الفصل الرابع

محتوى الخضر من المركبات ذات الأهمية الطبية

لا تقتصر الأهمية الطبية للخضر على ما تحتويه من مكونات غذائية غاية فى الأهمية لصحة الإنسان، مثل الفيتامينات والعناصر والبروتين والمركبات الكربوهيدراتية والدهنية (الأمر الذى تناولناه بالشرح فى الفصول الثلاثة الأولى من الكتاب)، وإنما تتعدى ذلك إلى ما تحتويه من مركبات أخرى كثيرة – تعد غالبيتها من مركبات الأيض الثانوية – ويكون لها تأثير مباشر على صحة الإنسان، حيث تقيه من أمراض كثيرة وخطيرة؛ الأمر الذى نتناوله بالشرح فى هذا الفصل.

علاقة محتوى الخضر من الفيتامينات والمعادن فى الوقاية من الأمراض

أسهبنا من قبل فى بيان محتوى الخضر من الفيتامينات والمعادن، ونربط تحت هذا العنوان بين ذلك المحتوى (فى الخضر والفاكهة) والوقاية من الأمراض، كما يتبين من جدول (٤- ١).

جدول (٤-١)

الخضر والفاكهة التى تُعد من المصادر الغنية بمختلف المركبات المفيدة لصحة الإنسان (عن Kader وآخرين ٢٠٠٧)

المكون الغذائى	المصادر الهامة	الأهمية الطبية
فيتامين C	البروكولى – الكرنب – الكنتالوب – الموالح – الجوافة – الكيوى – الخضر الورقية – الفلفل – الأناناس – البطاطس – الفراولة – الطماطم – البطيخ	منع الإسقربوط – المساعدة على التئام الجروح – المحافظة على المناعة الطبيعية للجسم تقليل أخطار الإصابة بالعشى الليلى والإجهاد المزمن والصدفية وأمراض القلب والذبحة وإعتام عدسة العين (الكتاراكت)
فيتامين A	الخضر داكنة الخضرة (مثل الكولارد وأوراق اللفت)– الخضر البرتقالية اللون (مثل الجزر – القرع العسلى – البطاطا)– الثمار البرتقالية اللُب (مثل المشمش– الكنتالوب – المانجو – النكتارين – البرتقال – الباباظ – الخوخ – البرسيمون – الأناناس) – الطماطم	
فيتامين K	النُقل – البصل الأخضر – الصليبيات (الكرنب – البروكولى – كرنب بروكسل) – الخضر الورقية	تمثيل عوامل التجلط وتجنب هشاشة العظام

(يتبع)

تابع جدول (٤-١)

المكون الغذائي	المصادر الهامة	الأهمية الطبية
فيتامين E	النُقل (مثل اللوز – الكاجو – المكاداميا – البكان – الفستق – الجوز) – الذرة السكرية – الفاصوليا الجافة – الخضر الورقية الخضراء	تجنب أمراض القلب – العمل على أكسدة الدهون منخفضة الكثافة – المحافظة على الجهاز المناعى وتقليل مخاطر الإصابة بالسكر والسرطان
الأليـــاف	معظم الخضر والفاكهة الطازجة – الفاصوليا والبسلة الجافة	تقليل مخاطر الإصابة بالسكر وأمراض القلب
حامض الفوليك	الخضر الورقية داكنة الخضرة (مثل السبانخ والخس) – البروكولى – كرنب بروكسل – بامية – الفاصوليا الجافة – البسلة الخضراء – الأسبرجس	تقليل مخاطر تشوه الأجنة والإصابة بالسرطان وأمراض القلب والجهاز العصبى
الكالسيوم	الفاصوليا الجافة والخضراء – الخضر الورقية – بامية – الطماطم – البسلة – الباباظ – البرتقال – اللوز – القرع العسلى – القنبيط – الروتاباجا	تقليل مخاطر هشاشة العظام والأسنان وضغط الدم
المغنيسيوم	السبانخ – بامية – البطاطس – الموز – النُقل – الذرة السكرية – الكاجو	تجنب مخاطر الإصابة بهشاشة العظام ومشاكل الجهاز العصبى والأسنان والمحافظة على النظام المناعى
البوتاسيوم	البطاطس – البطاطا – الموز – الفاصوليا الجافة – الخضر الورقية – المشمش – البرقوق – البرتقال – الكوسة – الكنتالوب	تجنب مخاطر ضغط الدم المرتفع والنبحة وتصلب الشرايين
الليكوبين	الطماطم – البطيخ – الباباظ – الجوافة الحمراء – الجريب فروت الأحمر	تجنب مخاطر الإصابات السرطانية وأمراض القلب والمحافظة على خصوبة الذكور
الألفاكاروتين	البطاطا – المشمش – القرع العسلى والكنتالوب – الفاصوليا الخضراء – فاصوليا الليما – البروكولى – كرنب بروكسل – الكرنب – الكيل – الكيوى – الخس– البسلة – السبانخ – الخوخ – المانجو – الباباظ – الكوسة – الجزر	تقليل مخاطر الأورام السرطانية
البيتاكاروتين	الكنتالوب – الجزر – المشمش – البروكولى – الخس – السلق السويسرى – المانجو – البرسيمون – الفلفل الأحمر – السبانخ – البطاطا	تجنب مخاطر الإصابات السرطانية

ومن الفوائد الصحية المتميزة لبعض الخضر؛ ما يلى:

- **الكرنب**

تُفيد الإندولات التى تتوفر فى الكرنب فى تثبيط سرطان القولون والمعدة والثدى، إلاّ أن كثرة تناوله قد يضر بالغدة الدرقية.

- **الكرفس**

يُعد الكرفس (أعناق الأوراق) من أغنى الخضر فى الألياف، فضلاً عن ارتفاع محتواه من كل من الفوسفور والمغنيسيوم والكالسيوم وحامض البانتوثنيك، وفيتامين B_6، والريبوفلافين والمنجنيز والبوتاسيوم وحامض الفوليك وفيتامينات K، و C، و A. وهو من أقل الخضر محتوى من السعرات الحرارية، ويعتبر محتواه منها سلبى نظرًا لأنه يستهلك فى هضمه سعرات حرارية تزيد عما يحتويه منها.

- **الذرة السكرية**

تُعد الذرة السكرية عالية المحتوى من البيتا كربتوزانثين beta-cryptoxanthin، وهو مركب كاروتينى (يتوفر كذلك فى القرع العسلى والفلفل الأحمر) قد يقلل جوهريًّا من الإصابة بسرطان الرئة، حتى ولو كان الفرد مدخنًا. وتعد الذرة السكرية غنية – كذلك – فى كل من الألياف وحامض الفوليك.

- **الفجل**

يتميز الفجل بمحتواه العالى من الألياف والمنخفض من الدهون؛ فضلاً عن غناه فى كل من البوتاسيوم وحامض الفوليك وفيتامين C والكالسيوم وفيتامين B_6 والريبوفلافين والمنجنيز والنحاس والمغنيسيوم.

- **الفاصوليا الخضراء**

تتميز الفاصوليا الخضراء بارتفاع محتواها من الألياف وفيتامين K، وفيتامين C، وفيتامين A، والمنجنيز.

• **الخس**

يحتوى الخس الرومين على كميات جيدة من فيتامينات K، و C، وA والمنجنيز وحامض الفوليك، فضلاً عن انخفاض محتواه من السعرات الحرارية (Banks ٢٠٠٨).

علاقة محتوى الخضر من مركبات الأيض الثانوية فى الوقاية من الأمراض

ننتقل الآن إلى بيان مجدول لمركبات الأيض الثانوية التى تتوفر فى الخضر والفاكهة وأهميتها فى الوقاية من الأمراض، كما يتضح فى جدول (٤- ٢). يُعد الجدول موجزًا لبعض ما يأتى بيانه فى هذا الفصل.

جدول (٤ – ٢)

مركبات الأيض الثانوية ذات الأهمية الطبية ومصادرها (عن **Kader** وآخرين ٢٠٠٧)

المركب	المصادر الهامة	الأهمية الطبية
مركبات فينولية:		
* بروأنثوسيانينات **Proanthocyanins**، مثل الـ **tannins**	التفاح – العنب – الرمان	تجنب مخاطر الإصابة بالسرطان
* الأنثوسيانيينات **anthocyanins**، مثل الـ: **cyanidin**، و**Delphinidin**، و **malavidin** و **peonidin** ، و**pelargonidin** و **petunidin**،	الثمار الحمراء والزرقاء والقرمزية (مثل التفاح والبلاكبرى والبلوبرى والعنب والنكتارين والخوخ والبرقوق والقراصيا والرمان والراسبرى والفراولة)	تجنب الإصابة بأمراض القلب وبدء الإصابة السرطانية وتقليل مخاطر الإصابة بالسكر وعتمة عدسة العين وضغط الدم والحساسية
* الـ **flavan-3-ols**، مثل الـ: **Epicatechin** ، و **catechin**، و **Epigallocatechin** و **gallocatechin**	التفاح – المشمش – البلاكبرى – البرقوق – الراسبرى – الفراولة	تجنب تكوين الجلطات والإصابات السرطانية

(يتبع)

تابع جدول (٤- ٢)

المركب	المصادر الهامة	الأهمية الطبية
* الفلافونات flavanones ، مثل الـــ: hesperetin ، و naringenin ، و eriodictyol	البرتقال – الجريب فروت – الليمون البتزهير والأضاليا – التانجارين	تجنب الإصابات السرطانية
* الفلافونولات flavonols، مثل الـــ: quercetin ، و Kaempferol ، و myricetin و rutin	البصل – الفاصوليا الخضراء – البروكولى – الكرانبرى- الكيل – الفلفل – الخس	تقليل مخاطر الإصابة بأمراض القلب ونوبات الإصابات السرطانية، وحماية الأوعية الدموية
* الأحماض الفينولية، مثل: caffeic acid و chlorogenic acid ، وcoumatic acid ، و ellagic acid	البلاكبرى – الراسبرى – الفراولة – التفاح – الخوخ – البرقوق – الكريز	تقليل مخاطر الإصابة بالسرطان وزيادة الكوليسترول
مركبات كاروتينية:		
* الزانثوفيلات xanthophylls، مثل: lutein ، و zeaxanthin و β-cryptoxanthin	الذرة السكرية – السبانخ – البامية – الكنتالوب – الكوسة – أوراق اللفت	تقليل ظهور تلطخات الجلد
* المونوتربينات monoterpenes، مثل: limonene	الموالح	تقليل مخاطر الإصابات السرطانية
المركبات الكبريتية، مثل: glucosinolates ، و isothiocyanates و indoles ، و allicin و diallyl disulphide	البروكولى – كرنب بروكسل – الثوم – البصل – الشيف – الكرات	تقليل مخاطر الإصابات السرطانية وارتفاع مستوى الكوليسترول وارتفاع ضغط الدم والسكر

الفوائد الطبية المتداولة شعبيًّا لمحاصيل الخضر

من بين الفوائد المتداولة شعبيًّا والمعروفة لمحاصيل الخضر، ما يلى (عن شمس الزراعة مارس ٢٠٠٠):

المحصول	الأهمية الطبية
الخبيزة (الأوراق)	علاج التزلات المعوية والإصابات الصدرية وفقر الدم
الملوخية (الأوراق والبذور)	مليئة ومدرة للبول، وتفيد البذور مرضى روماتيزم القلب، ومرضى ضعف العضلة القلبية، وذلك لاحتواء البذور على جلوكوسيدات هامة، والأليتوريزيد، والكوركوروزيد
الكوسة (الثمار والبذور)	تفيد فى طرد السوائل من الجسم، وفى علاج البروستاتا وخض ضغط الدم ومنع تكوين أورام والتهابات المثانة، وفى تقوية الذاكرة. والبذور طاردة للديدان.
الرجلة (الأوراق)	تخفيف آلام المغص الكلوى وتفيد فى نزول حصوات الجهاز البولى وفى علاج الذبحة الصدرية وقرحة المعدة والإثنى عشر.
الثوم (الفصوص)	مضاد للانتفاخ ، وقاتل للديدان المعوية، ومبطل لنمو الفطريات والبكتيريا، ومخفض لضغط الدم المرتفع، ومنشط لإفراز الصفراء، ومفيد فى تقوية الذاكرة. ويفيد استنشاق بخار الثوم فى علاج السل والزكام. كما يفيد تناول عدد من فصوص الثوم يوميًّا فى حالات تصلب الشرايين ومعالجة تقلصات الجهاز الهضمى والتهاب المصران الأعور والرئتين والأنفلونزا.
الخيار (الثمار)	يقى الجسم من السموم، ويفيد مرضى البول السكرى وفى تخفيف التهابات المعدة، وينعم الجلد.
الجزر (الجذور)	يفيد مرضى الرمد الجاف والعشى الليلى، وهو مضاد للإسهال، وينظم عمل الغدة الدرقية، ويخفف من زيادة خفقان القلب والاضطرابات العصبية، ويقلل الإصابة بالأمراض الجلدية ومن ظهور حب الشباب، وهو طارد للديدان المعوية، والعصير مقو للبصر. وتفيد البذور فى علاج البلغم والسعال ويساعد على إدرار البول وعلاج حصاة المثانة.

المحصول	الأهمية الطبية
البقدونس (الأوراق والجذور والبذور)	تُفيد الأوراق فى إدرار البول، وهى مصدر جيد لكل من فيتامين أ، ج وعناصر الكالسيوم والحديد، ويفيد مغلى الأوراق والجذور فى علاج نمش الوجه والالتهابات الجلدية وحب الشباب. ويفيد مسحوق البذور فى سرعة نزول الدورة الشهرية وإدرار اللبن وطرد الغازات وتقليل آلام التقلصات المعوية، وتقليل احتمالات الإجهاض. ويحتوى زيت البذور على مادة الـ **apiole** المقوية جنسيًّا.
الكرفس (الأوراق)	التخلص من الغازات والانتفاخات المعوية، وهو منشط للرغبة الجنسية، ولإفرازات المعدة، ويفيد فى شفاء الربو وضيق التنفس والسعال وفى علاج الأطراف والنقرس. يفيد عصير الكرفس – مع عسل النحل – فى خفض ضغط الدم.
الشبت (الأوراق)	طارد للغازات ومهدئ ومسكن لالتهابات الأعصاب، ومفيد لمرضى السكر وفى علاج التهابات المثانة، ومدر للبن عند المرضعات وتستخدم البذور فى علاج أمراض الأوعية الدموية فى الأقدام، وفى علاج الاضطرابات المعوية ويفيد زيت الشبت فى علاج سوء الهضم وانتفاخ البطن عند الأطفال.
الفجل (الجذور والأوراق والبذور)	يُفيد عصير الفجل فى علاج أمراض الحصوات المرارية، ويعد العصير مسكِّنًا لآلام الساقين، ويعتبر دهانًا موضعيًا لعلاج المفاصل. ويستخدم فى علاج السعال وإدرار البول، وهو مقوٍ للعظام، ونافع لمرضى البول السكرى والاضطرابات الكبدية، ويساعد فى إدرار اللبن للمرضعات، ويفيد فى علاج البلاجرا أو منع الإصابة بها.
الكرنب (الأوراق)	يُفيد مضغ الأوراق فى علاج التهابات اللثة، كما يُعد مضادًّا للقرحة المعدية. وهو يستعمل لعلاج الإمساك ومرض البول السكرى، ويستعمل مغلى الأوراق فى علاج السعال وطرد البلغم. ويفيد عصير الكرنب فى علاج قرحة المعدة والإثنى عشر وفى القضاء على الميكروبات الضارة.
السلق (الأوراق)	تُفيد شوربة السلق فى علاج آلام القولون والإمساك وغازات المعدة ويستخدم مهروس الأوراق المغلية لمدة ساعات كعجينة لعلاج البواسير.
السبانخ (الأوراق)	يُفيد فى علاج فقر الدم وضعف البنية، والإمساك والبواسير والتهابات الجهاز الهضمى.

المحصول	الأهمية الطبية
اللفت (الجذور والبذور)	مقوٍ للقلب ومدرٍ للبول، وللبذور تأثيرات مماثلة.
البطيخ (الثمار)	ملين خفيف ويفيد تناوله على الريق فى إنزال الحصى الصغير من الكلى والحالب. ويُفيد لب البطيخ فى علاج حموضة المعدة.
الطماطم (الثمار)	يُفيد العصير فى علاج نزيف اللثة والتقلصات المعوية والتهابات المفاصل والجلد.
الجرجير (الأوراق)	يفيد عصير الأوراق فى تعويض الشعر المتساقط، ويستعمل مفروم الأوراق مع زيت الزيتون فى علاج الحروق. تساعد الأوراق فى خفض السكر فى البول وفى الشفاء من مرض السل الرئوى، وطرد البلغم، وإدرار الصفراء، وإدرار اللبن للمرضعات، ويستعمل كمقوٍ عام، وفى تخفيف آلام النقرس وتطهير الجهاز الهضمى، كما يُفيد مرضى الثعلبة.
الكرات (الأوراق)	يفيد فى علاج الأرق، ويساعد فى خفض ضغط الدم المرتفع، ويقوى الأعصاب ويفيد فى علاج حالات التهاب المفاصل والإمساك والسمنة.
البصل (الأبصال)	يفيد فى علاج اضطرابات الهضم، وطرد الغازات والديدان المعوية وطرد البلغم، وفى علاج البول السكرى، وهو مطهر وقاتل للجراثيم، ويفيد فى علاج السعال وانحباس البول المؤقت وضغط الدم.
الخرشوف (النورات)	يُنشط إفراز الصفراء، ويُفيد مرضى السكر والروماتيزم ويُعالج التهاب الكلى واحتباس البول ويذيب الكوليسترول.

المركبات الكيميائية النباتية الفعالة ضد الأمراض المزمنة

يُعنى بالمركبات الكيميائية النباتية phytochemicals تلك التى تُظهر نشاطًا بيولوجيًّا ضد الأمراض المزمنة chronic diseases، وهى لا تتضمن المغذيات nutrients مثل: المواد الكربوهيدراتية، والأحماض الأمينية، والبروتينات.

وقد قسمت المركبات الكيميائية النباتية تلك إلى عشر فئات، هى كما يلى (عن Kushad وآخرين ٢٠٠٣):

الفئة	الأمثلة
Carotenoids	∝-carotene, β-carotene, lutein,lycopene, and zeaxanthin.
Glucosinolates	Suforaphone, indoe-3- carbanol
Inositol phosphates	Phytate, inositol tetra- and penta-phosphate
Cyclic phenolies	Chlorogenic acid, ellagic acid, and coumarins
Phytoestrogens	Isoflavones, daidzein, genistein, and lignas
Phytosterols	Campesterol, β-sitosterol, and stigmasterol
Phenols	Flavonoids
Psotease inhibitors	
Saponin Sulfides & Thiols	

مضادات الأكسدة وأهم مصادرها

يتوفر عديد من المركبات النباتية التى تعمل كمضادات للأكسدة. ويمكن تعريف مضاد الأكسدة – كيميائيًا – بأنه أى مركب يؤدى تواجده بتركيزات منخفضة – مقارنة بتركيزات المواد القابلة للتأكسد – إلى تأخير أو تثبيط أكسدة تلك المواد. وترتبط تلك العناصر النشطة فى الأكسدة فى الإنسان والحيوان بكل من أكسدة الدهون والإضرار بالدنا (DNA) وبالنمو السرطانى. وتؤدى زيادة الحصول على المركبات المضادة للأكسدة فى الغذاء وتنوعها إلى زيادة فرص الحد من الإصابات السرطانية؛ بسبب التفاعل التداؤبى synergism الذى يحدث بين الفيتامينات والعناصر والمركبات الكيميائية النباتية التى يحتويها الغذاء.

ومن بين أهم مضادات الأكسدة الفينولات، والفيتامينات، مثل حامض الأسكوربيك، وفيتامين E (الـ tocopherols، والـ tocotrienols) والكاروتينات (مثل بوادئ فيتامين A) (Klein & Kurilich ٢٠٠٠).

ومن أمثلة المركبات الكيميائية الأخرى – غير المغذيات – التى يمكن أن تُسهم كمضادات أكسدة الفلافونات والجلوتاثيون وبعض المعادن مثل السيلينيم الذى يعمل كمرافق إنزيمى للـ glutathione peroxidase.

يُعرف ما لا يقل عن ٢٠٠٠ مركب فلافونى flavonoids قد يكون لها نشاط مضاد للأكسدة، وتتضمن: الفلافونولات flavonols (مثل الكورستين quercetin) والفلافونات flavones (مثل apigenin)، والفلافانونات flavanones (مثل الـ naringenin)، والأيزفلافونات isoflavones (مثل الـ genistein)، والفلافانولات flavanols (مثل الـ epictechin)، وكذلك الأنثوسيانينات، وهى التى تعد من البولىفينولات ذات الوزن الجزيئى المنخفض.

تتوفر الـ flavanols والـ flavones فى عديد من الأغذية وبخاصة فى الشاى *Camellia sinensis* والبقوليات، كما تعد الحبوب والخضر والفاكهة من مصادر الـ flavonoids.

ومن بين الـ flavonoids، فإن التانينات (وهى فينولات متعددة) من بين الأكثر أهمية لصحة الإنسان رغم عدم كونها من الفيتامينات. ولقد أظهر العديد منها، مثل: الأنثوسيانينات والـ flavonols والـ isoflavones نشاطًا مضادًا للنشاط السرطانى فى الحيوان. وقد تلعب التانينات دورها من خلال نشاطها المضاد للأكسدة وكحام لمغذيات أخرى من أضرار الأكسدة (Klein & Kurilich ٢٠٠٠).

تفيد مضادات الأكسدة فى حماية الإنسان من الإصابة بعديد من الأمراض الخطيرة مثل السرطان وأمراض القلب. وعلى الرغم من تباين الخضر والفاكهة كثيرًا فى محتواها من تلك المركبات فإنه يوصى باستهلاك أنواع متنوعة منها يوميًا بدلاً من التركيز على محصول واحد فقط منها، حتى ولو كان أغناها فى مضادات الأكسدة. ويشبِّه البعض تأثير استهلاك أنواع متنوعة منها بالأوركسترا التى تعطى معزوفة موسيقية أفضل من تلك التى تعطيها آلة موسيقية واحدة. ولذا .. فإنه يوصى – دائمًا – بإدخال الخضر والفاكهة ضمن الغذاء بما لا يقل عن خمس مرات يوميًا.

وقد قدرت كفاءة مختلف أنواع الخضر والفاكهة الكلية كمضادات للأكسدة بالميكرومول/ جم من مكافئات الـ الترولوكس Trolox equivalents (الـ Trolox هو: 6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman 2-carboxylic acid)، ووجد أنها تترتب تنازليًا فى مجموعات، كما يلى:

uMl/جم من مكافئات الترولوكس	الأغذية
> ٢٠	الفاكهة ذات النواة الحجرية (وبخاصة البرقوق والقراصيا) – الأعناب والزبيب – البلوبرى – الكرانبرى– البلاكبرى.
١٠– ٢٠	الفراولة – الراسبرى الأحمر – التوم – الكيل – السبانخ
٥– ٩,٩	كرنب بروكسل – نبت بذور البرسيم الحجازى – البروكولى – البنجر – البرتقال – العنب الأحمر – الفلفل الحلو الأحمر – الكريز – الكيوى.
< ٥	الجريب فروت الأحمر – العنب الأبيض – البصل – الذرة الحلوة – الباذنجان – القنبيط – البطاطس – الخس– الموز – التفاح – الجزر – الفاصوليا الخضراء – الطماطم – الكوسة الصفراء – الكمثرى – الكنتالوب – الكرفس – الخيار.

(Prior & Cao ٢٠٠٠).

متعددات الفينول

تُشكل عديدات الفينول phlyphenolics أكبر مجموعة من المركبات النباتية التى تشيع فى كل المملكة النباتية ، وهى المسئولة جزئيًّا عن خصائص المرارة والطعم القابض. ويُعرف أكثر من ٨٠٠٠ نوع من عديدات الفينول يتواجد معظمها فى الأعشاب والخضر والفاكهة، وتتباين فى حجمها الجزيئى من الصغير إلى المعقد بوزن جزيئى يزيد عن ٣٠ كيلو دالتون. وتتضمن عديدات الفينول مجموعتين رئيسيتين من المركبات، هى:

أولاً: الفينولات phenolics والفلافونويدات flavonoids

تشتمل الفينولات على الفلافونات والأحماض الفينولية البسيطة (مثل حامض الجالك gallic acid والـ resorcinol) ومشتقات الـ phenylpropanoid لحامض الـ hydrocinamic (أحماض الـ caffeic والـ coumaric والـ ferulic).

تتضمن الفلافونات وحدها أكثر من ٤٠٠٠ نوع، وتشتمل على الأنثوسيانينات والفلافونات flavonols والفلافونولات flavonols والأيزوفلافونات isoflavonolds (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

ومن أهم الفلافونولات المعروفة الـ quercetin، و الـ kaempferol، والـ fisetin والـ myricetin. ويُعد الـ quercetin أهم الفلافونات فى الخضر، وهو يتوفر فى كل من البصل

والطماطم والفاصوليا. أما الـ kaempferol والـ myricetin، والـ fisetin فتتوفر فى البصل والخس والهندباء وفجل الحصان.

وعرفت عديد من الفلافونات، وهى تتواجد أساسًا فى البقول مثل فول الصويا والحمص والعدس، وبتركيزات أقل فى عدد من الخضر مثل البروكولى والأسبرجس ونبت بذور البرسيم الحجازى والبامية وعيش الغراب (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

ثانيًا: التربينويدات

تُمثل التربينويدات terpenoids أحد أهم مجموعات المركبات الكيميائية النباتية، ومن أهم ما تتضمنه: التوكوفيرولات tocopherols والكاروتينويدات carotenoids.

ويُشار إلى مجمل التوكوفيرولات باسم فيتامين E، الذى يوفر حماية للإنسان من نحو ٨٠ مرضًا، منها أمراض أوعية القلب الدموية والسرطان واضطرابات العضلات والتغيرات فى الجهاز العصبى المركزى والأنيميا.

أما الكاروتينويدات فيعرف منها أكثر من ٦٠٠ نوع. وتمثل كاروتينويدات الألفا كاروتين والبيتا كاروتين والليكوبين واللويوتين والزيازانثين والبيتا كربتوزانثين أكثر من ٩٠٪ من الكاروتينويدات التى يتضمنها غذاء الإنسان. ومن بينها .. فإن الألفا كاروتين والبيتا كاروتين والبيتاكربتوزانثين- فقط – هى التى لها نشاط فيتامين A (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

هذا .. وتوجد علاقة وثيقة بين استهلاك الخضر الغنية بالمواد الفينولية وبين انخفاض أخطار الإصابة بأمراض القلب والسرطان؛ الأمر الذى يرجع إلى نشاطها الهائل المضاد للأكسدة؛ فهى تلعب دورًا رئيسًا فى تأخير أو وقف القدح الابتدائى أو الإثارة الابتدائية للأمراض المزمنة؛ بعملها كمضادات أكسدة للمواد المؤكسدة فى الجسم. ونظرًا لاحتواء الخضر والفاكهة على مئات المركبات الفينولية، فإنها تقدر – غالبًا – فى صورة فينولات كلية (Rickman وآخرون ٢٠٠٧أ).

طبيعة خاصية الحماية من السرطان التى توفرها الخضر والفاكهة

يُفيد استهلاك الخضر والفاكهة فى الحماية من كل من سرطان الحنجرة والمرئ، والرئة، والمعدة، والقولون، كما يفيد فى تقليل مخاطر الإصابة بسرطان البنكرياس،

والصدر، والمثانة، كما لا تزيد مخاطر الإصابة بالسرطان فى أى موقع آخر من الجسم مع استهلاك الخضر والفاكهة الطازجة بكثرة.

ولقد أظهرت الدراسات أربع آليات تعمل من خلالها المكونات الفعالة فى الخضر والفاكهة على منع الإصابة السرطانية فى مراحلها الثلاث: التهيئة initiation والتعزيز promotaion والتقدم progression. والتهيئة هى أولى مراحل حث الإصابة السرطانية، وهى تشمل الأحداث التالية مباشرة للتفاعلات التى تحدث بين العوامل المسرطنة والدنا (DNA)، والتى يترتب عليها تكوين طفرات تورَّث. أما التعزيز والتقدم فهما مصطلحان يتعلقان بالمراحل التالية من النمو السرطانى، يتميزان بزيادة أعداد الخلايا التى تغيرت وراثيًا، ثم قذفها وانتشارها بالإنبثاث إلى الأعضاء الأخرى. وفيما يتعلق بمنع السرطان، فإن ذلك يمكن أن يحدث من خلال أمرين فى تلك المرحلة المبكرة من عملية تكوين النمو السرطانى، هما: اعتراض العناصر التى تتفاعل مع الدنا، وتنشيط التخلص من العناصر المسرطنة. وفى مراحل تالية يمكن أن تعترض مكونات الغذاء عملية توالد وتكاثر الخلايا المحورة وراثيًا، أو أنها قد تعطل أو توقع الفوضى فى بيولوجى الورم بطريقة تمنع أى انتشار أو انبثاث إضافى له.

وللمركبات المضادة للأكسدة أهميتها الكبيرة فى اعتراض العناصر التى تتفاعل مع الدنا. ونظرًا لأن تلك العناصر تفتقر إلى الإليكترونات، فإن معظمها ينجذب إلى المكونات الغنية بالإليكترونات فى الخلية. وبالنسبة لتطور النمو السرطانى فإن الدنا (DNA) والرنا (RNA) والبروتينات تكون هى الأكثر ميلاً للتفاعل مع العناصر المسرطنة بروابط قوية، وعندما يحدث ذلك مع الدنا فإنه يكون بداية النمو السرطانى. وترجع أهمية الخضر والفاكهة إلى ان لمعظمها قدرة كبيرة مضادة للأكسدة. وتتوفر أدلة قوية على أن فئة معينة من المركبات - هى الفينولات النباتية – يمكن أن تمنع التفاعل القوى للدنا مع العوامل المسرطنة؛ بعملها كهدف بديل للتفاعل معها. وتتواجد المركبات الفينولية فى كل المملكة النباتية، وتأكدت قدرة بعضها كمضادات سرطانية. فمثلاً.. وجد أن كلاً من حامض الكافيك وحامض الفيروليك ferulic acid يمنعان الإصابة بسرطان الرئة فى الفئران. ومن بين أكثر الفينولات فاعلية حامض الإلاجك ellagic acid الذى يتواجد بوفرة فى الفراولة والراسبرى، والذى وجد أنه يثبط بقوة الإصابة بسرطان المرئ فى الفئران.

ومن الفينولات الأخرى الكاتكينات catchins والمركبات القريبة منها التى تتوفر فى الشاى الأخضر *Camellia sinesis*، والتى تعد أكثر المركبات المؤثرة كمضادات سرطانية من بين تلك التى تم اختبارها، فهى فعالة فى جميع مراحل النمو السرطانى، حتى بعد بدء أذاه للجسم، وخاصة فى حالة سرطان الجلد، وذلك من دون جميع الفينولات الأخرى.

ومن الآليات الأخرى التى تسلكها المكونات النباتية فى منع الإصابة بالسرطان فى مراحله المبكرة تعديل أيض العامل المسرطن، وذلك كما يحدث فى حالتى الخضر الكرنبية والبصلية؛ فقد وجد أن الأيزوثيوسيانينات التى تتواجد فى الكرنبيات مثل الكرنب والبروكولى والقنبيط تثبط سرطان المرئ والرئة والقولون فى حيوانات التجارب، وذلك من خلال تعديل نشاط العوامل المسرطنة وإفقارها لفعلها. وتزداد فاعلية الإيزوثيوسيانينات فى هذا الشأن مع زيادة طول سلاسلها.

كذلك فإن الخضر البصلية كالبصل والثوم والشالوت تحتوى على مركبات كبريتية عضوية تكون هى المسئولة عن رائحتها وطعمها المميزين، كما أنها شديدة التفاعل بيولوجيا؛ حيث تؤثر على إنزيمات كل من المرحلة الأولى (نشاط العامل المسرطن activation) والمرحلة الثانية (إفقاد العامل المسرطن لفاعليته detoxification). ولقد وجد أن الـ diallyl sulfide – وهو أحد المركبات المتطايرة للثوم – يمنع بقوة سرطان القولون والمرئ، لكن فاعليته تقل بعد بدء النشاط السرطانى.

وأخيرًا .. فإن الخضر والفاكهة يمكن أن تؤثر على سلوك الخلايا السرطانية التى تنطلق فى نموها دون أن يتحكم فيها أى عوامل تنظيمية وراثية؛ حيث تُنشِّط – على سبيل المثال – ما يعرف بالـ oncogenes. ويمكن للتربينات الأحادية monoterpenes (وخاصة الليمونية limonene) التى تتوفر فى ثمار الحمضيات أن تثبط عملية انطلاق النمو السرطانى (Wargovich ٢٠٠٠).

الألياف وأهميتها لصحة الإنسان

إن الألياف التى يتناولها الإنسان – ضمن غذاءه dietary fibers هى المكونات النباتية ضمن الغذاء التى تقاوم الهضم بالإنزيمات التى يفرزها الجهاز الهضمى للإنسان. وهى تتكون

أساسًا من مكونات الجدر الخلوية، وتتضمن عديدات التسكر غير النشا واللجنين، ويمكن تقسيمها إلى ألياف تذوب فى الماء وألياف لا تذوب فى الماء. وتتضمن الألياف التى تذوب فى الماء : البكتينات والأصماغ والمواد الهلامية mucilages، بينما تتضمن الألياف التى لا تذوب فى الماء السيليلوز ونصف السيليلوز واللجنين.

وتتباين تأثيرات الألياف بنوعيها؛ فالألياف التى تذوب فى الماء تميل إلى تأخير تفريغ الجهاز الهضمى، وتُبطء مرور الغذاء خلال الأمعاء الدقيقية، ويكون تأثيرها ضعيفًا على حجم الإخراج البرازى، ومعظمها يخفض من كوليسترول سيرم الدم. وفى المقابل .. فإن الألياف غير القابلة للذوبان فى الماء لا تُخفض كوليسترول الدم عادة، ولكن تأثيراتها تكون كبيرة على تنظيم عمل الأحشاء وعملية الإخراج، وعلى حجم الإخراج البرازى. وتكون الفائدة الطبية كبيرة عند تناول الإنسان فى غذائه مخلوطًا من الألياف القابلة وغير القابلة للذوبان فى الماء (Anderson ١٩٩٠).

وتوجد علاقة قوية بين تناول الإنسان للألياف ضمن غذائه وتقليل مخاطر الإصابة ببعض الأمراض المزمنة، مثل مرض السكر طراز II، وأمراض القلب الوعائية، والقروح ذات العلاقة بالعصارات الهاضمة، وضغط الدم، وبعض أنواع السرطان مثل سرطان القولون، والتهاب الزائدة الدودية وحصوات البنكرياس. ونظرًا لأن الألياف غير الذائبة فى الماء تزيد من كتلة الغذاء المهضوم فى القولون فإنها تقلل من تركيز المواد المسرطنة، وتزيد من إنتاج حامض البيوترك butyric acid من خلال تخمر الألياف بكائنات القولون الدقيقة (Anderson ١٩٩٠، وKushad وآخرون ٢٠٠٣).

مانعات التجلط

يحدث التخبط نتيجة لتجمع أعداد كبيرة من صفائح الدم platelets، وهى الخلايا الدموية الضرورية لتجلط الدم فى حالات الجروح، ولكن عندما يحدث هذا التجلط فى الدم ذاته تتكون الجلطات التى قد تودى بحياة الإنسان. ويُعرف عديد من المركبات النباتية التى تقلل من هذا التجلط، مثل الـ acetylsalicylic acid، والـ warfarin، والمركبات الكبريتية العضوية كتلك التى تتوفر فى الثوم والبصل (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

الأهمية الطبية لبعض المركبات النباتية

الكاروتينات

يُعرف أكثر من ٦٠٠ نوع من الكاروتينات، لكن حوالى ٥٠ منها – فقط – هى التى يكون لها نشاط فيتامينA، بينهم خمسة – فقط – تعد الأكثر أهمية للإنسان، وهى الألفا كاروتين، والبيتا كاروتين، واللوتين lutein، والكربتوزانثين cryptoxanthin، واللايكوبين lycopene. تتفاعل الكاروتينات مع الدهون والألياف، وذلك أمر مهم صحيًا.

تعمل الكاروتينات كمضادات أكسدة فى النظم البيولوجية بكبحها لذرات الأكسجين المفردة واكتساحها للشوارد الحرة free radicals. وتتدرج الكاروتينات فى قوتها كمضادات للأكسدة – تنازليًا – هكذا: الليكوبين فالألفا كاروتين، فالبيتا كاروتين، فاللوتين ، فالكربتوزانثين (Klein & Kurilich ٢٠٠٠).

وعمومًا يُعتبر البيتا كاروتين – الذى يعد بادئًا لفيتامين أ – أهم مصادر هذا الفيتامين فى الخضر، ويليه فى الأهمية كلا من الألفا كاروتين والبيتا كربتوزانثين β- cryptoxanthin.

وللكاروتينات – سواء أكانت بادئات لفيتامين A أو غير ذلك – أهمية كبيرة فى الوقاية من الإصابة ببعض الأمراض السرطانية. ويُعد الليكوبين – وهو كاروتين ليس من بادئات فيتامين A – من مضادات الأكسدة القوية التى تلعب دورًا هامًا فى تثبيط تكاثر الخلايا السرطانية (Rickman وآخرون ٢٠٠٧ ب).

تُعد المواد الكاروتينية – بصورة عامة – من المركبات المضادة للأكسدة كما أسلفنا، فضلاً عن أن بعضها يُعد من بادئات فيتامين أ، وبعضها الآخر يُعد ضروريًا لصبغات شبكية العين. وفى النبات تعمل المركبات الكاروتينية على حصاد الطاقة الضوئية أثناء عملية البناء الضوئى، وكمواد مؤكسدة فى عديد من أنواع الخلايا، وتكسب الأزهار والثمار لونها الجذاب لجذب الحشرات كملقحات وللمساعدة فى انتشار البذور (Keyhaninejad وآخرون ٢٠١٢).

الليكوبين

من أهم مصادر الليكوبين الطماطم والبطيخ والفلفل الأحمر والجريب فروت الأحمر والجوافة الحمراء والباباظ. واللايكوبين يذوب فى الدهون التى تُساعد فى امتصاصه، وهو لا يتأثر بالحرارة عند عمل صلصة الطماطم؛ بل على العكس فإن تركيزة يزداد عدة مرات.

ويُعد الليكوبين من مضادات الأكسدة القوية، حيث تزيد قوته بمقدار ١٠٠ ضعف قوة فيتامين E، وبمقدار ١٢٥ ضعف قوة الجلوتاثيون (الإنترنت – ٢٠٠٨ – http://en.wikipedia.org/wiki/Tomato_stain).

وكما أسلفنا .. يعد الليكوبين من مضادات الأكسدة الهامة التى تتوفر بكثرة فى الطماطم والبطيخ، وهو يوفر حماية للإنسان من الإصابة ببعض الإصابات السرطانية مثل سرطان البروستاتا.

وللتفاصيل المتعلقة بهذا المركب وتواجده واستخلاصه وأهميته الطبية للإنسان .. يراجع Collins وآخرين (٢٠٠٦).

حامض الأسكوربيك

إن حامض الأسكوربيك (فيتامين C) هو مضاد أكسدة يذوب فى الماء، ويتكون من مركب سداسى الكربون مشتق من الجلوكوز، وهو يسهل أكسدته لتكوين المركب semidehydroascorbic acid الثابت نسبيًّا. ويؤدى مزيد من التأكسد إلى تكوين الـ diketogulonic acid الذى لا تعرف له وظيفة بيولوجية. ويرجع النشاط المضاد للأكسدة لحامض الأسكوربيك إلى سهولة فقده للإليكترونات؛ مما يجعله شديد الفاعلية فى النظم البيولوجية. ولأنه معطٍ للإليكترونات فإنه يخدم كعامل مختزل لكثير من العناصر المؤكسدة (Klein & Kurilich ٢٠٠٠).

ومن المعلوم أن حامض الأسكوربيك يعد مكونًا ضروريًّا لتمثيل الكولاجين collagen، وكذلك للأداء الطبيعى لنظام أوعية القلب فى الإنسان. وعلى خلاف معظم الحيوانات .. فإن الإنسان يفتقد القدرة على تمثيل حامض الأسكوربيك بسبب وجود طفرة فى الجين المسئول عن تشفير الإنزيم الأخير فى عملية التمثيل البيولوجى لحامض الأسكوربيك. ولذا .. يتعين حصول الإنسان على حاجته من حامض الاسكوربيك من مصادر خارجية (Hemavathi وآخرون ٢٠٠٩).

يكفى ١٠ مجم من حامض الأسكوربيك (فيتامين C) يوميًّا لحماية الإنسان من الإصابة بمرض الاسقربوط، إلا أن تناول كميات كبيرة من الفيتامين يمكن أن يوفر حماية من مخاطر الإصابة بأمراض القلب الوعائية وعدة أنواع من السرطان، وتزيد من قدرة الإدراك والذاكرة،

وتقلل من مخاطر الإصابة بالربو، وتوفر حماية من الإصابة بأدوار البرد. ويحصل الإنسان على نحو ٩٠٪ من فيتامين C ضمن غذائه من الخضر والفاكهة (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

فيتامين E

يُعد فيتامين E مضاد الأكسدة الرئيسى الذى يذوب فى الدهون، وهو المسئول عن حماية الأحماض الدهنية متعددة عدم التشبع فى الأغشية الخلوية.. حمايتها من الأكسدة بفعل الشوارد الحرة free radicals وذرات الأكسجين المفردة. وأكثر الصور فاعلية بيولوجيًّا هو الأيزومير الطبيعى d-∝-tocopherol. وتقوم النباتات بتمثيل التوكوفيرولات الطبيعية (ألفا وبيتا وجاما ودلتا). وتتواجد التوكوفيرولات فى جميع الأنسجة التى تحتوى على كلوروفيل أ، وخاصة فى الكلوروبلاستيدات. وقد عُرف تواجد التوكوفيرولات فى نباتات مثل الكيل والبروكولى، وكذلك فى الحبوب والبُقل (Klein & Kurilich ٢٠٠٠).

ولقد وجد أن محتوى أوراق بعض الخضر الورقية (الخس والسبانخ وأذرة السلاطة والداندليون) والخضر ذات الثمار الخضراء (الخيار والفلفل) من التوكوفيرل tocopherol (فيتامين E) يزداد مع زيادة الأنسجة فى العمر. وأظهرت السبانخ أعلى معدل لتراكم التوكوفيرول، وازداد هذا التراكم عندما كان نموها فى ظروف إضاءة قوية. وفى الخيار ازداد التراكم كذلك مع تقدم الثمار فى العمر – فى ظروف الإضاءة العالية – لكن حدث انخفاض فى نهاية الأمر مع دخول الثمار مرحلة الشيخوخة (Lizarazo وآخرون ٢٠١٠).

الفولاتات (وخاصة حامض الفوليك)

تعد الفولاتات folates مركبات كيميائية نباتية هامة لصحة الإنسان، وتتضمن حامض الفوليك folic acid والـ tetrahydrofolate. وبغير الفولاتات لا يمكن للجسم تمثيل المثيونين methionine والبيورين purine والـ thymidylate. وقد وجد أن نقص الفولاتات يتسبب فى إحداث كسور بالدنا (DNA) نتيجة لكثرة دمج اليوراسيل uracil بالدنا الإنسانى. ويرتبط نقص الفولاتات – كذلك – بزيادة مخاطر الإصابة بسرطان القولون، والتهابات الأعصاب، ومشاكل الإدراك، والأزمات القلبية (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

ويدخل حامض الفوليك فى تمثيل الرنا (RNA) وله أهمية كبيرة بالنسبة للحوامل؛ حيث يتسبب نقصه أثناء الحمل فى إحداث تشوهات بالعمود الفقرى للجنين (foetal pina bifida).

ويكثر الفيتامين فى الخضر الورقية الخضراء، ويعد شدة اللون الأخضر بها دليلاً جيدًا على محتواها من حامض الفوليك (Wills وآخرون ١٩٩٨).

الأنثوسيانينات

تُعد الأنثوسيانينات أحد أكبر وأهم مجموعة من الصبغات القابلة للذوبان فى الماء التى تتواجد فى معظم الأنواع النباتية، وهى تتجمع فى الفجوات العصارية، وتكون مسئولة أساسًا عن الصبغات اللونية من البرتقالى إلى الأحمر والقرمزى والأزرق فى الأزهار والثمار، والخضروات مثل: البصل الأحمر والفجل والكرنب والخس الأحمر والباذنجان والبطاطس ذات الجلد الأحمر والبطاطا القرمزية والفراولة. وتتواجد طرز الأنثوسيانينات فى الخضر والفاكهة على صور جلوكوسيدية glycosylated.

وتبعًا للعادات الغذائية فإن الإنسان يتناول فى غذائه يوميًّا ما بين عدة ملليجرامات إلى مئات الملليجرامات من الأنثوسيانينات.

وتوفر الأنثوسيانينات والمركبات الفلافونية الأخرى حماية للإنسان من عدد من الأمراض، وخاصة أمراض الشرايين التاجية وبعض أنواع السرطان.

هذا .. ويتباين محتوى الخضر والفاكهة من الأنثوسيانينات الكلية (بالملليجرام/كجم)، كما يلى:

المحصول	المحتوى
الفراولة	١٢٧ – ٣٦٠
الكرنب الأحمر	٢٥٠
الباذنجان	٧٥٠٠
الفجل الأحمر	١١٠ – ٦٠٠
البصل الأحمر	حتى ٢٥٠
التفاح	١٠٠ – ٢١٦٠
الكريز	٣٥٠٠ – ٤٥٠٠
العنب	٣٠٠ – ٧٥٠٠

(Horbowicz وآخرون ٢٠٠٨).

عنصر السيلينيم

يُعد السيلينيم selenium من العناصر الضرورية للإنسان بكميات محدودة، وهو يتواجد فى الشعر والأظافر والدم، كما يتواجد بتركيزات منخفضة فى النباتات رغم أنه ليس ضروريًا لها. ويتواجد العنصر فى كل من النبات والحيوان على صورة selenomethionine، وselenocysteine. والحيوان لا يمكنه تمثيل الصورة الأولى، والتى يحصل عليها من مصادر نباتية. ويحصل الإنسان على نصف حاجته من السيلينيم من النباتات على صورة selenomethionene، بينما يحصل على النصف الآخر من مصادر أخرى كالماء والحليب والسمك واللحوم والخضر مثل البروكولى والثوم (Kushad وآخرون ٢٠٠٣). ويتراكم السيلينيم فى نباتات الكرنبيات، مثل البروكولى.

ولقد أوضحت الدراسات الطبية أن السيلينيم يقلل من احتمالات الإصابة بسرطان البروستاتا وسرطان الرئة فى الإنسان، وسرطان القولون فى الفئران. هذا .. إلاّ أن زيادة محتوى السيلينيم فى البروكولى – بزيادته فى بيئة الزراعة – يؤدى إلى نقص محتوى النبات من الكبريت، علمًا بأن الكبريت والسيلينيم يتفاعلان فى الخلايا الحيوانية لتنظيم نشاط الإنزيم thioredoxin reducatse المضاد للأكسدة؛ بما يعنى أن زيادة محتوى السيلينيم يمكن أن يؤثر سلبًا على جوانب أخرى من صحة الإنسان (Finley ٢٠٠٧).

الأهمية الطبية للخضر الثمرية

الطماطم

إن أهم المركبات الكيميائية النشطة بيولوجيًّا فى الطماطم هى الكاروتينويدات carotenoids، والتى تتكون من ٦٤٪ ليكوبين، و١٠٪ - ١٢٪ phytoene، و ٧٪ - ٩٪ neurosperene، و ١٠٪ - ١٥٪ carotenes. وتحتوى الطماطم – على أساس الوزن الطازج – على حوالى ٣٥مجم/ كجم ليكوبين (يتراوح بين ٥ مجم/كجم فى الأصناف ذات الثمار الصفراء، و٩٠٪ مجم/كجم فى الأصناف الحمراء الثمار). وتحتوى الطماطم الكريزية على تركيزات أعلى من الكاروتينويدات.

ويرتبط تناول ثمار الطماطم المحتوية على الليكوبين – إيجابيًّا – مع خفض مخاطر الإصابة بسرطان البروستاتا؛ فضلاً عن أهمية استهلاك الطماطم – لما تحتويه من مختلف

مضادات الأكسدة – فى تجنب الإصابة بعدد من الأمراض السرطانية الأخرى، مثل سرطان الرئة والمعدة، بالإضافة إلى الحد من الإصابة بأمراض القلب الوعائية، وربما يفيد استهلاكها فى تأخير الإصابة بمرض الشلل الرعاش، وفى ظهور التغيرات اللونية فى الجلد، وإعتام عدسة العين cataract (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

يتواجد ٧٢٪ - ٩٢٪ من الليكوبين فى ثمار الطماطم فى الجزء غير القابل للذوبان فى الماء من الثمرة وفى الجلد. ويحتوى اللُب – الغنى بالألياف – على قدر أكبر من الليكوبين (٤٢,٠٣ مجم/١٠٠جم) عما فى الجزء القابل للذوبان فى الماء (٤,٠ مجم/١٠٠جم) (Sharma & le Maguer ١٩٩٦).

ولقد أظهرت أصناف الطماطم ذات المحتوى العالى من الليكوبين (Lyco 1، وLyco 2، وHLY 02، و HLY 13، وHLY 18، وKalvert) محتوى عال من الليكوبين lycopene، والبيتاكاروتين β-carotene، والأنشطة الـ hydrophillic (HAA)، والـ lipophilic (LAA) المضادة للأكسدة لدى مقارنتها بما فى صنف المقارنة العادى Donald. وكان الصنف HLY 18 أعلى الأصناف فى محتوى الثمار من كل من الليكوبين (٢٣٢,٩ مجم/كجم وزن طازج)، والبيتا كاروتين (١٩,٤ مجم/كجم وزن طازج). وباستثناء الصنف Kalvert، فإن أصناف الطماطم ذات المحتوى العالى من الليكوبين كانت ثمارها عالية – كذلك – فى محتواها من حامض الأسكوربيك، وكان أعلاها الصنف HLY 13، الذى احتوت ثماره على ٣٥٢,٨ مجم/كجم وزن طازج. وكان نشاط الـ LAA مرتبطًا إيجابيًّا بمحتوى كلٍ من الليكوبين والبيتا كاروتين. أما نشاط الـ HAA فكان مرتبطًا إيجابيًّا مع كمية الـ dehydroxyascorbic acid، والكمية الكلية لفيتامين C. ويعنى ذلك أن أصناف الطماطم العالية المحتوى من الليكوبين يمكن أن تكون أعلى فى قيمتها الغذائية (Ilahy وآخرون ٢٠١١).

الفلفل

تُعد ثمار الفلفل من الخضر الغنية بفيتامين C حيث تحتوى على ١ – ٢ جم فيتامين C/ كجم، ويُعادل ذلك ٢٠٠٪ - ٣٠٠٪ من الاحتياجات اليومية للفرد من الفيتامين. ويتراوح محتوى الثمار من الألفا كاروتين والبيتا كاروتين من آثار إلى ١٢ مجم/ كجم حسب الصنف. ويعد الـ quercetin

والـ luteolin أهم الفلافونويدات فى ثمار الفلفل، ويتميز الفلفل الحار بارتفاع محتواه – حسب الصنف – من الـ capsaincinoids، وهى المركبات التى تكسبه الطعم الحار، والتى يعرف منها ٢٠ مركبًا تنتمى إلى مجموعتين، هما: الـ capsaicin والـ dihydrocapsaicin.

وتستخدم مستحضرات الكابسايسين طبيًّا فى معالجة آلام العضلات والتهاب المفاصل وبعض الأمراض الأخرى (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

عند تحليل ثمار الفلفل التى تم حصادها من عدة أصناف وهى خضراء مكتملة النمو، وفى منتصف مرحلة التحول، وحمراء ناضجة وجدت زيادات فى محتوى الثمار من كل من فيتامين C، والفينولات الكلية، وفيتامين E (وخاصة الـ ∝-tocopherol)، والسكر الحر الكلى، والبيتا كاروتين، وحامض اللينولينك linolenic acid، وكذلك فى النشاط المضاد للأكسدة. وفى المقابل .. وجدت انخفاضات فى محتوى الثمار – مع النضج – فى كل من الفيتوستيرولات phytosterols (وهى: الـ campesterol، والـ stigmatserol، والـ β-sitosterol)، وحامض اللينولِّيك linoleic acid. وبالمقارنة .. كان محتوى الثمار من كل من الفلافونويدات flavonoids الكلية، والـ squalene أعلى نسبيًّا فى منتصف مرحلة التحول الثمرية، مقارنة بمحتواهما فى مرحلتى اكتمال التكوين الأخضر والنضج الأحمر. كانت تلك الاتجاهات متماثلة فى جميع الأصناف المختبرة، ولكن – وعلى خلاف ما تقدم بيانه – كان للكابسايسينويدات capsaicinoids نظامًا خاصًّا بها عند النضج اختلف باختلاف الأصناف. وخلال جميع مراحل نضج الثمار وجدت ارتباطات جوهرية موجبة بين النشاط المضاد للأكسدة وكلاً من: فيتامين E (r = ٠,٨١٤)، والبيتا كاروتين (r = ٠,٧٧٢)، وفيتامين C (r = ٠,٦١٠)، والفينولات الكلية (r = ٠,٥٩٥)، بينما أظهرت كل من الكابسايسينويدات، والفلوفونويدات الكلية، والفيتوستيرولات إما ارتباطًا سلبيًّا ضعيفًا، وإما أنها لم تظهر أى ارتباط مع النشاط المضاد للأكسدة (Bhandari وآخرون ٢٠١٣).

وتتميز أصناف الفلفل الحريفة ذات الثمار الصغيرة بثبات محتواها من الكابسايسينويدات capsaicinoids فى مختلف الظروف البيئية. ومن بين تلك الأصناف – والتى تتميز بارتفاع محتواها من الكابسايسينويدات: Dally Khorsaney، و KKU-P-22006، و KKU-P-31141، و-KKU P-21041 (Gurung وآخرون ٢٠١١).

ويتناول Nearman (٢٠٠٨) فى مقال له بالإنترنت الاستخدامات الطبية المختلفة للكابسايسين، الذى يتوفر فى الفلفل الحار.

الباذنجان

يُعد الناسونين nasunin أهم المركبات المضادة للأكسدة فى الباذنجان، وهو يشكل جزءًا من الصبغة القرمزية التى توجد فى جلد الثمرة، والتى توجد – كذلك – فى الفجل القرمزى واللفت الأحمر والكرنب الأحمر. ويشكل الناسونين بين ٧٠٪، ٩٠٪ من الأنثوسينانيات الكلية فى جلد ثمرة الباذنجان.

ويفيد استهلاك الباذنجان فى خفض مستوى الكوليسترول الكلى فى الدم (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

القرعيات

تحتوى القرعيات على عديد من المركبات فى مختلف الأعضاء النباتية؛ بعض هذه المركبات مفيدة وبعضها ضار بصحة الإنسان؛ فبذورها غنية بالدهون (تتراوح فى بذور القرع العسلى والبطيخ والكنتالوب والخيار بين ٣٨٪ ، و٤٥٪)، وتحتوى بادراتها على اللكتينات lectins، ويصل المحتوى البروتينى فى بعض أنواع الجورد إلى ٢٪، ويصل المحتوى الكربوهيدراتى فى الجورد المر إلى ١٠,٦٪، كما تُعد بعض أنواع الجورد من الخضر الغنية نسبيًّا فى الكاروتين (الذى يصل فى الـ kakrol إلى ١٦٢٠ ميكروجرامًا/ ١٠٠ جم) وفيتامين C الذى يبلغ فى الجورد المر ٩٦ ملليجرامًا/ ١٠٠ جم. كذلك تحتوى ثمار قرع الشتاء على مثبطات التربسن، ويحتوى جورد اللوف على مثبطات تمثيل البروتين. كما تحتوى معظم القرعيات على كثير من الاستيرولات sterols، وتتواجد فيها السابونينات saponins، وخاصة فى جورد اللوف. وتنتشر الكيوكربتسينات cucurbitacins (وهى من التراى تربينويدات triterpenoids) فى جميع القرعيات، وأكثرها انتشارًا كيوكربتسن B (كما فى الكوسة والحنظل والقرع العسلى وجورد الزجاجة واللوف والجورد المر والقثاء)، بينما يتواجد كيوكربتسن E فى الحنظل البرى *C. colocynthis* والبطيخ والخيار، و D فى الكوسة وجورد الزجاجة، و K فى القرع العسلى والجورد المر والقثاء، وI فى الكوسة.

هذا .. ويستخدم عديد من القرعيات كأدوية بصورة مباشرة أو يستخرج منها الأدوية التى تستعمل فى علاج أكثر من ٧٥ مرضًا توجد تفاصيلها مجدولة فى Guha & Sen (١٩٩٨).

وتتضمن قائمة المركبات السامة والمركبات التى قد تفيد فى علاج بعض الحالات المرضية – والتى توجد فى القرعيات – المركبات الـ oxygenated tetracyclic triterpenoids – وهى التى تعرف باسم الكيوكربتسينات cucucurbitacins – والسابونينات saponins (مثل: الكيوكربيتوسترين cucurbitocitrin فى بذور البطيخ)، وجلوكوسيدات أخرى (مثل: السترولول citrullol والكولوسنث colocynth فى الحنظل البرى *Citrullus colocynthis*)، والألكالويدات alkaloids (مثل المومورديسين momordicin فى الـ bitter melon)، والبروتينات المثبطة للريبوسومات ribosome-inactivating proteins (مثل: اللوفاسيولين luffaculin فى نوع اللوف *Luffa operculata*، والترايكوسانثين trichocanthin فى *Trichosanthes*)، والأحماض الأمينية الحرة (مثل الكيوكربتين cucurbitin فى الكوسة)، والزانثوفيلاّت (مثل: الليوتين lutein فى *Cucurbita maxima*)، ومركبات أخرى متنوعة. ومن المركبات الأخرى الهامة الجلوكوسيد مورجول ١-٤ morgol 1-IV الذى وجد فى ثمار النبات الصينى لو – هان – جو luo-han-guo، والذى يعد أحلى من سكر السكروز بمقدار ١٥٠ ضعفًا، ويُبحث فى إمكانيات استعماله كبديل للسكر لمرضى السكر (عن Whitaker &Davis ١٩٦٢، و Haynes & Jones ١٩٧٥، و Lee & Janic ١٩٧٨، و Robinson & Decker –Walters ١٩٩٧).

ويُفيد الحامض الأمينى L-citrulline الذى يتوفر فى ثمار البطيخ فى تنظيم ضغط الدم، ويتباين هذا المحتوى كثيرًا باختلاف الأصناف من ١,٠٩ إلى ٤,٥٢ مجم/جم وزن طازج، كما يتأثر بشدة بالعوامل البيئية. ومن أكثر الأصناف احتواء على هذا الحامض الأمينى Tom Watson، وJubilee (Davis وآخرون ٢٠١١).

هذا .. وتُشكل قشرة ثمار البطيخ التى تتخلف عند تجهيز البطيخ للمستهلك حوالى ٣١٪ - ٤١٪ من وزن الثمار حسب الصنف. تحتوى هذه القشرة على كميات متوسطة من الفينولات الكلية (٤٥٨ مجم من مكافئ حامض الكلوروجنك chlorogenic acid equivalent / كجم وزن طازج، مقابل ٣٨٩ مجم فى اللُب)، وكميات عالية من الحامض الأمينى سترولين citrulline

(٣,٣٤ جم/كجم وزن طازج، مقابل ٢,٣٣ جم/كجم فى اللُب). وبذا .. فإن قشور البطيخ يمكن أن تُشكل مصدرًا جيدًا لتلك المركبات النشطة بيولوجيًّا (Tarazona-Diaz وآخرون ٢٠١١).

الفراولة

تُعد الفراولة من الخضر الغنية بفيتامين C حيث تحتوى على ٥٦,٧ مجم من حامض الأسكوربيك/١٠٠جم؛ بما يعنى أن كل ١٠ ثمار تمد الإنسان بنحو ٩٥٪ من احتياجات الفرد اليومية من الفيتامين. ويُعد الجلوكوز والفراكتوز أهم السكريات التى توجد بالثمار؛ حيث تشكل نحو ٨٠٪ من السكريات الكلية التى توجد بها، وحوالى ٤٠٪ من وزنها الجاف. ويعد حامض الستريك أهم الأحماض العضوية التى توجد فيها حيث يشكل ٨٨٪ من الأحماض العضوية الكلية. كذلك تحتوى الفراولة على مستويات جوهرية من كل من البوتاسيوم (١٦٦مجم/١٠٠جم)، وحامض الإلاجك، الذى يُعتقد بأنه مركب مضاد للإصابات السرطانية. ومن مزايا الفراولة انخفاض محتواها من كل من السعرات الحرارية (٣٠ سعر حرارى لكل ١٠٠جم)، والدهون (٠,٤٪)، والصوديوم (ملليجرام واحد/١٠٠جم) (عن Hancock ١٩٩٩).

ومن بين المركبات الأنثوسبانية المضادة للأكسدة .. كان المركب pelargonidin -3-glucoside أكثر الأنثوسيانينات تواجدًا فى ثمار الفراولة، وهو الذى ازداد تركيزه بزيادة فترة التخزين، بينما كان المركبين cyanidin-3-glucoside، و pelargonidin -3- rutinoside أقل تركيزًا (Goulas & Manganaris ٢٠٠١).

وقد وجد أن مستخلصات ثمار الفراولة تُثبط نمو خلايا سرطان القولون HT29 وخلايا سرطان الثدى MCF-7 فى البيئات الصناعية، وتناسب مدى التثبيط مع تركيز المستخلص المعامل به. كذلك فإن مستخلصات الفراولة التى أنتجت عضويًّا كانت أكثر تثبيطًا لنمو الخلايا السرطانية عن مستخلصات الفراولة التى أنتجت بالطريقة التقليدية. وربما يكون مرد ذلك إلى زيادة تركيز مركبات الأيض الثانوية التى قد تكون مضادة للسرطان فى الفراولة المنتجة عضويًّا. وقد وُجد بالفعل أن حامض الأسكوربيك ذات الخصائص المضادة للسرطان يزيد بمقدار ٣٦٪ فى الثمار المنتجة عضويًّا عن تلك المنتجة بالطرق التقليدية (Olsson وآخرون ٢٠٠٧).

الأهمية الطبية للخضر الجذرية والدرنية

البطاطس

إلى جانب احتواء بروتين درنات البطاطس على عدد من الأحماض الأمينية الضرورية مثل الـ lysine، فإنها تحتوى على فينولات كلية بنسبة تتراوح بين ٠,٥، و١,٧ جم/كجم، ويوجد معظمها فى قشرة الدرنة والأنسجة المجاورة لها، وينخفض تركيزها تدريجيًّا نحو المركز، ويشكل حامض الكلورجنك chlorogenic acid حوالى ٩٠٪ من الفينولات المتعددة الكلية.

وبينما يتراوح تركيز فيتامين C فى درنات البطاطس بين ١٠، و١٤٠ مجم/كجم بعد الحصاد مباشرة، فإنه ينخفض سريعًا بنسبة ٣٠٪ - ٥٠٪ أثناء التخزين والطهى.

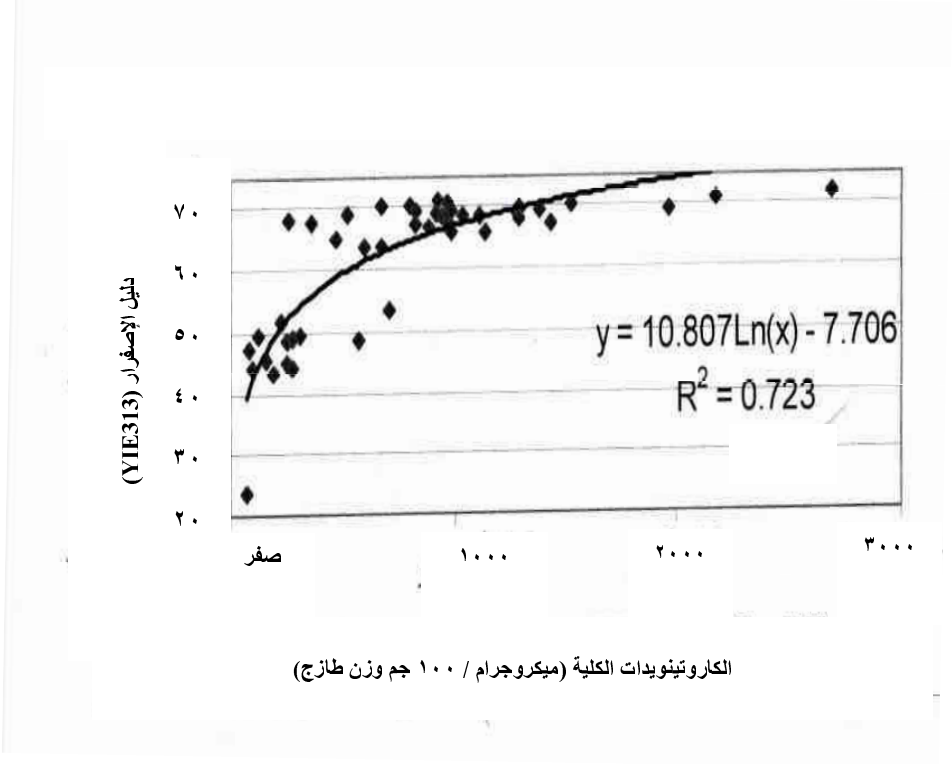
ويرتبط استهلاك البطاطس إيجابيًّا بالحد من الإصابة بسرطان الثدى عند النساء (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

تزداد شدة اللون الأصفر فى درنات البطاطس مع زيادة محتوى لب الدرنات من الكاروتينات الزانثوفيللية xanthophyllus carotenoids حتى حوالى ١٠٠٠ ميكروجرام/١٠٠ جم وزن طازج، ولكن شدة اللون لا تتغير كثيرًا بزيادة تركيز تلك المركبات عن ذلك (شكل ٤-١).

هذا ويتراوح محتوى الكاروتينات الكلية بين ٥٠، و١٠٠ ميكروجرام/١٠٠جم وزن طازج فى الأصناف ذات اللب الأبيض، ويزداد المحتوى حتى ٢٧٠ ميكروجرام فى الأصناف ذات اللب الأصفر، بينما تزداد إلى حوالى ٨٠٠ ميكروجرام/١٠٠ جرام فى سلالات التربية ذات اللب الأصفر الداكن.

وقد قدر محتوى الدرنات من الكاروتينات الكلية بأكثر من ٢٤٠٠ ميكروجرام/١٠٠جم وزن طازج فى بعض الانعزالات الناتجة من الصنف Papa Amarilla، الذى يُزرع فى أمريكا الجنوبية.

كذلك تحتوى درنات البطاطس ذات اللب الأحمر – أساسًا – على صبغات أنثوسيانينية فى صورة acylated glucosides of pelargonidin. أما الدرنات ذات اللب القرمزى فإنها تحتوى على صبغات أنثوسيانينية أكثر تعقيدًا فى صورة acylated glucosides لكل من الـ pelargonidin، والـ petunidin، والـ cyanidin، والـ malvidin. ويتراوح محتوى الدرنات من تلك الصبغات بين ١٥، و٤٠ مجم/١٠٠جم وزن طازج.



شكل (٤-١): العلاقة بين دليل اصفرار درنات البطاطس ومحتواها من الكاروتينويدات الكلية.

هذا .. ويوجد ارتباط موجب بين محتوى الدرنات من الصبغات الأنثوسيانينية وبين فاعليتها كمضادات أكسدة (C.R. Brown – الإنرنت – ٢٠٠٧).

البطاطا

الجذور

تُعد الأحماض الفينولية من مضادات الأكسدة الهامة التى يمكن أن تمنع إصابة الإنسان بكثير من الأمراض المزمنة. ولقد وجد أن جذور البطاطا الصغيرة الحجم من الصنف بيوريجارد (حوالى ٤ جم وزنًا) يزيد فيها نشاط مضادات الأكسدة والمحتوى الفينولى مقارنة بالجذور الكبيرة الحجم الصالحة للتسويق (حوالى ٣٠٠ جم وزنًا). وفى تلك الجذور الكبيرة الحجم يزداد المحتوى الفينولى جوهريًا فى نسيج القشرة عما فى نسيج النخاع الداخلى. وكان

أعلى محتوى فينولى (١٠,٣ مجم/جم وزن جاف) ونشاط مضاد للأكسدة (٩,٧ مجم/جم وزن جاف) فى نسيج القشرة للجذور الصغيرة الحجم. أما أوراق البطاطا فإن محتواها الفينولى ونشاطها المضاد للأكسدة كان أعلى جوهريًّا عما فى الجذور. وكان أعلى محتوى فينولى (٨٨,٥ مجم/جم وزن جاف) ونشاط مضاد للأكسدة (٩٩,٦ مجم/جم وزن جاف) فى الأوراق الصغيرة التى لم تنفرد بعد. وكان حامض الكلوروجنك هو الحامض الفينولى الرئيسى بكل من الجذور والأوراق باستثناء الأوراق الصغيرة التى كان الحامض الرئيسى فيها هو 3.5-di-caffeoylquinic acid. ويمكن القول أن الجذور الصغيرة جدًّا التى يتم استبعادها فى الحقل والأوراق الصغيرة غير المكتملة النمو قد تكون مصدرًا مركزًا لمضادات الأكسدة الفينولية (Padde & Picha ٢٠٠٧).

ويشيع تواجد مركبات الـ caffeoylquinic acid فى النباتات، وهى تحمى النباتات من الافتراس (التهام آكلات الأعشاب لها) والإصابات المرضية، كما أن لها عديد من الوظائف المفيدة للإنسان. وقد وجد فى البطاطا أن محتويات حامض الكلورجنك chlorogenic acid، والأيزوميرات – 2,4، و-3,5، و-4,5 للـ dicaffeoylquinic acid فى جذور ١٦ تركيبًا وراثيًّا كان أعلى ما يمكن فى القشرة ومتوسطًا فى الحزم الوعائية وأقل ما يمكن فى البشرة، وتراوح محتوى حامض الكلورجنك بين الأصناف من ١٢ إلى ٢١٢ ميكروجرام/جم فى البيروديرم، ومن ٨٢٦ إلى ٧٢٧٤ ميكروجرام/جم فى القشرة، ومن ١٧١ إلى ٤٣٢٦ ميكروجرام/جم فى الأوعية، وشكَّل 3,5-dicaffeoylquinic acid أكثر من ٨٠٪ من الأيزوميرات الثلاثة للحامض، وهى التى تراوح محتواها – مجتمعة – فى مختلف التراكيب الوراثية من صفر إلى ١٧٧٥ ميكروجرام/جم وزن جاف فى البشرة، ومن ٨٨٣ إلى ٨٧٦٤ ميكروجرام/جم فى القشرة، ومن ١٨٧ إلى ٤٧٦٨ ميكروجرام/جم فى الأوعية. وقد تباينت كثيرًا السلالات الست عشرة التى قُيمت فى محتواها من مختلف المركبات؛ بما يعنى سهولة التربية لزيادة محتوى تلك المركبات فى جذور البطاطا. كذلك تبين أن محتوى الجذور من مركبات الـ caffeolquinic acid الأربعة يبلغ ٣٪ من الوزن الجاف للجذور الخازنة لنبات نجمة الصباح morning glory (وهو: *Ipomoea pandurata*)؛ بما يعنى إمكان استخدامه كمصدر جيد لتلك المركبات (Harrison وآخرون ٢٠٠٨).

الأوراق

تُستخدم أوراق البطاطا كغذاء فى بعض الدول الأفريقية، ويفيد التسميد البوتاسى لهذا المحصول فى زيادة محتواها من المركبات الفينولية؛ ومن ثم النشاط المضاد للأكسدة. وقد ازدادت الأحماض الفينولية بنسبة حوالى ٢٠٪ عندما أضيف النيتروجين إلى البوتاسيوم بنسبة ١ : ٥، بينما أدت كل مستويات التسميد البوتاسى إلى زيادة محتوى المواد الفلافونية بنسبة حوالى ٣٠٠٪ (Redovnikovic وآخرون ٢٠١٢).

وقد أنتج صنف جديد من البطاطا فى اليابان باسم Suioh لاستخدامه كمحصول ورقى. يتميز هذا الصنف بالطعم الجيد لأوراقه ومحتواها المرتفع من كل من الكالسيوم وفيتامين أ عما يتوافران به فى السبانخ.

يعد الليوتين lutein - وهو كاروتين – قادر على تأخير العمى المرتبط بتدهور الشبكية macular degeneration. وتعد أوراق البطاطا مصدرًا ممتازًا لهذا المركب، وهى التى يزيد محتواها منه عما فى أوراق الصليبيات. وفضلاً عن أن أوراق البطاطا تُستخدم كغذاء للإنسان فى بعض الدول، فإنها يمكن أن تستخدم كمصدر للإنتاج التجارى لـ الليوتين (Menelaou وآخرون ٢٠٠٦).

وتحتوى أوراق البطاطا على مستوى مرتفع من البولى فينولات، مقارنة بما يحتويه ١٢ نوعًا من الخضر الرئيسية. وتتكون تلك البولى فينولات من حامض الكافيك caffeic acid وخمسة أنواع من مشتقاته، هى:

3-mono-O-caffeoylquinic acid (Chlorogenic acid, ChA).

3,4-di-O-caffeoylquinic acid (3,4-diCQA).

3,5di-O-caeffeoylquinic acid (3,5-diCQA).

4,5-di-O-caeffeoylquinic acid (4,5-diCQA).

3,4.5-tri-O-caeffeoylquinic acid (3,4,5-triCQA).

تُظهر تلك البولى فينولات وظائف فسيولوجية متنوعة وتعمل كمضادات أكسدة ومضادات للطفرات وللسرطان وداء السكر وللنشاط البكتيرى (Yoshimoto وآخرون ٢٠٠٦).

هذا .. ويؤدى تعرض الأوراق لحرارة متوسطة الارتفاع مع إضاءة قوية إلى تراكم المركبات الفينولية، وهى التى قد يكون لها أهمية كبيرة فى تعزيز صحة الإنسان (Islam وآخرون ٢٠٠٣).

الأهمية الطبية للخضر البصلية

تُعد الخضر البصلية غنية بعدة أنواع من المركبات الكبريتية thiosulfides وثيقة الصلة بالحد من الإصابة بعدد من الأمراض المزمنة. كذلك فإنها غنية بالفلافونات: quercetin ، kaempherol، والجلوتاثيون، والسيلينيم عند نموها فى تربة غنية بالعنصر.

وتتباين كثيرًا تركيزات وأنواع المركبات الكبريتية فى مختلف الخضر البصلية، وهى تحتوى على نحو ١٪ - ٥٪ على أساس الوزن الجاف من المركبات الكبريتية غير البروتينية. وأمكن التعرف على خمسة isomers منها، هى: الـ alliin، و isoalliin، والـ propiin، والـ mehiin، والـ ethiin.

ولقد قُدِّر محتوى الـ thiosulfides الكلى (بالجرام/كجم وزن طازج) بنحو ٠,٢ فى أوراق البصل، و٠,٧٢ فى الشيف، و١,٠٢ فى أبصال البصل.

ويتباين المحتوى من مختلف المركبات الكبريتية باختلاف المحصول؛ فهو فى البصل – مثلاً – ٣٤٪ methiin، و٥٪ ethiin، و٦٪ propiin، و٥٪ alliin، و٤٩٪ isoalliin؛ وفى الثوم ٩٢٪ alliin، و٨٪ methiin.

وعند تجريح أو سحق تلك الخضر فإن الـ thiosulfides تتحول إنزيميًّا إلى allyl sulfides نشطة بيولوجيًّا (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

وثانى أهم مجموعات المركبات الكيميائية النشطة بيولوجيًّا فى الخضر البصلية هى الفلافونويدات. وفى أوراق البصل يشكل الـ quercetin حوالى ٥٠٪ من الفلافونويدات، بينما يشكل الـ kaempferol ٣١٪، والـ luteolin ١٤٪. أما فى أبصال البصل فإن الـ quercetin يشكل أكثر من ٩٥٪ من الفلافونويدات، مع آثار من الـ kaempferol. ويقل محتوى الـ quercetin جوهريًّا فى البصل الأبيض عما فى البصل الأحمر، كما يوجد معظمه فى

الحراشيف الخارجية. وفى الثوم يشكل الـ myricetin ٧٢٪ من الفلافونويدات، بينما يتوفر الـ apigenin بنسبة ٢٣٪، والـ quercetin بنسبة ٥٪. ويسود الـ kaempferol فى كل من الشيف وشيف الثوم garlic chive والكرات (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

وبينما ينخفض محتوى الخضر البصلية من عنصر السيلينيم (٠,٠٦ جزء فى المليون فى الثوم، و٠,٠٢ جزء فى المليون فى البصل)، فإنه يمكن زيادة تركيز العنصر بصورة ملحوظة عند زراعة تلك الخضر فى وسط غنى بالعنصر، حيث ازداد تركيزه - فى إحدى الدراسات – إلى ١١٠- ١٥٠ جزء فى المليون فى الثوم، وإلى ٢٨ جزء فى المليون فى البصل (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

البصل

للبصل مزايا واستعمالات علاجية وطبية عديدة، منها أنه مضاد لتكاثر البكتيريا فى الأغذية (مثل الكفتة) وفى القناة الهضمية، ويرجع ذلك إلى فعل المركبات التى من طراز الأليسين allicin-type compounds، حيث تتفاعل الأليسينات allicins، والمركبات ثنائية الكبريت disulfides مع مركبات الثيول thiol (SH)، مثل السيستين cystein، لتمنع دخولها فى تركيب البروتينات، كما يلى:

$$R_1\text{-}\underset{\underset{O}{|}}{S}\text{-}S\text{-}\text{-}R_2 + 2R_3SH \longrightarrow R_1\text{-}S\text{-}S\text{-}\text{-}R_3 + R_2\text{-}S\text{-}S\text{-}\text{-}R_3 + H_2O$$

allicins thiols mixed disulfides

$$R_1\text{-}S - S\text{-}\text{-}R_2 + R_3SH \longrightarrow R_1 - S - S\text{-}\text{-}R_3 + R_2SH$$

وتؤدى تفاعلات كهذه إلى منع نمو الخلايا البكتيرية (Augusti ١٩٩٠). وفضلاً عن تأثير هذه المركبات كمضادات بكتيرية تفيد الإنسان، فقد وجد أن مستخلصات البصل – وكذلك الثوم – تمنع نمو، أو توقف نمو أكثر من ٨٠ نوعًا من الفطريات الممرضة للنبات، إلا أن آفات البصل ومسبباته المرضية لا تتأثر بهذه المركبات، بل – على العكس – تنجذب لها ويزداد نشاطها عند تواجدها (عن Brewster ١٩٩٤).

كذلك يفيد البصل فى خفض تركيز السكر فى الدم، وخفض الكوليسترول، وخفض تجمع الدم وتكوين الجلطات (Goldman ١٩٩٦)، وكثير من الفوائد الأخرى التى تخرج تفاصيلها عن أهداف هذا الكتاب، والتى يمكن الرجوع إليها فى Augusti (١٩٩٠).

ويعتبر محتوى البصل من الكورستين quercetin ذات أهمية طبية خاصة، إذ إنه من أهم المركبات الفلافونية flavonoids التى توجد فى البصل. تستعمل المركبات الفلافونية فى علاج بعض الأمراض، وخاصة السرطان، وللكورستين أهمية بالغة كمركب مضاد للأكسدة ومضاد للسرطان. والفلافونات مجموعة كبيرة جدًّا من المركبات التى تشترك فى احتوائها على نواة فلافونية flavone nucleus تتركب من حلقات بنزينية مرتبطة من خلال حلقة بيرين heterocylic pyrine ring. ويرجع أصل الاسم كورستين إلى النبات كوركس *Quercus*. ويتوفر الكورستين – كذلك – إلى جانب البصل – فى كل من الشاى، والبن، والحبوب النجيلية، وعديد من الفاكهة والخضر.

وقد وجد أن مستوى البصل من الكورستين الكلى ينخفض تدريجيًّا من الحراشيف الخارجية الجافة بالاتجاه نحو الحلقات الداخلية. ووجد أعلى تركيز للكورستين فى الحراشيف الخارجية الجافة للصنف ردبون Red Bone (٣٠,٦٦ جم/كجم وزن جاف). بينما احتوى الصنف كونتسّا Contessa على أقل تركيز (٠,٠٩٤جم/كجم وزن جاف). كذلك وجد تباين مماثل فى محتوى الأبصال من الكورستين الحر الذى بلغ أعلى تركيز له (٢٠,٦٤ جم/كجم وزن جاف) فى الحراشيف الخارجية الجافة للصنف كونتسّا (Patil & Pike ١٩٩٥).

ووجد أن محتوى الأبصال من الكورستين الجلوكوسيدى فى أصناف البصل الصفراء، والوردية، والحمراء يتراوح بين ٥٤ و ٢٨٦ مجم/كجم من الأبصال الطازجة، بينما لم توجد سوى آثار من المركب فى أصناف البصل البيضاء. وبالمقارنة كان تركيز الكورستين الحر منخفضًا فى جميع الأصناف المختبرة حيث لم يزد عن ٠,٤ مجم/كجم، باستثناء صنف واحد – هو 20272-G، حيث بلغ تركيز الكورستين الحر فى أبصاله ١٢,٥مجم/كجم من الوزن الطازج.

وأدى تخزين الأبصال فى الجو العادى – وخاصة على ٢٤ ْم مقارنة بتخزينها على ٥ أو ٣٠ ْم – إلى إحداث زيادة كبيرة فى محتواها من الكورستين بلغت أقصاها بعد نحو ثلاثة شهور

من التخزين، أعقبها نقص فى محتوى الكورستين استمر حتى نهاية فترة التخزين التى دامت خمسة شهور. أما التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فلم يؤثر على محتوى الأبصال من الكورستين بعد خمسة شهور من التخزين (Patil وآخرون ١٩٩٥ أ).

كما وجد أن محتوى أبصال البصل من الكورستين يتأثر كثيرًا بمنطقة الإنتاج، وبدرجة أقل بكل من نوع التربة ومرحلة النمو، حيث يزداد المحتوى قليلاً بتقدم النضج (Patil وآخرون ١٩٩٥ ب).

ويختبر الباحثون نظرية افتراضية مؤداها أن المركبات الكبريتية التى تتوفر فى البصل وغيره من نباتات الجنس *Allium* تتفاعل فى الكبد لتنشيط الإنزيمات المخلّصة من السموم Detoxification enzymes؛ الأمر الذى يحمى الدنا (DNA) من مهاجمة المركبات المحدثة للسرطان (ASHS Newsletter – المجلد ١٤ – العدد الخامس – مايو ١٩٩٨).

وعلى الرغم من الأهمية الطبية للبصل، إلا أن الاعتماد على البصل فقط فى الغذاء لعدة أيام يؤدى إلى تحطم خلايا الدم الحمراء والتسمم. وقد حدثت حالات تسمم من هذا النوع فى الماشية التى احتوى علفها على كميات كبيرة من البصل (Kingsbury ١٩٦٣).

كما قد تصاب الأبصال ومنتجات البصل بعديد من الأعفان التى قد يكون من بينها فطريات منتجة للأفلاتوكسينات المسببة للسرطان.

وفى دراسة على التلوث الميكروبى خلال مختلف مراحل تجفيف البصل فى أحد المصانع فى سوهاج وجد Zohri وآخرون (١٩٩٢) تلوثًا عاليًا بعديد من الفطريات فى المراحل الأولى من التجفيف، ولكنه تناقص تدريجيًا إلى أن اختفى تمامًا فى المرحلة النهائية (العاشرة) وقبل النهائية من عملية التجفيف. وقد عزل الباحثون ١٥ نوعًا من الفطريات تنتمى إلى ٧ أجناس، كان من بينها *Aspergillus niger*، و*A. flavus*، و*A. terreus*، و*Penicillium chrysogenum*. ووجدت الأفلاتوكسينات ابتداءً من المرحلة الأولى للتجفيف – بتركيز ١٢٠ ميكروجرامًا لكل كيلوجرام – حتى المرحلة الثامنة – بتركيز ٢٠ ميكروجرامًا لكل كيلوجرام – ولكنها اختفت تمامًا فى المرحلتين التاسعة والعاشرة للتجفيف.

ويعتبر البصل مصدرًا جيدًا للمركبات البكتينية التى تتوفر فى قشوره الجافة بنسبة تتراوح بين ١٠٪ و٣٣٪ حسب الصنف. كما يحتوى البصل الأحمر على ثمانية أنواع من الصبغات الأنثوسيانينية. وتتوفر فى البصل عديد من المركبات الفلافونية، والتى من أهمها مركب الكورستين Quercetin الذى عزل فى بداية الأمر من قشور البصل الصفراء، ولكنه وجد بعد ذلك فى أوراق البصل. وهو يوجد فى القشور الجافة فى صورة حرة ولكنه يرتبط بالسكريات فى أنسجة البشرة بالأوراق. ويتراوح محتوى قشور الأبصال الملونة من الكورستين بين ٢,٥ و ٦,٥٪ على أساس الوزن الجاف، بينما لا يزيد محتوى قشور الأبصال البيضاء عن ملليجرامًا واحدً لكل ١٠٠ جرام من الوزن الجاف.

كذلك تحتوى قشور الأبصال الملونة على عديد من المركبات الفينولية، والتى منها: حامض بروتوكاتيكوك Protocatechuic acid، وفلوروجلوسينول Phloroglucinol، وبيروكاتيكول Pyrocatechol وغيرهم.

ولمزيد من التفاصيل عن مختلف المركبات الكيميائية التى توجد فى نباتات البصل – وخاصة فى الأبصال – يراجع Fenwick & Hanley (١٩٩٠ ب).

ولقد أمكن عزل الفلافونات التالية من الحراشيف الحمراء لأبصال صنف البصل Red Baron (Fossen وآخرون ١٩٩٨):

quercetin 3,7,4'–o–β-triglucopyranoside

quercetin

quercetin 4'-o-β-glucopyranoside

quercetin 3,4'-o-β-diglucopranoside

هذا .. ويعد المركبان الثالث والرابع أعلاه – وخاصة المركب الرابع – أهم الفلافونات فى البصل، حيث يشكلان معًا ٨٥٪ من الفلافونات الكلية، ويقل تركيز الـ quercetin إلى نحو ٢٪ من الفلافونات الكلية. ويشكل نحو ١٧ مركبًا آخر حوالى ١٥٪ من الفلافونات الكلية (Price & Rhodes ١٩٩٧).

وأوضحت الدراسات الحديثة أن البصل يمكن استعماله فى علاج أو تقليل أو منع حدوث بعض المشكلات الصحية، مثل: السرطان، وأمراض أوعية القلب، والسكر، والربو، والتضادية الحيوية التى تؤدى إلى اتلاف أحد المتعضيين antibiosis، وذلك بسبب محتواه العالى من مضادات الأكسدة.

ويحتوى البصل الأصفر على أعلى محتوى من الفينولات الكلية، يليه البصل الأحمر، فالأبيض، لكن البصل الأحمر كان الأعلى فى التأثير المضاد للأكسدة، تلاه الأصفر، فالأبيض (Gokce وآخرون ٢٠١٠).

وعمومًا .. يتميز البصل بخصائص تجعله مضاد للبكتيريا، وأن له تأثيرات فى خفض كل من مستوى السكر والدهون والتخثر وتكوين الأورام الليفية، وله مميزات طبية أخرى كثيرة يمكن الرجوع إلى تفاصيلها فى Augusti (١٩٩٠).

الثوم

حظى الثوم بأهمية خاصة، نظرًا لما نُسب إليه من فوائد عديدة فى المجال الطبى. ومن المعروف أن الثوم يحتوى على مادة مضادة للبكتيريا السالبة والموجبة لصبغة جرام تسمى آليسين allicin، وهى التى تتحلل إلى مركبين، هما: داى أليل داى سلفيد، وثيوسلفونات الداى آليل داى سلفيد، كما يلى (عن Augusti ١٩٩٠):

$$2C_3H_5\text{-}S(O)\text{-}CH_2\text{-}CH(NH_2)\,COOH \longrightarrow C_3H_5\text{-}S(O)\text{-}S\text{-}C_3H_5 + 2NH_3 + 2CH_3CO.COOH$$

Alliin — allinase — allicin

أليين — أليينيز — آليسين

وبعد ذلك يعيد الأليسين ترتيب نفسه إلى داى أليل داى سلفيد، وثيوسلفونات الداى أليل داى سلفيد.

$$2C_3H_5\text{-}S(O)\text{-}S\text{-}C_3H_5 \longrightarrow C_3H_5\text{-}S\text{-}S\text{-}C_3H_5 + C_3H_5S(O)_2\text{-}S\text{-}C_3H_5$$

Allicin — dially disulfide (DADS) — thiosulfonate of DADS

يعتبر الآليسين Allicin (وهو: 2-propene-1-sulphinothioic acid S-2propenyl ester) من أكثر الثيوسلفينات thiosulphinates تواجدًا فى الثوم المقطوع أو التى تهتكت أنسجته حديثًا (Calvey وآخرون ١٩٩٤)، وهو المركب الأم الذى يتكون منه عديد من المركبات الكبريتية المسئولة عن الطعم، والنكهة، والخصائص الطبية والعلاجية للثوم.

ويرتبط النشاط المضاد للميكروبات فى زيت الثوم بمحتواه من الـ allyl cysteinesulfoxides (El-Shourbagy ١٩٩٣).

ويشكل الـ Alliin lyase نحو ١٠٪ من البروتين الكلى فى فصوص الثوم (Ellmore & Feldberg ١٩٩٤).

يعد الثوم طاردًا للديدان الأسطوانية، وخافضًا لضغط الدم المرتفع، ومستوى السكر والدهون والتخثر، ويفيد فى علاج بعض حالات أمراض القلب، وكمطهر، ومضاد للبكتيريا، وله استعمالات طبية أخرى كثيرة يمكن الرجوع إلى تفاصيلها فى Augusti (١٩٩٠).

الأهمية الطبية للخضر الورقية

الخس

تتباين أصناف الخس فى محتوى أوراقها من المركبات المفيدة لصحة الإنسان ؛ فقد احتوى صنف الخس Round على الكورستين quercetin – وهو مركب فلافونى مضاد للإصابات السرطانية – بتركيز ١١ جزءًا فى المليون، بينما تراوح التركيز فى صنف الخس Lollo Rosso من ٤٥٠ جزءًا فى المليون فى الأوراق الداخلية إلى ٩١١ جزءًا فى المليون فى الأوراق الخارجية (Crozier وآخرون ١٩٩٧).

وتراوح المحتوى الكلى للفلافونات – المقدرة كوحدات للأجليكون aglycon فى المادة الطازجة – فى ثمانية أصناف من الخس – بين ٠,٣، و٢٢٩ ميكروجرامًا لكل جرام.

وأمكن التعرف فى أصناف الخس ذات الأوراق الخضراء على خمس من الكورستينات quercetins، هى:

quercetin-3-o-galactoside

quercetin-3-o-glucosie

quercetin-3-o-glucuronide

quercetin-3-o-(6-o-malonyl) glucoside

quercetin-3-o-rhamnoside

وكذلك على المركب:

luteolin-7-o-glucuronide

وعلى مركبين إضافيين من السيانادينات cyanidins فى الأصناف ذات الأوراق الحمراء، هما:

cyanidin-3-o-glucoside

cyanidin-3-o(6-o-malonyl) glucoside

وأحدث تقطيع الخس ثم تعريضه للضوء فقدًا جوهريًّا فى الفلافونات بلغ ٩٤٪ فى طراز ورق البللوط الأخضر، و٤٣٪ فى طراز ورق البللوط الأحمر، و٣٦٪ فى طراز الآيس برج، و٢٥٪ فى طراز الباتافيا batavia، و٢٤٪ فى طراز lollo biondo، و٦٪ فى طراز lollo roso، بينما لم يحدث فقدًا يذكر فى طرازى الرومين والخس الورقى الأخضر green salad bowl.

وأدى تخزين رؤوس الخس الكاملة فى الظلام على ١°م مع ٩٨٪ رطوبة نسبية لمدة ٧ أيام إلى فقد ما بين ٧٪، و٤٦٪ من الجلوكوسيدات الفلافونية (DuPont وآخرون ٢٠٠٠).

السبانخ

تحتوى أوراق السبانخ التى فى منتصف مرحلة تكوينها على تركيزات أعلى من الفينولات الكلية، والفلافونات الكلية، ومضادات الأكسدة عما تحتويه الأوراق غير المكتملة التكوين والمكتملة التكوين، وتبين أن الفلافونات هى المكون الرئيسى لمضادات الأكسدة (Pandjaitan وآخرون ٢٠٠٧).

كما أن الزراعات الخريفية المتأخرة للسباتخ (التى تبقى فى الحقل خلال فصل الشتاء) تحتوى على تركيزات أعلى من الفينولات الكلية ومضادات الأكسدة عما تحتويه نباتات الزراعات الخريفية المبكرة (التى تُحصد بنهاية فصل الخريف)؛ بما يعنى أن ظروف النمو، والشدِّ البيئى والحيوى تؤثر فى أيض الفينولات.

ولقد احتوت سلالات التربية المتقدمة من السباتخ – الأكثر مقاومة للأمراض – على تركيزات أعلى من الفينولات، والفلافونات الكلية والمفردة، ومضادات الأكسدة عما وُجد فى الأصناف التجارية؛ بما يعنى إمكان الانتخاب لزيادة المحتوى الفينولى وزيادة مضادات الأكسدة فى السباتخ (Howard وآخرون ٢٠١٠).

الكرفس

ترجع النكهة المميزة للكرفس إلى محتواه من الثاليدات phthalides والتربينات terpenes، والفيورانوكيومارينات linear furanocoumarins، مثل الـ psoralen، والـ xanthotoxin، والـ bergaten، والـ isopimpinellin.

وتُحدث المركبات الثلاثة الأولى (الـ psoralen، والـ xanthotoxin، والـ bergaten) مشاكل جلدية للإنسان والحيوان بعد ملامستها للجلد – أو تناولها – إذا أعقب ذلك التعرض للضوء.

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

وقد اكتشفت أضرار السورالينات على العمال المشتغلين بالكرفس سواء أكان عملهم فى الحقول، أم فى محلات السوبر ماركت (عن Afek وآخرين ١٩٩٥ ب).

وعادة لا يصل تركيز تلك المركبات فى الكرفس إلى المستوى السام للإنسان، إلا أن تركيزها يزداد فى وجود الملوثات، وفى الحرارة المنخفضة، وفى حالات الإصابات المرضية والميكانيكية، وعند كثرة التعرض للأشعة فوق البنفسجية (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

ويوجد نوعان رئيسيان من السورالينات psaralens (الـ linear furanocoumarins)، هما: 5-methoxypsoralen، و 8-methoxypsoralen (والأصح: methoxsalen).

وقد قدر تركيز السورالينات فى الأجزاء المختلفة لصنف الكرفس الواسع الانتشار Tall Utah 52-70R وسلالة التربية UC-08، وكانت النتائج كما يلى:

الجزء النباتى	تركيز السورالينات (جزء فى المليون)
الأوراق الخارجية المسنة	٤٤,٩
الأوراق الوسطى المكتملة التكوين	٩,٩
أوراق القلب الصغيرة	٣,٦
أعناق الأوراق الخارجية المسنة	١,٤
أعناق الأوراق الوسطى المكتملة التكوين	١,٠
أعناق أوراق القلب الصغيرة	١,٥
الجذور	٠,٩

وتبعًا لتلك النتائج فإن أنصال الأوراق الخارجية المسنة والأوراق الوسطى المكتملة التكوين فقط هى التى تحتوى على تركيزات عالية من السورالينات إلى درجة قد تشكل خطرًا على صحة الإنسان والحيوان (Diawara وآخرون ١٩٩٥).

وقد وصل تركيز المركبات: الـ psoralen، والـ bergapten، والـ xanthotoxin، والـ isopimpinellin إلى حوالى ١٢- ٥٠ جزءًا فى المليون فى خمسة أصناف من الكرفس. وقد أدى رش الكرفس ٢- ١٤ مرة بالبرافو ٥٠٠ Bravo 500 (وهو chlorothalonil)، أو بالمانزيت د Manzate-D (وهو mancozeb)، أو بالكوسيد ١٠١ Kocide 101 (وهو أيدروكسيد نحاس) إلى زيادة الـ bergapten بمقدار ضعفين إلى أربعة أضعاف فى أنصال وأعناق الأوراق، والـ isopimpinellin بمقدار ضعفين إلى ثلاثة أضعاف فى أنصال الأوراق (Nigg وآخرون ١٩٩٧).

يعتقد أن السورالينات Psoralens – 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 furacoumarin من ٢ إلى ٩٥ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الطازج.

ولكن يبدو أن السورالينات ذاتها ليست هى الفيتوألاكسينات، وإنما مرد النشاط المضاد لمسببات الأمراض إلى المارمسين marmesin، الذى يتكون منه السورالين. وقد وجد Afek وآخرون (١٩٩٣، و ١٩٩٥أ) أن معاملة الكرفس بالجبريللين بعد الحصاد أدت إلى إبطاء تكوين السورالين، مع استمرار مقاومة النباتات لأمراض المخازن لفترة طويلة، علمًا بأن المارمسين يتحول تدريجيًّا – بصورة طبيعية – إلى سورالين بعد الحصاد.

وقد تبين أن المارمسين marmesin (+) – وهو بادئ السورالينات psoralens فى الكرفس – تبلغ قوة مضادته للفطريات مائة ضعف قوة السورالينات. وقد صاحبت زيادة قابلية الكرفس للإصابة بالأمراض خلال شهر من التخزين نقصًا فى محتواه من المارمسين واكبته زيادة فى تركيز السورالين. وأوضحت الدراسات أن الزيادة فى إصابة الكرفس بالأعفان ترتبط سلبيًّا بتركيز المارمسين وإيجابيًّا بتركيز السورالين. وظهر بعد شهر من تخزين الكرفس على صفر أو ٢ْم أن تركيز السورالينات ازداد من ١٠ إلى ١٣٦ أو إلى ٨٧ جزءًا فى المليون – على أساس الوزن الطازج – على التوالى، بينما انخفض تركيز المارمسين تحت الظروف ذاتها من ٣٣ إلى ٤ أو إلى ١١ جزءًا فى المليون. وقد كانت إصابة الكرفس بالأعفان بعد شهر من التخزين على صفر أو ٢ْم هى ٦٢٪، و٢٧٪ على التوالى (Afek وآخرون ١٩٩٣، و١٩٩٥ب).

كذلك اكتشف Afek وآخرون (١٩٩٣، و١٩٩٥ ج) فيتوألاكسين آخر غير المارمسين أطلقوا عليه اسم الكولمبيانتين columbiantein بلغت قوة مضادته للفطريات ما لا يقل عن ٨٠ ضعف قوة السورالينات، وكما كان الحال مع المارمسين، فإن تركيز الكولمبيانتين انخفض أثناء تخزين الكرفس لمدة شهر على الصفر المئوى، وواكب ذلك زيادة فى كل من قابلية الخس للإصابة بالأعفان ومحتواه من السورالين.

الرجلة

تُعد الرجلة *Portulaca oleracea* من الأغذية الغنية بعديد من المركبات الهامة لصحة الإنسان؛ فهى أحد أحسن المصادر النباتية للـ alpha-linolenic acid، وهو omega-3 fatty acid. ويُعد هذا الحامض الدهنى بادئ لمجموعة خاصة من الهرمونات (الـ prostglandins)،

وقد يوفر حماية من الإصابة بأمراض أوعية القلب والسرطانات وعدد من الأمراض المزمنة التى تُصيب الإنسان. كذلك فإن الرجلة تُعد مصدرًا ممتازًا للفيتامينات المضادة للأكسدة: alpha-tocopherol، وحامض الأسكوربيك، والبيتا كاروتين، وكذلك الجلوتاثيون glutathione، وللأحماض الأمينية: isoleucine، وleucine، وlysine، وmethionine، وcystine، وphenylalanine، وtyrosine، وthreonine، وvaline (Palaniswamy وآخرون ٢٠٠٢).

تحتوى أوراق الرجلة على ٦٪ دهون على أساس الوزن الجاف، وأكثر الأحماض الدهنية تواجدًا فيها (فى كل من الأوراق والبذور) هو حامض اللينولينك linolenic acid الذى أسلفنا ذكره. وممكن أن تكون الرجلة وسيلة غذائية فعالة لخفض مستوى الكوليسترول فى الدم والوقاية من مرض انسداد الشريان التاجى فى الإنسان (Bhardwaj ٢٠٠٧).

تعد الرجلة عالية بدرجة كبيرة فى محتواها من الأوميجا٣ (∝-linolenic acid)، وهو حامض دهنى أساسى يُفيد فى خفض حالات الإصابة بأمراض القلب الوعائية وبعض الأمراض السرطانية كما بينا، ويوجد نحو $\frac{2}{3}$ هذا المحتوى من الحامض فى الكلوروبلاستيدات، على الرغم من عدم وجود علاقة بين المحتوى الكلوروفيلى والحامض. وقد ازداد تركيز الحامض الدهنى بنسبة ٢٣٩٪ عندما كانت نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى ٠,٥ : ٠,٥، مقارنة بالوضع عندما كانت النسبة ١ : صفر، وازداد بنسبة ١١٤٪، مقارنة بالوضع عندما كانت النسبة ٠,٧٥ : ٠,٢٥ (Palaniswamy وآخرون ٢٠٠٠).

وقد كانت أفضل نسبة من الأحماض الدهنية الـ omega-6 إلى الـ omega-3 فى نباتات الرجلة بعد شتلها بنحو ٢٠ يومًا؛ أى بعد نحو ٤٢ يومًا من زراعة البذرة، وذلك مقارنة بالنسبة بعد ٤٠ أو ٦٠ يومًا من الشتل (Mortley وآخرون ٢٠١٢).

الجرجير

تراوح المحتوى الكلى للجلوكوسينولات glucosinolates فى الجرجير بين ١٤,٠٢، و٢٨,٢٤ ميكرومول/جم وزن جاف. وشكَّل الجلوكورافانين glucoraphanin ٥٢٪ من الجلوكوسينولات الكلية فى إحدى السلالات. وقد تباينت السلالات فى تحلل الجلوكورافانين إلى الـ isothiocyanate sulforaphane. كذلك أظهرت أوراق الجرجير تباينًا فى محتوى المركبات

الفينولية، مثل: الـ querecetin-3-glucoside، والـ rutin، والـ myricetin، والـ quercetin، والـ ferulic acid، والـ p-coumaric acid. كما ظهرت تباينات كبيرة فى الكاروتينات الكلية التى تراوحت بين ١٦,٢، و٢٧٥ ميكروجرام/جم، وكان أهمها الـ lutein (Villatoro-Pulido وآخرون ٢٠١٣).

الهندباء

الفلافونات

يتراوح محتوى الهندباء من المركبات الفلافونية بين ٤٤، و٢٤٨ ميكروجرامًا/جم وزن طازج، ومن أهم هذه المركبات ما يلى:

Kaempferol-3-o-glucoside

Kaempferol-3-o-glucuronide

Kaempferol-3-o-[(6-0-malonyl)glucoside]

وقد أدى تجهيز الهندباء للاستهلاك – بتقطيع الأوراق – إلى حدوث فقد فى المركبات الفلافونية تراوح من ٨٪ فى الأصناف المهدبة الأوراق إلى ٣٢٪ فى الإسكارول (DuPont وآخرون ٢٠٠٠).

السيلينيم

أدت زيادة تركيز السيلينيم فى المحول المغذى للهندباء إلى زيادة تركيز العنصر فى الأوراق، وكانت الزيادة أكبر باستعمال $NaSeO_4$ كمصدر للسيلينيم مقارنة باستعمال $NaSeO_3$، وازداد الوزن الكلى للنباتات عندما استعملت سيلينات الصوديوم $NaSeO_4$ بتركيز ١-٤ ملليجرام/لتر، بينما نقص كل من الوزن الطازج والوزن الجاف للنباتات عندما استعملت $NaSeO_3$ بتركيز ٢ مجم/لتر أو أكثر من ذلك. كذلك انخفض محتوى الأوراق من النترات جوهريًّا بزيادة تركيز $NaSeO_3$. وأدت إضافة أى من $NaSeO_4$، أو $NaSeO_3$ بتركيز ٢ مجم/لتر إلى رفع محتوى الأوراق من السيلينيم إلى ٥٠٣٦، و٢٧٥٥ ميكروجرام سيلينيم/كجم وزن جاف على التوالى (٧٥٥، و ٢٣٤ ميكروجرام سيلينيم لكل كيلوجرام وزن طازج)، علمًا بأن القدر المناسب من السيلينيم الذى يجب توفره فى غذاء الإنسان يتراوح بين ٥٠، و ٢٠٠ ميكروجرام يوميًّا (Lee & Park ١٩٩٨).

الأهمية الطبية للخضر الساقية والزهرية

الأسبرجس

يمكن اعتبار مهاميز الأسبرجس من المصادر الممتازة لمضادات الأكسدة الطبيعية، مثل المركبات الفينولية. ولقد وجد ارتباط بين مختلف الفلافونات والأحماض الأيدروكسى سينامية hydroxycinnamic acids والنشاط المضاد للأكسدة بالمستخلص الإيثانولى للمهاميز؛ علمًا بأن تلك المركبات كانت أكثر، وأن نشاط الأكسدة ازداد فى مهاميز الأسبرجس الخضراء عما فى البيضاء (Guillén وآخرون ٢٠٠٨).

ولقد أمكن عزل عدة أنواع من الاستيرويدات steroids من جذور الأسبرجس، وأظهرت ثمانية أنواع منها نشاطًا جوهريًّا مضادًا لخلايا سرطانية بالفئران والإنسان (Huang وآخرون ٢٠٠٨).

الخرشوف

كانت أكثر المركبات المضادة للأكسدة تواجدًا فى مستخلصات الخرشوف من الأجزاء المأكولة وتلك التى تتخلف بعد تصنيعه كلا من حامض الكلوروجنك chlorogenic acid، وسينارين أ cynarin A، والناريروتين narirutin. وقد يكون لتلك المركبات أهمية فى الأسواق النامية للإضافات المغذية (Mabeau وآخرون ٢٠٠٧).

ولطالما استخدمت مستخلصات أوراق الخرشوف – على نطاق واسع – فى الأغراض الطبية كواقيات للكبد hepatoprotectants، وكعوامل chloeretic. وتمثل أوراق الخرشوف مصدرًا طبيعيًّا للأحماض الفينولية، والتى من أهمها – فى الخرشوف – الأحماض الـ dicaffleoylquinic – مثل السينارين cynarin (وهو: 1,3-dicaffeolquinic acid) وبادئه حامض الكلوروجنك chlorogenic acid (وهو: 5-caffeolquinic acid). وقد وجد أن تعريض أوراق الخرشوف للأشعة فوق البنفسجية يزيد من مستويات تلك الأحماض (Moglia وآخرون ٢٠٠٨).

الأهمية الطبية للخضر الكرنبية (الصليبية)

محتوى الجليكوسينولات

تُعد الخضر الكرنبية (الصليبيات) أغنى مصادر الجليكوسينولات glucasinolates فى غذاء الإنسان. وهى – كذلك – غنية فى كل من فيتامين E والتوكوفيرولات tocopherols، وفيتامين C والألياف. ومن بين الـ ١٢٠ من الجلوكوسينولات التى أمكن التعرف عليها، يعرف ٢٠ منها فى

الصليبيات، ويتواجد ثلاثة أو أربعة منها بكميات جوهرية. وأكثرها شيوعًا الجلوكوسينولات الأليفاتية، فالإندولية، فالأروماتية.

وتتضمن الجلوكوسينولات الأليفاتية كلاً من :

glucoerucin	glucorophanin
epi-progoitrin	progoitirim
napoleiferin	sinigrin
glucoalysin	gluconapin

وتتضمن الجلوكوسينولات الإندولية كلا من:

4-hydroxyglucobrassicin	glucobrassicin
neo-glucobrassicin	4-methoxyglucobrassicin

وتتضمن الجلوكوسينولات الأروماتية كلاً من:

sinalbin	gluconasturtiin

(Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

تتباين أنواع الجلوكوسينولات السائدة فى مختلف الصليبيات، كما يلى:

المحصول	الجلوكوسينولات السائدة فيه
البروكولى	Glucoraphanin, glucobrassicin, progoitrin, and gluconasturtiin
كرنب بروكسل والكرنب والقنبيط والكولارد والكيل	Sinigrin, progoitrin, and glucobrassicin
اللفت والروتاباجا	Gucobrassicin, progoitrin, and gluconasturtiin.
الفجل	Glucoerucin, glucoraphanin, and glucobrassicin

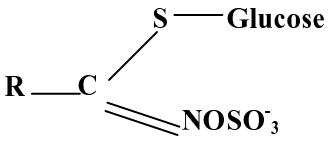
هذا .. ويتباين محتوى الجلوكوسينولات فى أجزاء النبات الواحد، وفى مختلف مراحل نموه؛ ففى البروكولى – مثلاً – يبلغ محتوى الجلوكوسينولات فى الرؤوس المستخدمة فى الغذاء حوالى ٢٠ – ٥٠ ضعف محتواها فى الأنسجة الأخرى فى النباتات البالغة.

كذلك يتباين محتوى الجلوكوسينولات فى الأصناف المختلفة من المحصول الواحد؛ ففى البروكولى – مثلاً – وجد لدى دراسة المحتوى فى ٦٥ صنفًا وسلالة أن الـ glucoraphain كان الجلوكوسينول الرئيسى لكن محتواه بلغ فى الصنف الأعلى محتوى Brigadier ضعف المحتوى فى الصنف الأقل محتوى EV6-1 (Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

تعتبر الجلوكوسينولات glucosinolates (أو الثيوجلوكوسيدات thioglucosides) مثل السينرجين sinigrin من المركبات الكبريتية الهامة فى نباتات العائلة الصليبية. فهذه المركبات تتحلل إنزيميًّا عند تمزق الخلايا، وينتج عنها تكوين الأيزوثيوسيانات isothiocyanates، وهى تتكون من زيوت الخردل، والثيوسيانات thiocyanates ذات الأهمية البالغة.

ولقد أمكن عزل أكثر من ١٠٠ مركب من الجلوكوسينولات من عدد محدود من العائلات النباتية، ولكنها تتركز بصفة خاصة فى نباتات العائلة الصليبية.

إن التركيب الكيميائى العام للجلوكوسينولات، كما يلى:

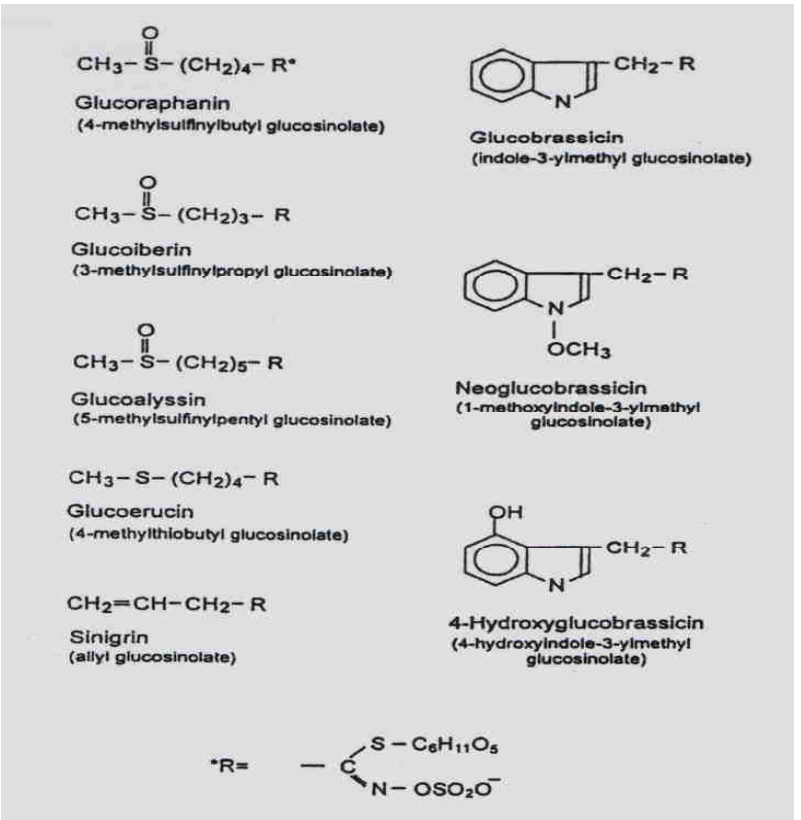


ومن أمثلتها، ما يلى:

الاسم	الـ R-group
Sinigrin	Prop-2enyl
Progoitin	2-Hydroxybut-3-enyl
Gluconapoleiferin	2-Hydroxypent-4-enyl
Glucoiberverin	3-Methylthiopropyl
Glucoerucin	3-Methylthiobutyl
Glucoiberin	3-Methylsulfinylpropyl
Glucoraphanin	4- Methylsulfingylbutyl

الاسم	الـ R-group
Gluconasturtiin	2-Phenethyl
Glucobrassicin	Indoly-1-3-methyl
4-Hydroxyglucobrassicin	4-Hydroxyindoly-1-3-methyl
4-Methoxyglucobrassicin	2-Methoxyindoly-1-3methyl
Neoglucobrassicin	1-Methoxyindoly-1-3methyl

ويوضح شكل (٤-١) التركيب الكيميائى الكامل لثمان من هذه الجلوكوسينولات، علمًا بأن R فى الشكل تمثل التركيب الكيميائى العام (الأساسى) لمختلف الجلوكوسينولات.

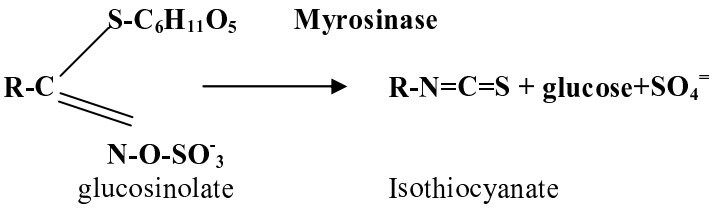


شكل (٤-١): التركيب الكيميائى لبعض أنواع الجلوكوسينولات التى توجد فى الخضر الصليبية (عن Farnham وآخرين ٢٠٠٠).

وتعد جميع الجلوكوسينولات أنيونات، وهى غالبًا ما تتواجد فى النباتات على صورة ملح البوتاسيوم.

وتتحلل الجلوكوسينولات بسهولة بواسطة إنزيم الميروزينيز myrosinase الذى يتواجد معها، وينتج عن ذلك: β-D-glucose، وsulfate، وأجلوكون aglucon عضوى. ويمكن أن يتحلل المركب الأخير معطيًا thiocyanates، وisothiocyanates، وnitrils، وcyanides، وozazolidine-thiones (عن Rangavajhyala وآخرين ١٩٩٨).

وتُنتج الأيزوثيوسيانات عند تحلل الجلوكوسينولات بفعل إنزيم الميروزينيز، كما يلى:



وقد تبين من دراسات Kyung وآخرين (١٩٩٥) أن المركب 1-cyano-2,3-epithiopropane هو أكثر المركبات تواجدًا من بين تلك التى تنتج عن تحلل السنجرين sinigrin.

كما أمكن عزل المركب 2-propenyl isothiocyanate من كل من الكرنب الأبيض والأحمر، والمركب 3-butenyl isothiocyanate من الكرنب الأحمر.

ويؤدى تحلل الجلوكوسينولات إلى إعطاء الصليبيات نكهتها وطعمها المميزين، كما أنها تعد مضادة للإصابات السرطانية، وفى الوقت ذاته فإنها قد تؤدى إلى تضخم الغدة الدرقية.

ومن أمثلة المركبات المسئولة عن الطعم والنكهة، والتى تنشأ عن التحلل الإنزيمى للجلوكوسينولات المركب: allyl isothiocyanate الذى يتكون فى المسترد وفجل الحصان نتيجة للتحلل الإنزيمى للسنيجرين sinigrin، وهو مركب حار قوى مسيّل للدموع.

ونجد أن المركب indol-3-ylmethylglucosinolate – الذى يتواجد بتركيزات عالية فى عديد من الخضر الكرنبية – ذات أهمية بالغة نظرًا لكونه مضاد للإصابات السرطانية (عن Hansen وآخرين ١٩٩٥).

كذلك فإن من نواتج تحلل الجلوكوسينولات glucosinolates المركبان: benzylisothiocyanates، و2-pheny1 isoththiocyanate اللذان يثبطان الإصابات السرطانية التى تحدثها المركبات الكيميائية (عن Carlson وآخرين ١٩٨٧).

هذا .. ويؤدى المركب 5-vinyloxazolinidine-2-thione إلى تضخم الغدة الدرقية، كما يؤدى المركب thiocyanate إلى منع حصول الغدة الدرقية على اليود.

الكرنب

يعد الكرنب – وكرنب أبو ركبة – أقل الصليبيات احتواء على الجلوكوسينولات ويعد القنبيط والبروكولى وسطًا فى هذا الشأن، بينما يوجد أعلى تركيز لهذه المركبات فى الكرنب بروكسل (عن Ryder ١٩٧٩).

وقد كان المركبان sinigrin، وglucoiberin أكثر المركبات الأليفاتية تواجدًا فى الكرنب الأبيض، بينما ساد المركب progoitrin فى الكرنب الأحمر، وشكلت المركبات الإندولية ٣٠٪ - ٤٠٪ من الجلوكوسينولات الكلية، وكان أكثرها تواجدًا المركب glucobrassicin. وعمومًا فإن تركيز الجلوكوسينولات الكلية كان منخفضًا فى الكرنب (٢٦,٥٠ مجم/جم) مقارنة بتركيزها فى كرنب بروكسل (١٢٦,٦١ مجم/جم) (Ciska وآخرون ١٩٩٤).

كذلك كانت أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا فى *B. oleracea* (الكرنب والكيل) هى:

3-methylsulphinylpropylally-glucosinolate

2-propenyl-glucosinolate

1-methoxyindol-3-ylmethyl-glucosinolate

حيث شكلت ٣٥٪، و٢٥٪، و٢٩٪ من الجلوكوسينولات الكلية على التوالى، كما كان أعلى تركيز لهذه المركبات بعد ١٤ يومًا من الزراعة، بينما كان أعلى تركيز فى رؤوس الكرنب ذاتها عند بداية تكوينها (Rosa وآخرون ١٩٩٦، وRosa ١٩٩٧أ).

وفى دراسة أخرى على الكرنب .. وجد Rosa (١٩٩٧ب) أن أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا فى الأجزاء الهوائية للنبات كانت:

2-propenyl-glucosinolate

3-methylsulfinyl glucosinolate

وذلك بمتوسط قدره ٢٦١، و١٦٧ ميكرومول/١٠٠جم – على أساس الوزن الجاف – لكل منهما على التوالى، بينما كانت أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا فى الجذور، هى:

1-methoxyindol-3-ylmethyl-glucosinolate

2-phenylethyl-glucosinolate

3-methylsulfinylpropyl-glucosinolate

وذلك بمتوسط قدره ٤٩٥، و٤٩٥، و٣٨٥ ميكرومول/١٠٠جم – على أساس الوزن الجاف – لكل منها على التوالى. وكان أعلى تركيز لكل منها – فى كل من الأجزاء الهوائية والجذور – خلال فترة الظلام الساعة ٢ صباحًا بالنسبة للأجزاء الهوائية، والساعة ١١ مساء بالنسبة للجذور، بينما كان أقل تركيز لها خلال فترة الإضاءة، وبخاصة الساعة ٦ مساء. وقد استدل من نتائج الدراسة على أن درجة الحرارة ليست مؤثرة فى التغيرات اليومية فى تركيز الجلوكوسينولات. وعلى الرغم من وجود فرق معنوى كبير جدًّا بين التركيز الكلى للجلوكوسينولات فى الأجزاء الهوائية للنبات (٥٨١ ميكرومول/١٠٠جم) والجذور (٢١٢٤ميكرومول/١٠٠جم وزن جاف)، فإن نتائج الدراسة لم تؤيد مبدأ انتقال الجلوكوسينولات بين الأجزاء الهوائية والجذور.

القنبيط

يحتوى القنبيط – كغيره من الخضر الصليبية الأخرى – على مركبات الثيوجلوكوسيدات thioglucosides التى تتحلل إنزيميًّا عند تهتك الأنسجة، وتنتج منها أيونات الأيزوثيوسيانات isothiocyanates، والثيوسيانات thiocyanates وغيرها. وهى مركبات مسئولة عن إكساب الصليبيات نكهتها المميزة، إلا أن وجودها – بتركيز مرتفع، وتعاطيها بكميات كبيرة – يمكن أن يصيب الإنسان بتضخم فى الغدة الدرقية.

وتوجد تلك القدرة على إحداث تضخم فى الغدة الدرقية فى عديد من الخضر الصليبية، مثل القنبيط، والكيل، وكرنب أبوركبة، وكرنب بروكسل، ويحدث ذلك على النحو التالى:

تتحرر الإيزوثيوسينات isothcyanates (اختصارًا NCSs)، والـ oxazolidine-2-thiones (اختصارًا OZTs)، وأيون الثيوسيانات thiocyanate (اختصارًا SCN).. تتحرر من الجلوكوسينولات glucosinolates (اختصارًا GSs) بفعل إنزيم thiogluciside glucohydrolase. ومن المعروف أن الثيوسينات من 3-indolylmethyl-GSs تثبط تراكم اليود فى الغدة الدرقية؛ مما قد يؤدى إلى تضخمها. وقد وجد أن وزن الكبد والغدة الدرقية ازداد فى فئران التجارب التى أعطيت فى غذائها 5-vinyl-OZT، وهو مركب ينتج من 2-hydroxy-butenyl-GS.

ومن ناحية أخرى .. وجد ان المركبين: benzyl-، و2-phenylethyl-NCS – اللذان ينتجان عن تحلل الـ GS – يثبطا الإصابات السرطانية المحدثة كيميائيًا فى فئران التجارب.

وقد وجد Carlson وآخرون (١٩٨٧) تشابهًا فى نوعيات الجلوكوسينولات الموجودة فى كل من القنبيط، وكرنب بروكسل، والكيل.

هذا .. وقد وجد أعلى تركيز لأيون الثيوسيانات فى الأقراص غير الناضجة، ثم قل تركيزه تدريجيًا مع النضج. كذلك كان أعلى تركيز فى النموات الخضرية فى البادرات الصغيرة التى بعمر ١٥ يومًا، ثم انخفض التركيز تدريجيًا، مع تقدم النباتات فى العمر إلى أن وصل إلى أقل مستوى له فى النباتات التى بعمر ٧٢ يومًا أو أكثر (Ju وآخرون ١٩٨٠).

الفجل

يحتوى الفجل – كغيره من الصليبيات الأخرى – على مركبات الجلوكوسينولات المنتجة لأيونات الثيوسيانات thiocyanates المسئولة عن الحرافة، والتى تؤدى – عند كثرة تناولها فى الغذاء – إلى تضخم الغدة الدرقية.

وقد قام Carlson وآخرون (١٩٨٥) بدراسة محتوى جذور ١٠٩ أصناف من الفجل، ووجدوا أن أكثر المركبات انتشارًا بها هو 4-methythio-3-butenyl-glucosinolate، مع تواجد كميات قليلة من المركبات التالية:

4-methylsulfinylbuty-glucosinolate

4-methylsulfinyl-3butenyl-glucosinolate.

3-indolymethyl-glucosinolate.

وقد وجد أن أكثر من ٨٠٪ من الأصناف الحمراء الأوروبية تحتوى جذورها على ١٠٠ – ١٩٩ ميكرومول من مركبات الجلوكوسينولات/١٠٠جم، مقابل ١٠٠-٢٩٩ ميكرومول/١٠٠جم فى جذور الأصناف الكورية، و٢٠٠-٣٩٩ ميكرومول/١٠٠جم فى جذور الأصناف الأمريكية.

كذلك وجد عند دراسة ١١ صنفًا من الفجل أن أكثر المركبات تواجدًا كان 4-methylthio-3-butenylisothiocyanate. وكان هذا المركب أعلى تركيزًا فى الأصناف اليابانية ذات الجذور الطويلة الرفيعة عما فى الأصناف الكورية ذات الجذور القصيرة السميكة، كما ازداد تركيز المركب فى طرف الجذر عما فى قمته أو عند الأكتاف، وفى القشرة الخارجية عما فى الأنسجة الداخلية. هذا .. ولم تؤثر الأسمدة – بما فى ذلك تلك التى تحتوى على الكبريت – على المحتوى الكلى للمركب بالنباتات. كذلك لم ينخفض تركيز المركب معنويًا فى الجذور التى خزنت فى مخازن باردة رطبة لمدة وصلت إلى شهرين (Lee وآخرون ١٩٩٦، وCoogan وآخرون ١٩٩٩).

البروكولى

لقد وجد أن الجليكوسونيليت السائد فى البروكولى هو جلوكورافانين glucoraphanin، وأن الأيزوثيوسيانيت الذى ينحدر منه بالتحلل بفعل إنزيم الميروزينيز هو سلفورافان sulforaphane. وتبين أن السلفورافان مستحث قوى وفعال للنشاط الإنزيمى اللاغى للسمية detoxification فى الثدييات، وأنه يثبط الأورام السرطانية المستحثة كيميائيًا فى حيوانات التجارب (Farnham وآخرون ٢٠٠٠).

كما وجد لدى مقارنة عشر سلالات من البروكولى فى محتواها من الجلوكوسينولات أنها تتباين جوهريًا فى محتواها من الجلوكوسينولات الأليفاتية ولكن ليس الإندولية. وقد تراوح مدى التباين فى محتوى السلالات من الجلوكوسينولات الأليفاتية بين ٥٤,٢٪ بالنسبة للـ glucoraphanin إلى ٧١,٠٪ للـ progoitrin. أما بالنسبة للجلوكوسينولات الإندولية فإن التباين بين السلالات كان فى حدود ١٢٪ فقط (Browo وآخرون ٢٠٠٢).

المسترد والكيل والكرنب الصينى

بدراسة محتوى الجلوكوسينولات glucosinolates فى ٧٢ صنفًا من عدد من الصليبيات، هى: المسترد الورقى mustard greens (*B. juncea*)، والكيل الصينى (*B. oleracea* var. *alboglabra*) Chinese kale، والكرنب الصينى Chinese cabbage (*B. rapa* var. *pekienensis*)، و pak choy (*B. rapa* var. *chinensis*)، و tendergreen (*B. rapa* var. *pervirides*)، واللفت turnip (*B.rapa* var. *rapofera*)، و *B. narinosa*، و *B. nipposinica*) .. تبين من الدراسة أن *B. juncea* يحتوى على تركيزات عالية بشكل واضح من الـ allyl-glucosinolates حيث تراوحت نسبتها بين ٨١٪، و٩٤٪، بينما احتوى *B. oleracea* على تركيزات عالية من الـ 4-methylsulfinylbutyl-glucosinolates حيث تراوحت نسبتها بين ٩٪، و٦٨٪ (Hill وآخرون ١٩٨٧).

وأظهرت دراسات Carlson وآخرون (١٩٨٧) تشابهًا بين كرنب بروكسل، والقنبيط، والكيل فى نوعيات الجلوكوسينولات التى توجد فيها وتركيزاتها النسبية.

وأعطى Charron & Sams (١٩٩٩) بيانًا بالجلوكوسينولات الرئيسية فى كل من الكرنب الصينى، والمسترد ذى الأوراق العريضة، والمسترد الهندى، والبروكولى، والكيل، والكرنب، وبيانًا آخر بالأيزوثيوسيانات التى تنطلق من كل من تلك الأنواع.

وقد بلغ تركيز الجلوكوسينولات الكلية فى الكيل الصينى Chinese Kale (وهو *Brassica alboglabra*) ١٢٥٥,٦٤، و٣٣٥,٧١، ١٦٨,٤٣ ميكرومول/ ١٠٠جم وزن طازج فى كل من النورة الزهرية، والسيقان، والأوراق، على التوالى. وبالمقارنة .. كان المحتوى فى محصول الشوى صم Choy sum (وهو *Brassica campestris* subsp *chinensis* var. *utilis*) ٥٦٩,٣٢، و١٥,١٣، و٤٥,٣٨ ميكرومول/١٠٠جم وزن طازج على التوالى. وكانت أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا، هى:

المحصول	أكثر الجلوكوسينولات تواجدًا	الاسم الكيميائى
Chinese Kale	gluconapin	3-butenyl glucosinolate
	glucorapahanin	4- methylsulfinylbutyl glucosinolate
Choy sum	gluconapin	3-butenyl glucosinolate
	progoitrin	2-hydroxy-3-butenyl glucosinolate

وفى كل من النوعين .. أمكن التعرف على أربعة أنواع من الجلوكوسينولات الإندولية (He وآخرون ٢٠٠٠).

العوامل المؤثرة فى محتوى الجلوكوسينولات وتركيز الثيوسيانات

من بين أهم العوامل المؤثرة فى محتوى الكرنب – والصليبيات الأخرى – من الجلوكوسينولات والثيوسيانات، ما يلى:

١- الصنف:

وجد Bible وآخرون (١٩٨٠) أن أصناف الكرنب المتأخرة كانت أكثر احتواء على أيون الثيوسيانات عن الأصناف المبكرة، وكان الارتباط موجبًا، وجوهريًّا بين محتوى الثيوسيانات، وعدد الأيام حتى النضج.

٢- معاملات منظمات النمو:

أدت معاملات منظمات النمو المبينة فى جدول (٤-٣) إلى زيادة محتوى الثيوسيانات فى أصناف معينة من بعض الصليبيات، بينما لم يكن لهذه المعاملات تأثير على محصولى: الكرنب والبروكولى، وعلى أصناف أخرى من الفجل (Chong وآخرون ١٩٨٢).

جدول (٤-٣)

معاملات منظمات النمو التى أدت إلى زيادة محتوى جذور الفجل واللفت من مركبات الثيوسيانات

المحصول	الصنف	المعاملة	
		منظم النمو	التركيز (جزء فى المليون)
الفجل	Burpee White	daminozide	١٠٠٠
اللفت	Tokyo Cross	GA_3	١٠٠٠
	Snow Ball	6-benzylamiopurine	٥٠٠

ولقد أدى رش نباتات اللفت بأى من حامض السلسيلك salicylic acid أو المثيل جاسمونات methyl jasmonate إلى حث زيادة تمثيل الجلوكوسينولات الأروماتية والإندولية، وهى التى يمكن استخدامها فى المجالات الطبية والصيدلانية (Smetanska وآخرون ٢٠٠٧).

٣- التجريح:

ازداد تركيز الجلوكوسينولات بمقدار ١٥ ضعفًا فى الكرنب المفروم إلى أجزاء صغيرة مقارنة بالكرنب السليم (عن Van Doorn ١٩٩٩).

٤- التخزين وظروف التخزين:

تباينت نوعيات المركبات التى تكونت عند تحلل الـ glucosinolates فى ثلاثة أصناف من الكرنب أثناء تخزينها المبرد، ولوحظ تناقص فى تركيز كل من الـ thiocyanate، والـ isothiocyanate، والـ goitrin أثناء التخزين، وكان ذلك مصاحبًا بتدهور فى نوعية الكرنب المخزن. وعندما كان التخزين فى هواء متحكم فى مكوناته ازداد محتوى الكرنب من كل من الـ isothiocyanates الطيارة، والـ goitrin فى المراحل الأولى للتخزين، ولكنها تناقصت بمعدلات عالية قرب نهاية فترة التخزين (عن Hansen وآخرين ١٩٩٥).

أهمية الجلوكوسينولات لكل من النبات والإنسان

ترجع أهمية الجلوكوسينولات – وما ينتج عن تحللها من أيزووثيوسيانات – إلى ما يلى:

١- تلعب دورًا رئيسيًّا فى إعطاء الصليبيات نكهتها المميزة.

٢- تلعب دورًا فى مقاومة بعض الحشرات.

٣- يعد التركيز المرتفع من الثيوسيانات سامًّا للإنسان، لأنها تؤدى إلى نقص اليود فى الجسم، وتضخم الغدة الدرقية (توصف هذه المركبات بأنها goitrogenic).

لقد لوحظت العلاقة بين الصليبيات وتضخم الغدة الدرقية منذ عام ١٩٢٨، حيث شوهدت أعراض المرض على الحيوانات الزراعية التى احتوى علفها على كميات كبيرة من الصليبيات، ثم عرف بعد ذلك أن المرض يرجع إلى ما تحتويه هذه النباتات من مركبات الثيوسيانات.

فمثلاً .. يؤدى المركب 5-vinyloxazolinidine-2-thione إلى تضخم الغدة الدرقية، كما يؤدى المركب thiocyanate إلى منع حصول الغدة الدرقية على اليود.

هذا إلا أن الثيوجلوكوسيدات thioglucosides (مثل الـ singrin) ذاتها لا تحدث تضخمًا فى الغدة الدرقية (nongiotrogenic)، ولكنها تتحلل إنزيميًّا إلى جلوكوز، وbisulfate ومركبات وسطية

من الأيزوثيوسيانيت isothiocyanates، ينتهى بها الأمر إلى تكوين نيتريل Nitril، وكبريت، وثيوسيانيت thiocyanate، والمركب المسئول عن تضخم الغدة الدرقية، وهو الـ goitrin (= S-5-Vinyloxazolidine-2-thione) (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨).

٤- التأثير المثبط للأيزوثيوسيانات للإصابات السرطانية:

من الجانب الإيجابى، فإن من بين نواتج تحلل الجلوكوسينولات glucosinolates المركبان benzyl isothiocyanate، و2-phenylethyl isothiocyanate اللذان يثبطان الإصابات السرطانية التى تُحدثها المركبات الكيميائية (عن Carlson وآخرين ١٩٨٧).

هذا .. ولم يمكن عزل المركب الكبريتى المثبط للإصابات السرطانية 1,2-dithiole-3-thione من أوراق الكرنب (Marks وآخرون ١٩٩٢).

ولمزيد من التفاصيل عن التأثيرات المثبطة للإصابات السرطانية التى تحدثها الخضر الصليبية .. يراجع Fahey & Stephenson (١٩٩٩).

٥- دور الأيزوثيوسيانات فى المكافحة المتكاملة للفطريات الممرضة للنباتات فى التربة:

وجد أن الأنسجة المهروسة لنباتات أنواع الجنس *Brassica* تؤدى عند خلطها بالتربة إلى تقليل الإصابات النباتية المرضية، فقد خفضت الإصابة بعفن أفانوميسس الجذرى فى البسلة، وقللت من مستوى تواجد الفطر *Verticillium dahliae* المسبب لمرض ذبول فيرتسيليم فى عديد من الأنواع النباتية، وكذلك الفطرين *Pythium ultimum*، و*Rhizoctonia solani*، وهى من فطريات التربة الواسعة الانتشار. وقد حدث ذلك عندما استخدمت بقايا نباتية من أى من الكيل، أو الـ rapeseed (*B. rapa*)، أو البروكولى، أو الكرنب، أو الكرنب الصينى، أو مسترد الأوراق، أو المسترد الهندى. وترجع تلك الخاصية إلى مركبات الأيزوثيوسينات isothiocyanates التى تنتجها الأنسجة النباتية عند تحلل الجلوكوسينولات. وقد كانت أكثر الأيزوثيوسيانات التى أمكن التعرف عليها تواجدًا هى: 3-hexenyl acetate (Z) فى حالة الكرنب والبروكولى والكرنب الصينى، و allyl isothiocyanate فى حالة مسترد الأوراق والمسترد الهندى (Charron & Sams ١٩٩٩).

ويستدل من دراسات Subbarao & Hubbard (١٩٩٦) أن بقايا نباتات البروكولى ساعدت فى تقليل إعداد الجسيمات الحجرية microsclerotia للفطر *V. dahliae* فى درجات

حرارة تراوحت بين ١٠، و٣٥°م، سواء أكانت البقايا النباتية المستعملة جافة أم طازجة. ولكن فى حرارة ٣٠°م أو أقل من ذلك كانت البقايا النباتية الطازجة أكثر كفاءة من البقايا الجافة فى التأثير على الفطر. وعلى الرغم من أن عدد الجسيمات الحجرية انخفض جوهريًّا بعد ٤٥ يومًا على حرارة ٣٥°م بدون إضافة مخلفات البروكولى، فإن إضافة تلك المخلفات (جافة أو طازجة) – على تلك الدرجة – قضى تمامًا على الجسيمات الحجرية للفطر. وفى كل درجات الحرارة حدث أكبر خفض فى عدد الجسيمات الحجرية فى التربة فى خلال ١٥ يومًا من إضافة المخلفات النباتية، وكانت المخلفات الطازجة أكثر تأثيرًا – بصورة معنوية – عن المخلفات الجافة. هذا.. وقد نمت نباتات القنبيط فى التربة المعاملة بصورة أفضل، وكانت أقل إصابة بذبول فيرتسيلم عما كان عليه الحال فى التربة غير المعاملة بمخلفات البروكولى.

محتوى الفلافونويدات

دُرس محتوى ٢٨ نوعًا من الخضر – شملت معظم الخضر الصليبية – من الفلافونويدات flavonoids ووجد أن محتوى الكورستين quercetin فى الجزء المستخدم فى الغذاء كان أقل من ١٠ مجم/كجم فى معظم الخضروات باستثناء الكيل (١١٠ مجم/كجم)، والبروكولى (٣٠ مجم/كجم)، والبصل (٤٨٦ مجم/كجم). وفى دراسة أخرى على ٦٢ محصولاً من الخضر – شملت معظم الصليبيات – كان أعلاها محتوى من الفلافونويدات: البروكولى والقنبيط والكرنب والكرنب الصينى، حيث تراوح محتواها فيها بين ١٤٨، و٢١٩ مجم/كجم.

وقد اختلفت أنواع الفلافونويدات فى مختلف الخضر الصليبية، كما يلى:

المحصول	الفلافونويدات السائدة فيه
البروكولى	myricetin, quercetin, luteolin
القنبيط	Myricetin, quercetin
الكرنب	Myricetin
الكيل	Kaempferol (211 mg/kg)
البروكولى	Kaempferol (72 mg/kg)
اللفت	Kaempferol (48 mg/kg)

(Kushad وآخرون ٢٠٠٣).

محتوى الألياف

تحتوى الصليبيات على قدر جوهرى من الألياف، حيث قدرت بنحو ٥٠٪ من المادة الجافة (أو حوالى ٥٪ من الوزن الطازج) فى القنبيط؛ علمًا بأن نحو ٤٠٪ منها كانت من عديدات التسكر غير النشوية. وقدرت نسبة السيليلوز بنحو ٣٦٪ واللجنين بنحو ١٤,٥٪ فى كرنب بروكسل، بينما كانت نسبتيهما فى القنبيط ١٦٪، و١٣٪ - على التوالى – من المادة الجافة (Kushad ٢٠٠٣).

محتوى السيلينيم

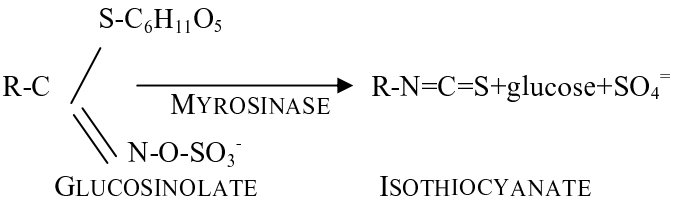
يمكن أن يتراكم السيلينيم فى الصليبيات بدرجة أكبر من تراكمه فى غيره من الخضر، عند نموها فى تربة غنية بالعنصر. ولقد وجد أن البروكولى الذى نُمّى فى تربة زُوِّدت بالعنصر احتوى على سيلينيم بتركيز بلغ ٧ أضعاف تركيزه فى الكرنب والسلق السويسرى والسلق والكولارد. وعندما سُمِّدت نباتات البروكولى بسيلينات الصوديوم sodium selenate أو سيلنيت الصوديوم sodium selenite تجمع بها العنصر بتركيز ٢٧٨ مجم/جم وزن جاف (فى الزهيرات)، مقارنة بتركيز قدره ٠,١٣ مجم/جم وزن جاف فى زهيرات نباتات الكنترول (Kushad وآخرين ٢٠٠٣).

الحماية الكيميائية للخضر الصليبية من الإصابة بالسرطان

يعرض Czapski (٢٠٠٩) الخصائص التى تجعل الخضر الصليبية مضادة للسرطان، وذلك فى كل من البروكولى والكيل وكرنب بروكسل والكرسون المائى، مع بيان لدور وفعل المركبات الصليبية النشطة فى هذا الشأن، مثل: الـ sulforaphane، والـ indole-3-carbinol، والـ diindolylmethane، والـ phenethyl isothiocyanate.

إن استهلاك الصليبيات الطازجة – مثل الكرنب والبروكولى – ثلاث مرات شهريًا يؤدى إلى تقليل مخاطر الإصابة بالسرطان، وخاصة سرطان المثانة الذى تقل احتمالات الإصابة به بنسبة ٤٠٪، ويرجع ذلك إلى ما تحتويه تلك الخضروات من مركبات كبريتية، علمًا بأن تلك المركبات يُفقد معظمها عند طهى الخضر (freshinfo - الإنترنت - ٢٠٠٧).

وتوفر الخضر الصليبية للإنسان حماية كيميائية من الإصابة ببعض الأمراض السرطانية بفضل محتواها من الأيزوثيوسيانات isothiocynates، وهى التى تتكون نتيجة لتحلل الجلوكوسينولات glucosinilates بفعل إنزيم الميروزينيز myrosinase، هكذا:



تُعد الجلوكوسينولات شديدة الثبات، وتذوب فى الماء، ويمكن أن يصل تركيزها فى أنسجة معينة لبعض الأنواع النباتية إلى ١٪، وهى تتواجد فى البركولى بنسبة ٠,٠٥٪ - ٠,١٪ على أساس الوزن الطازج. وفى المقابل .. فإن الأيزوثيوسيانات تكون قابلة للتطاير وشديدة القدرة على الدخول فى تفاعلات، وهى التى يرجع إليها النشاط الفعال للصليبيات (Fahey & Stephenson ١٩٩٩).

ويُفيد المركب indole-3-carbinol – الذى يتواجد فى الأغشية البلازمية للبروكولى والصليبيات الأخرى – فى وقف تقدم الإصابة بسرطان الثدى، وذلك من خلال وقفه لتكاثر الخلايا السرطانية دون أن يقتلها (ScienceDaily – الإنترنت – ٢٠٠٧).

الأهمية الطبية لنبت البذور

يُعد نبت البذور seed sprout غنى بالمركبات الكيميائية المهمة لصحة الإنسان، والتى تمنع الإصابة بعدد من الأمراض الخطيرة مثل السرطان وأمراض القلب. ولقد دُرس محتوى نبت بذور البرسيم الحجازى (وهو مأكول) والبروكولى والفجل من تلك المركبات وتبين ارتفاع محتواها من المركبات الفينولية التى تُعد من مضادات الأكسدة القوية، إلاّ أن محتوى الفينولات انخفض بحدة مع تقدم النبت فى العمر. وأدى تعريض النبت لإضاءة شديدة أو لشد البرودة إلى زيادة محتواها الفينولى، وزيادة فاعليتها كمضادات للأكسدة، وكان تأثير شد زيادة الإضاءة أقوى فى هذا الشأن، حيث احتفظت بمستوى عالٍ من الفينولات بعد توقف شد الإضاءة. ولقد ازداد محتوى نبت البرسيم الحجازى من الفينول ferulic acid جوهريًّا بمقدار ٢,٠، و١,٥ مرة مع شد الإضاءة القوية وشد البرودة، على التوالى. وبينما لم يتواجد الفينول myricetin فى نبت بذور الفجل، وهى بعمر خمسة أيام، فقد تراكم فيها المركب لدى تعرضها لشدِّ الإضاءة القوية. هذا بينما لم تؤثر معاملات الشد فى الكتلة الحيوية الجافة المنتجة (Oh & Rajahekar ٢٠٠٩).

يحتوى نبت بذور البرسيم الحجازى والفجل والبروكولى والبرسيم وفول الصويا على تركيزات عالية من المركبات الكيميائية الهامة التى يمكن أن توفر حماية للإنسان من عدد من الأمراض الهامة. فمثلاً .. يحتوى نبت بذور البرسيم الحجازى على الـ canavanine – وهو نظير حمض أمينى amino acid analog – يوفر حماية من الإصابة بسرطان البنكرياس والقولون واللوكيميا leukemia. وللإستروجينات estrogens النباتية فى ذلك النبت نفس وظائف الإستروجين الإنسانى، ولكن بدون آثاره الجانبية؛ فهى تزيد تكوين العظم وتزيد كثافته وتمنع تحلله (فيما يعرف طبيًّا باسم osteoporosis)، وتفيد فى التحكم فى التوهجات الحارة hot flashes والدورة الشهرية وتورمات الثدى الليفية.

كذلك فإن بذور البروكولى تحتوى على كميات كبيرة من الجلوكوسينولات، والأيزوثيوسيانينات التى تستحث تكوين إنزيمات الـ phase 2 التى تحمى الخلايا من النمو السرطانى، ويُظهر نبت تلك البذور مستوى من نشاط تلك الإنزيمات يبلغ ١٠ – ١٠٠ ضعف نشاطها فى النباتات البالغة.

ويُعد نبت بذور البرسيم الحجازى أحد أهم وأنقى المصادر الغذائية للسابونينات saponins، وهى التى تعمل على خفض دهون الكوليسترول الضار فى الدم، ولكن دون التأثير على الكوليسترول المفيد، كما أنها تُحفز النشاط المناعى بزيادتها لنشاط الخلايا القاتلة، مثل الـ T-lymphocytes والإنترفيرون interferon. ويزيد محتوى السابونين فى نبت بذور البرسيم الحجازى بمقدار ٤٥٠٪ عما فى البذور ذاتها. كذلك يحتوى نبت بذور البرسيم الحجازى على وفرة من المواد الشديدة الفاعلية كمضادات أكسدة، وهى التى تمنع تحطم الدنا DNA وتحمى من تأثيرات الشيخوخة (Steven Meyerowitz – ٢٠٠٧ – الإنترنت).

يوجد أعلى تركيز من الجلوكوسينولات بالصليبيات فى نبت البذور، وهى التى تعد مصدرًا جيدًا لتلك المركبات لأجل الحماية من الإصابة ببعض أنواع السرطانات. ويتباين محتوى نبت البذور من تلك المركبات باختلاف الصنف النباتى والمحصولى للنوع *B. oleracea* (أجريت المقارنة بين نبت بذور الكرنب الأبيض والأحمر والمجعد، والبروكولى، والقنبيط)، ووجد أن تركيز الجلوكوسينولات

الألكيلية alkyl glucosinolates ينخفض، بينما يزداد تركيز الـ indol-3-methylglucosinolates بزيادة فترة الاستنبات. واحتوت جذور النبت على أعلى تركيز من الجلوكوسينولات أيًّا كان عمر النبت (٤ أو ٧ أيام)، بينما احتوت الأوراق الفلقية فى كلا العمرين على أعلى تركيز من كل من الـ alkythio- والـ alkyl sulphinylglucosinolates (Bellostas وآخرون ٢٠٠٧).

ولقد ثبت أن للجليكوسينولات glycosinlates – وعلى الأخص الإيزوثيوسيانات isothiocyamates، التى تنتج عن تحللها – فاعلية مضادة للسرطان من خلال قدرتها على إنتاج إنزيمات مُزيلة للسموم فى الإنسان، وذلك كما أسلفنا. ومن أبرز تلك المركبات – التى نالت قسطًا وافرًا من الدراسة – الـ glucoraphanin – الذى يوجد فى البروكولى – والذى يتحلل ليعطى sulphoraphane. ويحتوى نبت بذور البروكولى والكرنبيات الأخرى على تركيزات عالية من الجلوكوسينولات. ومن هذه الكرنبيات – إلى جانب البروكولى – الفجل وكرنب أبو ركبة، وبدرجة أقل الكيل والجرجير والكرنب الصينى والكرنب (O'Hare وآخرون ٢٠٠٧).

ويحتوى نبت بذور البروكولى على تركيز من الجلوكورافانين gluciraphanin يبلغ ١٠ أضعاف تركيزه فى البذور ذاتها. وقد أنتجت أصنافًا من البروكولى تميزت بارتفاع محصولها من البذور، مع ارتفاع محتوى بذورها من الجلوكورافانين لاستعمالها لهذا الغرض (USDA ٢٠٠٥).

كما يحتوى نبت بذور البروكولى على مستويات عالية من مركب السلفورافين sulforaphane الذى يمكن أن يوفر حماية ضد بعض أنواع الأمراض السرطانية. ولذا .. فقد اهتم الباحثون بإنتاج سلالات من البروكولى ذات إنتاج عالٍ من البذور لاستخدامها فى إنتاج النبت، مثل السلالتين : USVL102، و USVL104 (Farnham & Harrison ٢٠٠٣).

الأهمية الطبية للمشروم

وجد أن بعض أنواع المشروم الشائعة فى اليابان، مثل: *Lentinus edodes*، و *Tricholoma matsutake*، و*Pholiota nameke* تحتوى على مركبات عديدة التسكر كانت ذات تأثير قوى فى منع النموات السرطانية فى فئران التجارب، وكان أشدها تأثيرًا المركب لنتينان lentinan – وهو مركب عديد التسكر – وذلك من بين ستة مركبات أمكن عزلها من الفطر *Lentinus edodes*.

كذلك أمكن فى *A. bisporus* (المشروم العادى) عزل مركب آخر مضاد للإصابات السرطانية، هو الرتين retine، وهو أبسط مركبات مجموعة الـ α-keto aldehydes.

وينسب لبعض أنواع المشروم قدرتها على خفض محتوى الكوليسترول فى الدم (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).