 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 سلبًا أو إيجابًا. وقد عرفت التأثيرات المفيدة لبعضها والتأثيرات الضارة لبعضها الآخر.

ولأسباب واضحة فإن النباتات التى اختارها الإنسان لغذائه يجب أن تخلو – قدر الإمكان – 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. فمثلاً .. تحتوى فاصوليا الليما البرية على مستويات عالية من الجلوكوسيدات السيانوجينية، بينما ينخفض – كثيرًا – محتوى تلك المركبات فى الفاصوليا المزروعة. ولهذا.. فإن النباتات المزروعة تكون أكثر تعرضًا للإصابات المرضية والحشرية.

ويتم التخلص من المركبات الضارة بصحة الإنسان – التى توجد فى غذائه النباتى – 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 – على سبيل المثال – 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 المُحدثة للسرطان – التى نتناولها فى طعامنا – هى مركبات طبيعية، أو تتكون عند طهى الطعام، وليست مخلّقة صناعيًا (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 – أى المواد الضارة – تستبعد عند تقشير الخضر، أو تتحطم عند الطهى. وفيما عدا ذلك.. فإن أى نبات طازج وسليم – ويحتوى على مركبات ضارة بصحة الإنسان لا يزول أثرها عند الطهى – لا يعد من الخضروات، وإنما من النباتات السامة.

ومن أمثلة النباتات السامة بعض الأنواع البرية من عيش الغراب التى تتبع الجنس *Amanita* – التى تُحدث ٩٠٪ من حالات الوفاة الناتجة من التسمم بعيش الغراب -؛ 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*Lcntinus edodes*، و *Armillaria mastsudake*، و *Volvariella volvacea*، و*Pholiata nameko*.

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

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

٢- أمانيتين Amanitine.

٣- 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 – والتى توجد فى بعض محاصيل الخضر – كما يلى:

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

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

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

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

ب- السيانوجينات الجلوكوسيدية Cyanogenic Glucosides .. توجد فى فاصوليا الليما والفاصوليا الخضراء.

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

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

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

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

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

٥- مركبات تحدث خللا فسيولوجيا؛ ومنها ما يلى:

أ- الهيماجلوتانينات Hemagglutinins .. توجد فى البقوليات.

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

ج- الأوكسالات Oxalates.. توجد فى الروبارب، والسبانخ، والسلق، والسبانخ النيوزيلاندى.

د- 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 سامًّا للإنسان، إلا أنه يتحول بفعل إنزيم ميروزينيز myrosinase إلى مركبات أخرى سامة؛ مثل: allyliso thiocyanate، و5-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 نوعًا من الجلوكوسينولات glucosinolates، وهى التى تتحول بفعل إنزيم الثيوجلوكوسيديز إلى عدة مركبات، منها الأيزوثيوسيانات isothiocyanate، والثيوسيانات.

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 – التربسين والكيموتربسين – 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 (٦-١) محتوى بعض الخضروات من الـ HCN.

جدول (٦-١)

الخضروات ذات المحتوى المرتفع من الـ HCN.

الخضر	تركيز HCN (ملليجرام/ ١٠٠جرام)
فاصوليا الليما	١٤,٤ – ١٦٧
الكاسافا (الأصناف المرة)	١١٣
اللوبيا	٢,١
البسلة	٢,٣
الفاصوليا الجافة	٢,٠
الجرام *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 – وهى أحد المحاصيل الحقلية – 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 نوعًا نباتيًا راقيًا تتوزع فى نحو ١١٠ عائلات. وتقسم تلك المركبات إلى فئتين رئيسيتين؛ 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 – تعرف بأسماء divicine، وisouramil – 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- ترسيب أيون الكالسيوم، فلا يستفيد الجسم منه.

٢- 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 وضوحًا 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 – فى حالة امتصاص الجسم له بكميات كبيرة – إلى أكسدة الهيموجلوبين من حالة الحديدوز ferrous hemoglobin إلى حالة الحديديك ferric hemoglobin؛ فيتكون لذلك مركب مثموجلوبين methmoglobin؛ مما يؤدى إلى فقر الدم لمقدرته على إمداد الجسم بالأوكسجين ويحدث التسمم، وهى الحالة التى تعرف طبيًا باسم ميثيموجلوبينميا methemoglobinemia. هذا .. ويستخدم تركيز النترات كدليل مباشر على مدى احتمال التسمم بأيون النيتريت.

يوجد مركب المثموجلوبين بصورة طبيعية فى دم الأفراد الأصحاء بنسبة تصل إلى ١٪ من الهيموجلوبين الكلى فى البالغين، و٤٪ فى الأطفال حديثى الولادة، و٦٪ فى صغار الأطفال المصابين بأمراض الجهاز التنفسى. تتحول هذه الكميات البسيطة –إنزيميًّا – إلى هيموجلوبين بصورة تدريجية، ولكن زيادة نسبة المثموجلوبين عن الحدود المشار إليها تؤدى إلى تراكمه بمعدلات غير طبيعية. ويزداد الضرر فى الأطفال الحديثى الولادة عنه فى الأطفال الأكبر، أو البالغين.

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 – ١,٠ جم نيتروجين نتراتى، وتنخفض هذه الجرعة إلى أقل من ٠,٧ – ٠,١ جم فى الأطفال الرضع الذين يكونون أكثر حساسية للتسمم من النترات عن الأطفال الأكبر سنًا أو الأفراد البالغين، لكن لحسن الحظ .. فإن هذه الجرعات السامة لا يصل إليها أى فرد، لأن ذلك يتطلب – فى حالة البالغين – أن يتناول الفرد من ١,٥ – 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؛ فمثلاً .. قُدّر ما يصل جسم الإنسان يوميًا من أيون النترات – فى هولندا – بنحو ١٤٣ مجم، منها نحو ١٢٠ مجم من الخضروات (عن Reinink & Groenwold ١٩٩٤).

وفى دراسة أخرى .. تبين بالحساب أن ما يصل للفرد الواحد يوميًّا من النترات جراء استهلاكه للخضر يُقدر بنحو ٧١ مجم، وأن ٣٠٪ من تلك الكمية يُحَصل عليها من الخس والسلق السويسرى (Santamaria وآخرون ١٩٩٩).

وتتراكم النترات التى يمتصها النبات عندما يكون امتصاصها أعلى من معدل اختزالها. وعند تناول الإنسان للغذاء الذى يحتوى على تركيزات عالية من النترات فإنها يمكن أن تُختزل إلى نيتريتات nitrites، وهى التى تتفاعل – بدورها – مع الأمينات الثانوية؛ لتُنتج نيتروز أمينات nitrosamines تحت تأثير الأحماض فى المعدة. هذا .. إلا أن مستويات فيتامين C فى الخضر يمكن أن تمنع تفاعل الـ nitrosation (Lintas ١٩٩٢).

يحدث تراكم النترات فى عديد من الخضر الورقية، مثل السلق السويسرى، والكرنب الصينى، والسبانخ، والخس وغيرهم. وتلعب إمدادات النيتروجين دورًا رئيسيًّا فى تركيز النترات المتراكمة بالنبات، إلا أن عوامل أخرى كثيرة تؤثر فى هذا الشأن، منها: درجة الحرارة، وشدة الإضاءة، والتركيب الوراثى، ونقص الموليبدنم، إضافة إلى نوع التربة ونظام الإنتاج.

لا تُشكل زيادة النترات خطورة طبية فحسب، وإنما هى تؤثر – كذلك – فى جودة المنتج، مثل خفضها لفيتامين ج فى الخس، وزيادتها القابلية للإصابة بالعفن الطرى البكتيرى فى الكرنب الصينى. وتؤدى زيادة مستوى النترات إلى زيادة احتمالات الإصابة بنوع من أنيميا الدم يعرف باسم methaemoglobinaemia، وسرطانات المعدة والمثانة فى الإنسان.

ولتلك الأسباب فقد وُضعت حدودًا قصوى للمستويات المسموح بها للنترات فى مختلف محاصيل الخضر (Parks وآخرون ٢٠١٢).

العوامل المؤثرة على مستوى النترات فى الخضر

يتأثر مستوى أيون النترات فى الخضر بالعوامل الآتية:

١- المحصول

بدراسة تراكم النترات nitrates والنيتريت nitrites فى عدد من محاصيل الخضر الطازجة لم يمكن العثور على النيتريت إلاّ فى السبانخ وبتركيز ٠,٨ – ٨,٥ جزءًا فى المليون، وكذلك فى بعض عينات الكرنب والخس والكرفس (٠,٠٦ – ٠,٢٣، و٠,١٥- ٠,٣٢، و٠,١٥- ٠,٤١ جزءًا فى المليون ، على التوالى)، لكن لم يمكن العثور على النيتريت فى عينات من الكرات والبصل والطماطم. وفى المقابل .. وجدت النترات فى كل الخضر تقريبًا بتركيزات متباينة وكان أعلى تركيز من النترات فى السبانخ (١,٢٥ جزءًا فى المليون)، مع وجود تركيزات عالية - أيضًا – فى كل من الخس والكرفس والكرنب (Fytianos & Zarogiannis ١٩٩٩).

وقد وجد فى بارى بإيطاليا أن الخضر الورقية: الجرجير والكرفس والبقدونس والسبانخ تحتوى على مستويات من النترات أعلى مما تحتويه الخضر الأخرى: البصلية والجذرية والساقية والزهرية والدرنية (Santamaria وآخرون ١٩٩٩).

ويتباين الحدين الأدنى والأقصى لتراكم النترات (بالملليجرام / كجم) فى بعض محاصيل الخضر، كما يلى:

المحصول	الحد الأدنى	الحد الأقصى
الخس	١٢٧	٣٥٤٧
السبانخ	٢٣٨	٢٣٩٧
الكرنب	٢٠٤	٩١٨
الكرفس	١٠٠١	٢٨٢٩
البنجر	١٢١٨	٣٠١٠
الجزر	٦٦	٣٣٧
الفجل	١٥١٩	٢٠١٩
القنبيط	٤٢٠	١٠٥٤

(Lintas ١٩٩٢)

٢- الصنف

فعلى سبيل المثال .. أوضحت الدراسات التى أجريت 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.

٣- شدة الإضاءة

يزداد تراكم النترات فى الخضروات فى ظروف الإضاءة الضعيفة.

٤- الموجات الضوئية

وجد أن تعرض الخس فى الزراعات المحمية (لمدة ٤٨ ساعة قبل الحصاد) لإضاءة من light–emitting diodes (اختصارًا: LEDs) – تعطى ضوءًا أحمر إلى أزرق بنسبة ٤ : ١ – يؤدى إلى خفض تراكم النترات فى النباتات، مع زيادة محتواها من السكريات الذائبة (Wanlai وآخرون ٢٠١٣).

٥- مصدر السماد الآزوتى

فى 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 – فى ظروف الإضاءة الضعيفة – التى يزداد فيها تركيز النترات بالنبات – دون التأثير على المحصول؛ وذلك يجعل 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 ليلاً – من ٦ إلى ١٠ درجات مئوية مع حرارة لا تقل عن ٦° مئوية نهارًا – أدت إلى زيادة كلٍّ من النمو والمحتوى النتراتى (Steingrover وآخرون ١٩٩٣).

وقد أدى التسميد بالأسمدة الكيميائية الآزوتية إلى زيادة محصول الجرجير، ولكن مع زيادة – كذلك – فى محتوى النترات بالأوراق، مقارنة بالتسميد العضوى. ومع ذلك فإن ذلك المحتوى لم يصل أبدًا إلى المستوى الضار بصحة الإنسان، والذى يحدد فى أوروبا بـ ٣,٧ مجم نترات/ كجم من وزن الجسم؛ إذ إنه لم يتعد أبدًا ٣٠٠ مجم /كجم وزن طازج من الجرجير (Tuncay وآخرون ٢٠١١).

ووجد أن كلاً من الفينوكيا والكرفس والسلق السويسرى تمتص كميات أكبر من النيتروجين النتراتى عما تمتصه من النيتروجين الأمونيومى عند التسميد بمخلوط من مصدرى النيتروجين. وفى أفضل ظروف التغذية بالنيتروجين تراكمت النترات بأوراق السلق السويسرى إلى تركيز عالٍ (٣٨٠٩ مجم / كجم وزن طازج). وفى المتوسط .. تراكم بالفينوكيا والكرفس ٥٦٤ مجم NO_3/ كجم وزن طازج عندما كان مصدر النيتروجين ١٠٠ أمونيوم: صفر نترات؛ بما يعنى إمكان إنتاج كِلا المحصولين بمحتوى منخفض من النترات عند استعمال الأمونيوم منفردًا – كمصدر للنيتروجين. ومع زيادة نسبة النترات فى المحلول المغذى، فإن محتوى النترات بأوراق الفينوكيا والكرفس ازداد بوضوح حتى وصل إلى ٨٧٠٢ مجم/ كجم وزن طازج مع نسبة صفر أمونيوم : ١٠٠ نترات (Santamaria وآخرون ١٩٩٩).

٦- طريقة التسميد

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

٧- موعد الحصاد من اليوم

يُعد حصاد الخضر الورقية فى موعد متأخر من النهار وسيلة موصى بها لإنتاج محصول ينخفض محتواه من النترات. هذا إلا أن مدى هذا التباين – على امتداد اليوم – لا يتعدى ٢٥٪، وذلك كما وجد فى دراسة على كل من الخس والسبانخ (Neely وآخرون ٢٠١٠).

٨- التخزين

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.

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

أهمية النترات للنبات

إلى جانب أنها تعد مصدرًا للنيتروجين الضرورى لتمثيل الأحماض الأمينية، فإن النترات تلعب دورًا هامًا فى حفظ التوازن الإسموزى، واستمرار امتلاء الخلايا والنمو النباتى، وذلك بخفضها للجهد الإسموزى لسوائل الفجوات العصارية. هذا إلا أن هذا الدور الذى تلعبه النترات ليس قاصرًا عليها حيث يمكن أن تحل محلها مركبات أخرى، مثل السكريات والأحماض العضوية. وتعد النترات هى الـ osmoticum المفضل فى الظروف التى لا تسمح بمعدلات عالية من البناء الضوئى (عن McCall & Willumsen ١٩٩٩).

وقد وجد ارتباط سلبى قوى بين تكوين النترات ونشاط البناء الضوئى. ويعتقد بأن الاختلافات فى محتوى النترات تنتج من اختلاف معدل البناء الضوئى عندما تحل النترات – كعامل حافظ للضغط الإسموزى – محل السكريات (Behr & Wiebe ١٩٩٢).

مركبات ضارة أخرى

من المركبات الضارة الأخرى التى توجد فى الخضر ما يلى:

١- أشباه القلويات الجليكوسيدية

تنتشر أشباه القلويات الجليكوسيدية Glycoalkaloids فى الخضر الباذنجية، مثل الطماطم والبطاطس، فتحتوى ثمار الطماطم الخضراء على التوماتين Tomatine، لكنه يختفى فى الثمار

الناضجة، كما تحتوى درنات البطاطس التى تعرض للضوء على السولانين Solanine، وكلاهما سام للإنسان (Yamaguchi ١٩٨٣).

٢- الكيوكربتسينات

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

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

٤- اللاثروجينات Lathrogens: توجد فى الحمض، وتسبب الشلل.

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

٦- 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

الفيتوألاكسينات

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

١- البسلة:

ينتج بالبسلة فيتوألاكسين البيزاتين Pisatin الذى يؤدى – بتركيز أعلى من ٢٠٠ جزء فى المليون – إلى إتلاف كرات الدم الحمراء، وانطلاق البوتاسيوم الخلوى خلال ٨ دقائق فى الماشية.

٢- الفاصوليا :

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

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

٣- الجزر:

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. ونظرًا 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- البطاطا:

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

٥- البطاطس:

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 سامًّا للإنسان إذا تعاطى منه الشخص الذى يزن ٧٠ كجم نحو ٢١٠ ملليجرام (Surak ١٩٧٨).

٦- الكرفس والخضر الخيمية:

يعتقد أن السورالينات Psoralens (وهى: linear furanocoumarins) – التى توجد فى الكرفس، والجزر الأبيض، والبقدونس، والتين، والموالح – 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 – 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، علمًا بأن المارمسين يتحول تدريجيًا – بصورة طبيعية – إلى سورالين بعد الحصاد.

السموم الفطرية

تفرز كثير من الفطريات الأسكية والناقصة، وقليل من الفطريات الزيجوية سمومًا فطرية mycotoxins، ويعتبر الأفلاتوكسين 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 أيضًا فى دقيق القمح والذرة، وأن يصيب الجبن ومنتجات الألبان واللحوم. وعندما تكون عليقة الحيوان ملوثة بالفطر فإن السم ينتقل إلى لبن الحيوان.

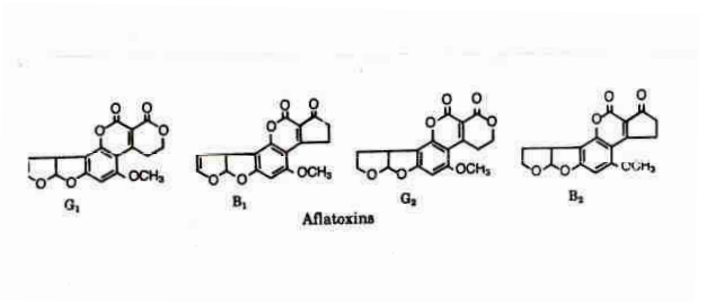
تعد الرطوبة العالية والماء الحر أهم العوامل التى تساعد على إصابة الحبوب أو البذور بالفطر.

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 – التى تحدث عند تناول جرعة كبيرة من السم مرة واحدة – 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 – فيما يلى (شكل: ٦-١) – التركيب البنائى لأربع من هذه الأفلاتوكسينات، وهى التى تعرف بالرموز B_1، و B_2، و G_1، وG_2:



شكل (٦-١): الأفلاتوكسينات.

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

وقد وجد الفطر ناميًا على نحو ٥٠ نوعًا من الأغذية، وكان من أكثرها شيوعًا: 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
Sterigmatocystin	*Aspergillus* spp. *Penicillim luteum*	البن الأخضر والقمح. مُسرطن، لكن بدرجة أقل كثيرًا 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 للبكتريا
Penicillic Acid	*A. ochraceus*	الذرة المخزن فى جو رطب وفى حرارة منخفضة. مُسرطن للفئران
Trichothecenes	*Fusarium* spp.	تعرف باسم T-toxins وهى كثيرة وسامة

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

فمثلاً.. وجد Mahmoud & Abd-Allh (١٩٩٤) الأفلاتوكسينات B_1، و B_2، و G_1، و G_2 فى بعض عينات بذور الفول البلدى بتركيزات تراوحت – فى المتوسط – 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 نوعًا من الفطريات – تنتمى إلى ٧ أجناس – 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 تواجدًا 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، وB_2، وcitrinin. كما عُزل كذلك الفطر *Alternaria alternata*، الذى أنتج سمومًا فطرية بتركيز مرتفع.

وتتجه الدراسات – حاليًا – 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 (Campbell & White ١٩٩٥).

محتوى الخضر من العناصر الثقيلة

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

يتضح 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 المتطايرة؛ التى تؤدى إلى التخلص من السيلينيوم من التربة إلى الهواء الجوى. ولذا.. فإنه بالتحكم فى مستوى الكبريتات فى التربة .. يمكن خفض مستوى السيلنيوم 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 – خلال الـ ٧٢ ساعة التالية لإزالة النموات الخضرية – 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 دورًا فى عملية التطاير.

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

١- خضروات ذات قدرة عالية على امتصاص العنصر وتسريبه – بالتطاير – إلى الهواء الجوى. وهذه المجموعة تشمل البروكولى، والكرنب، والقنبيط، ويتراوح معدل تطاير العنصر منها بين ٢٠٠ و٣٠٠ ميكروجرام /م^{٢} من المساحة الورقية يوميًا.

٢- خضروات ذات قدرة متوسطة: تشمل الجزر، والخيار، والطماطم، والباذنجان، ويتراوح معدل تطاير العنصر منها بين ٤٠ و١٠٠ ميكروجرام/ م^{٢} من المساحة الورقية يوميًا.

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

وقد وجد ارتباط عالٍ جدًا 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 يوميًا، ويقل الحد المسموح به – بالنسبة للأطفال الذين تقل أعمارهم عن ثلاث سنوات – إلى ١٠٠ – ٢٠٠ ميكروجرام يوميًا.

هذا .. وتتراوح نسبة الرصاص فى المدن المزدحمة – مثل نيويورك وبوسطون ولندن من ٢٠٠ – ٦٠٠٠ جزء فى المليون (لم تشمل الدراسة مدينة القاهرة التى تعد أكثر ازدحامًا 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 – صناعيًا – 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 – من عادم السيارات – يمكن غسيله بمحلول مائى من حامض الخليك بتركيز ١٪، أو بمحلول صابون غسيل بتركيز ٠,٥٪.

مضار الإفراط فى تناول بعض الخضر

على الرغم من الفوائد الصحية العديدة لمختلف محاصيل الخضر، فإن الإفراط فى تناول بعضها له محاذير معينة، كما يتبين مما يلى (عن شمس الزراعة – مارس ٢٠٠٠):

المحصول	محاذير الإفراط فى تناولها
الباذنجان (الثمار غير المكتملة النمو)	يمكن أن تؤثر الثمار غير المكتملة النمو على الكبد
الثوم (الفصوص)	ضعف البصر وزيادة المشاكل لدى مرضى الكلى
الخيار (الثمار المرة)	الثمار المرة يمكن أن تؤثر على الكبد
البقدونس (الأوراق)	يضر الحوامل لأن كثرته تؤدى إلى انقباض الرحم
الكرفس (الأوراق)	يقلل من إدرار اللبن لدى المرضعات
الفجل (الجذور)	يضر مرضى القولون لتسبب الألياف فى تهيج جدار القولون
السبانخ (الأوراق)	تقلل من امتصاص الكالسيوم بسبب محتواها العالى من الأوكسالات
اللفت (الجذور)	تضر كثرة تناوله مرضى الغدة الدرقية
الجرجير (الأوراق)	تضر كثرة تناوله مرضى الغدة الدرقية

الخضر الثمرية

الطماطم

التوماتين

تنتج نباتات الطماطم مركب ألفاتوماتين alpha-tomatine (وهو جليكوألكالويد glycoalkaloid) – الذى ربما يجعل النباتات أكثر مقاومة للآفات – وهو مركب ضار بصحة الإنسان، ولكنه يوجد بنسبة منخفضة جدًا – وغير ضارة – فى الثمار الناضجة مقارنة بالثمار الخضراء أو الأجزاء النباتية الأخرى، حيث يتراوح تركيزه (بالملليجرام لكل ١٠٠ جم من النسيج الطازج) بين ٠,٠٣ و٠,٠٨ فى الثمار الحمراء، وبين ٠,٩ و٠,٥٥ فى الثمار الخضراء، مقارنة بنحو ١٤ – ١٣٠ فى الأوراق، والسيقان، والجذور، والأزهار (Friedman & Levin ١٩٩٥).

القرعيات

أنواع المركبات ذات الأهمية الطبية

إن من أهم المركبات السامة والمركبات ذات الأهمية الطبية التى توجد بالقرعيات، ما يلى: (عن Robinson & Decker- Walters ١٩٩٧):

السُّم	الأغذية التى ينمو عليها والأضرار
• الكيوكربتسينات cucurbitacins (وهى مركبات oxygenated tetracyclic triterpenoids)	جميع القرعيات
• الـ saponins (مثل الـ cucurbitocitrin)	بذور البطيخ
• الجلوكوسيدات glycosides الأخرى، مثل: الـ citrullol والـ colocynth	*Citrullus colocynthis*
• الألكالويدات alkaloids، مثل: الـ momordicin	الشمام المر *Luffa operculata*
• البروتينات المثبطة للريبوسومات	الكوسة
• أحماض أمينية حرة مثل الكيوكربتين cucurbitin	
• الزانثوفيلات xanthophylls، مثل:	*Cucurbita maxima*
• الليوتين lutein	Luo-han-guo
• الجلوكوسيد mogril I-IV (تزيد حلاوته بأكثر من ١٥٠ مرة عن حلاوة السكروز)	

محتوى القرعيات من الكيوكربتسينات

أنواع الكيوكربتسينات وانتشارها فى العائلة القرعية

تشترك جميع القرعيات فى احتواء نباتاتها على مجموعة من المركبات المرة تعرف باسم الكيوكربتسينات Cucurbitacins. وقد عرفت منها ما لا يقل عن ١٤ مادة أعطيت الرموز من A إلى N. عزلت هذه المركبات من ٤٥ نوعًا تنتمى إلى ١٨ جنسًا من العائلة القرعية. كما تمكن Tommasi وآخرون (١٩٩٦) من عزل ستة أنواع إضافية من الكيوكربتسينات من بذور أحد الأنواع القرعية التى تؤكل، وهو: كاياجوا Caigua *(Cyclanthera pedata)*، والذى يُنسب إليه بعض الفوائد الطبية، منها أنه مضاد للإلتهابات.

وتُعد الكيوكربتسينات – التى توجد فى مختلف القرعيات – من المركبات السامة، والتى قد يستدعى الأمر رعاية صحية للشفاء من أضرارها، والتى منها الإسهال الشديد. وأخطر الكيوكربتسينات هى تلك التى توجد فى الكوسة، ولكن – لحسن الحظ – فإن أصناف الكوسة المستعملة فى الغذاء ينخفض محتواها من الكيوكربتسينات بشدة لدرجة يصعب معها الإحساس

بها على الرغم من وجودها فيها بتركيزات شديدة الانخفاض، بعكس الآباء البرية للكوسة التى يزيد فيها تركيز الكيوكربتسينات إلى درجة السمية.

ويوجد أعلى تركيز للكيوكربتسينات (< ١٪) فى الحنظل البرى وبعض الأنواع البرية من الجنس *Cucumis*. وبالنسبة للنبات الواحد، فإن أعلى التركيزات توجد – عادة – فى الثمار والجذور، وأقلها فى الأوراق والسيقان والقمم النامية.

ينخفض تركيز الكيوكربتسينات كثيرًا فى أصناف الكوسة التجارية إلى درجة يصعب معها ملاحظتها. ولكن تظهر أحيانًا بعض ثمار الكوسة المرة، التى يتعين تجنب استعمالها فى الطعام لأن استهلاكها ولو بجرامات قليلة قد يسبب مشاكل صحية خطيرة.

ويقتصر تواجد الكيوكربتسينات على القرعيات Cucurbits – التى أخذت منها اسمها Cucurbitacins – بالإضافة إلى أنواع أخرى قليلة من عائلات أخرى. وتتواجد جميع أنواع الكيوكربتسينات على صورة جليكوسيدات glycosides، أو أجليكونات حرة free aglycones، وعمومًا .. فهى tetracyclic triterpenoides، يتراوح وزنها الجزيئى بين ٥٢٠، و٥٧٤.

وقد يحتوى النوع النباتى الواحد على أكثر من مادة، كما قد تحتوى الأعضاء النباتية المختلفة فى النبات الواحد على مواد مختلفة كذلك. وأكثر الكيوكربتسينات شيوعًا هى: B، وE، ويعتقد أنها طُرز أولية تتكون منها الطرز الأخرى.

تُعطى الأنواع المختلفة من الكيوكربتسينات حروفًا أبجدية لتمييزها عن بعضها البعض، وهى تستخدم كوسيلة كيميائية للتقسيم النباتى. وبينما لا يوجد كيوكربتسين C سوى فى الخيار، فإن الكوسة تحتوى على كيوكربتسينات B، وD، وE، وI.

وبينما تُعد الكيوكربتسينات طاردة لكل من المن والعنكبوت الأحمر، فإنها تعد جاذبة لخنافس الخيار.

توزيع الكيوكربتسينات فى الأعضاء النباتية

أول الكيوكربتسينات تكونًا فى البادرات، هى B، أو E فى الجذير، وB، أو E، وأحيانًا D فى الأوراق القلقية. وتحتوى الأوراق القلقية لنباتات الخيار على الطراز C.

ويوجد أعلى تركيز للكيوكربتسينات فى الثمار، والجذور، وأقل تركيز فى الأوراق والسيقان والقمم النامية، بينما تخلو منها البذور، ولا يتبقى من الكيوكربتسينات على البذور إلا بقدر ما يعلق عليها من أنسجة المشيمة – التى تتركز فيها الكيوكربتسينات – بعد تنظيفها منها.

وعندما تكون الثمار غير مرة، فإن ذلك يكون بفضل إنزيم إلاتيريز elaterase الذى يقوم بتحليل الجلوكوسيدات المرة، ويحولها إلى أجليكونات غير مرة. أما الأصناف والأجزاء النباتية التى يظل فيها نشاط هذا الإنزيم منخفضًا فإنها تكون مرة نظرًا لبقاء الكيوكربتسينات فيها على صورة جلوكوسيدات.

أهمية الكيوكربتسينات

١- تعتبر الكيوكربتسينات هى المسئولة عن الطعم المر فى ثمار بعض القرعيات، وهى تشكل مشكلة كبيرة، ليس فقط بسبب طعمها المر، ولكن لما قد تسببه من مشاكل صحية، فهى مسهلات قوية، وقد تسبب مشاكل صحية خطيرة، وربما تؤدى إلى موت الإنسان إذا تناولها فى غذائه بتركيزات عالية. وأكثر الكيوكربتسينات سمية هى تلك التى توجد فى الكوسة.

٢- لعبت الكيوكربتسينات دورًا فى تطور القرعيات حيث حالت دون القضاء عليها بواسطة الحشرات والحيوانات التى تقتات على الأعشاب، لما لها من خصائص سامة فضلاً عن طعمها المر. فمثلاً.. تطرد الكيوكربتسينات المنّ والعنكبوت الأحمر، هذا بينما تفضل خنافس الخيار التركيزات العالية منها.

٣- تميز بعض الأنواع والمجموعات النباتية بأنواع الكيوكربتسينات التى تحتويها فمثلاً .. بينما لا يحتوى الخيار – غالبًا – إلا على الكيوكربتسين C، فإن الكوسة تحتوى على الكيوكربتسينات B، وD، وE، وI وعلى جلوكوسيد الكيوكربتسين E.

العوامل المؤثرة فى محتوى النباتات من الكيوكربتسينات

تؤثر العوامل البيئية غالبًا على ظهور المرارة بثمار الخيار. فقد تتكون ثمرة مرة، بينما لا تكون ثمرة أخرى – ظهرت فى ظروف بيئية مغايرة – مرة. وتكون النموات الخضرية

لبعض أصناف الخيار مرة لكنها لا تُنتج أبدًا ثمارًا مرة، بينما قد تكون النموات الخضرية فى أصناف أخرى مرة لكنها قد تنتج ثمارًا مرة أو غير مرة، حسب الظروف البيئية.

ولقد أمكن بعد تذوق الأوراق القلقية لـ ١٥٠٠٠ بادرة خيار العثور على بادرة واحدة غير مرة، وقد أعطت تلك البادرة بعد نموها ثمارًا غير مرة فى جميع الظروف البيئية، ووجد أن صفة عدم المرارة تلك يتحكم فيها جين واحد متنح، وهو الذى نقل إلى كثير من أصناف الخيار الحديثة.

تتحكم خمسة جينات على الأقل فى تمثيل الكيوكربتسينات، كما توجد جينات تتحكم فى نوعية وكمية الكيوكربتسينات فى مختلف الأجزاء النباتية. وتحتوى معظم طرز الجورد المستعملة فى أغراض الزينة، والعشائر البرية من *C. pepo* على جين سائد يتحكم فى صفة الثمار المرة. ويمكن لهذا الجين أن ينتقل إلى أصناف الكوسة بواسطة الحشرات الملقحة، ليظهر بعد ذلك فى ثمار الأجيال التالية، ولكن ليس لحبوب اللقاح التى تحمل جين المرارة تأثير مباشر على الثمار التى تنتج من التلقيح؛ فلا تتأثر صفة المرارة بظاهرة الزينا xenia.

وبالإضافة إلى أن صفة مرارة الثمار تعد مشكلة – أحيانًا – فى النوع *C. pepo* (بسبب ما قد يصل إلى الأصناف التجارية من جينات تتحكم فى تلك الصفة من الأنواع البرية من الجنس *Cucurbita*، أو من العشائر البرية من النوع *C. pepo*)، فإنها قد تشكل مشكلة كذلك فى أنواع القرع الأخرى. ويمكن أن تظهر صفة المرارة نتيجة لتفاعل الجينات فى نسل التلقيح *C. pepo* × *C. argyrosperma*، حتى ولو خلا الأبوين من تلك الصفة.

مرارة الثمار فى الخيار

أرجع الطعم المر فى ثمار الخيار إلى ما تحتويه من مركب C cucurbitacin. ولقد ازداد تكون المادة المرة فى الجو البارد وعند مضاعفة التسميد الآزوتى، عما كان عليه الحال فى الجو المعتدل وعند التسميد المعتدل بالنيتروجين. وتبين ارتفاع كلاً من النيتروجين الكلى ونيتروجين الأحماض الأمينية والمحتوى البروتينى بأوراق النباتات التى أنتجت ثمارًا مرة عما فى أوراق النباتات التى أنتجت ثمارًا غير مرة، وكذلك فى الثمار المرة ذاتها (Kano & Goto ٢٠٠٣).

وفى دراسة أخرى .. أرجعت ظاهرة المرارة فى ثمار الخيار إلى ما تحتويه من مادتى الكيوكربتسين cucurbitacins: A، وB. تحدث هذه الظاهرة خلال الأيام الحارة من الصيف أو فى نهاية موسم الزراعة. وعلى الرغم من تأثر طرف العنق من الثمرة فقط – غالبًا – بتلك الظاهرة، فإنها قد توجد أحيانًا فى كل الثمرة. هذا .. وتتركز معظم المرارة فى جزء الثمرة الذى يقع تحت الجلد مباشرة. ويفيد الرى الجيد خلال مراحل نمو الثمار فى الحد من تلك الظاهرة، وهى التى لا توجد – عادة – سوى فى الأصناف القديمة من الخيار.

ويحتوى صنف الخيار Shinsyo Hakuhi (ذات الجلد الثمرى الأبيض) على مادة Cucurbitacin C فى كل من الأوراق والثمار، وتوجد هذه المادة فى طرف الثمرة المتصل بالعنق بتركيز أكبر عما فى طرفها الزهرى. يُعد هذا المركب شديد المرارة، حيث تظهر مرارته فى تركيز يقل عن ٠,١ مجم/ كجم. ويعنى الإحساس بالمرارة عند قضم جزء من النبات وجود المرارة فى الثمار كذلك (Horie وآخرون ٢٠٠٧).

هذا .. وتزداد نسبة الثمار المرة فى سلالات الخيار المرة (التى تحمل جين صفة المرارة) عما فى السلالات غير المرة. وقد تبين أن ارتفاع محتوى النيتروجين الكلى ونيتروجين الأحماض الأمينية فى الأوراق يستحث المرارة فى الأوراق والثمار بتحفيز أيض النيتروجين؛ الذى يدعم – بدوره – التمثيل الإنزيمى لليكوكربتسن C، وهو المادة المرة (Kano ٢٠٠٠).

الخضر الجذرية والدرنية

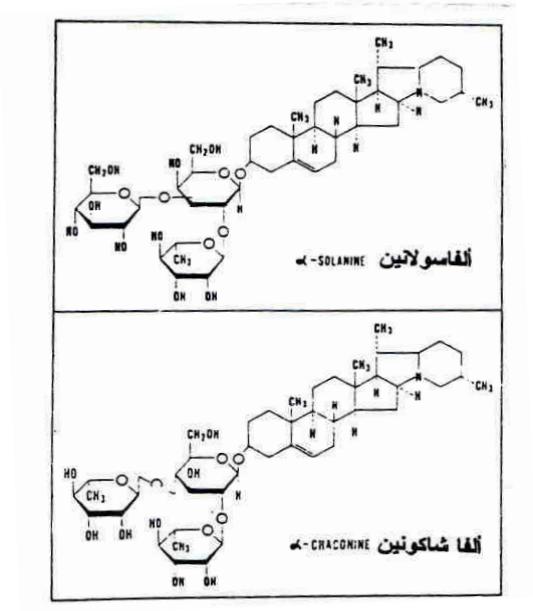
البطاطس

تكون الجليكوألكالويدات

تعريف الجليكوألكالويدات

تعتبر الجليكوألكالويدات Glycoalkaloids مركبات سامة للإنسان والحيوان ؛ وهى توجد فى نباتات العائلة الباذنجانية. ويتكون ٩٥٪ على الأقل من الجليكوسيدات السولانيدنية Solanidine glycosides التى توجد فى أصناف البطاطس التجارية – والتى تعرف مجتمعة

فى البطاطس باسم السولانين – يتكون من ألفا سولانين α-Solanine، وألفاشاكونين α-Chconine؛ وهى مركبات مشتقة من الأجليكون Aglycone سولانيدين (شكل ٦-٢).



شكل (٦–٢): التركيب الكيميائى لجزيئى الألفاسولانين α-Solanine، والألفا شاكونين α-Chaconine (عن Salunkhe & Desal ١٩٨٤).

وقد حظى السولانين باهتمام الباحثين عقب حدوث عدد كبير من حالات التسمم فى ألمانيا عام ١٩٢٢. وقد أرجعت هذه الحالات فى حينها إلى وجود نسبة عالية غير عادية من السولانين فى درنات البطاطس. ويؤدى تعاطى الإنسان نحو ١٠٠ ملليجرام من هذه المادة إلى حدوث اضطرابات هضمية وعصبية شديدة، وصداع. ومن المستبعد أن يتعاطى الإنسان هذه الكمية الكبيرة من السولانين؛ إذ إن نسبته لا تزيد فى الدرنات العادية على ٠,١ – ٠,٥ جزءًا فى المليون، ويزال نحو ٧٠٪ من هذه الكمية عند تقشير الدرنات، كما يزال نحو ٥٠٪ من الكمية المتبقية عند القلى، ولكنه لا يتأثر بالطهى فى الماء المغلى؛ لأنه يبقى ثابتًا فى حرارة تصل إلى ٢٨٠ °م. وعمومًا يجب عدم استهلاك الدرنات التى يزيد فيها تركيز السولانين على ١٥٠ جزءًا فى المليون.

أهمية الجليكوألكالويدات فى الدرنات وسميتها

إن التركيزات المنخفضة من الجليكوألكالويدات الاستيرودية steroidal glycoalkaloids (اختصارًا: SGAs) تُحسن من طعم درنات البطاطس، ولكن زيادة تركيزها عن ٢٠٠ مجم/كجم يمكن أن يكون له تأثيرات سامة على الإنسان والحيوان. وللـ SGAs نشاط مضاد للميكروبات، كما يمكنها إكساب النباتات مقاومة ضد بعض الحشرات، إلاّ أن معظم آفات البطاطس لا تتأثر بها. وتُحفز بعض الظروف البيئية والجروح من تراكم الـ SGAs بالدرنات فى كل من الحقل والمخازن (Valkonen وآخرون ١٩٩٦).

وعلى الرغم من أن وجود الجليكوألكالويدات (ألفاسولانين وألفاشاكونين) بتركيز يزيد على ٢٠ ملليجرام/ ١٠٠ جم من الدرنات الطازجة يكسب الدرنات طعمًا مرًّا غير مرغوب فيه، إلا أن التركيز الطبيعى لهذه المادة – والذى لا يتعدى عادة ٠,١ جزءًا فى المليون – يكسب الدرنات طعمًا مرغوبًا فيه.

ويُحدث استهلاك البطاطس التى يزيد محتواها من الجليكوألكالويدات على ٢٠ مجم / جم تسممًا يظهر فى صورة آلام معدية، وأعراضٍ غير طبيعيةٍ فى الجهازين الدورى والعصبى، وعلى الجلد. وفى حالات قليلة أدى استهلاك كميات كبيرة من الدرنات ذات المحتوى المرتفع من الجليكوألكالويدات إلى الموت فى كلٍ من الإنسان والماشية.

يتكون حوالى ٣٠٪ - ٨٠٪ من السولانين بدرنات البطاطس فى الجلد وتحت الجلد مباشرة. ويعنى ظهور اخضرار تحت الجلد وجود السولانين بالدرنة.

ومن أهم أعراض التسمم بالسولانين التقيؤ والإسهال.

يؤدى التحمير على حرارة ١٧٠ ْم إلى خفض مستوى الجليكوألاكالويدات كثيرًا نظرًا لأنها تنتقل إلى زيت التحمير، كذلك يحدث نفس الأمر عند الطهى فى الماء المغلى لأنها قابلة للذوبان فى الماء (انسيكلوبديا ويكيبيديا – الإنترنت).

هذا .. ولا يوجد السولانين فى ثمار الطماطم الخضراء، وإنما يوجد الألكالويد توماتين tomatine، وهو مركب قليل الخطورة، كما أنه يختفى فى الثمار عند نضجها.

توزيع الجليكوألكالويدات فى أجزاء نبات البطاطس

توجد الجليكوألكالويدات (الألفا سولانين والألفا شاكونين) فى مختلف أجزاء نبات البطاطس، ولكنها تتركز بصفة خاصة فى الأزهار والأنسجة الخضراء (Kingsbury ١٩٦٣)، ويقل تركيزها كثيرًا فى الجذور. ويوضح جدول (٦-١) محتوى مختلف أجزاء نبات البطاطس من الجليكوألكالويدات.

جدول (٦-١)

محتوى مختلف أجزاء نبات البطاطس من الجليكوألكالويدات.

الجزء النباتى	المحتوى (مجم /كجم وزن طازج)
الدرنات	٢٠- ٢٠٠
قشرة الدرنة (بعمق ٣مم)	٢٠ - ١٠٠٠
النموات المتكونة فى الضوء	٦٠٠ - ٤٠٠٠
النموات المتكونة فى الظلام	١٠٠٠- ٥٠٠٠
الأوراق	٣٠٠ - ٣٠٠٠
السيقان	٣٠ - ١٠٠
الأزهار	٣٠٠٠ - ٥٠٠٠
الثمار	٢٠٠ - ١٥٠٠

يتركز السولانين (ألفا سولانين وألفا شاكونين) فى الدرنات فى الجلد، وحول العيون بصفة خاصة. وتتراوح نسبته فى الدرنات العادية بين ٠,٠١٪ و ٠,١٪ من الوزن الجاف، لكن تعرض الدرنات للأشعة فوق البنفسجية يرفع محتواها من السولانين عدة مرات، وقد يصل التركيز إلى ١,٧٪ فى النبت الجديد. وقد يحتوى النبت وحده على أكثر من ضعف كمية السولانين التى توجد فى باقى أجزاء الدرنة (Burr ١٩٦٦).

ويستدل من دراسات Kozukue وآخرين (١٩٨٧) على أن أعلى تركيز لكلٍ من الألفا سولانين، والألفا شاكونين (فى صنفى البطاطس مای كوين May Queen، وأيرش كوبلر

Irish Cobbler) كان فى سبلات وبتلات الأزهار. وفى الدرنات .. كان أعلى تركيز للمركبين فى الملليمتر السطحى من الدرنة، ثم تناقص تركيزهما تدريجيًا بالاتجاه نحو مركز الدرنة؛ وذلك يعنى أن إزالة الثلاثة إلى الأربعة ملليمترات السطحية من الدرنة عند تقشيرها – لأجل طهيها – يؤدى إلى التخلص من معظم الجليكوألكالويدات التى توجد بالدرنة.

ويزداد تركيز الجليكوألكالويدات كثيرًا فى الدرنات الهوائية عما فى الدرنات الأرضية، وقد تراوح التركيز فى الصنف كرزبنك Kerrs Pink بين ٠,١٠٪ و٠,٢٥٪ ولكنه تباين كثيرًا بين الأصناف (Percival & Dixon ١٩٩٦).

العوامل المؤثرة فى محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات

يتأثر محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات (الألفا سولانين والألفا شاكونين، أو – اختصارًا – السولانين)بالعوامل التالية:

١- الصنف:

تختلف الأصناف كثيرًا فى محتوى درناتها من السولانين؛ ففى دراسة أجريت على ٣٢ صنفًا من البطاطس، وجد أن نسبة السولانين تراوحت بين ملليجرامين، و١٣ ملليجرامًا فى ١٠٠ جم من الدرنات الطازجة. ويصل تركيزها فى بعض الأصناف إلى ٣٥ ملليجرام/ ١٠٠ جم، كما فى الصنف لينابLenape ؛ وهو صنف توقفت زراعته لهذا السبب؛ حيث لا يحتاج إلى التعرض لظروف بيئية خاصة لكى يرتفع محتوى درناته من السولانين إلى هذا المستوى. هذا .. ويفضل استهلاك درنات الأصناف التى لا يزيد تركيزها الطبيعى من السولانين على ٧ ملليجرامات لكل ١٠٠ جم من الدرنات الطازجة.

وقد وجد Dale وآخرون (١٩٩٣) أن أصناف البطاطس تختلف فى نسبة محتوى درناتها من الألفا سولانين إلى الألفا شاكونين.

ولكن أيًّا كان الصنف، فإن محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات يرتفع كلما زادت مدة تعرض الدرنات للضوء. وعندما كان متوسط شدة الإضاءة اليومى ٢٣٢ ميكرومول umol/ م^{٢} فى الثانية .. فإن تركيز الجليكوالكالويدات ارتفع عن الحد الأقصى المسموح به خلال ثمانية أيام من

التعرض للإضاءة فى الصنفين كرز بنك Kerrs Pink، وديزرية Disiree، وخلال ١٣ يومًا فى الصنف بنتلاند هوك Pentland Hawk (Percival وآخرون ١٩٩٣).

ويرجع التفاوت بين أصناف البطاطس فى محتوى درناتها من السولانين إلى اختلافها فى آبائها البرية التى حصلت منها على بعض صفاتها بالتربية. وتحتوى بعض الأنواع البرية من الجنس *Solanum* على تركيزات عاليةٍ من السولانين؛ مثل *S. chacoense* الذى يبلغ محتوى درناته ٢٣٠ مجم٪، و*S. commersonii* الذى يصل تركيز السولانين فى درناته إلى ٥٠٠ مجم٪. هذا .. وقد استعمل النوع الأول (*S. chacoense*) فى إنتاج الصنف لیناب Lenape الذى توقفت زراعته؛ بسبب ارتفاع محتوى درناته كثيرًا عن الحد الأقصى المسموح به وهو ٢٠ مجم٪.

ولكى لا يزيد محتوى الدرنات على ٢٠ مجم٪ - وهو الحد الأقصى المأمون للاستهلاك الآدمى – فإن التركيز الطبيعى للسولانين فى درنات أى صنفٍ يجب ألا يزيد على ٧ مجم٪؛ فهذا التركيز يعطى البطاطس طعمًا مقبولاً، ولا يضر الإنسان، ويبقى – غالبًا – دون الحد الأقصى المسموح به – وهو ٢٠ مجم٪ – بعد التعرض للظروف التى تحفز زيادة محتوى الدرنات من المركب. وبالمقارنة، فإن التركيز العادى للسولانين فى درنات الصنف لیناب – الذى أوقفت زراعته – بلغ ٣٥ مجم٪.

ويعتبر محتوى الدرنات المنخفض من السولانين صفة متنحية بسيطة فى وراثتها، وذات درجة توريثٍ عاليةٍ؛ ولذا .. يهتم مربو البطاطس بتقدير ومراقبة محتوى الدرنات فى الأجيال الانعزالية خلال مراحل التربية، وخاصة فى برامج التربية التى تُستعمل فيها – كمصادر للصفات المرغوبة – أنواع برية يرتفع محتواها من السولانين. كذلك تجب مراقبة إمكانية انتقال مركبات جليكوألكالويدات أخرى – غير السولانين والشاكونين – من الأنواع البرية إلى البطاطس من خلال التربية (عن Sinden ١٩٨٧، وValkonen وآخرين ١٩٩٦).

٢ - التسميد الآزوتى:

أدت زيادة معدلات التسميد الآزوتى من صفر إلى ٣٣٦ كجم نيتروجين / هكتار (١٤١ كجم نيتروجين / فدان) إلى زيادة محتوى الدرنات من الجليكوألكالويدات الكلية عند الحصاد وبعد التخزين لمدة ٣ أو ٩ شهور (Love وآخرون ١٩٩٤).

٣- التجريح:

أدى تجريح الدرنات إلى زيادة تمثيل كلٍ من الألفا سولانين، والألفا شاكونين (Percival & Dixon ١٩٩٦).

٤- التعرض للصدمات:

أدى تعريض درنات البطاطس للصدمات المحدثة للكدمات إلى زيادة تمثيل الجليكوألكالويدات glycoalkaloids فيها بنسبة تراوحت بين ٢٧٪، و١٣٠٪ حسب الصنف، وكانت معدلات زيادة الجليكوألكالويدات فيها – استجابة للكدمات – متوافقة مع الزيادات النسبية فى الجليكوألكالويدات التى تحدث فى درنات تلك الأصناف استجابة للضوء أو للحرارة المنخفضة. وفى صنفين من خمسة أصناف تم اختبارها – ازداد أيضًا محتوى الدرنات من حامض الكلوروجنك chlorogenic acid استجابة للكدمات (Dale وآخرون ١٩٩٨).

٥- الأضرار الحشرية:

ازداد محتوى درنات البطاطس من كلٍ من الألفا سولانين والألفا شاكونين عندما حدثت أضرار كبيرة للنموات الخضرية للنبات من جراء تغذية حشرة *Leptinotarsa decemlineata* عليها، بينما لم يكن لتغذية حشرة *Empoasca fabae* تأثيرًا فى هذا الشأن (Hlywka وآخرون ١٩٩٤).

٦- الفترة الضوئية أثناء إنتاج المحصول:

تؤدى زيادة الفترة الضوئية إلى إحداث زيادة كبيرة فى محتوى الدرنات من السولانين. وتجدر الإشارة إلى أن الفترة الضوئية الطويلة تؤدى إلى زيادة النمو الخضرى للنبات، وتأخير وضع الدرنات؛ مما يؤدى إلى صغر حجم الدرنات المنتجة، وزيادة نسبة الدرنات غير المكتملة النمو عند الحصاد؛ وهما عاملان لهما تأثيرهما الكبير فى زيادة محتوى الدرنات من السولانين.

٧- درجة الحرارة وشدة الإضاءة أثناء النمو النباتى:

تؤدى الحرارة العالية (٣٢/ ٢٧ °م مقارنة بحرارة ٢٢/١٧ °م) لمدة ثلاثة أسابيع أثناء النمو النباتى إلى إحداث زيادة مقدارها ٩٠٪ فى إنتاج كل من اللبتين leptine، واللبتين ٢ leptine II

فى سلالتى البطاطس ND4382-17، وND4382-19 القادرتان على إنتاج اللبتينات التى تُسهم فى مقاومتهما لخنفساء كلورادو *Leptinotarsa decemlineata*، وكذلك تؤدى الحرارة العالية إلى زيادة إنتاج الجليكوألكالويدات الكلية (السولانين solanine والشاكونين chaconine) بنسبة ١٦٩٪، أما بالنسبة لشدة الإضاءة .. فإن الإضاءة المنخفضة (التى تكون مُخَّفضة بنسبة ٧٥٪) لمدة أسبوعين أو أربعة أسابيع تُحدث خفضًا جوهريًا فى كل من اللبتين١، واللبتين٢ بنسبة ٤٦٪، والسولانين بنسبة ٤٣٪، والشاكونين بنسبة ٨٣٪، مقارنة بمستويات تلك المركبات فى الإضاءة العالية (Lafta & Lorenzen ٢٠٠٠).

١١- التعرض للضوء بعد الحصاد وأثناء التخزين

ارتفع محتوى درنات البطاطس من الجليكوألكالويدات glycoalkaloids أيًا كان لون جلدها (أبيض كما فى Pentland Hawk، أو وردى كما فى Kerrs Pink، أو أحمر كما فى Desiree) لدى تعرضها لإضاءة بلغت شدتها – فى المتوسط – ٢٣٢ ميكرومول / م٢ فى الثانية، ووصلت تلك الزيادة إلى معدلات تفوق الحد الآمن للاستهلاك فى خلال ثمانى أيام – فقط – فى الصنفين الوردى والأحمر الجلد، وفى خلال ١٣ يومًا فى الصنف الأبيض (Percival وآخرون ١٩٩٦).

وكان تراكم الجليكوألكالويدات glycoalkaloids فى درنات البطاطس أعلى ما يمكن تحت إضاءة من لمبات الصوديوم، بينما كان الكلوروفيل أعلى ما يمكن تحت اللمبات الفلورسنتية ولمبات الصوديوم، عما كان تحت إضاءة من لمبات الزئبق ذات الضغط العالى أو المنخفض. وقد ازداد تركيز كل من الجليكوألكالويدات والكلوروفيل فى أنسجة الدرنة بانتظام مع الوقت ودون أى توقف ما استمر تعرضها للضوء. وبينما أثر التعرض للضوء على نسبة الـ ∝-chaconine إلى الـ ∝-solanine، فإنه لم يؤثر جوهريًا على نسبة كلوروفيل أ إلى كلوروفيل ب (Percival ١٩٩٩).

٨- درجة نضج الدرنات:

يبلغ محتوى الدرنات غير الناضجة من السولانين أربعة أمثال محتوى الدرنات الناضجة من نفس الصنف وتحت نفس الظروف.

٩- حجم الدرنات:

يبلغ محتوى الدرنات الصغيرة من السولانين حوالى ضعف محتوى الدرنات الكبيرة من نفس الصنف وتحت نفس الظروف.

١٠- المدة من الحصاد وحتى التعرض للضوء:

يتكون السولانين بسرعة أكبر فى الدرنات الحديثة الحصاد عما فى الدرنات المخزنة لدى تعرض أى منهما للضوء.

وعندما كان تخزين البطاطس فى الظلام .. ظل تركيز الجليكوألكالويدات فى الدرنات ثابتًا دون تغير طوال فترة تخزينها من أول يوم حتى انتهاء التجربة فى اليوم الخامس عشر للتخزين، وذلك فى جميع الأصناف المختبرة، ولم يتعد محتوى الجليكوألكالويدات فيها التركيز الآمن وهو ٢٠٠ مجم/ كجم وزن طازج (Percival وآخرون ١٩٩٩).

١٢- مدة التخزين:

يزداد تراكم السولانين فى الدرنات أثناء التخزين.

هذا .. وتتداخل بعض العوامل السابقة فى التأثير على محتوى الدرنات من السولانين؛ فالدرنات الصغيرة – وهى التى يزيد محتواها من السولانين عن الدرنات الكبيرة – يزيد فيها كذلك السطح الخارجى المعرض للضوء بالنسبة لكل وحدة وزن من الدرنة عما فى الدرنات الكبيرة، كما تكون بعض الدرنات الصغيرة الحجم غير مكتملة التكوين؛ الأمر الذى يصعب معه الفصل بين عاملى صغر حجم الدرنات وعدم اكتمال تكوينها فى التأثير على محتواها من السولانين.

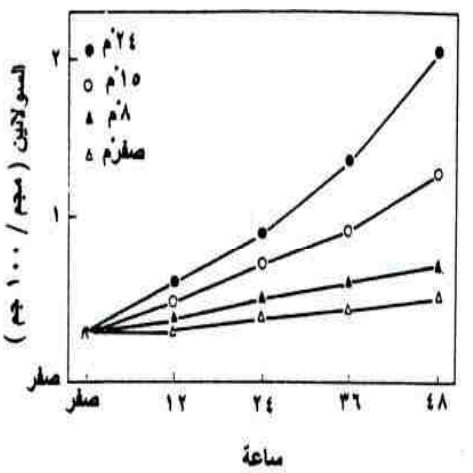
وقد وجد Love وآخرون (١٩٩٤) أن متوسط المحتوى الكلى من الجليكوألكالويدات فى درنات ثلاثة أصناف من البطاطس كان ٢,٩ مجم/ ١٠٠ جم وزن طازج قبل شهر من الحصاد، و١,٣ عند

الحصاد، و٥,٢ بعد ثلاثة شهور من التخزين، و٥,٥ بعد تسعة شهور من التخزين. وتبين من ذلك أهمية التخزين فى زيادة محتوى الدرنات من السولانين، وقد كانت الزيادة مع التخزين فى حرارة ١٠ °م أعلى منها فى حرارة ٤,٤ °م.

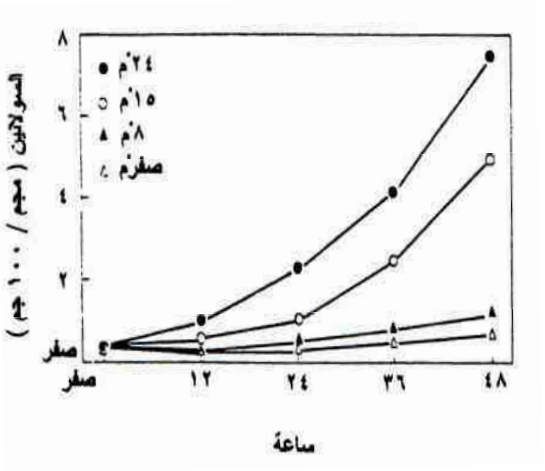
ويؤدى تعريض الدرنات للضوء بعد الحصاد مباشرة إلى زيادة محتواها من السولانين بنحو ١٠ أضعاف، بينما تكون الزيادة بنحو ٢ - ٣ أضعاف فقط فى الدرنات التى تخزن فى الضوء لفترة قصيرة. هذا .. إلا أن التخزين لفترات طويلة – حتى لو كان فى الظلام – يؤدى أحيانًا إلى زيادة محتوى الدرنات من السولانين، وخاصة إذا صاحب ذلك إنبات فى براعم الدرنات. ولكن متى أزيلت النموات، فإنه لا توجد خطورة من استهلاك الدرنات التى خزنت لفترات طويلة.

١٠- درجة الحرارة وشدة الإضاءة أثناء التخزين:

يزداد معدل تكوين السولانين فى درنات البطاطس – فى الظلام – مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة بين الصفر المئوى، و٢٤ °م (شكل ٦-٣)، ولكن هذه الزيادة ترتفع بمقدار حوالى أربعة أضعاف عندما يكون التعرض لمختلف درجات الحرارة فى الضوء (شكل ٦-٤) (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).



شكل (٦-٣): تأثير درجة الحرارة على معدل تكوين السولانين فى درنات البطاطس فى الظلام.



شكل (٦-٤): تأثير درجة الحرارة على معدل تكوين السولانين فى درنات البطاطس فى إضاءة شدتها ٢٠٠ قدم ـ شمعة.

هذا .. ولا تتحلل الجليكوألكالويدات ـ التى تتكون فى الدرنات أثناء تخزينها فى الضوء ـ بمضى الوقت عند تخزينها فى الظلام (Percival وآخرون ١٩٩٣).

ويتبين من دراسات Shabana وآخرين (١٩٨٧) أن أعلى تركيز للسولانين كان فى قشرة درنات البطاطس (من صنفى ألفا وكنج إدوارد) المخزنة فى الضوء مقارنة بالمخزنة فى الظلام، والمخزنة فى درجة حرارة الغرفة مقارنة بتلك المخزنة فى حرارة ٥°م.

وقد أدت معاملة الدرنات بالشمع (فى حرارة تراوحت بين ٦٠°م و ١٦٠°م)، أو الزيت (فى حرارة تراوحت بين ٢٥°م و ١٠٠°م)، أو الماء (فى حرارة تراوحت بين ٢٥°م و ١٠٠°م) إلى تثبيط تكوين السولانين مقارنة بالكنترول، وازداد تأثير هذه المعاملات بزيادة درجة حرارة المعاملة.

وتجدر الإشارة إلى أن تعريض درنات البطاطس للضوء يُحدث ـ كذلك ـ زيادة جوهرية فى محتواها من حامض الكلوروجنيك Chlorogenic Acid، ترتبط بكلٍ من المحتوى الأصلى للدرنات من الحامض، وبمعدل تكوين الجليكوألكالويدات لدى تعريض الدرنات للضوء (Griffiths وآخرون ١٩٩٥).

ولمزيد من التفاصيل عن الجليكوألكالويدات التى تتكون فى درنات البطاطس يراجع Valkonen وآخرين (١٩٩٦).

البطاطا

محتوى الجذور والنموات الخضرية من المثبطات الإنزيمية

تستعمل النموات الخضرية للبطاطا كعلف للحيوانات الزراعية فى عديد من دول العالم، وهى تعد أقل محتوى من الجذور فى السعرات الحرارية، ولكنها تفوق الجذور فى محتوى البروتين كمًّا ونوعًا؛ فيبلغ متوسط محتوى البروتين الخام فى النموات الخضرية للبطاطا حوالى ٢٠٪ على أساس الوزن الجاف، وهى تقدم كعلف دونما إعداد مسبق لها، ويبدو أن الحيوانات المجترة تهضمها بسهولة.

وبالنسبة لجذور البطاطا .. فإن حوالى ٣٥٪ - ٤٠٪ من المحصول العالمى يستعمل كغذاء للحيوان. تقدم هذه الجذور للحيوانات إما طازجة، وإما بعد تجفيفها فى الشمس، وإما على صورة علف سلوَه silage.

وفى البطاطا – كما فى عديد من الأنواع النباتية الأخرى – توجد عديد من البولى بيبتيدات polypeptides والبروتينات التى تعد بمثابة مثبطات للإنزيمات الهاضمة للبروتين؛ فهى تعيق أيض البروتين، ومن بينها تلك التى تعرف باسم مثبطات التربسن trypsin inhibitors (عن Zhang وآخرين ١٩٩٨).

وقد وجد Zhang وآخرون (١٩٩٨) أن مثبطات نشاط التربسن ربما تكون عالية فى جذور البطاطا إلى درجة أنها يمكن أن تُحدث تأثيرات غذائية سلبية على الحيوانات، بينما لا تتواجد تلك المثبطات فى النموات الخضرية بأى تركيزات ملموسة يمكن أن تشكل أى مشاكل غذائية للحيوانات؛ فقد تراوح متوسط نشاط مثبط التربسن بين ٢٩,٥، و٥٥,٠ وحدة بمتوسط قدره ٤٠,٧ وحدة، بما يعادل حوالى ٢٨٪ من متوسط نشاط المثبط فى خمسة أصناف من فول الصويا، بينما كان نشاط المثبط فى النموات الخضرية حوالى ١٤,٦٪ من نشاطه فى الجذور.

الخضر الورقية

الخس

النترات

يعتبر الخس من الخضر الورقية التى يمكن أن تحتوى على تركيزات عالية من النترات، علمًابأن تناول الإنسان للنترات بكميات كبيرة فى غذائه يرتبط بكل من مرض الـ methaemoglobinaemia والإصابات السرطانية التى تحدثها الـ nitrosamines (عن McCall & Willumsen ١٩٩٩).

وقد حددت منظمة الصحة العالمية الحد الأقصى الآمن لكميات النترات والنتريت التى يمكن للإنسان تناولهما يوميًا فى غذائه بمقدار ٣,٧٥ مجم من النترات/ كجم من وزن الجسم، و٠,١٣ مجم نتريت/ كجم.

ونظرًا لأن مستوى النترات يمكن أن يزداد فى ظروف الإضاءة الضعيفة فقد حددت وزارة الصحة الهولندية الحد الأقصى المقبول لمحتوى النترات فى أوراق الخس الطازجة بمقدار ٣,٥ جم/ كجم خلال الفترة من أول أبريل إلى آخر أكتوبر، و٤,٥ جم/كجم خلال الفترة من أول نوفمبر إلى آخر مارس (Reinink & Groenwold ١٩٨٧).

ويتأثر محتوى النترات فى نباتات الخس بالعوامل التالية

١- الصنف:

تختلف أصناف الخس كثيرًا فى محتواها من النترات (Reinink & Groenwold ١٩٨٧).

فمثلاً .. كان محتوى الصنف Green Ice من النترات أقل من محتوى الصنف Diamante بمقدار ٢٠٪- ٣٩٪ حسب تاريخ الحصاد، بينما كانت خمسة أصناف أخرى وسطًا فى محتواها من النترات (Schonbeck وآخرون ١٩٩١).

وقدر متوسط محتوى النترات فى خمسة أصناف من طراز الآيس برج بحوالى ٩٢٥ ± ١٦٦ جزءًا فى المليون (Drews وآخرون ١٩٩٧).

واختلفت أصناف الخس فى محتواها من النترات، وكان الصنف Timpa هو الأقل محتوى من بين أربعة أصناف تم اختبارها (Tesi & Lenzi ١٩٩٨).

٢- شدة الإضاءة:

كان محتوى خس الزراعات المحمية من النترات أعلى من محتوى الخس المنتج فى الحقول المكشوفة (Schonbeck وآخرون ١٩٩١).

وأدى توفير إضاءة صناعية إضافية للخس فى الدانمارك إلى زيادة النمو النباتى، وتبكير الحصاد، وحدوث نقص جوهرى فى مستوى النترات بالنباتات (McCall & Willumsen ١٩٩٩).

وأمكن خفض مستوى النترات فى الخس بتعريض النباتات قبل حصادها لإضاءة مستمرة منبعثة من لمبات حمراء وزرقاء (Wanlai وآخرون ٢٠١٣).

٣- مستوى التسميد الآزوتى:

حدث انخفاض جوهرى فى محتوى الخس من النترات عندما استعملت أسمدة بطيئة التيسر slow release fertilizers مقارنة بالمحتوى النتراتى للنباتات عندما استعملت الأسمدة العادية (Tesi & Lenzi ١٩٩٨).

وعلى الرغم من أن الوزن الطازج لنباتات الخس لم يتأثر بمعدل التسميد الآزوتى، فقد وجد ارتباط إيجابى بين محتوى النترات ومعدل التسميد الآزوتى، وكان النقص الذى حدث فى مستوى النترات فى النبات عند المستويات المنخفضة من التسميد الآزوتى مصاحبًا بزيادات فى محتوى العصير النباتى من كل من الكلوريد، والجلوكوز، والسكروز (McCall & Willumsen ١٩٩٩).

ولقد حُصِلَ على أعلى مستوى للنترات فى أوراق الخس (٥٧٢ – ٦٦٤ مجم/ كجم) عندما كان التسميد بمستويات متوسطة أو عالية من الأسمدة الآزوتية غير العضوية، وكانت تلك المستويات أعلى جوهريًا عما كان عليه الحال عندما كان التسميد بالأسمدة العضوية (٢٥٣- ٤٣٥ مجم/ كجم)؛ علمًا بأن كل مستويات النترات المتحصل عليها كانت أقل من

الحدود القصوى المسموح بها فى الاتحاد الأوروبى؛ الأمر الذى قد يكون مرده إلى زيادة شدة الإضاءة والفترة الضوئية فى جنوب اليونان، حيث أجريت تلك الدراسة (Pavlou وآخرون ٢٠٠٧).

ويزداد تراكم النترات فى أوراق الخس الرومين بزيادة تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى (فى المزارع المائية)، ويزداد التراكم فى الأوراق الداخلية عما فى الأوراق الخارجية فى التركيز المنخفض للنيتروجين فى المحلول المغذى (٢٠ جزء فى المليون)، والعكس صحيح فى التركيزات العالية (١٤٠، و ٢٠٠، و ٢٦٠ جزء فى المليون). ويزداد تراكم النترات فى العرق الوسطى وفى الجزء القاعدى من الأوراق عما فى باقى أجزاء الورقة. ولقد كان أفضل تركيز للنترات فى المحلول المغذى هو ٢٠٠ جزء فى المليون، وهو الذى أعطى أعلى محصول، بينما كان تركيز النترات فى الخس المنتج فى الحدود المسموح بها للاستهلاك. هذا .. وقد كان محتوى فيتامين ج والكلوروفيل أعلى ما يمكن عند الحصاد، ثم انخفض تدريجيًّا خلال فترة التخزين التى استمرت لمدة ١٠ أيام على ٥ أو ١٠ْم (Konstantopoulou وآخرون ٢٠١٠).

٤- مستوى النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى الأسمدة والمحاليل المغذية وتداخلات ذلك مع شدة الإضاءة، ودرجة الحرارة، وعمر النبات:

عندما كانت شدة الإضاءة منخفضة شتاء (فى هولندا) ازداد محتوى الخس من النترات كثيرًا عما كان عليه الحال صيفًا. وقد انخفض تراكم النترات عند إحلال النيتروجين الأمونيومى محل ٢٠٪ من النيتروجين النتراتى، وازداد الانخفاض فى محتوى الخس من النترات بزيادة إحلال النيتروجين الأمونيومى محل النتراتى قبل الحصاد بأسابيع قليلة، بينما لم يتأثر الوزن الطازج للرؤوس. وعندما خُفِّضَ تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى شتاء من ١٠ إلى ٢,٥ ملى مول / لتر فإن ذلك لم يؤثر تأثيرًا يذكر لا على نمو الخس ولا على محتواه من النترات، ولكن اتخاذ ذلك الإجراء خلال الربيع أو الصيف أحدث نقصًا فى كل من النمو النباتى ومحتوى الرؤوس من النترات. وأدى رفع حرارة المحلول المغذى مع خفض حرارة الهواء (فى محاولة لخفض تكاليف التدفئة) إلى تحسّن فى النمو، ولكن مع زيادة فى تركيز النترات فى

الرؤوس، مما ألغى جزئيًّا الأثر الذى أحدثه إحلال النيتروجين الأمونيومى محل النترات (Van Der Boon وآخرون ١٩٩٠).

كما أمكن إنتاج – الخس – تحت ظروف الإضاءة المنخفضة فى الزراعات المحمية شتاء فى هولندا – بأقل مستوى من النترات (وهو ٢٩٠٠ جزء فى المليون، بينما الحد الأقصى المسموح به للنترات بالخس شتاءً فى هولندا هو ٤٥٠٠ جزء فى المليون) وذلك باستعمال محلول مغذٍ (فى مزارع تقنية الغشاء المغذى) تبلغ فيه نسبة الأمونيوم إلى النترات ١ : ٣ حتى الأسبوعين الأخيرين قبل الحصاد ثم استعمال النيتروجين الأمونيومى فقط حتى الحصاد، علمًا بأن هذه المعاملة لم تؤثر على المحصول. هذا .. وقد أدى رفع حرارة المحلول المغذى ليلاً من ٦ إلى ١٠ ْم مع حرارة هواء قدرها ٦ ْم إلى تنشيط النمو، ولكن مع إحداث زيادة فى المحتوى النتراتى بمتوسط قدره ٣٦٠ جزءًا فى المليون. أما زيادة الإضاءة بمقدار ٢٧ ميكرومول/م٢ فى الثانية (فى المدى الموجى ٤٠٠ – ٧٠٠ نانوميتر) ليلاً حتى ثمان ليالٍ قبل الحصاد فإنها لم تؤثر على محتوى النترات على أساس الوزن الطازج (Steingrover وآخرون ١٩٩٣).

وباستعمال نسب نترات : أمونيوم فى المحاليل المغذية تراوحت من ١٠٠ : صفر حتى ٢٥ : ٧٥ انخفض محتوى الأوراق من النترات مع كل زيادة فى نسبة الأمونيوم، ولكن أعطت نسبة ٧٥ : ٢٥ (نترات : أمونيوم) أعلى معدلات النمو (Gabr ١٩٩٩).

وبينما أدت تغذية الخس حتى الحصاد بمحلول غذائى كامل إلى ارتفاع محتواه من النترات إلى ١٥٥٠ جزءًا فى المليون (وهو مستوى يقل عن الحد الأقصى المسموح به)، فإن حذف النيتروجين من المحلول المغذى بعد ٥٠ يومًا من الزراعة وحتى الحصاد بعد ذلك بثمانية عشر يومًا أدى إلى نقص كل من المحصول الطازج ومحتوى النترات، حيث كانت النباتات المسمدة بالمحلول الغذائى الكامل أعلى محصولاً بنسبة ٢٠٪، وأعلى فى محتوى النترات بنسبة ٦٤٪ (Magnani & Oggiano ١٩٩٧).

وقد أدى خفض النيتروجين النتراتى من ٢٦٠ إلى ٢٠٠ كجم N للهكتار (من ١٠٩ إلى ٨٤ كجم N للفدان) إلى خفض محتوى النترات جوهريًّا بينما لم يتأثر المحصول، وأدى مزيد

من الخفض فى النيتروجين النتراتى إلى ١٢٠ كجم للهكتار (٥٠ كجم للفدان) إلى إحداث خفض آخر جوهرى فى النترات ولكنه كان مصاحبًا بنقص جوهرى أيضًا فى المحصول. وأدى استبدال ٤٠٪ من النيتروجين النتراتى المستعمل بنيتروجين أمونيومى إلى خفض محتوى النترات جوهريًا دون التأثير على المحصول. وقد أمكن تحسين تأثير استعمال النيتروجين الأمونيومى بالمعاملة – كذلك – بمثبط النترتة dicyandiamide (McCall & Willumsen ١٩٩٨).

٥- المعاملة بالنيكل:

للمعاملة بالنيكل تأثيرات إيجابية على أيض النيتروجين فى النباتات التى تمد باليوريا كمصدر للنيتروجين. ولقد أدى رش نباتات الخس بالنيكل على صورة $NiCl_2$ أو على صورة معقد من النيكل مع اليوريا إلى زيادة نشاط إنزيم اليوريز urease، وخفض تراكم اليوريا بالنموات الخضرية، وكذلك خفض محتوى الأوراق من النترات (Hosseini & Khoshgoftarmanesh ٢٠١٣).

٦- عمر النبات والوقت من اليوم عند الحصاد، وتداخلات ذلك مع شدة الإضاءة ودرجة الحرارة:

انخفض محتوى النترات فى ١٠ أصناف زراعات محمية من مجموعة خس الرؤوس ذات المظهر الدهنى من ٣٣٣٠ جزءًا فى المليون (على أساس الوزن الطازج) فى مرحلة بداية تكوين الرأس إلى ١٦٥٠ جزءًا فى المليون عند وصولها إلى مرحلة اكتمال النمو المناسبة للحصاد، بينما كان الانخفاض بنسبة ٣٥٪ فى ١٢ صنفًا للزراعات الحقلية من المجموعة ذاتها. كذلك كان محتوى النترات فى الزراعات الحقلية أقل – فى جميع مراحل النمو – مما فى الزراعات المحمية. ويستدل من ذلك على إمكان الحصول على خس تنخفض فيه نسبة النترات بإنتاجه فى زراعات حقلية، مع حصاده بعد اكتمال نمو رؤوسه (Drews وآخرون ١٩٩٦).

وقد وجد أن محتوى النترات فى الخس كان فى أدنى مستوياته خلال النصف الثانى من اليوم؛ مما يعنى أهمية إجراء الحصاد خلال تلك الفترة. وقد كان لشدة الإضاءة وتركيز ثانى

أكسيد الكربون فى الهواء الجوى تأثيرًا جوهريًّا على محتوى النباتات من النترات. وأفاد تعريض النباتات لإضاءة مستمرة مع زيادة طفيفة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء خلال المرحلة الأخيرة من نموها فى تخفيض محتواها من النترات (Volkova & Kudums ١٩٩٦).

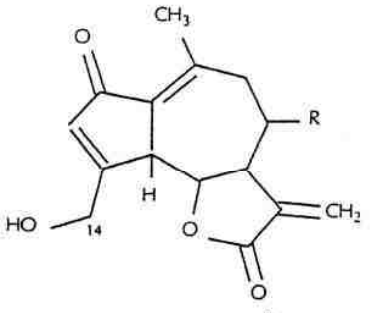
هذا إلاّ إنه فى ظروف الإضاءة الضعيفة (٤٠٥ واط ساعة /م٢) والحرارة المنخفضة (١٠,٤ – ١٣,٤ °م على مدى اليوم الكامل)، فإن مستوى النترات لم يتغير بتغير موعد الحصاد (Siomos ٢٠٠٠).

تراكم الكادميم

يتراكم التلوث بالكادميم فى الأراضى الزراعية؛ الأمر الذى قد يكون له تداعيات ضارة على أمان الغذاء. ويعد الخس من الخضر التى يمكن أن يتراكم الكادميم فى أنسجتها. وقد وجد أن التركيزات المنخفضة من الكادميم فى المحلول المغذى للخس (٠,١ ميكرومول كلوريد كادميم $CdCl_2$) يحفز نموه، بينما أضعفت التركيزات العالية (٣,٠، و١٥,٠ ميكرومول كلوريد كادميم) نمو النباتات، بينما تباين صنفان من الخس فى قدرتهما على تجميع الكادميم بأنسجتهما. وقد بلغ تراكم الكادميم فى أوراق الخس النامى فى وجود ١٥,٠ ميكرومول من كلوريد الكادميم ١٠٠ ضعف أقصى تركيز للعنصر فى منتجات الخضر المعروضة بالأسواق، ولكن دون أن تظهر عليه أية أعراض غير طبيعية مثل الاصفرار أو التحلل (Zorrig وآخرون ٢٠١٣).

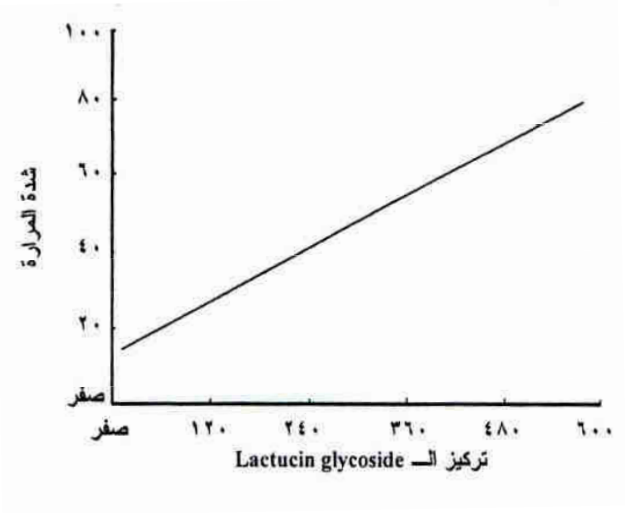
المركبات المسئولة عن المرارة

تعد المرارة من أهم الصفات التى تؤثر سلبيًّا فى جودة الخس، وهى ترجع إلى محتوى الخس من مركبات الـ: sesquiterpene lactones، وأهمها المركب lactucin glucoside (شكلا ٦-٥، و ٦-٦)، هذا وتزداد المرارة بشدة عندما يبدأ النبات فى الحنبطة.



	R
Lactucin	-OH
8-Deoxylactucin	-H
Lactucopicrin	-OC $CH_2C_6H_4OH$ (O)

شكل (٦-٥): التركيب الكيميائى لـ sesquiterpene lactones التى توجد فى الخس.



شكل (٦-٦): العلاقة بين محتوى الخس من الـ lactucin glucoside وشدة المرارة (عن Ryder ١٩٩٩).

يؤدى تجريح أوراق الخس أو سيقانه إلى انطلاق سائل نباتى لبنى latex إلى السطح. وبفحص هذا السائل كانت مكوناته الرئيسية هى : الـ 15-oxalyl، والـ 8-sulfate للـ guaianolide sesquiterpene lactones التالية: الـ lactucin، والـ deoxylactucin، والـ lactucopicrin. وبينما كانت الأوكسالات غير ثابتة وتعود إلى الـ sesquiterpene lactone الأصلى بالتحلل، فإن الكبريتات كانت ثابتة. هذا .. ولم تكن لهذه المركبات علاقة بمقاومة الآفات على الرغم من إمكان حث الخس لإنتاج الفيتوألاكسين lettucenin A، وهو – كذلك – عبارة عن sesquiterpene lactone (Sessa وآخرون ٢٠٠٠).

السبانخ

النترات

وجدت اختلافات وراثية بين أصناف السبانخ، والخس، والفجل، والفاصوليا الخضراء فى محتواها من النترات. وتعد السبانخ أكثر الخضروات احتواءً على النترات، خاصة فى أعناق الأوراق التى يزيد محتواها من النترات عدة أضعاف عن محتوى الأنصال. ويعنى ذلك أن التخلص من أعناق الأوراق عند إعداد السبانخ للطهى، أو للتصنيع يؤدى إلى التخلص من جزء كبير من النترات (Maynard وآخرون ١٩٧٦).

وقد تراوحت نسبة النترات فى أوراق ثلاثة أصناف من السبانخ من ٠,٠٤٥٪ إلى ٠,١٧ ٪ على أساس الوزن الجاف. وعلى الرغم من التفاوت الكبير المشاهد بين الأصناف فى محتواها من النترات.. إلا أن المستوى يعد منخفضًا – بوجه عام – ولا يمكن أن يضر الشخص البالغ (Barker وآخرون ١٩٧٤، Maynard & Barker ١٩٧٤).

وتراوح تركيز النترات فى الأوراق الطازجة لصنفين من السبانخ بين ٢٤٠٠، و٢٥٠٠ جزء فى المليون (Watanabe وآخرون ١٩٩٤).

وفى محاولة لمعرفة طبيعية الاختلافات بين الأصناف فى قدرتها على تراكم أيون النترات بها .. وجد Olday وآخرون (١٩٧٦) ان نشاط إنزيم نترات رد كتيز NO^-_3 reductase كان أقل فى الصنف أميركا مما فى الصنف هجين ٤٢٤ Hybrid 424، علمًا بأن النترات تتراكم فى جذور الصنف الأول وأوراقه بدرجة أكبر عما فى الصنف الثانى.

ويرتبط محتوى نباتات السبانخ من النترات – إيجابيًّا – بصورة جوهرية – بنسبة الساق – فى النباتات التى يتم حصادها من مختلف الأصناف، ولكنه لا يرتبط بدرجة تجعد الأوراق (Grevsen & Kaack ١٩٩٦).

كما يرتبط تركيز النترات فى أعناق أوراق السبانخ جوهريًّا – بصورة إيجابية – مع كل من الوزنين الطازج والجاف للنمو الخضرى، والكمية الكلية للرطوبة فى النمو الخضرى، ولم تكن تلك العلاقة قائمة بالنسبة لمحتوى أنصال الأوراق من النترات (Huang وآخرون ٢٠١٠).

وتتراكم النترات فى السبانخ مع زيادة التسميد الآزوتى، وفى الضوء عنه فى الظلام، وفى الأيام المشمسة عنه فى الأيام الملبدة بالغيوم.

وعلى الرغم من ازدياد محتوى أوراق السبانخ من كل من النترات nitrate والنتريت nitrite مع زيادة مستوى التسميد الآزوتى، فإن مستواهما ظلَّ فى الحدود الآمنة التى تحددها بعض الدول. وأدى استعمال المصادر العضوية للنيتروجين إلى إنتاج أفضل نوعية من السبانخ بأقل محتوى من النترات (Martinetti ١٩٩٥).

وقد حاول Mills وآخرون (١٩٧٦) التوصل إلى مستوى التسميد الآزوتى، الذى يعطى أكبر محصول مع أقل نسبة ممكنة من أيون النترات، واستخدموا فى هذه الدراسة الصنف أميركا America، الذى تتراكم فيه النترات بدرجة عالية، وكانت نتائجهم كما يلى:

١- كان تراكم النترات فى الأوراق أقل عندما استعملت سلفات النشادر كمصدر للآزوت، عما كانت عليه الحال عند التسميد بنترات البوتاسيوم. وكان ذلك مصحوبًا – أيضًا – بنقص فى المحصول، وربما كان ذلك بسبب تسمم النباتات بأيون الأمونيا من جرّاء زيادة التسميد النشادرى.

٢- أدت المعاملة بالنيترابيرن nitrapyrin – وهو مركب مثبط لعملية النترتة Nitrification Suppressor – إلى نقص كبير فى محتوى الأوراق من النترات. وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى المحصول الكلى عندما استعملت سلفات النشادر كمصدر للآزوت، لكنه لم

تكن للمعاملة أى تأثير على تراكم النترات، وكان تأثيرها على المحصول قليلاً عندما كان التسميد بنترات البوتاسيوم.

٣- تحققت أفضل النتائج لدى إضافة نصف الآزوت فى صورة أمونيا، والنصف الآخر فى صورة نترات؛ حيث تساوى المحصول فى هذه الحالة مع إضافة الآزوت كله فى صورة نترات فقط، وكان ذلك مصحوبًا بنقص تراكم النترات بنسبة ٣٥٪ فى حالة عدم المعاملة بالنيترابيرن، وبنسبة ٥٠٪ عند المعاملة به. كما لم تكن لمعاملة النيترابيرن أى تأثير سلبى على المحصول.

وقد أدت زيادة قوة المحلول المغذى للسبانخ فى مزرعة مائية إلى ٥ ديسى سيمنز/م dS/m إلى زيادة الوزن الطازج للأوراق جوهريًّا. وبينما لم تؤثر زيادة تركيز العناصر الكبرى (النيتروجين، أو الفوسفور، أو البوتاسيوم) فى النمو، فإن إضافة ملح كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى بقوته القياسية (٢,٣ ديسى سمينز/م) حفزت النمو النباتى بدرجة توقفت على الرطوبة النسبية، وحدثت أفضل معدلات نمو عند إضافة كلوريد الصوديوم بتركيز جرامين/ لتر عند رطوبة نسبية ٧٥ ± ٥٪، أو بتركيز جرام واحد/ لتر عند رطوبة نسبية ٦٠ ± ٥٪. وقد كان فقد الرطوبة من الأوراق بعد الحصاد أعلى فى نباتات الكنترول عما فى تلك التى نمت فى وجود كلوريد الصوديوم. هذا ولم تؤثر المعاملة بكلوريد الصوديوم على محتوى أوراق السبانخ من أى من أيونى الأوكسالات أو النترات (Masuda & Momura ١٩٩٧).

الأوكسالات

تتباين أصناف السبانخ فى محتوى أوراقها من حامض الأوكساليك الذائب، حيث تراوح – على سبيل المثال – بين ٥٦٠ مجم/ ١٠٠ جم وزن طازج فى الصنف Lead، و٧٤٠ مجم فى الصنف Magic، كما تباينت نسبة حامض الأوكساليك الذائب إلى الكلى من ٠,٨٠٠ إلى ٠,٨٧١ فى الصنفين على التوالى (Watanabe وآخرون ١٩٩٤). وعمومًا .. فإن محتوى الأوراق من الأوكسالات ينخفض فى الأصناف السريعة النمو مقارنة بالأصناف البطيئة النمو، على الرغم من عدم وجود ارتباط بين معدل النمو النسبى للأوراق ومحتواها من الأوكسالات (Hirooka & Sugiyama ١٩٩٢).

وينخفض تركيز محتوى أوراق السبانخ من الأوكسالات كلما بعدت الورقة عن قاعدة النبات، وتتباين الأصناف فى شدة هذا الانخفاض، فهو – على سبيل المثال – يكون شديدًا فى الصنفين Okame، وKyoho، ولكنه يكون قليلاً فى الصنف Virofly (Okutani & Sugiyama ١٩٩٤)، كما ينخفض المحتوى جوهريًا بزيادة الوزن الطازج للأوراق، ومن ثم يختلف المحتوى باختلاف الحشّات (Hirooka & Sugiyama ١٩٩٢).

ويرتبط محتوى السبانخ من حامض الأوكساليك سلبيًا – بصورة جوهرية – مع نسبة الساق فى النباتات التى يتم حصادها بمختلف الأصناف، ويرتبط إيجابيًا بمحتوى الأوراق من الكلوروفيل وبمدى دكنة لونها الأخضر، علمًا بأن دكنة اللون الأخضر ترتبط إيجابيًا – كذلك – بالمحتوى الكلوروفيللى (Grevsen & Kaack ١٩٩٦).

ووجد عند زراعة ١٨٢ صنفًا من السبانخ فى أربع عروات (ربيعية وصيفية وخريفية وشتوية) تحت ظروف الحقل فى Hiratsuka باليابان أن متوسط عدد الأيام من الزراعة حتى الحصاد تراوح من ٣٢,٧ يومًا فى العروة الصيفية إلى ٨٥,٧ يومًا فى العروة الشتوية.

ولقد كان متوسط تركيز النترات فى السبانخ أقل جوهريًا فى العروة الشتوية (٣٧٩٧ مجم/كجم وزن طازج)، مقارنة بالعروات الثلاث الأخرى (٤١٢٢ – ٤٣٢٨ مجم/كجم وزن طازج)، وهى التى لم تختلف فيما بينها جوهريًا فى متوسط مستوى النترات.

وبالمقارنة .. فإن تركيز الأوكسالات أظهر تباينات فصلية واضحة، حيث كان أقل تركيز فى العروة الخريفية (٦١٤٩ مجم /كجم وزن طازج)، ثم فى العروة الصيفية (٧٥٢٥ مجم/ كجم وزن طازج)، فالعروة الربيعية (٨٩٠٣ مجم/كجم وزن طازج)، وكان أعلى تركيز فى العروة الشتوية (١٠٩٢٩ مجم/ كجم وزن طازج).

ولقد أظهر التركيز النسبى للنترات ارتباطًا سلبيًا وسطًا مع عدد الأيام النسبى من الزراعة إلى الحصاد (r : ٠,٤١١)، بينما أظهر التركيز النسبى للأوكسالات ارتباطًا إيجابيًا قويًا مع عدد الأيام النسبى من الزراعة إلى الحصاد (r : ٠,٥٦٦). وترتب على ذلك ظهور ارتباط سلبى وسط (r : ٠,٣٢٥) بين تركيزى النترات والأوكسالات.

كذلك فإن أصناف السبانخ السريعة النمو كانت الأعلى محتوى من النترات والأقل محتوى من الأوكسالات، بينما كان العكس فى الأصناف البطيئة النمو. ويعنى ذلك أن معدل نمو السبانخ يؤثر فى محتواها من كل من النترات والأوكسالات، وأن محصول السبانخ الذى يكون الأقل محتوى من أى منهما يكون الأعلى محتوى من الآخر (Kaminish & Kita وآخرون ٢٠٠٦).

ويزداد تركيز الأوكسالات الكلية والذائبة وغير الذائبة فى أنصال أوراق السبانخ عما فى أعناقها، ويكون التركيز أقل ما يمكن فى الجذور، علمًا بأن معظم الأوكسالات توجد فى السبانخ فى صورة ذائبة. وقد ازداد تركيز الأوكسالات الذائبة فى الأوراق بزيادة تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى حتى وصل إلى ٨ ملى مول/ لتر، ثم انخفض تركيز الأوكسالات بزيادة تركيز النيتروجين عن هذا المستوى. وعند مستوى ثابت من النيتروجين أدت زيادة الكالسيوم فى المحلول المغذى إلى خفض محتوى الأوكسالات الذائبة فى الأوراق، وكان أقل تركيز من الأوكسالات الكلية عند وجود الكالسيوم فى المحلول المغذى بتركيز ٥ ملى مول/ لتر. وقد احتوت الأوراق وأعناق الأوراق على أقل تركيز من الأوكسالات الكلية وأقل نسبة من الأوكسالات الذائبة عندما كان تركيز النيتروجين والكالسيوم فى المحلول المغذى ٨، و٥ ملى مول/لتر، على التوالى (Zhang وآخرون ٢٠٠٩).

ويزيد محتوى أوراق السبانخ من حامض الأوكساليك بزيادة التسميد البوتاسى والنيتروجينى، ويقل بزيادة مستوى التسميد الفوسفاتى (Regan وآخرون ١٩٦٨). كما يزيد تركيز حامض الأوكساليك بانخفاض درجة الحرارة (Ryder ١٩٧٩).

كما وجد أن محتوى الأوكسالات الكلى والذائب انخفضا بزيادة نسبة الأمونيوم إلى النترات فى المحلول المغذى (Ota & Kagawa ١٩٩٦).

ولقد انخفض محتوى النموات الخضرية للسبانخ من الأوكسالات – فى صورها المختلفة – مع انخفاض نسبة النيتروجين النتراتى NO_3^- إلى النيتروجين الأمونيومى NH_4^+ – من نسبة ١٠٠ إلى صفر حتى نسبة صفر : ١٠٠. ولقد كان تركيز الأوكسالات الكلى والأوكسالات الذائبة أقل ما يمكن

عندما كانت نسبة NO_3^- إلى NH_4^+ ٥٠ : ٥٠، بينما استمر تركيز الاوكسالات غير الذائبة فى الانخفاض مع استمرار انخفاض نسبة NO_3^- إلى NH_4^+ عن ٥٠ : ٥٠ (Zhang وآخرون ٢٠٠٥).

وكان للأسمدة البطيئة التيسر تأثيرًا جيدًا على محتوى الأوراق من الأوكسالات، حيث انخفض محتوى حامض الأوكسالات عندما سمدت النباتات باليوريا المغطاة بالكبريت، أو بسلفات الأمونيوم المغطاة بالكبريت مقارنة بمحتواها عندما كان التسميد بسلفات الأمونيوم العادية (Takebe وآخرون ١٩٩٦).

وأدى تظليل النباتات بنسبة ٣٠٪ أو ٥٠٪ من الإنبات حتى الحصاد إلى نقص محتوى السبانخ من كل من الأوكسالات وحامض الأسكوربيك (Nakamoto وآخرون ١٩٩٨).

كذلك ازداد تركيز حامض الأوكساليك مع الانخفاض فى درجة الحرارة (عن Ryder ١٩٧٩).

هذا .. وبينما لا يؤثر حامض الأوكساليك تأثيرًا يذكر على ضبط الضغط الإسموزى فى النبات، فإن أوكسالات البوتاسيوم تلعب دورًا رئيسيًّا فى هذا الشأن (Sugiyama وآخرون ١٩٩٩).

الكرفس

النترات

قدر محتوى النيتروجين النتراتى بالجزء فى المليون على أساس الوزن الجاف بنحو ٤,٩ فى جذور الكرفس، و١٠,٣ فى أعناق الأوراق، و١٤,٤ فى أنصال الأوراق (عن Rubatzhy وآخرين ١٩٩٩).

الهندباء

النترات

ازداد محتوى أوراق الهندباء من النترات من ٤١٥٧ إلى ٥٦٣٤ مجم/ كجم – على أساس الوزن الطازج – وذلك عند زيادة تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى من ٨ إلى ١٦ مللى مول.

كذلك ازداد محتوى النترات من ٤١١٦ إلى ٥٦٧٦ مجم/ كجم بتغيير نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى فى المحول المغذى من ١ : ١ إلى صفر : ١ (Santamaria وآخرون ١٩٩٧ ب، ١٩٩٧ج). وفى دراسة أخرى (Elia & Santamaria ١٩٩٧) أدت التغذية بالنيتروجين فى صورة أمونيوم فقط إلى إنتاج رؤوس هندباء خالية من النترات وذات وزن طازج (١٧١ جم) مماثل لتلك التى أمدت بالنيتروجين فى صورة نتراتية فقط. ومقارنة بالنسب الأخرى من النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى فإن النباتات التى أمدت بالنيتروجين الأمونيومى فقط كانت أكثر غضاضة وعصارية، وكان لونها الأخضر أكثر قتمة. وأدى التسميد بخليط من صورتى النيتروجين إلى تحسين المحصول، ولكن مع حدوث تراكم كبير للنترات فى الرؤوس، فبزيادة نسبة النيتروجين النتراتى من ٣٠٪ إلى ٧٠٪ ازداد الوزن الطازج للرأس من ١٩٦ إلى ٢٣١ جم وازداد المحتوى النتراتى من ٢,٤ إلى ٦,١ جم/كجم وزن طازج، وبازدياد نسبة النيتروجين النتراتى إلى ١٠٠٪ كان تركيز النترات ٥,٥ جم/ كجم. هذا إلا أن المحتوى الكلى للرؤوس من النيتروجين ازداد بوجود النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى ونقص باقتصار النيتروجين على المصدر النتراتى. وقد أوصى الباحثان باستعمال مصدر أمونيومى فقط للتسميد الآزوتى فى الهندباء.

وأدى تغيير نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى فى المحلول المغذى للهندباء من صفر : ١٠٠ إلى ٥٠ : ٥٠ خلال الثلاثة عشر يومًا السابقة للحصاد إلى انخفاض محتوى الأوراق من النترات بمقدار ٢٦,٧٪ مقارنة بمحتوى النترات فى النباتات التى تلقت كل النيتروجين – حتى الحصاد – فى صورته النتراتية فقط. وعندما خفض التسميد الآزوتى خلال الأسبوع السابق للحصاد بمقدار ٩٠٪ مع تغيير نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى إلى ٧٠ : ٣٠ .. انخفض محتوى الأوراق من النترات بنسبة ٤٢,٣٪ - مقارنة باستمرار التسميد العادى بالنيتروجين النتراتى – دون حدوث أى تأثير جوهرى على الوزن الطازج للنبات، أو المساحة الورقية، أو الوزن الجاف للأوراق (Santamaria وآخرون ١٩٩٧ أ، وElia وآخرون ١٩٩٩).

وقد ازداد محصول الهندباء بمقدار ٢٢٪، وانخفض محتواها من النترات بمقدار ٣٩٪ عندما خُفِّض تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى المستعمل فى تغذيتها من ١٦ إلى ٨ ملى مول (Elia وآخرون ١٩٩٩).

هذا .. وتتباين أصناف الهندباء كثيرًا فى محتواها من النترات، وقد وجد لدى اختبار ١٢٥ صنفًا تجاريًّا أن الصنف فِكور Vicor كان أقلها محتوى (Reinink وآخرون ١٩٩٤).

الشيكوريا

المركبات المسئولة عن صفة المرارة

ترجع المرارة التى توجد فى الشيكوريا إلى محتواها من عدد من الـ sesquiterpene lactones، مثل: الـ lactucopicrin، والـ lactucin-like sesquiterpene lactones التى أظهرت ارتباطًا قويًّا بكل من المرارة والطعم المميز لكل من الشيكوريا الطازجة والمطهية ، بينما ارتبط الـ lactucopricin بالمرارة فقط (Peters & Amerongen ١٩٩٨).

ونقدم – فيما يلى – قائمة بأهم المركبات المسئولة عن صفة المرارة فى الشيكوريا (عن Bais & Ravishankar ٢٠٠١):

Lactucin	Lactucopicrin
Esculetin	Esculin
Cichorin	Umbelliferone
Scopoletin	
6,7-dihydroxycoumarin	

مركبات أخرى

من بين المركبات الأخرى التى توجد فى عصير جذور الشيكوريا، ما يلى:

stearin	mannites
tartaric acid	betaine
choline	

كذلك عزل من نباتات الشيكوريا مركبات 15-oxalyl مرتبطة بالـ guaianolide sesquiterpene lactones (Sessa وآخرون ٢٠٠٠).

الفجل

النترات

تختلف أصناف الفجل فى مدى استعدادها لتراكم النترات بأنسجتها، فمثلاً يزيد تراكم النترات كثيرًا فى الصنف Robijn عما فى الصنف Boy.

وقد ازداد تراكم النترات بأوراق وجذور الفجل عندما نميت فى حرارة ١٨ °م، وكذلك عندما نُميت فى حرارة ١٠ °م ثم نقلت إلى ١٤ أو ١٨ °م قبل حصادها بأحد عشر يومًا، مقارنة بالنباتات التى نميت فى حرارة أقل من ذلك. وقد تلاشت الفروق بين الصنفين Robijn، وBoy فى محتوى أنسجتهما من النترات فى حرارة ١٨ °م (Nieuwhof ١٩٩٤).

وأمكن خفض محتوى نباتات الفجل من النترات بزيادة معدل التسميد البوتاسى بمقدار ٥٠٪ عن المعدل الموصى به، مع خفض معدل التسميد الآزوتى المعدنى بنسبة ٥٠٪ واستبداله إما بسماد حيوى، وإما بسماد عضوى. وجدير بالذكر أن محتوى النترات بالعصير الخلوى للنباتات كان أقل عندما أجرى الحصاد بعد الظهر مقارنة بالقيم التى حُصل عليها عندما كان الحصاد فى الصباح الباكر (Ahmed وآخرون ١٩٩٧).

الكرنب الصينى

النترات

يتعرض الكرنب الصينى – كغيره من الخضر الورقية – لمشكلة تراكم النترات بأوراقه، الأمر الذى يمكن أن يتسبب فى مشاكل صحية للإنسان.

وقد وجد أن رش بادرات الكرنب الصينى – وهو فى مرحلة بداية ظهور الورقة الحقيقية الأولى – بموليبدات الصوديوم بتركيز جزء واحد فى المليون يؤدى إلى خفض تراكم النيتروجين النتراتى فى النباتات حتى عند زيادة معدلات التسميد الآزوتى (Zheng وآخرون ١٩٩٥).

كذلك تبين أن محتوى الأوراق الخارجية للكرنب الصينى من النترات كان أعلى مما فى الأوراق الداخلية (Yang وآخرون ٢٠٠٠).

وقد أوضحت الدراسات انخفاض محتوى النترات فى أوراق المسترد الصينى pak-choi بانخفاض شدة الإضاءة، وفى الساعة الثامنة صباحًا مقارنة بوقت الظهيرة (١٢ ظهرًا)، إلا أن الفروق فى محتوى النترات بين الموعدين نقصت بانخفاض شدة الإضاءة (Weng ٢٠٠٠).

الخضر البقولية

المركبات الضارة بالصحة

رغم كثرة محاصيل الخضر البقولية .. فإن الغالبية العظمى من البقوليات لا تؤكل، ويعد بعضها على درجة عالية من السمية، مثل *Laburnum anagroides* Medik، وهو الذى يعرف فى الإنجليزية باسم garden laburnum. كما أن الخضر البقولية تحتوى – هى الأخرى – على عدد من المركبات السامة، والتى يمكن تقسيمها حسب تأثيرها إلى المجاميع التالية:

١ـ مثبطات إنزيم البروتييز Protease Inhibitors

تحتوى الفاصوليا العادية وفول الصويا على مواد مثبطة لإنزيم البروتييز، وهى مواد بروتينية يعتقد أن بها إنزيم مثبط التربسين trypsin inhibitor. تؤدى هذه المواد إلى زيادة إنتاج البنكرياس للإنزيمات الهاضمة، ومن ثم إلى تضخمه. ويتم وقف مفعول هذه المركبات بالمعاملة بالحرارة.

٢ـ الهيماجلوتينينات Haemagglutinins

توجد هذه المركبات فى الفاصوليا العادية وفول الصويا أيضًا، وهى بروتينات يؤدى وجودها إلى خفض كفاءة عملية امتصاص نواتج الهضم، وهى تفقد خواصها بالحرارة.

٣ـ الجلوكوسيدات السيانوجينية Cyanogenic Glucosides

أمكن عزل هذه المركبات من فاصوليا الليما، ومن أمثلتها: مركب لينامارين Linamarin، أو فاصيولوناتين Phaseolunatin الذى يتحلل بواسطة إنزيم بيتاجلوكوسيديز beta-glucosidase إلى جلوكوز، وأسيتون، وحامض هيدروسيانيك. تختلف أصناف فاصوليا الليما – كثيرًا – فى محتواها من الفاصيولوناتين، حيث يتراوح من ١٠ – ٣٠٠ مجم/١٠٠ جم من الفاصوليا، ويتواجد

الحد الأقصى فى السلالات البرية، بينما تحتوى الأصناف التجارية على تركيز ١٠ – ٢٠ مجم من أيون CN^- / ١٠٠ جم، وهو تركيز آمن فى الولايات المتحدة، وتعد جميع البقوليات فى الحدود الآمنة بالنسبة لتركيز الجلوكوسيدات السيانوجينية، وذلك باستثناء فول الصويا، والفول الرومى، وبذور اللابلاب الملونة. ويؤدى استهلاك الجلوكوسيدات السيانوجينية بكميات كبيرة إلى الإصابة بالشلل.

٤ـ السابونينات Saponins

توجد هذه المركبات فى فول الصويا، وفاصوليا السيف Sword bean، وفاصوليا جاك Jack bean، وهى تسبب القئ والغثيان، وتوقف النمو، ويمكن التخلص منها بالمعاملة بالحرارة.

٥ـ الألكالويدات Alkaloides

توجد هذه المركبات فى عديد من البقوليات، ولكن لم يثبت وجود علاقة بينها وبين أى من حالات التسمم الناشئ عن التغذية بالبقوليات.

٦ـ المركبات المحدثة لمرض تضخم الغدة الدرقية Goitre

توجد هذه المركبات (تسمى goitrogens) فى الصليبيات، ويعتقد وجودها فى البقوليات كذلك .. فبعض البقوليات مثل فول الصويا، والبسلة والفاصوليا تحتوى على هذه المركبات، ويؤثر استهلاكها دون طهى على تمثيل اليود فى الجسم، حيث يعمل على تثبيته، ويؤدى إلى نقصه فى الغدة الدرقية وظهور أعراض المرض.

٧ـ المركبات المحدثة لمرض لاثيرزم Lathyrism

يصيب هذا المرض الإنسان، وتظهر أعراضه أسفل الفخذ،ويسبب الشلل ويرتبط بالتغذية على بسلة تشكلنج Chicking pea، وتزداد خطورته عندما يستهلك الفرد أكثر من ٣٠٠ جم من بذور المحصول يوميًا. وقد ظهر هذا المرض عدة مرات فى الهند، وهى الدولة التى يزداد فيها استهلاك هذا المحصول، خاصة بين الطبقات الفقيرة. ويمكن تجنب الإصابة بالمرض بعمل توازن بين فاصوليا تشكلنج والحبوب فى الغذاء. هذا .. وتزداد نسبة الإصابة بالمرض بين الذكور، ولا يمكن الشفاء منه عادة.

٨ـ المركبات المحدثة لمرض الفافيزم Favism

الفافيزم 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، وتعرف باسم divicine، وisouramil، والتى تحدث الحالة الطبية المعروفة باسم hemolytic anemia، لدى الأفراد الذين لا يمكنهم إنتاج إنزيم معين يعرف باسمNADP-linked-6-phosphate dehydrogenase، مما يؤثر على أيض الجلوتاثيم glutathime فى كرات الدم الحمراء. ويشيع هذا المرض خاصة فى حوض البحر الأبيض المتوسط.

٩ـ المركبات التى يصعب هضمها

تحتوى بعض البقوليات على مركبات يصعب هضمها فى الجهاز الهضمى للإنسان، والتى من أمثلتها ما يلى:

أ- المواد الكربوهيدراتية غير الميسرة .. ومن أمثلتها: البنتوزات pentoses، والجالاكتونات galactones، والهميسيليلوز hemicellulose، وهى تكثر فى فاصوليا بامبارا.

ب- المركبات التى تتحد مع البروتين وتكون protein conjugates غير ميسرة للامتصاص، وهى توجد فى بعض البقوليات (Liener ١٩٧٣، Smartt ١٩٧٦).

١٠ـ مركبات سامة أخرى

من أمثلة حالات المركبات السامة الأخرى، ما يلى:

أ- تحتوى جذور فاصوليا اليام على الروتينون، وهو مبيد حشرى قوى المفعول.

ب- يمكن لبعض الأنواع البقولية – عند زراعتها فى تربة تحتوى على تركيزات عالية من السيلينيم أو الموليبدنم – أن تمتص كميات كبيرة من هذين العنصرين، علمًا بأنهما يمكن أن يسببا للإنسان أضرارًا صحية إذا تناولهما فى غذائه بكميات كبيرة (عن Yamaguchi ١٩٨٣).

الفاصوليا

بينما لا توجد أى مركبات ضارة بالصحة فى الفاصوليا الجافة المطهية، فإن الفاصوليا الجافة غير المطهية (وهى لا تؤكل على أية حال) تزخر بالمركبات الضارة بالصحة، والتى منها ما يلى:

- مُثبط إنزيم التربسين trypsin inhibitor؛ مما يؤدى إلى عدم الاستفادة من الحمض الأمينى cystine وإلى تضخم البنكرياس.
- مُثبط إنزيم الكيموتربسن chymotrysin inhibitor؛ مما يؤدى إلى تثبيط عمل الإنزيم.
- مُثبط إنزيم الألفا أميليز ∝-amylase inhibitor؛ مما يؤثر فى الاستفادة من المركبات الكربوهيدراتية.
- مُثبط إنزيم الـ subtilisin.
- الـ phytohemaagglutinins (أو اللكتينات)؛ وهى التى تؤدى إلى تثبيط النمو والوفاة.
- الفيتات phytates؛ وهى التى تؤدى إلى تقليل تيسر العناصر المعدنية وتؤثر فى ذوبان البروتين.
- عوامل الـ flatulence (مثل الـ oligosaccharides لعائلة الرافينوز raffinose؛ وهى التى تؤدى إلى إنتاج غازات البطن (الأيدروجين وثانى أكسيد الكربون والميثان).
- متعددات الفينول polyphenolics؛ وهى التى تؤدى إلى تقليل هضم البروتين وتعمل كمثبط لعدة إنزيمات.
- السيانوجينات cyanogens، وهى التى تؤدى إلى التسمم بالسيانيد.
- الـ goitrogens؛ وهى التى تؤدى إلى تثبيط ارتباط اليود بالغدة الدرقية.
- الـ lathyrisn؛ مما يؤدى إلى شلل الأطراف السفلى، وقد يؤدى إلى الوفاة.
- الـ favism؛ مما يؤدى إلى الـ hemolytic anemia.

- الـ allergens؛ والتى تتسبب فى عدد من تفاعلات الحساسية.
- السابونات saponins؛ والتى تتسبب فى تكوين الرغوة وإحداث hemolysis.
- الـ estrogens؛ وهى التى تمنع النمو وتتضارب مع التكاثر.
- مضادات لفيتامينات D، وE، وB_1 (عن Salunkhe وآخرين ١٩٨٥).

اللوبيا

تحتوى بذور اللوبيا على مثبطات للتربسين trypsin، والكيموتربسين chymotrypsin، وكذلك على مركبات سيانوجينية cyanogenic compounds، وجميعها مركبات ضارة بالصحة، ولكن هذه المركبات تتحطم بالحرارة ويتم التخلص منها عند الطبخ (عن Fery ١٩٩٠).

عيش الغراب (المشروم)

محتوى المشروم المأكول من المركبات الضارة

العناصر الثقيلة

يتراكم الكادميوم والزئبق فى المشروم بمعدلات عالية، بينما يتراكم الرصاص فيه ببطء شديد، وذلك عند نموه فى البيئات الملوثة بتلك العناصر. وفى إحدى الدراسات احتوت ١٦٪ من عينات المشروم التى تم جمعها على الزئبق بتركيز يزيد عن ٠,٠٥ جزء فى المليون، وهو الحد الأقصى الآمن للزئبق فى الأغذية. ومن المعتقد أن مصدر التلوث بالزئبق فى تلك الدراسة كانت أدوية علاج الخيل الذى استخدمت مخلفاته فى عمل كومبوست الزراعة.

كذلك تتراكم الفضة فى المشروم – وخاصة فى الخياشيم – بتراكيزات عالية تراوحت فى أنواع الجنس *Agaricus* بين ١٠، و١٣٣ ميكروجرام/ جم وزن طازج (عن Manning ١٩٨٥).

حامض الأيدروسانيك

دُرس محتوى ١٥٠ نوعًا من المشروم المزروع والبرى - فى كل من ألمانيا وسويسرا – من حامض الأيدروسانيك HCN. ووجد أن ١٤ نوعًا منها فقط – أى حوالى ٩٪ - احتوت على

كميات من الحامض تراوحت بين ٧، و٢٦٨ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الطازج. وقد كانت الأنواع المزروعة الرئيسية التى شملتها الدراسة – وهى: عيش الغراب العادى، وعيش الغراب المحارى، وعيش غراب القش خالية تمامًا من الحامض. وفى الحالات التى احتوى فيها نوع مزروع على الحامض، فإن أبسط عمليات الإعداد، مثل مجرد تجفيف المشروم على حرارة أعلى من ٥٠ °م، أو طهيه، أو قليه أدت إلى تخليصه تمامًا من الحامض. ولذا .. فإن المشروم المأكول لا يشكل أى مشاكل صحية للمستهلك فيما يتعلق بحامض الأيدروسيانيك (Stijve & Meijer ١٩٩٩).

المركبات المسرطنة

يحتوى المشروم العادى *A. bisporus* وعشرة أنواع أخرى من الجنس *Agaricus* – ليس من بينها *A. sylvaticus* – على مركبين سامين للحيوان، هما:

Agaritine (B-N-[-L(+)-glutamyl]-4-hydroxymethylphenylhydrazine

4-hydroxymethylphenyldrazine

ولقد ثبت أن الهيدرازينات hydrazines ومشتقاتها – مثل المركبين أعلاه – تعتبر من المركبات المحدثة للسرطان فى فئران التجارب، ولكن لم تتأكد صحة ذلك – بعد – فى الإنسان.

وبينما يتراوح تركيز الأجاريتين agaritine فى المشروم الطازج بين ٠,٠٣٣٪، و٠,١٧٣٪ (على أساس الوزن الرطب)، فإن هذا التركيز ينخفض إلى نحو ٣٢٪ مما كان عليه بعد تخزين المشروم لمدة ٥ أيام على ٢ أو ١٢ °م، وإلى ٢٦٪ فقط بعد حفظ المشروم على - ٥ °م لمدة شهر، وإلى ٣٤٪ بعد الطهى فى الماء، ثم إلى ١٣٪ فقط أثناء التصنيع والتخزين .. وجميع هذه العوامل التى تفيد فى خفض محتوى المشروم من الأجاريتين تحدث – غالبًا – بصورة طبيعية سواء أكان ذلك أثناء التسويق، أم التصنيع، أم الطهى (عن Manning ١٩٨٥).

الأنواع السامة البرية من المشروم

لا يمكن أبدًا الاعتماد على الشكل المظهرى لتمييز الأنواع السامة من المشروم عن الأنواع غير السامة، كما لا يمكن أبدًا الحكم على صلاحية المشروم البرى للاستهلاك وعدم سميته من مجرد سلامة الحشرات، أو القواقع، أو القوارض، أو حتى الثدييات التى تتغذى عليها. ولا يمكن القول بأن الجنس الذى يضم كثيرًا من الأنواع غير السامة لا يضم أنواع سامة، ومن أبرز الأمثلة على ذلك الجنس *Agaricus* الذى يضم أنواع المشروم العادى المستخدم فى الإنتاج التجارى فى الوقت الذى يضم كذلك النوع *A. xanthoderma* السام. كما أن الجنس الذى يضم كثيرًا من الأنواع السامة قد يضم – كذلك – أنواعًا مأكولة، ومن أمثلة ذلك الجنس *Amanita* الذى يضم أنواعًا كثيرة قاتلة، مثل *A. phalloides*، و*A. Verna*، و*A. verosa* ولكنه يضم كذلك النوع المأكول *A. rubescence*.

وقد يتشابه نوعان من المشروم إلى حد كبير بينما يكون أحدهما سامًّا والآخر مأكولاً، ومثال ذلك النوع السام *Lepiota margani* الشديد السمية والذى يصعب تمييزه مورفولوجيًّا عن النوع المأكول *L. rachodes* إلاّ فى مرحلة متقدمة من النضج، حيث يكون الأول (السام) ذا خياشيم خضراء وترسبات جرثومية خضراء باهتة، بينما تكون جراثيم وخياشيم الثانى (المأكول) بيضاء اللون.

كذلك لا يمكن أبدًا الاعتماد على أن إعداد المشروم للاستهلاك أو حفظه أو طهيه يمكن أن تخلص المشروم السام من سميته.

وتجدر الإشارة إلى أنه حتى المشروم المأكول يمكن أن يتسبب فى حدوث عسر هضم لدى بعض الأفراد الأصحاء، كما قد يكون لبعض الأفراد حساسية من بعض أنواع المشروم. وقد يحدث عسر الهضم نتيجة لتناول كميات كبيرة من المشروم، أو تناوله مع أغذية أخرى عسرة الهضم، أو بعد تقدمه فى النضج عما ينبغى.

وقد يؤدى تناول المشروم السام إلى إحداث أى من الأعراض التالية:

١ - إتلاف الجهاز العصبى .. كما فى حالة تناول المشروم *Amanita phalloides*.

٢- إتلاف المعدة من خلال التأثير على الجهاز العصبى المركزى، كما فى حالة تناول *Amanita muscaria*، أو من خلال التأثير المباشر على الأغشية المبطنة للمعدة، كما فى حالة تناول المشروم *Gyromitra esculenta*.

٣- سيولة فى الدم .. كما فى حالة تناول المشروم *Amanita rubescens*.

٤- إتلاف العضلات، وخاصة عضلات الرحم والأوعية وغيرها من الأعضاء التى تحتوى على ما يعرف بالألياف العضلية الناعمة *smooth muscle fibers*.

٥- التأثير على وظائف القلب.. يحدث ذلك بصورة واضحة بفعل تناول كثير من الأنواع السامة.

ويتعين عند تناول أى نوع سام من المشروم بطريق الخطأ. مراعاة ما يلى:

١- التقيؤ بأسرع ما يمكن لإفراغ المعدة مما يوجد بها من الفطر، علمًا بأنه لا يجوز الانتظار على هذه الخطوة لحين وصول الطبيب لعمل غسيل معدة.

٢- تناول مسهل قلوى مثل شربة الملح (كبريتات المغنيسيوم) بمعدل ملعقة شاى ممسوحة أو ملعقتين فى كوب من الماء الدافئ. وفى حالة وجود آلام فى المعدة تستبدل شربة الملح بشربة زيت الخروع.

٣- المعاملة بحقن الأتروبين فى العضل أو بغيره من الأدوية للتخلص من السموم التى وصلت إلى الدم.

٤- يقوم الطبيب بمعالجة أى من الأعراض التى يكون قد أحدثها تناول المشروم.

٥- إعطاء منشطات للقلب (عن Bahl ١٩٩٤).

مصادر إضافية

لمزيد من التفاصيل حول أنواع المركبات الضارة بصحة الإنسان التى توجد فى محاصيل الخضر ومضارها .. يُراجع Rubatzky & Yamaguchi (١٩٩٩؛ صفحات ٤٧- ٥٤).