



# Kruisbloemigen en kanker

## Monografie

Géraldine de Reynal, coördinatrice

December 2007

De kruisbloemenfamilie (waartoe onder meer kool, broccoli, waterkers en rucola behoren) heeft thans de reputatie dat ze elementen met kankerwerende eigenschappen zou bevatten.

Hierna een overzicht van de wetenschappelijke kennis ter zake tot op heden.

## INHOUDSTAFEL

1.	<i>Definitie van de kruisbloemigen</i> .....	3
2.	<i>Voedingswaarde van de kruisbloemigen</i> .....	3
3.	<i>De glucosinolaten en hun hydrolyseproducten</i> .....	5
a.	<b>Definities</b> .....	5
b.	<b>Concentratie aan glucosinolaten</b> .....	5
c.	<b>Hydrolyseproducten: hoe worden ze gevormd en wat gebeurt er mee?</b> .....	6
4.	<i>Kankerwerende werking</i> .....	8
a.	<b>Epidemiologie</b> .....	8
b.	<b>Hoe werken de isothiocyannaten en indolen?</b> .....	9
c.	<b>Om welke vormen van kanker gaat het?</b> .....	9
	Mondkanker .....	10
	Slokdarmkanker .....	10
	Baarmoederslijmvlieskanker.....	11
	Andere vormen van kanker .....	11
5.	<i>Effecten van de technologische behandelingen</i> .....	12
a.	<b>Koken</b> .....	12
b.	<b>Opslaan</b> .....	14
c.	<b>Andere behandelingen</b> .....	15
6.	<i>Verbruik en aanbevolen hoeveelheden</i> .....	15
	<i>Besluit</i> .....	17
	<b>BIBLIOGRAFIE</b> .....	18

## 1. Definitie van de kruisbloemigen

De kruisbloemenfamilie (*Cruciferae*) is een familie van tweezaadlobbige planten – ook wel *Brassicaceae* genoemd – die hoofdzakelijk voorkomen op het noordelijk halfrond.

Met de term “kruisbloemigen” duidt men grasachtige planten aan waarvan de bloem vier niet-vergroeide, kruiselings opgestelde bloemblaadjes en zes meeldraden telt.

Bij de geteelde kruisbloemige planten die als groente worden gegeten, vinden we kool, bloemkool, broccoli, spruitjes, waterkers, radijs, raap en rucola.

## 2. Voedingswaarde van de kruisbloemigen

Cijfers voor 100 g rauwe groente

	Broccoli	Spruitjes	Bloemkool	Gekookte groene kool	Waterkers	Radijs	Raap	Rucola
Energie	25 kcal	34 kcal	21 kcal	14 kcal	12 kcal	15 kcal	17 kcal	25 kcal
Proteïnen	3 g	4 g	2,4 g	1,2 g	2,2 g	0,6 g	0,9 g	2,6 g
Koolhydraten	2,4 g	3,5 g	2,3 g	1,7 g	0,3 g	2,6 g	3,2 g	2 g
Vetten	0,4 g	0,5 g	0,3 g	0,3 g	0,2 g	0,3 g	0,2 g	0,7 g
Vezels	3 g	4,3 g	2,4 g	2,8 g	2,6 g	1,2 g	2 g	1,6 g
Calcium	93 mg	31 mg	20 mg	31 mg	<b>157 mg</b>	20 mg	39 mg	<b>160 mg</b>
Ijzer	<b>1,4 mg</b>	1,1 mg	0,5 mg	0,2 mg	<b>1,3 mg</b>	0,8 mg	0,3 mg	<b>1,5 g</b>
Provitamine A	630 µg	286 µg	40 µg	200 µg	<b>2900 µg</b>	12 µg	16 µg	<b>1424 µg</b>
Vitamine C	<b>110 mg</b>	<b>110 mg</b>	<b>50 mg</b>	<b>20 mg</b>	<b>60 mg</b>	<b>23 mg</b>	<b>20 mg</b>	<b>15 mg</b>
Vitamine B9	<b>110 mg</b>	<b>132 µg</b>	<b>83 µg</b>	28 µg	<b>214 µg</b>	<b>50 µg</b>	16 µg	<b>97 µg</b>
Luteïne + Zeaxanthine	1403 µg	1290 µg	33 µg	310 µg	<b>5767 µg</b>	10 µg	0 µg	<b>3555 µg</b>

Bron: *Ciqual 1995 en USDA 2007*

Ondanks hun gemeenschappelijke kenmerken hebben niet alle kruisbloemigen dus exact dezelfde troeven qua voedingswaarde.

De kruisbloemigen die we hier bespreken, bevatten allemaal veel **water** en leveren dus **weinig calorieën**. Ze bevatten ook weinig koolhydraten en vetten.

Allemaal leveren ze **vitamine C** a rato van 25% tot 183% van de ADH (per 100 g). Dat betekent dat ze van alle groenten die in Frankrijk courant worden gegeten, het rijkst zijn aan vitamine C.

Ook **vitamine B9** is in deze groep zeer goed vertegenwoordigd, vooral dan in waterkers, broccoli, spruitjes, rucola en bloemkool.

Broccoli, waterkers en rucola bevatten niet enkel veel vitamine C en vitamine B9, ze leveren ook niet te verwaarlozen hoeveelheden **ijzer en calcium**. Waterkers en rucola sla zijn ook prima bronnen van **antioxidantia** (provitamine A en luteïne).

Rapen en radijsjes zijn minder rijk aan vitamines en mineralen.

### Conclusie

De groenten uit de kruisbloemenfamilie zijn qua voedingswaarde bijzonder interessant: ze bevatten weinig calorieën en zijn rijk aan water, vezels, vitamines en mineralen. Ze verdienen dus absoluut een plaatsje in een evenwichtig voedingspatroon.

De kruisbloemigen bevatten ook heel bijzondere fytonutriënten: de **glucosinolaten**.

### 3. De glucosinolaten en hun hydrolyseproducten

#### a. Definities

Men dicht de kruisbloemenfamilie – ook *Brassicaceae* genoemd – kankerwerende eigenschappen toe.

De moleculen die hierbij een rol spelen, zijn de afgeleiden van de **glucosinolaten** (oorspronkelijk inactieve moleculen die van nature voorkomen in de kruisbloemigen).

Glucosinolaten (-thioglycoside-N-hydroxysulfaten) komen voor in 16 families van tweezaadlobbige bedektzadige planten, waaronder een groot aantal eetbare soorten.

In deze planten werden minstens 120 verschillende glucosinolaten aangetroffen.

De glucosinolaten en/of hun afbraakproducten stonden lange tijd bekend om hun schimmeldodende, bacteriedodende en allelopathische<sup>1</sup> eigenschappen én om hun werking als nematicide<sup>2</sup>. Recent hebben dan hun kankerwerende eigenschappen de aandacht van de vorsers getrokken (1).

Glucosinolaten zijn in water oplosbare moleculen. Ze zouden mogelijk beschermen tegen kanker (detoxificatie) dankzij hun metabolieten: de **isothiocyaten**.

#### b. Concentratie aan glucosinolaten

De concentratie aan glucosinolaten hangt af van het **type kruisbloemige plant** (2) maar ook van **omgevingsfactoren**, van het **deel van de onderzochte plant**, van het **ontwikkelingsstadium** van de plant en van de schade die werd toegebracht door **insecten** of behandelingen met **pesticiden** (3).

---

<sup>1</sup> Allelopathie: effect van een plant op een andere (inclusief micro-organismen) via biochemische verbindingen

<sup>2</sup> Nematicide: vernietigt nematoden (rondwormen)

Zo toonden Velasco *et al.* (3) aan dat de concentratie aan totale glucosinolaten in de bladeren van boerenkool toeneemt naarmate de plant ouder wordt, van het jonge plantje tot de bloeifase.

Ook binnen dezelfde soort kan men naargelang van de variëteit zeer uiteenlopende concentraties aan glucosinolaten aantreffen. Dat is een gevolg van de genetische variabiliteit. Bij Jeffery *et al.* (4) lezen we dat uit de vergelijking van 50 broccolivariëteiten bleek dat het gehalte aan glucosinolaten varieert van factor 1 (laagste concentratie) tot 20 (hoogste concentratie).

*Variatie van het gehalte aan fytonutriënten in verse broccoli naargelang van de variëteit (50 cultivars)*

Verbindingen	Gehaltes	Referenties
Alifatisch glucorafanin	0,8 - 21,7 mg/100 g	Kushad <i>et al.</i> , 1999
Glucosinolaten	3,0 - 31,4 mg/100 g	Jeffery <i>et al.</i> , 2003
Indolglucosinolaten	0,4 - 6,2 mg/100 g	Jeffery <i>et al.</i> , 2003

### c. Hydrolyseproducten: hoe worden ze gevormd en wat gebeurt er mee?

De glucosinolaten zijn biologisch inactief en moeten worden gehydrolyseerd door het enzym **myrosinase** dat eveneens in kruisbloemigen voorkomt.

De producten van die hydrolyse zijn de **isothiocyانات** en de indolen. Het gaat om actieve moleculen die vaak vluchtig zijn en een uitgesproken geur hebben.

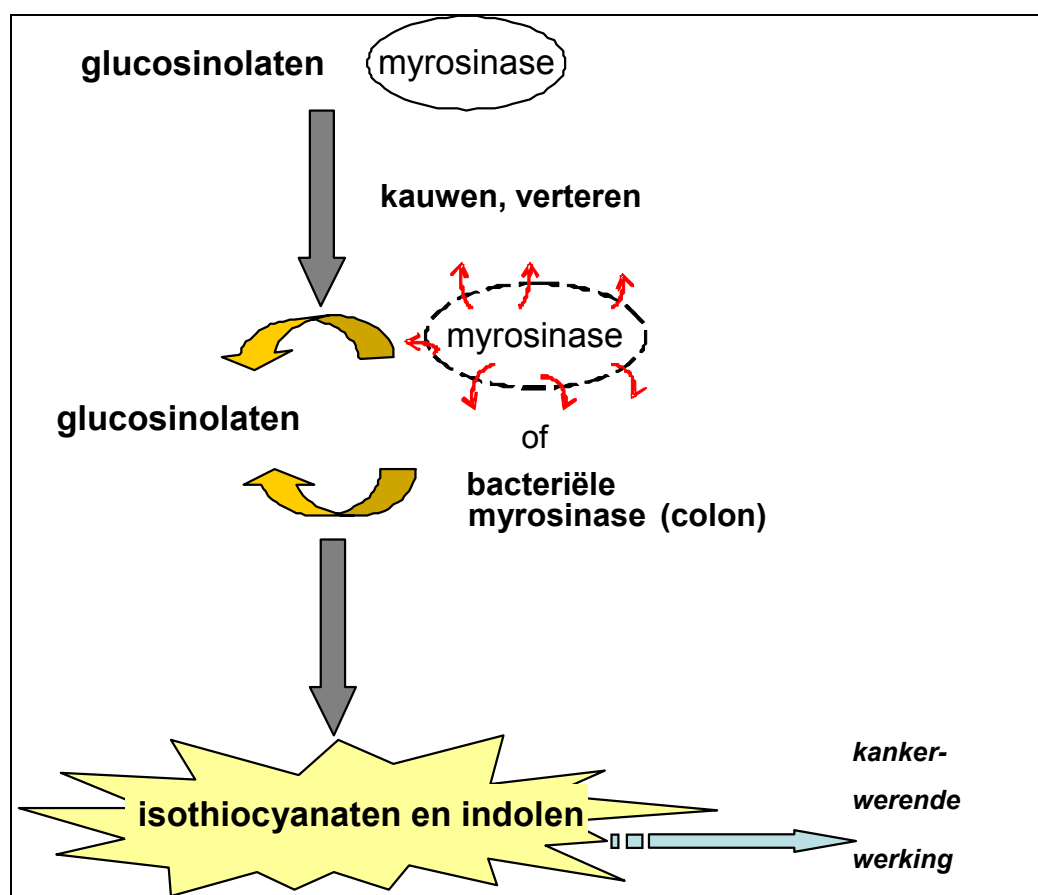
De glucosinolaten en het enzym myrosinase kunnen met elkaar in aanraking komen wanneer het levensmiddel een fysieke wijziging ondergaat (wanneer het wordt gekauwd en verteerd). Daardoor komt het myrosinase (dat zich in de plantencellen bevindt) vrij.

De glucosinolaten worden **in de dunne darm** gehydrolyseerd door het **plantaardige myrosinase**, maar ze zouden ook kunnen worden gehydrolyseerd door de **microflora in het colon** (5, 6).

Uit een studie (7) bleek dat, wanneer men mannen waterkers liet eten waarin het myrosinase volledig werd geïnactiveerd door een thermische behandeling, de urine van die mannen toch isothiocyanaten bevatte. Ook wanneer deze glucosinolaten in contact komen met verse menselijke stoelgang kunnen ze worden gehydrolyseerd tot isothiocyanaten.

Hoe de microflora erin slaagt om de glucosinolaten om te vormen tot isothiocyanaten is daarentegen nog niet opgehelderd. Als men de ontwikkeling van deze flora (bifidobacteriën) stimuleert met een prebioticum, blijkt de aanmaak van isothiocyanaten niet te stijgen (8).

De isothiocyanaten worden geabsorbeerd in de dunne darm en het colon. Twee of drie uur na het nuttigen van kruisbloemigen zijn de metabolieten opspoorbaar in de menselijke urine (5).



*Aanmaak van isothiocyanaten vanuit glucosinolaten*

In de plant zijn glucosinolaten en myrosinase strikt van elkaar gescheiden. Wanneer de structuur van de plant wordt vernietigd, komen ze met elkaar in contact, waardoor de afbraakverbindingen ontstaan: het myrosinase knipt de glucosegroep af en het instabiele aglycon blijft reageren, met thiocyanaten, nitrillen en isothiocyannaten als voornaamste producten. Welke producten precies worden gevormd en in welke verhoudingen, hangt af van de aard van de zijketen én van de omstandigheden.

## **4. Kankerwerende werking**

### **a. Epidemiologie**

Een hoge consumptie van kruisbloemigen werd in verband gebracht met een daling van het risico van kanker. Het gaat dan vooral om longkanker, maagkanker, colonkanker en rectumkanker (9). Bij dieren werd aangetoond dat de isothiocyannaten een inhiberend effect hadden op chemisch geïnduceerde colonkanker (10).

Maar de resultaten van de recente epidemiologische cohortstudies zijn tegenstrijdig en kunnen er op wijzen dat deze studies onvoldoende gevoelig zijn. Mogelijke verklaringen voor deze resultaten zijn fouten in de consumptiemeettechnieken en het feit dat men geen rekening hield met de interactie tussen genen en voeding. Misschien hebben ook de behandelingen na de oogst wel biologische effecten waarmee geen rekening werd gehouden (10). Men stelt ook frequent vast dat de studies niet werden afgesteld op bepaalde versturende variabelen zoals tabak.

Bij sommige experimentele protocols met isothiocyannaten en indolen werden ook schadelijke effecten vastgesteld, meer bepaald bevordering van tumoren tijdens lange blootstellingsperiodes (11).

### **b. Hoe werken de isothiocyanaten en indolen?**

De isothiocyanaten zouden vele kankerwerende mechanismen bezitten: een inhiberend effect op de enzymen die de carcinogene stoffen activeren, het induceren van ontgiftende fase II-enzymen (12, 13, 14), het in de hand werken van apoptose en het stopzetten van de celgroei (12, 5).

Het voornaamste mogelijke mechanisme van de isothiocyanaten dat in de literatuur wordt beschreven, is hun vermogen om te fungeren als substraten en inductoren van fase II-enzymen als glutathion S-transferase (GST), dat een rol speelt bij de detoxificatie van de carcinogene stoffen.

Ook van andere mechanismen vermoedt men dat ze – in samenspel met plantaardig seleen – een rol spelen in de kankerwerende bioactiviteit van de hydrolyseproducten van de glucosinolaten: het gewijzigde metabolisme van het oestrogeen, de bescherming tegen reactieve zuurstofspecies, een verminderde activering van de carcinogene stoffen ingevolge de inhibitie van de fase I-enzymen, de vertraging van de tumorgroei en het op gang brengen van apoptose (14).

Ook een effect op de nucleaire factor kappa bèta en op de AP 1 (*activator protein 1*) werden aangestipt als mogelijke moleculaire mechanismen van de chemisch-preventieve werking van de isothiocyanaten (13).

Ook de **individuele genetische variatie** (polymorfie) heeft mogelijk een invloed op het beschermende effect van isothiocyanaten uit kruisbloemigen (15, 5, 16).

### **c. Om welke vormen van kanker gaat het?**

Het recente verslag van het World Cancer Research Fund (17) maakt onder meer een balans op van het onderzoek naar de effecten van kruisbloemigen op de verschillende vormen van kanker.

## **Mondkanker**

Weinig studies tonen significante effecten aan op mondkanker, strottenhoofdkanker en keelkanker.

Van de 16 aangehaalde studies noteren slechts vier case-control studies en één ecologische studie een gevoelige daling van het risico wanneer de consumptie van kruisbloemigen wordt opgedreven. Daarbij bekeek men ofwel de globale consumptie van kruisbloemigen ofwel bepaalde subgroepen van kruisbloemigen.

Een Chinese case-control study toont bijvoorbeeld een omgekeerd verband aan tussen enerzijds het frequent eten van bloemkool tijdens de voorbije tien jaar en anderzijds het risico van mondkanker. Twee andere Amerikaanse case-control studies leggen significante links bloot tussen de consumptie van kruisbloemigen en een daling van het risico. Alleen blijkt een van deze studies – verricht bij Afro-Amerikanen – enkel significant bij de vrouwen en de andere – verricht bij Kaukasiërs – enkel significant bij de mannen.

De andere studies leggen onverzoenbare of niet-significante verbanden bloot.

Een Koreaanse studie toont zelfs dat het risico significant stijgt naarmate men de consumptie van kimchi<sup>3</sup> of gepekeld kool opdrijft.

## **Slokdarmkanker**

Slechts 2 van de 6 geselecteerde studies (1 cohortstudie en 5 case-control studies) tonen een significant verband tussen enerzijds de toegenomen consumptie van kruisbloemigen en anderzijds de daling van het risico van slokdarmkanker.

---

<sup>3</sup> Koreaans gerecht op basis van gefermenteerde kool en chilipepers

Volgende niet-significante resultaten werden geobserveerd:

- bij de cohortstudie: een daling van het risico bij consumptie van bloemkool of koolraap en een stijging van het risico bij consumptie van kool;
- een daling van het risico bij toegenomen consumptie van kruisbloemigen;
- een stijging van het risico;
- een stijging van het risico bij de vrouwen en een daling bij de mannen.

### **Baarmoederslijmvlieskanker**

Zeven case-control studies bestuderen de invloed van de consumptie van kruisbloemigen op baarmoederslijmvlieskanker.

Vijf van die studies melden dat het kankerrisico daalt naarmate men meer kruisbloemigen nuttigt. Toch kan slechts één studie significante resultaten voorleggen.

De twee andere studies vertonen een niet-significante toename van het risico.

### **Andere vormen van kanker**

Er mogen dan al studies bestaan over de effecten van kruisbloemigen op longkanker, de resultaten zijn niet coherent.

Het effect op maagkanker is niet duidelijk.

Een goed gevoerde case-control study geeft aan dat veel kruisbloemigen eten (meer dan vier porties per week) het risico van pancreaskanker met 50% zou doen dalen.

Naar het schijnt zouden kruisbloemigen een invloed hebben op de incidentie van kanker van de dikke darm en de endeldarm. Er zijn evenwel andere studies nodig om uit te maken hoe groot dit effect is en in welke zin het speelt.

## 5. Effecten van de technologische behandelingen

Tallose studies hebben geprobeerd om de variaties van het gehalte aan glucosinolaten en hun hydrolyseproducten alsook wat er nadien mee gebeurt te analyseren in het licht van de behandelingen die de planten ondergaan.

### a. Koken

Het merendeel van de studies geeft aan dat **het koken** van kruisbloemigen de glucosinolaten en hun afgeleiden vernietigt, leidt tot een lagere biobeschikbaarheid van deze moleculen en het myrosinase inactieveert (5, 11, 15, 18, 19, 20, 21, 7).

Rungapamestry *et al.* (15) hebben aangetoond dat koken het myrosinase kan inactiveren en de glucosinolaten en hun metabolieten kan vernietigen. Ze toonden tevens aan dat de hydrolyse van de glucosinolaten en de absorptie van de isothiocyanaten beter verlopen na het eten van rauwe kruisbloemigen (actief myrosinase) dan na het eten van gekookte kruisbloemigen (inactief myrosinase).

Koken in de magnetron levert in de literatuur omstreden resultaten op. Dat heeft zowel te maken met de uiteenlopende omstandigheden waarin deze kooktechniek wordt gebruikt (tijd, vermogen, eventuele toevoeging van water) als met de soorten (broccoli, kool, rode kool,...). Wil men het verlies aan nutriënten minimaal houden, dan luidt de algemene regel wel dat men de groenten beter niet te lang kookt en er beter niet te veel water aan toevoegt (22).

In een andere publicatie (18) toonden Rungapamestry *et al.* aan dat het rendement aan sulforafaan (isothiocyanaat) in vivo driemaal hoger ligt wanneer men broccoli eet die amper gekookt werd (2 minuten in de magnetron) dan wanneer men volledig gekookte broccoli eet (5 minuten en 30 seconden in de magnetron). De samenstelling van de maaltijd heeft weinig invloed op de aanmaak van isothiocyanaten.

In een derde publicatie (19) stelt ditzelfde team vast dat de concentratie aan glucosinolaten in kool lichtjes is gedaald nadat men de groente in de magnetron heeft gekookt maar niet is gewijzigd nadat men de groente heeft gestoomd. De activiteit van het myrosinase gaat verloren na 2 minuten in de magnetron en na 7 minuten stoomkoken.

Koken in de magnetron blijkt ook weinig effect te hebben op het gehalte aan glucosinolaten in rode kool. En bij lage kookbarema's (tijd + vermogen) houdt ook het myrosinase stand (23).

Dezelfde kooktechniek kan evenwel leiden tot uitgesproken verliezen (74 %) in broccoliroosjes (23).

Matusheski *et al.* (20) hebben niettemin aangetoond dat verhitting ook een positief effect kan hebben op de aanmaak van hydrolyseproducten van glucosinolaten: wanneer broccoli wordt verhit tot 60°C stijgt de aanmaak van sulforafaan. Bij 70°C en meer daalt de aanmaak van sulforafaan in de broccoliroosjes maar niet in de broccolischeuten.

De verschillende glucosinolaten vertonen een andere kinetiek bij thermische degradatie. Zo werd berekend dat koken bij rode kool 38% van de indolglucosinolaten en 8% van de alifatische glucosinolaten zou doen verdwijnen (24). Inblikken leidt tot een significante thermische degradatie (73%) van alle glucosinolaten.

Algemeen gesteld lijken alle aangetroffen glucosinolaten te worden vernietigd bij temperaturen boven de 100°C.

Rouzaud *et al.* (6) onderzochten bij mensen welk effect het eten van gekookte kool heeft op de aanmaak van isothiocyanaten uit glucosinolaten (tijdens en na de consumptie ervan). Ze deden dit door de in de urine uitgescheiden isothiocyanaten te analyseren.

Uit de resultaten blijkt dat er meer isothiocyanaten worden aangemaakt na het eten van rauwe groenten. Maar er zijn wel degelijk isothiocyanaten te vinden – zij het in mindere mate – wanneer de groenten gekookt worden gegeten. De vertraagde excretie bij gekookte kool laat vermoeden dat het in dat geval de microflora in het colon is die de hydrolyse van de glucosinolaten katalyseert.

De studie van Getahun *et al.* (7) bevestigt deze effecten. Bij deze studie vroeg men aan gezonde mannen om gekookte of rauwe waterkers te eten. Ze stellen vast dat, alhoewel het myrosinase volkomen geïnactiveerd is in de gekookte waterkers, er toch isothiocyanaten worden uitgescheiden in de urine, ongetwijfeld dankzij de myrosinasewerking van de microflora in het colon.

Naast het feit dat de hitte de glucosinolaten vernietigt en het myrosinase inactieveert, speelt nog een ander mechanisme een rol bij het verloren gaan van deze verbindingen tijdens het koken: de diffusie in het kookvocht (23). Hier lijkt de conformatie van het plantaardige product een rol te spelen: zo liggen de verliezen door diffusie duidelijk lager bij spruitjes dan bij broccoli.

## b. Opslaan

Ook de **opslagomstandigheden** zijn factoren die de concentratie aan glucosinolaten beïnvloeden.

Vallejo *et al.* (25) constateerden dat broccoli na een opslagperiode van 7 dagen bij 1°C gevolgd door 3 dagen bij 15°C reeds 71 tot 80% van zijn gehalte aan glucosinolaten had verloren.

Johnson (26) benadrukt dat het gehalte aan glucosinolaten in de plant kan dalen tijdens de opslagperiode maar ook kan stijgen. Hij geeft ook aan dat de glucosinolaten kunnen worden afgebroken of weggewassen tijdens wijzigingen van de plant of dat ze intact kunnen blijven wanneer het myrosinase thermisch wordt geïnactiveerd.

Schonhof *et al.* (27) tonen eveneens aan dat het **CO<sub>2</sub>-gehalte in de atmosfeer** een invloed heeft op het gehalte aan glucosinolaten in broccoli: de concentratie aan totale glucosinolaten stijgt naarmate het CO<sub>2</sub>-gehalte stijgt, waarbij het percentage van bepaalde glucosinolaten stijgt of daalt.

**Bevriezing** zonder dat het myrosinase eerst werd geïnactiveerd, heeft tot gevolg dat nagenoeg alle glucosinolaten verdwijnen bij het ontdooien. De groente eerst blancheren is dus een onontbeerlijke stap om deze moleculen te vrijwaren: door de groente te blancheren inactieveert men het myrosinase en vermijdt men dus dat de glucosinolaten worden vernietigd bij het ontdooien (23).

### c. Andere behandelingen

Ook sommige behandelingen spelen een rol bij het verlies of het behoud van de glucosinolaten. Een voorbeeld is **pekelen**: wanneer men verse of geblancheerde waterkers gedurende 7 dagen inpekelt in een NaCl-oplossing (3%), stijgt het aandeel van de indolglucosinolaten in verhouding tot de totale glucosinolaten maar daalt het gehalte aan totale glucosinolaten (28).

**Fermentatie** – een techniek die gebruikt wordt bij het bereiden van zuurkool – leidt eveneens tot de degradatie van de glucosinolaten, maar die degradatie is deels te wijten aan het feit dat het myrosinase vrijkomt bij het versnijden van de kool. Op die manier worden er isothiocyanaten gevormd en aangetroffen in hoeveelheden die variëren naargelang van de duur van de fermentatie en de opslagperiode. Deze studies zeggen niet wat er met de isothiocyanaten gebeurt tijdens het bewaren en evenmin in welke mate ze biobeschikbaar zijn tijdens het nuttigen van de zuurkool (30, 31).

## 6. Verbruik en aanbevolen hoeveelheden

De consumptie van kruisbloemigen werd gemeten in Spanje en bedroeg daar **11,3 g/dag** (EPIC-cohortstudie). Daarmee zijn de kruisbloemigen er goed voor 5% van alle gegeten groenten. In Frankrijk werd het verbruik niet geraamd maar men kan er van uitgaan dat het deze waarde benadert, waarde die overigens laag ligt in vergelijking met de Noord-Europese, de Noord-Amerikaanse landen en diverse Aziatische landen.

Kruisbloemigen (vooral dan broccoli, bloemkool, boerenkool en spruitjes) zijn in onze voeding specifieke bronnen van glucosinolaten. In Spanje raamt men de **consumptie van glucosinolaten op 6,5 mg/dag**. 35% van die glucosinolaten zijn indolglucosinolaten. De absolute consumptie van totale glucosinolaten ligt hoger bij de mannen dan bij de vrouwen (6,8 tegenover 6,2 mg/dag), ook al ligt de verbruikte hoeveelheid per calorie-eenheid hoger bij de vrouwen (3,4 tegenover 2,7 mg/1000 kcal) (32).

Deze studie brengt eveneens een positief verband aan het licht tussen de consumptie van glucosinolaten en de body mass index (BMI), de lichaamsbeweging en het opleidingsniveau alsook een omgekeerd verband met alcoholconsumptie.

De bittere smaak die typerend zou zijn voor glucosinolaten in kruisbloemigen zou dan weer een rem zetten op de consumptie ervan.

De consument geeft de voorkeur aan de variëteiten met het laagste aantal bittere verbindingen: hoe bitterder spruitjes bijvoorbeeld, hoe minder ze in de smaak vallen bij de consument.

Tot op heden bestaat er voor glucosinolaten geen aanbevolen hoeveelheid (geen ANC<sup>4</sup>).

---

<sup>4</sup> Apports Nutritionnels Conseillés (Frankrijk) – vergelijkbaar met onze ADH (Aanbevolen Dagelijkse Hoeveelheid)

## **Besluit**

Tallose studies brengen aan het licht dat de kruisbloemigen mogelijkwijs een positieve rol kunnen spelen bij de daling van het risico van bepaalde vormen van kanker.

Toch werd nog niet opgehelderd hoe het mechanisme precies werkt, welke dosissen efficiënt zijn noch om welke vormen van kanker het gaat.

De analysemoelijkheden zijn te wijten aan talloze factoren en meer bepaald aan het feit dat de glucosinolaten door een enzym moeten worden omgezet, wat het meten van het potentieel van een plant extra ingewikkeld maakt.

Hoe efficiënt die omzetting verloopt, hangt af van variabele omstandigheden (de plantensoort, de concentratie aan glucosinolaten, de activiteit van het myrosinase, de wijzigingen die de plant ondergaat,...) waarvan men thans nog niet weet welke de beste combinaties zijn.

Er blijven nog veel vragen open. Grondigere studies zijn dus zeker nodig om uit te maken wat de kruisbloemigen werkelijk vermogen in de strijd tegen kanker.

## **BIBLIOGRAFIE**

- 1 - Shapiro TA, Fahey JW, Zalcmann AT, Talalay P. **The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants.** 2001. *Phytochemistry*, vol. 56, no 1.
- 2 - Kushad MM, Brown AF, Kurilich AC, Juvik JA, Klein BP, Wallig MA, Jeffery EH. **Variation of glucosinolates in vegetable crops of Brassica oleracea.** *J Agric Food Chem.* 1999 Apr;47(4):1541-8.
- 3 - Velasco P, Cartea ME, Gonzalez C, Vilar M, Ordas A. **Factors affecting the glucosinolate content of kale (Brassica oleracea acephala group).** *J Agric Food Chem.* 2007 Feb 7;55(3):955-62.
- 4 - Jeffery, E. H., Brown, A. F., Kurilich, A. C., Keck, A. S., Matusheski, N., Klein, B. P., and Juvik, J. A. (2003). **Variation in content of bioactive components in broccoli.** *Journal of food composition and analysis* 16(3), 323-330.
- 5 - Schonhof I, Kläring HP, Krumbein A, Schreiner M. **Interaction between atmospheric CO<sub>2</sub> and glucosinolates in broccoli.** *J Chem Ecol.* 2007 Jan;33(1):105-14.
- 6 - Rouzaud G, Young SA, Duncan AJ. **Hydrolysis of glucosinolates to isothiocyanates after ingestion of raw or microwaved cabbage by human volunteers.** *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 2004 Jan;13(1):125-31.
- 7 - Getahun SM, Chung FL. **Conversion of glucosinolates to isothiocyanates in humans after ingestion of cooked watercress .** *Cancer epidemiol. biomark. prev.* 1999, vol. 8, no 5.
- 8 - Fuller Z, Louis P, Mihajlovski A, Rungapamestry V, Ratcliffe B, Duncan AJ. **Influence of cabbage processing methods and prebiotic manipulation of colonic microflora on glucosinolate breakdown in man.** *Br J Nutr.* 2007 Aug;98(2):364-72.

- 9 - Van Poppel G, Verhoeven DT, Verhagen H, Goldbohm RA. **Brassica vegetables and cancer prevention. Epidemiology and mechanisms.** Adv Exp Med Biol. 1999;472:159-68.
- 10 - Lynn A, Collins A, Fuller Z, Hillman K, Ratcliffe B. **Cruciferous vegetables and colo-rectal cancer.** Proc Nutr Soc. 2006 Feb;65(1):135-44.
- 11 - Higdon JV, Delage B, Williams DE, Dashwood RH. **Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis.** Pharmacol Res. 2007 Mar;55(3):224-36. Epub 2007 Jan 25.
- 12 - Zhang Y. **Cancer-preventive isothiocyanates: measurement of human exposure and mechanism of action.** Mutat Res. 2004 Nov 2;555(1-2):173-90.
- 13 - Keum YS, Jeong WS, Kong AN. **Chemopreventive functions of isothiocyanates.** Drug News Perspect. 2005 Sep;18(7):445-51.
- 14 - Keck AS, Finley JW. **Cruciferous vegetables: cancer protective mechanisms of glucosinolate hydrolysis products and selenium.** Integr Cancer Ther. 2004 Mar;3(1):5-12.
- 15 - Rungapamestry V, Duncan AJ, Fuller Z, Ratcliffe B. **Effect of cooking brassica vegetables on the subsequent hydrolysis and metabolic fate of glucosinolates.** Proc Nutr Soc. 2007 Feb;66(1):69-81.
- 16 - Lampe JW, Peterson S. **Brassica, biotransformation and cancer risk: genetic polymorphisms alter the preventive effects of cruciferous vegetables.** J Nutr. 2002 Oct;132(10):2991-4.
- 17 - Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: a Global Perspective – World Cancer Research Fund – 2007

- 18** - Rungapamestry V, Duncan AJ, Fuller Z, Ratcliffe B. **Effect of meal composition and cooking duration on the fate of sulforaphane following consumption of broccoli by healthy human subjects.** Br J Nutr. 2007 Apr;97(4):644-52.
- 19** - Rungapamestry V, Duncan AJ, Fuller Z, Ratcliffe B. **Changes in glucosinolate concentrations, myrosinase activity, and production of metabolites of glucosinolates in cabbage (*Brassica oleracea* Var. *capitata*) cooked for different durations.** J Agric Food Chem. 2006 Oct 4;54(20):7628-34.
- 20** - Matusheski NV, Juvik JA, Jeffery EH. **Heating decreases epithiospecifier protein activity and increases sulforaphane formation in broccoli.** Phytochemistry. 2004 May;65(9):1273-81.
- 21** - Moreno DA, Carvajal M, López-Berenguer C, García-Viguera C. **Chemical and biological characterisation of nutraceutical compounds of broccoli.** J Pharm Biomed Anal. 2006 Aug 28;41(5):1508-22.
- 22** - López-Berenguer C, Carvajal M, Moreno DA, García-Viguera C. **Effects of Microwave Cooking Conditions on Bioactive Compounds Present in Broccoli Inflorescences.** J Agric Food Chem. 2007 Nov 3;
- 23** - Les fruits et légumes dans l'alimentation - Enjeux et déterminants de la consommation - Expertise scientifique collective - Rapport d'expertise réalisé par l'INRA - Novembre 2007
- 24** - Oerlemans K., Bosch Suades C. Verkerk R., Dekker M. **Thermal degradation of glucosinolates in red cabbage.** Food chem.. 2006, vol. 95, no 1.
- 25** - Vallejo F, Tomas-Barberan F, Garcia-Viguera C. **Health-promoting compounds in broccoli as influenced by refrigerated transport and retail sale period.** J Agric Food Chem. 2003 May 7;51(10):3029-34.

- 26 - Johnson IT. **Glucosinolates: bioavailability and importance to health.** Int J Vitam Nutr Res. 2002 Jan;72(1):26-31.
- 27 - Schonhof I, Kläring HP, Krumbein A, Schreiner M. **Interaction between atmospheric CO<sub>2</sub> and glucosinolates in broccoli.** J Chem Ecol. 2007 Jan;33(1):105-14.
- 28 - Suzuki C, Ohnishi-Kameyama M, Sasaki K, Murata T, Yoshida M. **Behavior of glucosinolates in pickling cruciferous vegetables.** J Agric Food Chem. 2006 Dec 13;54(25):9430-6.
- 29 - Verkerk R., Dekker M., Jongen W.MF. **Post-harvest increase of indolyl glucosinolates in response to chopping and storage of vegetables.** 2001. J Sci Agric 81: 953-95
- 30 - Ciska E, Pathak DR. **Glucosinolate derivatives in stored fermented cabbage.** J Agric Food Chem. 2004 Dec 29;52(26):7938-43.
- 31 - Tolonen M, Taipale M, Viander B, Pihlava JM, Korhonen H, Ryhänen EL. **Plant-derived biomolecules in fermented cabbage.** J Agric Food Chem. 2002 Nov 6;50(23):6798-803.
- 32 - Agudo A, Ibáñez R, Amiano P, Ardanaz E, Barricarte A, Berenguer A, Dolores Chirlaque M, Dorronsoro M, Jakszyn P, Larrañaga N, Martinez C, Navarro C, Pera G, Quirós JR, Sánchez MJ, Tormo MJ, González CA. **Consumption of cruciferous vegetables and glucosinolates in a Spanish adult population.** Eur J Clin Nutr. 2007 Apr 4.