

Effect van naoogsthandelingen op de gezondheidswaarde van witte kool en broccoli

Glucosinolaten en vitamine C

Ir A. A. van der Sluis (A&F)

Dr R. Verkerk (PDQ)

Productschap  Tuinbouw

Report 249

Colofon

A.A. van der Sluis, Wageningen UR, Agrotechnology & Food Innovations BV
Bornsesteeg 59, Postbus 17, 6700 AA Wageningen
Tel: 0317-477510, Fax: 0317-475347

R. Verkerk, Wageningen UR, Department Agrotechnology and Food Sciences, Product Design
and Quality Management (PDQ),
Bomenweg 2, Postbus 8129, 6700 EV Wageningen
Tel: 0317-483226, Fax: 0317-483669

Dit onderzoek is gefinancierd door

Productschap  **Tuinbouw**

Titel	Effect van naoogsthandelingen op de gezondheidswaarde van witte kool en broccoli
Auteur(s)	Ir A. A. van der Sluis, Dr R. Verkerk
A&F nummer	249
ISBN-nummer	90-6754-284-3
Publicatiedatum	September 2004
Vertrouwelijk	-
Project code.	1330001300

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All right reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for the inaccuracies in this report.

Dit rapport is goedgekeurd door: H.W. Peppelenbos



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Abstract

Onder het totale groenteaanbod heeft de groep van *Brassica* groenten, zoals koolsoorten, spruiten, bloemkool en broccoli, een extra gezondheidsbeschermend imago. Naast de aanwezigheid van diverse vitamines spelen bioactieve stoffen zoals flavonoïden, carotenoïden en glucosinolaten hierbij een belangrijke rol. *Brassica* groenten zijn de voornaamste bron van de laatstgenoemde groep, de glucosinolaten. Het zijn met name de anticarcinogene eigenschappen van specifieke omzettingproducten van deze glucosinolaten die de laatste jaren intensief zijn bestudeerd. Deze bioactieve stoffen hebben in lage concentraties het vermogen om zogenaamde ontgiftigingsenzymen in het menselijk lichaam te activeren. Deze enzymen kunnen op een efficiënte manier lichaamsvreemde, vaak toxische en procarcinogene stoffen uit het lichaam verwijderen.

Door de gehele keten is het van belang te streven naar een zo optimaal mogelijk gehalte aan gezondheidsbeschermende inhoudsstoffen tot op het moment van het bord van de consument of op zijn minst de schappen van de supermarkt.

De gehalten aan glucosinolaten in *Brassica* groenten kunnen aanzienlijk variëren afhankelijk van seizoen, ras, groeicondities, oogstmoment, maar ook van naoogsthandelingen. Van deze naoogsthandelingen zijn verwerking en opslag het belangrijkste, waarbij de factoren tijd, temperatuur, gassamenstelling en beschadiging een grote rol spelen.

Ten einde een uitspraak te kunnen doen over het behoud van de kwaliteit (gezondheid) van groenten zijn de effecten van verwerking en opslag van witte kool en broccoli op de gehalten aan glucosinolaten en vitamine C bestudeerd. Daarvoor is er een pilotstudie uitgevoerd door het onderzoeksinstituut Agrotechnology & Food Innovations BV (A&F) in samenwerking met de leerstoelgroep Product Design and Quality Management Group (PDQ) van het departement Agrotechnology and Food Sciences op de volgende onderdelen:

- Het effect van “minimal processing” (snijden)
- Het effect van bewaarcondities
- Het effect van opslagtijd
- Het effect van al dan geen uitstal.

In zijn geheel genomen laten de resultaten van het onderzoek beperkte verliezen zien in de gehalten van zowel de ‘smaak’- als de ‘gezondheid’glucosinolaten en de vitamine C gehalten bij bewaring en minimale verwerking (snijden) van de producten broccoli en witte kool. De ‘controlled atmosphere’ condities voor broccoli lijken een iets beter behoud van glucosinolaten op te leveren dan lucht, terwijl voor witte kool de opslagcondities weinig verschillen laten zien in gehalten. Tijdens uitstal van broccoli namen zowel de totaal glucosinolaat- als vitamine C gehalten af. De afname van glucosinolaten werd voornamelijk toegeschreven aan de smaakbepalende glucosinolaten. Bij witte kool had zowel opslag (CA, lucht) als snijden weinig effect op de totaal glucosinolaat- en vitamine C gehalten. Tijdens de uitstalperiode nam het vitamine C-gehalte niet af in ongesneden witte kool. Het vitamine C gehalte in gesneden witte kool nam wel af tijdens uitstal, deze afname was overigens kleiner dan bij gesneden broccoli.

Keywords: *white cabbage, broccoli, vitamin C, glucosinolates, minimal processing, storage, health*

Inhoud

Abstract	3
1 Inleiding	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Glucosinolaten	7
1.2.1 Structuur	7
1.2.2 Afbraak van glucosinolaten	8
1.2.3 Eigenschappen	10
1.2.4 Variatie in gehalten	11
1.3 Vitamine C	12
1.3.1 Structuur en eigenschappen	12
1.3.2 Variatie in gehalten	13
1.4 Productieketen van Brassica groenten	13
1.4.1 Veredelaar	14
1.4.2 Teler	14
1.4.3 Opslag	14
1.4.4 Bewerking industrie	15
1.4.5 Verpakken	15
1.4.6 Bewerking door consument	16
1.5 Probleemstelling en doel van het onderzoek	16
1.5.1 Probleemstelling	16
1.5.2 Doel	17
2 Methoden	18
2.1 Opzet experiment	18
2.1.1 Product	18
2.1.2 Verwerking	19
2.1.3 Opslag	19
2.1.4 Tijdsduur	20
2.2 Kwaliteitsbeoordeling	21
2.3 Monstername	21
2.4 HPLC analyse	21
2.5 Statistische analyse	22
3 Resultaten	23
3.1 Kwaliteitsbeoordeling	23
3.1.1 Geelkleuring	23
3.1.2 Schimmelgroei	23
3.1.3 Off flavour	23
3.1.4 Vochtverlies en stevigheid	23
3.2 Totaal vitamine C gehalte	24

3.3	Totaal glucosinolaatgehalte	26
3.4	“Smaak”glucosinolaten (progoitrin en sinigrin)	29
3.5	“Gezondheid”gerelateerde glucosinolaten (glucoiberin en glucoraphanin)	32
4	Discussie en conclusies	35
5	Aanbevelingen voor verder onderzoek	38
	Literatuur	39
	Dankbetuiging	42

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van een onderzoek dat in het seizoen 2002-2003 is uitgevoerd met broccoli en witte kool. Het onderzoek vond plaats in opdracht van het Productschap Tuinbouw.

Doelstelling van dit onderzoek is vast te stellen wat de gevolgen zijn van naoogsthandelingen (zoals “minimal processing” en opslagcondities) op de gehalten van vitamine C en glucosinolaten in broccoli en witte kool.

In dit seizoen is door het onderzoeksinstituut Agrotechnology & Food Innovations BV (A&F) en de leerstoelgroep Product Design and Quality Management Group (PDQ) van het departement Agrotechnology and Food Sciences een pilotstudie uitgevoerd op een viertal onderdelen:

- Het effect van “minimal processing” (snijden)
- Het effect van bewaarcondities
- Het effect van opslagtijd
- Het effect van al dan geen uitstal.

In de huidige maatschappij is in toenemende mate aandacht voor gezondheidsaspecten van voeding. Steeds vaker wordt het verband gelegd tussen het voedselpatroon en de gezondheid van de mens. De consument wil de keuze hebben uit steeds meer ‘gezonde’ producten en producenten gaan in de vorm van ontwikkeling van ‘functional foods’ in deze trend mee. De productieketen van groenten heeft dan ook een wezenlijke gedaanteverwisseling ondergaan en is veranderd van een productiegerichte in een consumentgerichte organisatie met bijzondere aandacht voor de wensen van de consument. De huidige consument toont een groeiende belangstelling voor groenten met toegevoegde waarde waarbij gelet wordt op interne kwaliteitskenmerken als smaak, gezondheid en voedingswaarde. Het is van belang dat deze ontwikkeling vanuit een ketenperspectief wordt bestudeerd, aangezien elk onderdeel van de hele productieketen invloed kan uitoefenen op de hoeveelheid en samenstelling van essentiële inhoudsstoffen die aanwezig is in een gewas en eindproduct.

De focus in dit rapport zal liggen op de inhoudsstoffen vitamine C en glucosinolaten in broccoli en witte kool. Deze inhoudsstoffen zijn elk afzonderlijk van belang, maar vertonen ook een onderlinge interactie die een rol speelt bij de uiteindelijke voedingswaarde van het verse product. Glucosinolaten zijn verantwoordelijk voor de typische koolsmaak en –geur. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat glucosinolaten een rol spelen bij de natuurlijke afweer van de plant tegen schimmels en bacteriën. De gezondheidsbevorderende werking van glucosinolaten wordt door studies vanuit verschillende disciplines bevestigd. *Brassica* soorten, zoals kool en broccoli, zijn een belangrijke leverancier van deze stoffen en ook van vitamine C. Witte kool is wereldwijd een van de meest belangrijke gewassen. Witte kool kan lange tijd bewaard worden in gekoelde opslag en er is ook ervaring met CA-opslag. Broccoli is in korte tijd een zeer populaire groente geworden met een sterk ‘gezondheids’-imago, dat laatste is voornamelijk gebaseerd op het hoge gehalte aan

glucosinolaten en vitamine C. Broccoli is niet lang houdbaar en erg gevoelig voor na oogsthandelingen zoals narijping en opslag. Kool is voor Nederland een economisch belangrijk gewas en, door de lange houdbaarheid, een van de meest geserveerde rauwe groentes in restaurants en bedrijfskantines. Mede als gevolg van die laatste toepassing is er een aanzienlijke vraag naar vers verpakte, gesneden kool.

1.2 Glucosinolaten

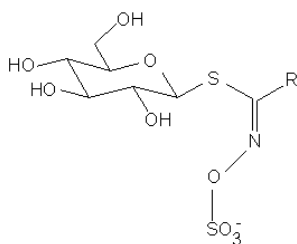
De laatste jaren hebben diverse bevolkingsstudies aangetoond dat een hoge consumptie van groenten en fruit samenhangt met een lager risico op het krijgen van bepaalde soorten kanker, hart- en vaatziekten en andere chronische ziekten. De groep van *Brassica* groenten (waaronder alle koolsoorten, spruiten, broccoli en bloemkool) lijkt een expliciete rol te spelen bij het verlagen van de kans op kanker. Verondersteld wordt dat de beschermende effecten van *Brassica* groenten ten dele zijn toe te schrijven aan de aanwezigheid van een groep secundaire plantmetabolieten, glucosinolaten genaamd, die de *Brassica* groenten onderscheidt van andere groenten.

Dit is een belangrijk motief om onderzoek te doen naar het verloop van de glucosinolaatgehalten in de keten met de mogelijkheid om in te grijpen of het sturen van de keten tot optimale hoeveelheden voor het menselijk welzijn (Verkerk, 2002). Naast de gezondheidsbeschermende eigenschappen bezitten glucosinolaten een aantal andere interessante eigenschappen die met name voor de veredeling en de teelt van belang kunnen zijn.

Onderzoek heeft aangetoond dat elke stap in de productieketen van *Brassica* groenten invloed heeft op de uiteindelijke inname van glucosinolaten door de consument (Dekker et al 2000). *Brassica* groenten worden vaak verwerkt door de industrie of door de consument voordat ze worden geconsumeerd. Om inzicht te verkrijgen in de uiteindelijke inname van glucosinolaten door de consument is het van belang om de invloed van alle stappen in de productieketen op het glucosinolaatgehalte te onderzoeken. In dit onderzoek is gekeken naar de effecten van bewaring van de groenten op de gehalten aan glucosinolaten.

1.2.1 Structuur

Glucosinolaten zijn zwavelhoudende secundaire plantmetabolieten die voorkomen in *Brassicaceae* en enkele andere plantenfamilies. Alle glucosinolaten bevatten een zelfde skelet wat bestaat uit een beta-D-thioglucosegroep, een gesulfoneerde oxime groep en een variërende zijketen (R) die is afgeleid van methionine, tryptofaan, fenylalanine of enkele aminozuren met een vertakte keten (figuur 1).



Figuur 1 Algemene structuur van glucosinolaten

Er zijn meer dan 120 verschillende glucosinolaten bekend die allemaal variëren in de zijketen. Deze zijketens zijn afkomstig van diverse chemische structuren en kunnen worden onderverdeeld in 3 groepen: alifatische (alkyl of alkenylgroep), heterocyclische (indolen) en aromatische ketens. De zijketen is de basis voor de biologische activiteit van de chemische en enzymatische afbraakproducten en voor de structurele heterogeniteit (Mithen et al, 2000). In tabel 1 is een overzicht van deze indeling weergegeven voor glucosinolaten die het meest in *Brassica* groenten voorkomen.

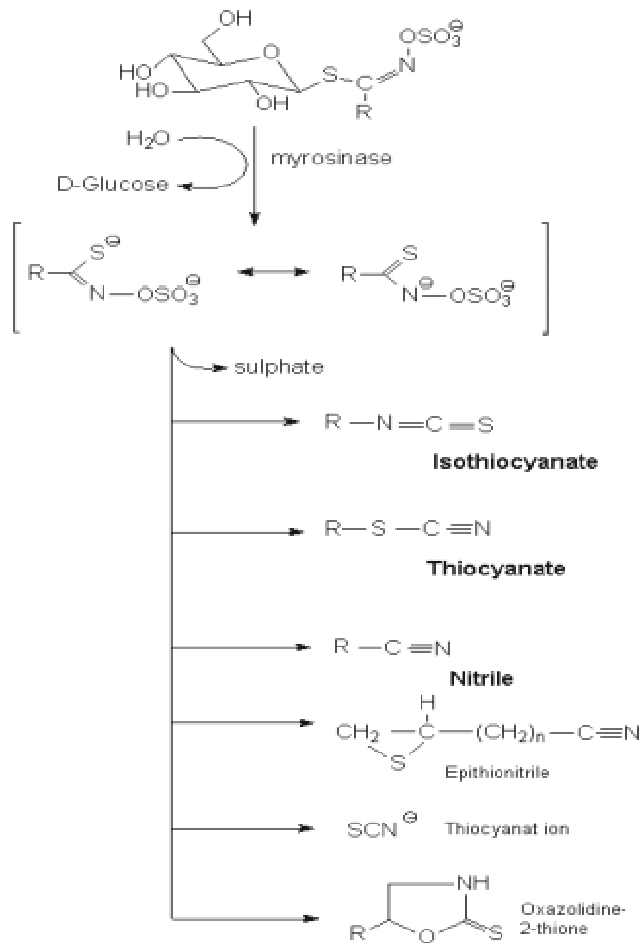
Tabel 1 Meest voorkomende glucosinolaten in broccoli en witte kool.

Triviale naam	Chemische naam (zijketen R)	Gebruikte afkorting
<i>Alifatische glucosinolaten:</i>		
Glucoiberin	3-methylsulphinylpropyl	IB
Progoitrin	2-hydroxy-3-butenyl	PROG
Sinigrin	2-propenyl	SIN
Glucoraphanin	4-methylsulphinylbutyl	RAPH
<i>Indolyl glucosinolaten:</i>		
4-Hydroxyglucobrassicin	4-hydroxy-3-indolylmethyl	4OH-GB
Glucobrassicin	3-indolylmethyl	GB
4-methoxyglucobrassicin	4-methoxy-3-indolylmethyl	4met-GB
Neoglucobrassicin	1-methoxy-3-indolylmethyl	neoGB
<i>Aromatisch glucosinolaten:</i>		
Glucotropaeolin (interne standaard)	Benzyl	TROP

1.2.2 Afbraak van glucosinolaten

Glucosinolaten zelf vertonen weinig biologische activiteit. Het zijn voornamelijk de afbraakproducten die een anticarcinogene, een antibacteriële of een fungicide werking hebben. De afbraakproducten worden gevormd door hydrolyse met behulp van het enzym myrosinase (E.C.3.2.3.1), of door de microflora in de dikke darm.

Normaal zijn glucosinolaten en myrosinase in een plantencel van elkaar gescheiden. Wanneer de cel cq plantenweefsel echter beschadigd wordt door bijvoorbeeld vraat, snijden of kauwen, komt het enzym vrij en zet het de glucosinolaten om in diverse afbraakproducten (zie figuur 2). Als het enzym geïnactiveerd wordt door industriële of huishoudelijke verwerking (conserveren, blancheren of koken), kunnen de glucosinolaten alsnog afgebroken worden door de microflora in de dikke darm (Talalay et al, 2001).



Figuur 2 Hydrolyse van glucosinolaten onder invloed van myrosinase

De temperatuur, de vochtigheid, de pH en de aanwezigheid van diverse co-factoren (zoals ascorbinezuur en $MgCl_2$) bepalen de snelheid van de hydrolyse en de aard van de producten die worden gevormd (Verkerk, 2002). Verschillende typen myrosinase hebben elk een optimale pH en een optimale temperatuur waarbij de activiteit van het enzym het hoogst is. Bij myrosinase in broccoli ligt het pH optimum bijvoorbeeld rond 6,5, en de optimale temperatuur bij atmosferische druk is 30 °C. Myrosinase in witte en rode kool heeft echter een pH optimum van 8 en een optimale temperatuur van 60 °C (Ludikhuyze et al, 2000). Aanwezigheid van ascorbinezuur heeft ook invloed op de myrosinase activiteit. In bepaalde concentraties kan het de enzymactiviteit verhogen. In combinatie met toevoeging van $MgCl_2$ is het effect van ascorbinezuur nog sterker (Ludikhuyze et al, 2000). Verder is ook aangetoond dat ascorbinezuur in sommige gevallen de optimale temperatuur van het enzym kan veranderen (Ohtsuru en Hata, 1979).

Bij lage pH worden voornamelijk nitrilen gevormd en in aanwezigheid van ijzerionen zal deze reactie sneller plaatsvinden. Bij een pH van 5-7 worden voornamelijk isothiocyanaten gevormd. Het glucosinolaat/myrosinase systeem heeft ook nog verschillende andere functies in de plant; i) afweermecanisme tegen ziekten en vraat,

- ii) zwavel en stikstof metabolisme en
- iii) groeiregulatie.

Het enzym myrosinase en de glucosinolaten komen voor in zaad, blad, stengel en wortel van de plant waarbij de enzymactiviteit van myrosinase het hoogst is in het jonge weefsel.

1.2.3 *Eigenschappen*

Bijdrage aan smaak

Het typische aroma van *Brassica* groenten wordt voornamelijk veroorzaakt door afbraakproducten van glucosinolaten (isothiocyanaten, thiocyanaten en nitrilen). Het is aangetoond dat de glucosinolaten sinigrin en progoitrin betrokken zijn bij de bittere smaak die in spruiten wordt waargenomen. Sinigrin heeft een bittere smaak als intacte glucosinolaat, terwijl progoitrin pas echt bitter is na enzymatische omzetting tot goitrin (Fenwick et al, 1983). Bittere en scherpe smaak spelen een grote rol bij de smaakvoorkeur van consumenten en deze stoffen zijn daarom belangrijke kwaliteitsfactoren voor de *Brassica* groenten. Het is mogelijk om door middel van veredelen spruiten te ontwikkelen met een laag sinigrin en progoitrin gehalte, waardoor deze een aangename, minder bittere smaak krijgen (Van Doorn, 1999).

Toxisch

Glucosinolaten en hun afbraakproducten kunnen ook een toxische werking hebben. Hoge gehalten aan bepaalde glucosinolaten in diervoeding kunnen verantwoordelijk zijn voor diverse aandoeningen zoals problemen aan de schildklier (krop), vergrote levers en nieren, verminderde eetlust en lagere groeisnelheid. De belangrijkste veroorzaker is oxazolidine-2-thione, een stof die is afgeleid van het glucosinolaat progoitrin wat zich ophoopt in de zaden van *Brassica napus* (Mithen, 2001).

Bescherming tegen vraat

Sommige afbraakproducten van glucosinolaten zijn toxisch voor insecten en hogere dieren en kunnen daarom gezien worden als enkele van de vele natuurlijke pesticiden. Zij beschermen de plant tegen vraat.

Bactericide en fungicide

Veel afbraakproducten van glucosinolaten zijn toxisch voor micro-organismen en het wordt gesuggereerd dat deze componenten mogelijk een rol spelen bij resistentie tegen ziekten (Chew, 1988).

Gezondheid

In enkele onderzoeken is een invers verband aangetoond tussen een dieet rijk aan *Brassica* groenten en de kans op het krijgen van darmkanker. Aangezien het relatief hoge gehalte aan glucosinolaten typerend is voor *Brassica* groenten wordt het mogelijke gezondheidsbeschermende effect aan deze stoffen toegeschreven. Glucosinolaten zelf vertonen nauwelijks biologische activiteit, maar enkele afbraakproducten, met name de isothiocyanaten, hebben het vermogen om

in het lichaam ontgiftigingsenzymen te modificeren. Ze kunnen fase I- enzymen (zoals cytochroom P-450) remmen, deze enzymen worden geassocieerd met het activeren van (pro)carcinogenen. Verder zijn ze in staat fase II-enzymen (onder andere glutathion- S-transferase) te induceren. Laatstgenoemde zijn ontgiftigingsenzymen die zorgdragen voor neutralisatie of uitscheiding van potentiële carcinogenen in zoogdiercellen. Fysiologische experimenten hebben aangetoond dat de isothiocyانات 3-methylsulphanylpropyl en 4-methylsulphanylbutyl, afkomstig van de glucosinolaten glucoiberin en glucoraphanin sterke inducers zijn van fase II-enzymen (Faulkner et al, 1998). Indole-3-carbinol, een afbraakproduct van glucobrassicin induceert fase II-enzymen, maar ook fase I-enzymen. Dergelijke bifunctionele inducers hebben een minder sterke anti-carcinogene werking dan stoffen die alleen fase II-enzymen induceren (Staack et al, 1998). Ook sinigrin lijkt een anti-carcinogene werking te hebben.

1.2.4 *Variatie in gehalten*

Er kunnen grote verschillen in glucosinolaatgehalten worden waargenomen tussen en binnen diverse soorten en variëteiten van *Brassica* groenten (Kushad et al, 1999). In de literatuur staan verschillende oorzaken voor deze variatie beschreven. Ten eerste zijn milieufactoren, zoals de locatie, grondsoort, bemesting, oogsttijdstip en weersomstandigheden van invloed op het glucosinolaatgehalte in de plant (Rosa et al, 1994 & 1998). Verder kunnen genetische factoren de oorzaak zijn van het verschil in gehalten. Tenslotte kan de gemeten variatie veroorzaakt worden tijdens de analyse.

Milieufactoren

Door Rosa et al (1998) wordt gesuggereerd dat een hogere omgevingstemperatuur tijdens de groei van planten een hoger glucosinolaatgehalte kan veroorzaken. In hetzelfde onderzoek is aangetoond dat licht de vorming van de belangrijkste glucosinolaten in de plant beïnvloedt bij temperaturen die rond het optimum voor de plantgroei liggen. Wanneer de temperatuur echter in de buurt komt van het veroorzaken van stress, is het effect van licht nagenoeg verwaarloosbaar. Het tijdstip van oogsten kan ook invloed hebben op de glucosinolaatconcentratie in de plant aangezien de gehalten lijken te veranderen gedurende de dag (Rosa et al, 1994).

Genetica

Mithen (2001) heeft laten zien dat er een duidelijk verband bestaat tussen glucosinolaatgehalten en genetica. Onderzoek door Kushad et al (1999) heeft grote variatie in glucosinolaatgehalten aangetoond tussen verschillende variëteiten van *Brassica* groenten, ook als ze onder dezelfde omstandigheden zijn geteeld.

Analyse

De gemeten variatie kan worden veroorzaakt tijdens de analyse. Tijdens de diverse stappen van de monsterbehandeling en verdere analyse van de glucosinolaten treedt er een bepaalde fout op die tot verschillen in de uiteindelijke gehalten kan leiden. Er kan onderscheid worden gemaakt

tussen twee typen ‘fouten’. Glucosinolaatgehaltes in de verschillende onderdelen van de plant verschillen van elkaar. Rosa et al (1998) beschrijft dat er een significant verschil is aan te tonen tussen het gehalte in de wortels en in de bladeren van de plant. Door bij bemonstering niet consequent de juiste verhoudingen te nemen kunnen hierdoor verschillen optreden in de gemeten gehalten. De ‘fout’ die ontstaat door deze variatie tussen de verschillende onderzoeken is echter moeilijk te bepalen. Verder kan er een ‘fout’ optreden in de stappen na de analyse. De grootte van deze fout in de bepaling kan wel experimenteel worden vastgesteld (standaard afwijking).

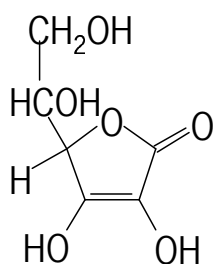
1.3 Vitamine C

Het belangrijkste vitamine in groente en fruit is vitamine C. Vitamine C is een essentieel micronutriënt, wat wil zeggen dat de mens vitamine C niet zelf kan aanmaken in het lichaam, daarom moet het via de voeding binnenkomen. Meer dan 90% van het vitamine C in het menselijk dieet wordt geleverd door groente en fruit inclusief aardappelen. Vitamine C is niet alleen belangrijk voor het onderhouden van de huid, tandvles en bloedvaten (het beschermt tegen scheurbuik), maar ook bij de reductie van plasmacholesterol. Als antioxidant vermindert vitamine C het gevaar van hart- en vaatziekten.

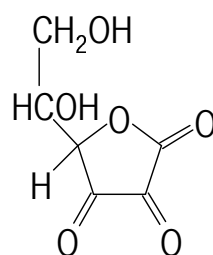
Een schatting voor de inname van vitamine C in Nederland bedraagt 110 mg/dag. Het betreft hier een groep mannen van 40-59 jaar, die in de zeven landen studie zijn gevolgd (Kromhout et al, 2000). De aanbevolen hoeveelheid (RDA) bedraagt ongeveer 60 mg/dag, dus de inname van de genoemde groep was ruim voldoende. Ter voorkoming van scheurbuik is slechts ongeveer 10 mg/dag nodig. Er wordt geadviseerd om niet meer dan 1 g vitamine C per dag in te nemen.

1.3.1 Structuur en eigenschappen

Vitamine C bestaat uit verschillende vormen, waarvan er enkele biologisch actief zijn. L-ascorbinezuur (ook wel ascorbaat genoemd) is de voornaamste biologisch actieve vorm van vitamine C. Daarnaast vertoont L-dehydroascorbinezuur (DHA), een oxidatieproduct, ook biologische activiteit. Beide structuren zijn weergegeven in figuur 3. In het menselijk lichaam kan DHA makkelijk omgezet worden in L-ascorbinezuur (Jung et al, 1998). Het is daarom belangrijk om beiden te meten. In veel verse groenten en fruit vertegenwoordigt DHA minder dan 10% van het totale vitamine C gehalte (Lee et al, 2000).



L-ascorbinezuur



L-dehydroascorbinezuur

Figuur 3 Biologisch actieve vormen van vitamine C.

Vitamine C is om verschillende redenen een goede antioxidant. Ten eerste hebben zowel het ascorbaat als het ascorbylradicaal, (dit laatste wordt gevormd door een elektron oxidatie van ascorbaat) een lage reductiepotentiaal en kunnen ze reageren met de meeste andere biologisch relevante radicalen en oxidanten (Zhang et al, 2001). Ten tweede heeft het ascorbylradicaal een lage reactiviteit, te danken aan resonantiestabilisatie van het ongekoppelde elektron en is kan het worden omgezet in ascorbaat en dehydroascorbaat (DHA) (Zhang et al, 2001). Ascorbaat kan dus geregenereerd worden uit zowel het ascorbylradicaal als DHA via enzymafhankelijke en enzymonafhankelijke methoden.

1.3.2 Variatie in gehalten

Net als bij glucosinolaten varieert het gehalte vitamine C in groenten ook, afhankelijk van diverse factoren (ras, oogsttijd, bewaring etc). Ook de verdeling over de plant speelt een rol. Daarom kunnen de waarden die gevonden worden in de literatuur ook wat verschillen.

Voor broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica Plenck*) wordt een ascorbinezuurgehalte van 100 mg/100g vermeld, met waarden die kunnen liggen tussen 88 en 118 mg/100g (Scherz en Senser, 2000). De waarde die de Nederlandse voedingsmiddelentabel geeft voor onbewerkte broccoli (110 mg/100g) komt hiermee overeen.

Het Sprenger-Instituut (1984a) rapporteerde een gemiddeld ascorbinezuur gehalte van vier verschillende broccolirassen, dit bedroeg 114 mg per 100 gram eetbaar plantmateriaal, de verschillen tussen de rassen bedroeg 10%. Het ascorbinezuurgehalte in de hoofdknop is het hoogst, de verdeling in broccoli is als volgt: 123% in de hoofdknop en 92% in de stelen (gehele plant op 100% gesteld).

Scherz en Senser (2000) vermelden voor witte kool (*Brassica oleracea* L. var. *capitata alba*) een ascorbinezuurgehalte van 48 mg/100g, met waarden die kunnen liggen tussen 30 en 60 mg/100g. De waarde die in de Nederlandse voedingsmiddelentabel (Nevo tabel, 1989) voor onbewerkte witte kool gegeven wordt is lager, nl 15 mg ascorbinezuur per 100g.

Hrncirik et al (2001) vond gehalten van 44 mg/100 gram in witte kool die gekocht was in een supermarkt. Het ras en de wijze van bewaring zijn niet vermeld.

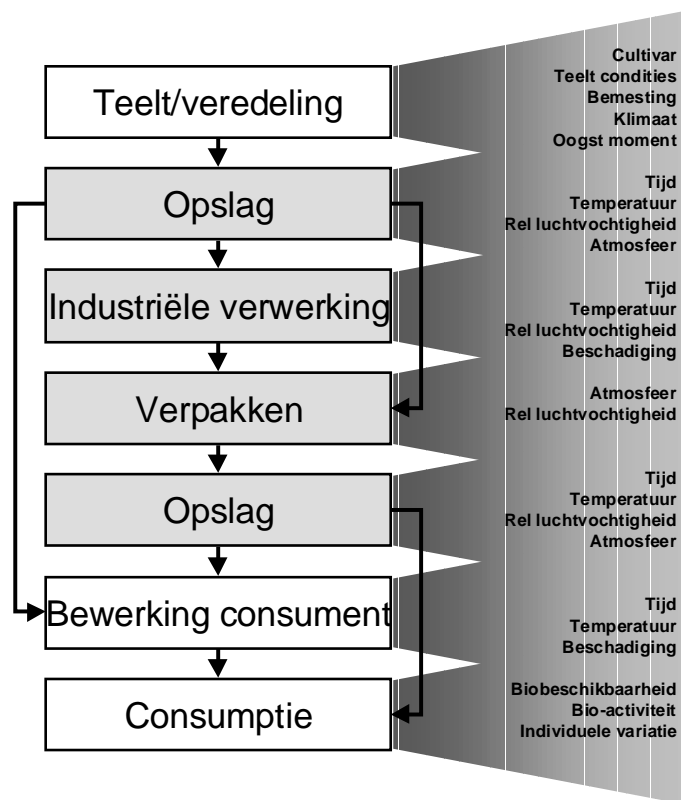
Het ascorbinezuurgehalte in de binnenste en buitenste bladeren van drie rassen witte kool is 50-60% van het gemiddelde van het gehalte in stronk en groeipunt (Sprenger-Instituut, 1984b).

1.4 Productieketen van Brassica groenten

Brassica groenten lijken een specifieke rol te spelen bij de verlaging van de kans op het krijgen van kanker. Men veronderstelt dat deze gezondheidsbevorderende werking wordt toegeschreven aan het hoge gehalte glucosinolaten wat in deze groenten voorkomt. De hoeveelheid glucosinolaten die de consument uiteindelijk inneemt, is echter afhankelijk van alle actoren in de voedsel productie keten van *Brassica* groenten (zie figuur 4).

De laatste jaren is onderzoek gedaan naar de effecten van diverse bereidingswijzen (zoals koken en magnetronbereiding) van *Brassica* groenten op de hoeveelheid glucosinolaten die aanwezig is (Verkerk, 2002). Van veel actoren is de invloed echter nog weinig bekend, zoals de variatie in de

glucosinolaatgehaltes tussen diverse rassen en variëteiten van het oorspronkelijke gewas en de invloed van industriële bewerking.



Figuur 4 Productieketen van *Brassica* groenten

1.4.1 Veredelaar

De veredelaar kan als architect van de *Brassica* groenten worden gezien, omdat hij nieuwe rassen bedenkt en ontwikkelt. Door middel van klassieke veredeling kunnen glucosinolaatgehaltes in *Brassica* groenten worden vergroot of verkleind (Mithen et al, 2000). Zo kunnen nieuwe koolrassen met hogere of lagere glucosinolaatgehaltes worden ontwikkeld die bijvoorbeeld een verbeterde smaak hebben (Van Doorn, 1999).

1.4.2 Teler

Zoals hiervoor al aangegeven hebben verschillende factoren tijdens de teelt invloed op het glucosinolaat- en vitamine C gehalte. De bemesting, datum van oogsten, en de klimatologische omstandigheden zijn allemaal van invloed. Afhankelijk van de behandeling van de gewassen door de teler zal het gehalte aan glucosinolaten hoger of lager zijn.

1.4.3 Opslag

Bewaring van veel verse producten na de oogst gebeurt onder aangepaste gascondities om de houdbaarheid te bevorderen. De producten worden in afgesloten ruimtes bewaard, waarin vaak

de zuurstofconcentraties verlaagd en de CO₂ concentraties verhoogd worden. Daarnaast kan een temperatuur gekozen worden en indien gewenst de RV (=Relatieve Luchtvochtigheid) geregeld worden. Veel soorten groenten en fruit worden CA (Controlled Atmosphere) bewaard om de kwaliteit langer te behouden. Door CA bewaring worden de ademhaling en het verouderingsproces verminderd (Sánchez-Mata et al, 2003), waardoor het mogelijk is om gedurende een langere periode producten van een goede kwaliteit aan te kunnen bieden. Maar tijdens bewaring en verwerking vinden er ook tal van metabole processen plaats in het geoogste product die zorgen voor afbraak, synthese of modificatie van secundaire metabolieten.

De controlled of modified atmosphere bewaring heeft dus grote invloed op metabole processen in het product en daarmee waarschijnlijk ook op inhoudsstoffen. Zo kan de hoeveelheid vitamine C in een product met 90% afnemen door verkeerde bewaarcondities. De manier van opslag heeft ook invloed op de glucosinolaatconcentratie in de groenten. Wanneer opslag plaatsvindt bij koude temperaturen blijven de glucosinolaten in de groenten beter behouden. Vitamine C breekt af wanneer de producten niet optimaal behandeld worden of bij slechte opslagcondities bewaard worden. Bij bewaring van de gehele broccoliplant bij 1-3°C gedurende 2 weken werd voor vier rassen broccoli geen verlies van ascorbinezuur geconstateerd. De hoofdknoppen vertoonden echter een verlies van 10%. Bewaring bij een hogere temperatuur had daarentegen ernstige gevolgen. Na vier dagen bewaring bij kamertemperatuur bevatten de hoofdknoppen van twee rassen broccoli nog slechts 55% van het aanvankelijke ascorbinezuurgehalte (Sprenger-Instituut, 1984a).

Het ascorbinezuurgehalte in witte kool daalt over een bewaarperiode van 115 dagen (0-2°C bij RV 95-97%) met ca. 30%, waarbij de verdeling over de stronk en groeipunt vrijwel constant blijft (Sprenger-Instituut, 1984b).

1.4.4 *Bewerking industrie*

Bij industriële bewerking van *Brassica* groenten kan worden gedacht aan wassen, versnijden, blancheren, conserveren (blik/pot), invriezen, verwerken in kant- en klaarmaaltijden en fermenteren tot zuurkool. Over veel van deze bewerkingen is nog weinig tot niets bekend in relatie tot het glucosinolaatgehalte. Het snijden van groente en fruit leidt over het algemeen tot een lagere concentratie aan vitamine C (Gill et al, 1998; Barry-Ryan et al, 1999; Gill et al, 1999), dit geldt ook voor blancheren (Sprenger-Instituut, 1984a).

1.4.5 *Verpakken*

Naar de invloed van verpakken op het glucosinolaatgehalte is nog weinig onderzoek gedaan. Wel kan het soort verpakking van invloed zijn op het verlies van glucosinolaten tijdens opslag. Het verpakken van broccoli in MAP (Modified Atmosphere Packaging) en opslaan bij 4 °C lijkt een betere manier te zijn voor het behoud van het glucosinolaat glucoraphanin. Het oorspronkelijke gehalte van glucoraphanin in de broccoli kan dan 10 dagen behouden blijven (Rangkadilok et al, 2002).

Van broccoli is bekend dat wanneer het product bij 20 °C onverpakt bewaard wordt, de concentratie vitamine C in zeven dagen met 25% afneemt (Leja et al, 2000). In vacuumverpakte

broccoli werd het ascorbinezuurgehalte beter behouden ten opzichte van onverpakte broccoli (Sprenger-Instituut, 1984a).

1.4.6 Bewerking door consument

De manier van bereiden door de consument is van invloed op het glucosinolaatgehalte wat uiteindelijk geconsumeerd kan worden. Bij het koken van witte kool gaat ongeveer 50% van het totaalgehalte verloren. Dit verlies wordt voornamelijk veroorzaakt door uitlekken van glucosinolaten in het kookvocht, maar een deel wordt ook thermisch afgebroken. Bij bereiding in de magnetron gaan aanzienlijk minder glucosinolaten verloren. Verkerk (2002) heeft het effect van magnetronbereiding op het glucosinolaatgehalte in rode kool onderzocht. Lage energie input (32,4-64,8 kJ) resulteerde in 30-40% verlies van het totaal glucosinolaatgehalte in de kool, terwijl bij een hogere input (129,6-259,2 kJ) complete retentie van de glucosinolaten werd waargenomen. Kookverliezen van vitamine C in witte kool bedragen bijna 60% (Sprenger-Instituut, 1984b), voor het koken van broccoli worden verliezen van 40% gemeld (Sprenger-Instituut, 1984a). In het in dit rapport beschreven onderzoek is de bewerking door de consument niet meegenomen, maar het is wel de bedoeling om de consument een zo goed mogelijk vers product aan te bieden.

1.5 Probleemstelling en doel van het onderzoek

1.5.1 Probleemstelling

De boodschap dat groente eten is gezond is, wordt terecht verkondigd door productschap, handel en postbus 51. Koolsoorten hebben een reputatie opgebouwd wat betreft gezondheidsbevorderende (waaronder kankerremmende) stoffen. Telers en veredelaars streven naar een zo hoog mogelijk gehalte aan die inhoudsstoffen op het oogsttijdstip. Maar wat gebeurt er daarna? Het eigenlijke meetpunt zou het bord van de consument moeten zijn, of op zijn minst de schappen van de supermarkt. Bekend is dat naoogstprocessen (zoals bewaring en “minimal processing”) van grote invloed zijn op het gehalte aan stoffen als vitamine C en de kankerremmende glucosinolaten; het hoe en waarom is in veel gevallen nog een black box. In de keten wordt gestreefd naar een voorspelbare en beheersbare kwaliteit, ook in het handelskanaal na de oogst tot en met de consument. Daarbij dient ingespeeld te worden op de wensen van consument en maatschappij wat betreft gezondheidswaarde van het product. Deze uitgangspunten maken onderzoek naar de aanmaak en afbraak van gezondheidsbeïnvloedende stoffen in het naoogsttraject noodzakelijk. Tevens dient gezocht te worden naar objectieve meetmethoden die kunnen dienen als kwaliteitsgarantie en als instrument voor het optimaliseren van naoogstcondities voor wat betreft gezondheidswaarde van het verse product. Het belang van de inhoudsstoffen vitamine C en glucosinolaten voor de menselijke gezondheid is in onderzoek vast komen te staan. Het is bekend dat glucosinolaten een stimulerend effect hebben op het menselijk ontgiftigingssysteem en zodoende de natuurlijke afweer tegen kanker kunnen verhogen. Vitamine C speelt een belangrijke rol bij de weerstand tegen infecties en is tevens als sterke antioxidant betrokken bij de bescherming tegen kanker en hart- en vaatziekten.

Bovendien is vitamine C noodzakelijk voor de omzetting van glucosinolaten in een biologisch actieve vorm. Er wordt wereldwijd veel onderzoek gedaan naar de voedings- en gezondheidswaarde van verse agroproducten, waarbij getracht wordt via veredeling of verbeteringen in de teelt de hoeveelheid gezondheidsbeïnvloedende stoffen op het moment van de oogst te optimaliseren. De effecten van condities en behandelingen ná de oogst worden daarbij zelden in aanmerking genomen. Dit is een fundamentele omissie gezien het feit dat opslag- en processingcondities het gehalte van veel metabolieten drastisch kan beïnvloeden.

1.5.2 Doel

De doelstelling in dit project is het vergaren van kennis over het effect van naoogsthandelingen (minimal processing en opslagcondities) op de gehalten van vitamine C en glucosinolaten in broccoli en witte kool in praktijksituaties.

Tevens zullen enkele initiële metingen worden gedaan om een indicatie te krijgen van de schimmel- en bacteriewerende eigenschappen van glucosinolaten.

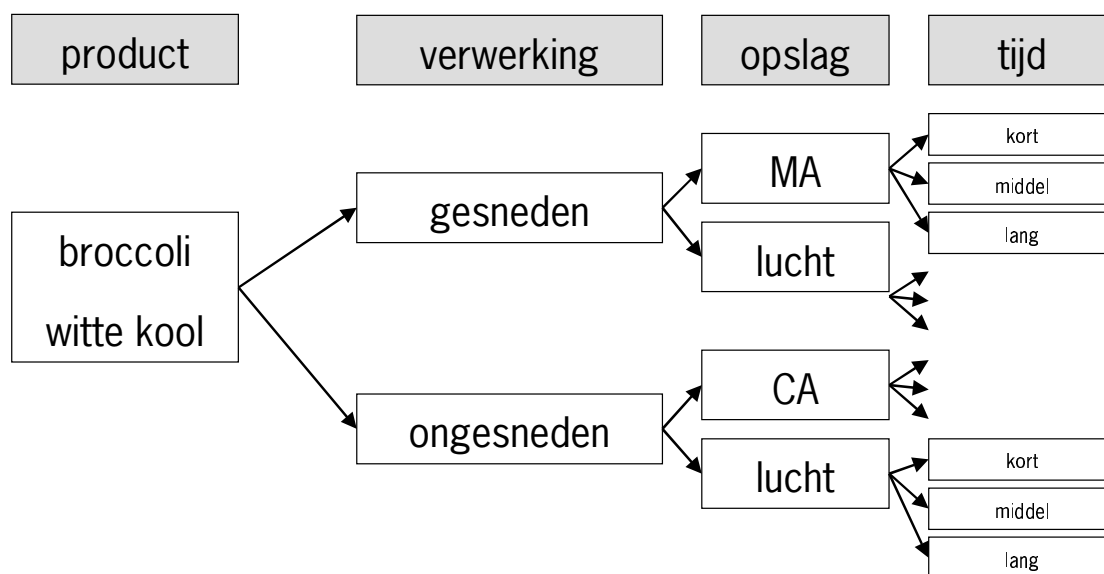
2 Methoden

2.1 Opzet experiment

De opzet van het experiment is schematisch weergegeven in figuur 5. Er is gekozen voor het gebruik van twee soorten groenten, te weten broccoli en witte kool.

Er zijn twee verwerkingscondities toegepast: wel en geen minimal processing (snijden).

De producten zijn onder twee condities opgeslagen: lucht en CA/MA (CA voor ongesneden producten en MA condities voor gesneden producten). Verder is er tijdens bewaring op drie tijdstippen bemonsterd, waarbij elk tijdstip al dan niet gevolgd werd door een uitstalperiode.



Figuur 5 Overzicht van de opzet van het experiment

2.1.1 Product

De broccoli was van het ras Monterey en op 25 september 2002 geoogst door een kweker in Wervershoof, er was geselecteerd op een doorsnede van 15 à 16 cm. Het gemiddeld gewicht van de broccoli bij de oogst bedroeg 431 ± 17 g. De broccoli is op de dag van de oogst getransporteerd naar A&F en een dag later vond verwerking en het inzetten van de bewaarproef plaats.

Voor de proef met witte kool werd gebruik gemaakt van twee rassen: cv Kronos (een verwerkingskool) en cv Lennox (een opslagkool). De witte kool is op 29 oktober 2002 geoogst in Heerhugowaard. Het gemiddeld gewicht van de kolen bij de oogst bedroeg respectievelijk $2,7 \pm 0,4$ kg (Kronos) en $2,6 \pm 0,3$ kg (Lennox). De kolen zijn één dag na de oogst getransporteerd naar A&F en nog een dag later vond verwerking en het inzetten van de bewaarproef plaats.

2.1.2 *Verwerking*

Een deel van de broccoli en een deel van de Kronos witte kool heeft een minimal processing behandeling ondergaan, deze producten werden gesneden. De bewaarkool Lennox werd niet gesneden.

Voor de gesneden broccoli werden alleen roosjes gebruikt met 1 cm steel, de stronk werd niet gebruikt. Er werd getracht het snijden zo te doen zoals de gemiddelde consument zou doen. Het snijden van de broccoli is handmatig gebeurd met roestvrij stalen aardappelmesjes.

Het snijden van de witte kool is machinaal uitgevoerd met een Urschel snijmachine (Urschel Laboratories inc, Valparaiso, IND, USA. Model no GK-A, serial no 3778). De messen hiervan stonden afgesteld op 1 x 1 cm. Dit is niet geheel overeenkomstig met wat in de praktijk gebeurt, in de koolverwerkende industrie wordt de kool meestal in reepjes gesneden. Na het snijden is de kool niet gewassen, maar zijn de bewaarexperimenten direct gestart.

2.1.3 *Opslag*

De groenten werden bewaard in de qualitrans Q2 en Q4 van A&F. De gesneden en ongesneden broccoli en de gesneden witte kool zijn bewaard in roestvrij stalen containers van 65 liter (het doorstroomsysteem). Containers werden gevuld met 7 à 8 kg gesneden broccoli of 22 stronken ongesneden broccoli. In het geval van gesneden witte kool werd per container ongeveer 10 kg gebruikt.

Een overzicht van de ingestelde bewaarcondities is te vinden in tabel 2. De bewaarcondities waren voor ongesneden broccoli 5% CO₂ en 2% O₂, d.w.z. optimaal voor bewaring (UC Davis Postharvest Technology Research and Information Center), en voor gesneden broccoli 10% CO₂ en 10% O₂ bij een temperatuur van 1°C. De gascondities voor gesneden broccoli zijn berekend door een medewerker van A&F en geven de evenwichtsconcentraties weer die ontstaan in een verpakking na enige tijd bewaring.

Daarnaast werd zowel ongesneden als gesneden materiaal in het doorstroomsysteem bewaard waarbij luchtcondities werden ingesteld (luchtbewaring: 0% CO₂ en 21% O₂).

De gassen werden door een wasfles gevoerd zodat er verzadigde lucht in de containers terechtkwam.

De ongesneden witte kool (rassen Lennox en Kronos) werd bewaard in plastic kratten. Voor elk bemonsteringstijdstip werden 3 à 4 kolen in een krat geplaatst. De kratten werden gestapeld in de bewaarcel geplaatst en gascondities werden ingesteld en gereguleerd in hoezen. Gesneden witte kool (alleen het ras Kronos) werd evenals de broccoli in het doorstroomsysteem bewaard.

De bewaarcondities waren voor gesneden witte kool 10% CO₂ en 10% O₂ (net als bij de gesneden broccoli) en voor ongesneden kool 3% CO₂ en 2,5% O₂ d.w.z. optimaal voor bewaring (UC Davis Postharvest Technology Research and Information Center). De temperatuur was in beide gevallen 1 °C. Daarnaast werd zowel ongesneden als gesneden materiaal in lucht bewaard (0% CO₂ en 21% O₂). Het gas werd zowel bij de luchtbewaring als bij de CA bewaring, door een wasfles gevoerd zodat er verzadigde lucht in de containers terechtkwam. De proef in het

doorstroomsysteem werd in duplo uitgevoerd, dus van iedere bewaarconditie waren er 2 containers beschikbaar.

Tabel 2 Bewaarcondities broccoli en witte kool.

Broccoli			Witte kool		
temperatuur: 1-2 °C			temperatuur: 1-2 °C		
condities: lucht, of:			condities: lucht, of:		
	% CO ₂	% O ₂		% CO ₂	% O ₂
gesneden	10	10	gesneden	10	10
ongesneden	5	2	ongesneden	3	2,5

2.1.4 Tijdsduur

In tabel 3 staan de bewaartijden van de beide producten vermeld. De totale bewaarduur was voor elk product (gesneden en ongesneden) zo gekozen, dat tijdens de verwachte levensduur van het product er op 3 tijdstippen bemonsterd kon worden om een eventueel verloop in inhoudstoffen zichtbaar te kunnen maken.

Tabel 3 Bewaartijden broccoli en witte kool.

Broccoli	Witte kool
<u>bewaartijd</u> :	<u>bewaartijd</u> :
gesneden: 1, 4, 8 dagen	gesneden: 1, 4, 8 dagen
ongesneden: 1, 2, 3 weken	ongesneden:
	lucht: 2, 3, 4 maanden
	CA: 2, 4, 6 maanden
<u>uitstal</u> (verpakt):	<u>uitstal</u>
gesneden: 3 dagen, T=4 °C	gesneden (verpakt): 3 dagen, T=4 °C
ongesneden: 4 dagen, T=18 °C	ongesneden: 7 dagen, T=18 °C

De monsternamen van gesneden materiaal heeft plaats gevonden na 1, 4 en 8 dagen. Een zo homogeen mogelijk monster werd genomen. Tevens werd in alle gevallen het product ook nog bemonsterd na een uitstalperiode. De gesneden broccoli en gesneden witte kool zijn in een zogenaamde uitstalruimte bewaard (3 dagen, T= 4 °C), verpakt in geperforeerde OPP zakken (350 gram product), in het donker (RV niet gemeten). Dit was gedaan om een indruk te krijgen van wat er met de glucosinolaten en vitamine C gebeurt gedurende de periode dat het in het koelschap van de supermarkt ligt, hoewel deze temperatuur enkele graden lager is dan de temperatuur die aangetroffen wordt in het koelvak in de winkel (7 à 8 °C).

Uitstal van ongesneden broccoli heeft ook plaatsgevonden in verpakte toestand (geperforeerde OPP zakjes). 12 stronken ongesneden broccoli werden individueel verpakt. Ongesneden witte kool is daarentegen onverpakt uitgesteld. Uitstal van ongesneden broccoli en witte kool vond plaats bij 18 °C en een RV van 65-75%.

Uitstal van de ongesneden groenten werd bij A&F uitgevoerd. Uitstal van gesneden groente werd op Wageningen Universiteit, bij de leerstoelgroep PDQ uitgevoerd.

Bemonsteringstijdstippen (oftewel bewaarduur) en uitstalperiode en –condities van ongesneden broccoli en witte kool staan ook vermeld in tabel 3.

2.2 Kwaliteitsbeoordeling

De broccoli en witte kool werden visueel beoordeeld op geelkleuring en schimmelgroei. Stevigheid werd vastgesteld door te voelen met de hand en afwijkende geuren die zouden kunnen ontstaan tijdens de bewaring werden vastgesteld door te ruiken aan het product. Voor de kleurbeoordeling werd een kleurschema gebruikt zoals vermeld in tabel 4. Het product werd gewogen om gewichtsverlies als gevolg van de bewaring vast te kunnen stellen.

Tabel 4 Visuele kleurbeoordeling van broccoli.

Waardering	Mate geelkleuring
1	100 % geel
2	75-100 % geel
3	50-75 % geel
4	10-50 % geel
5	0-10 % geel
6	Groen, geen gele bloemen
7	Groen
8	Donker groen

2.3 Monstername

Broccoli en witte kool werden als volgt bemonsterd voor analyse. Van de broccoli werden alleen de eetbare delen bemonsterd, de stronk werd niet meegenomen. De broccoli werd dus vanaf de eerste vertakkingen in roosjes gesneden met 1 cm steel eraan. Van de witte kool werden de twee buitenste bladeren verwijderd. Beide groenten werden eerst snel in stukjes gesneden met een mes. Daarna werden deze stukjes zo snel mogelijk in vloeibare stikstof ingevroren en vermalen tot poeder in een blender (Waring). De monsters voor de vitamine C bepaling werden in de vriezer bij -80°C bewaard, de monsters voor de glucosinolatenbepaling bij -20°C . De monsters gesneden broccoli na uitstal en gesneden witte kool na uitstal maximaal 2 maanden bij -20°C bewaard voordat ze bij -80°C bewaard werden.

2.4 HPLC analyse

De monsters werden met behulp van HPLC geanalyseerd op glucosinolaat- en vitamine C gehalte.

Voor het vaststellen van het totaal glucosinolaatgehalte werden 8 verschillende glucosinolaten gedetermineerd en opgeteld: PROG, SIN, RAPH, IB, 4OH-GB, GB, neo-GB, en 4Met-GB (zie ook tabel 1).

Hiervan zijn progoitrin en sinigrin (PROG & SIN) de “smaak”glucosinolaten en glucoiberin en glucoraphanin (IB & RAPH) de gezondheidsgerelateerde glucosinolaten.

Het totaal vitamine C gehalte en het ascorbinezuurgehalte (L-ascorbaat) werden bepaald, hieruit kan het dehydroascorbaatgehalte worden afgeleid, dat is het verschil tussen beide waarden. In de grafieken staat het totaal vitamine C gehalte (dus ascorbinezuur + dehydroascorbinezuur) vermeld.

2.5 Statistische analyse

Variantie analyse (ANOVA) van de resultaten werd uitgevoerd m.b.v. het statistische softwarepakket Genstat. Voor elk product zijn de 3 monsternametijdstippen (die gekozen waren afhankelijk van de verwachte levensduur van het product) gekarakteriseerd als 'kort', 'midden' en 'lang' (verwijzend naar de duur van de bewaring).

3 Resultaten

In het huidige onderzoek is de gesneden broccoli en witte kool niet gewassen. In de praktijk gebeurt dit wel.

3.1 Kwaliteitsbeoordeling

De broccoli en witte kool werden nadat ze uit de bewaarcontainer of uitstal kwamen beoordeeld op mogelijke afwijkingen.

3.1.1 Geelkleuring

Bij opening van de containers tijdens de genoemde bemonsteringstijdstippen was de kleurscore van ongesneden broccoli gemiddeld $7,5 \pm 0,3$, en van gesneden broccoli $7,5 \pm 0,2$, dus nog bijna donker groen (zie de kleurwaardering vermeld in tabel 4). Tijdens de bewaring bij 1°C , was zowel in lucht als in CA de kleur nauwelijks veranderd. Uit literatuur is bekend dat bij opslag in 1°C er nagenoeg geen verschil in geelverkleuring en stevigheid optreedt bij broccoli (Toivonen, 1997). De mate waarin broccoli geel verkleurd wordt is afhankelijk van cultivar, basale ethyleen productie en opslagtemperatuur (King en Morris, 1994)

Na 4 dagen uitstal van de ongesneden broccoli werd het product geler (als gevolg van de verhoogde temperatuur) en was de kleurscore gedaald naar 3. Gesneden broccoli (beoordeeld na 3 dagen uitstal) verkleurde iets minder sterk dan ongesneden broccoli, de eindscore was 5.5. De gesneden witte kool is beoordeeld volgens dezelfde schaal waarmee broccoli is beoordeeld, en er was geen sprake van geelkleuring. De witte kool behield zijn kleur.

3.1.2 Schimmelgroei

Er werd direct na bewaring zowel op de gesneden als ongesneden broccoli en op de gesneden witte kool geen schimmel aangetroffen. Na een uitstalperiode werd er op de ongesneden broccoli echter wel schimmelgroei aangetroffen, dit werd erger naarmate de broccoli langer bewaard was. Schimmelgroei na uitstal trad vaker op bij luchtbewaarde ongesneden broccoli dan bij broccoli die onder CA condities bewaard was. Na lange bewaring werd bij beide rassen ongesneden witte kool zo nu en dan kleine schimmelplekjes aangetroffen, maar er waren geen verschillen tussen de beide rassen aantoonbaar.

3.1.3 Off flavour

Bij de bewaarproef was sprake van een beginnende “off flavour” bij de ongesneden broccoli na de uitstalperiode. Dit gold voor zowel CA als lucht bewaarde broccoli. Bij de gesneden broccoli en gesneden witte kool was geen “off flavour” geconstateerd. Bij de ongesneden witte kool werd er aan het eind van de bewaarperiode wel “off flavour” waargenomen.

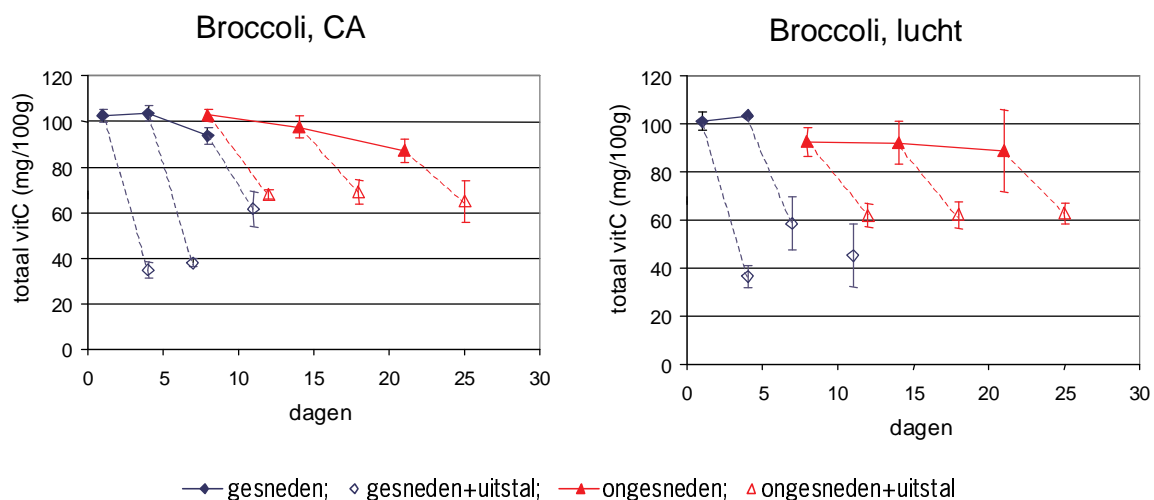
3.1.4 Vochtverlies en stevigheid

Het vochtverlies van de gesneden en ongesneden broccoli gedurende de bewaring lag tussen de 0.7% en 1.9%. Na de uitstalperiode was er nog een kleine extra afname van maximaal 0.3%. De stevigheid van de broccoli was goed. Bij de ongesneden broccoli brokkelden na de uitstalperiode de bloemetjes een beetje af. De stronken werden slechter en kregen een bruine rand.

Bij de gesneden witte kool veranderde er visueel weinig. Alleen na de uitstalperiode voelde de kool droger aan. De buitenste bladeren van de ongesneden witte kool waren na lange luchtbehouding licht ingedroogd, bij CA-bewaarde ongesneden kolen trad dit op na de uitstalperiode.

3.2 Totaal vitamine C gehalte

In figuur 6 staat weergegeven wat de gevolgen zijn van verwerking, opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op het totaal vitamine C gehalte in broccoli.



Figuur 6 Totaal vitamine C gehalte in gesneden en ongesneden broccoli tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Het totaal vitamine C gehalte in gesneden en ongesneden broccoli was ongeveer gelijk, maar dit gold niet wanneer er een uitstalperiode in acht werd genomen, dan was het totaal vitamine C gehalte in het gesneden product lager.

Voor het totaal vitamine C gehalte in broccoli maakte het niet uit of het product in lucht werd bewaard of onder CA (ongesneden broccoli) dan wel MA (gesneden broccoli), er werd dus geen positief of negatief effect van de gekozen opslagcondities geconstateerd.

Het totaal vitamine C gehalte nam niet significant af tijdens de totale bewaarperiode (8 dagen, gevolgd door uitstal, voor gesneden broccoli en 21 dagen, gevolgd door uitstal, voor ongesneden broccoli).

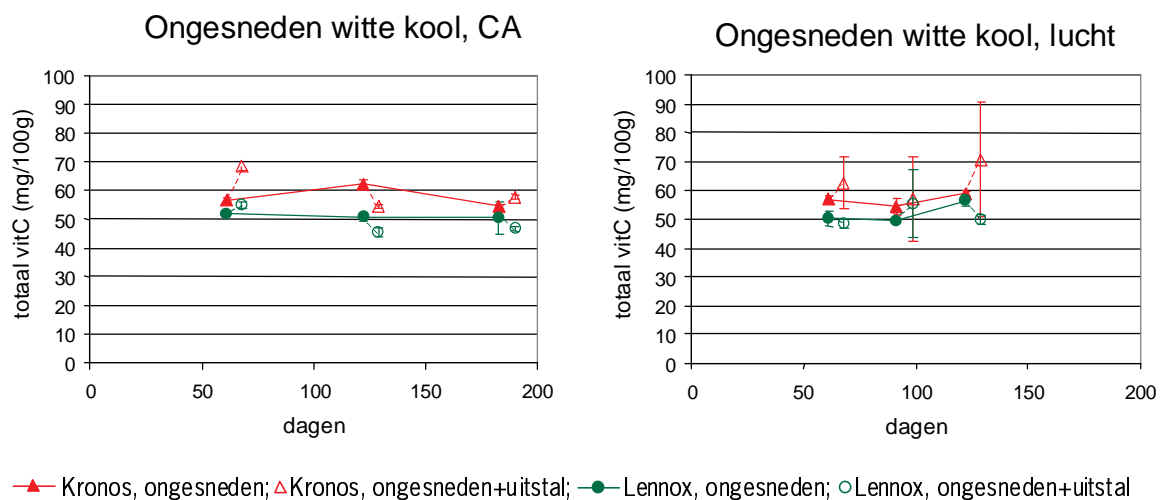
Vergeleken met verwerking, opslagcondities en bewaarduur had simulatie van een uitstalperiode in de winkel het grootste effect op het totaal vitamine C gehalte in broccoli. Na de uitstalperiode waren alle gehalten lager. Bij gesneden broccoli was de verlaging als gevolg van uitstal groter dan bij ongesneden broccoli.

Uitgaande van de bevinding dat opslagcondities en bewaarduur geen effect hadden op het totaal vitamine C gehalte in broccoli kan figuur 6 samengevat worden tot de waarden zoals vermeld in tabel 5.

Tabel 5 Totaal vitamine C gehalte in broccoli (mg/100 g)

verwerking	geen uitstal	na uitstal
gesneden	101	46
ongesneden	93	66

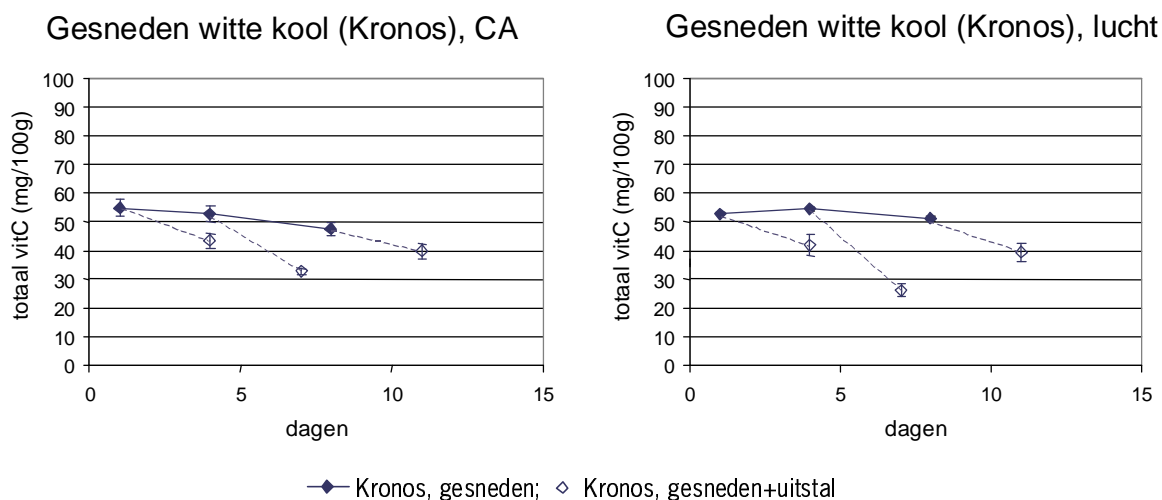
In figuur 7 is vermeld wat de gevolgen zijn van opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op het totaal vitamine C gehalte in ongesneden witte kool. Twee verschillende witte kool rassen werden vergeleken, ze werden niet gesneden.



Figuur 7 Totaal vitamine C gehalte in ongesneden witte kool (Lennox en Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Bij vergelijking van de twee rassen werd een significant verschil in totaal vitamine C gehalte aangetroffen. Het gehalte in Kronos (een kool die in de praktijk voor verwerking wordt gebruikt) was hoger dan in Lennox, een kool die geschikt is voor lange bewaring. Het gemiddelde gehalte in Kronos bedroeg 60 mg/100g, in Lennox was dit 51 mg/100g. Opslagcondities en bewaarduur hadden geen gevolgen voor het totaal vitamine C gehalte in beide rassen. Ook veranderde het gehalte niet tijdens een uitstalperiode.

Figuur 8 toont de gevolgen van opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op het totaal vitamine C gehalte in gesneden witte kool. Hiervoor is alleen het ras Kronos gebruikt. Om conclusies te kunnen trekken wat het gevolg is van verwerking (minimal processing, het snijden van de kool) wordt deze figuur vergeleken met de waarden die vermeld staan voor ongesneden Kronos (witte kool) in figuur 7, dit vanwege het feit dat de bewaarduur van gesneden en ongesneden witte kool nogal verschilt.



Figuur 8 Totaal vitamine C gehalte in gesneden witte kool (Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Het totaal vitamine C gehalte in gesneden witte kool was lager dan in ongesneden witte kool. Net als bij broccoli maakte het voor het totaal vitamine C gehalte in witte kool niet uit of het product in lucht werd bewaard of onder CA (ongesneden witte kool) dan wel MA (gesneden witte kool), er werd dus wederom geen positief of negatief effect van de gekozen opslagcondities geconstateerd.

Het totaal vitamine C gehalte in gesneden witte kool nam licht af tijdens de totale bewaarperiode (8 dagen, gevolgd door uitstal). Ook daalde het totaal vitamine C gehalte in gesneden witte kool tijdens de uitstalperiode.

De belangrijkste effecten staan samengevat in tabel 6, waaruit blijkt dat een uitstalperiode het vitamine C gehalte in gesneden witte kool het meest verlaagt.

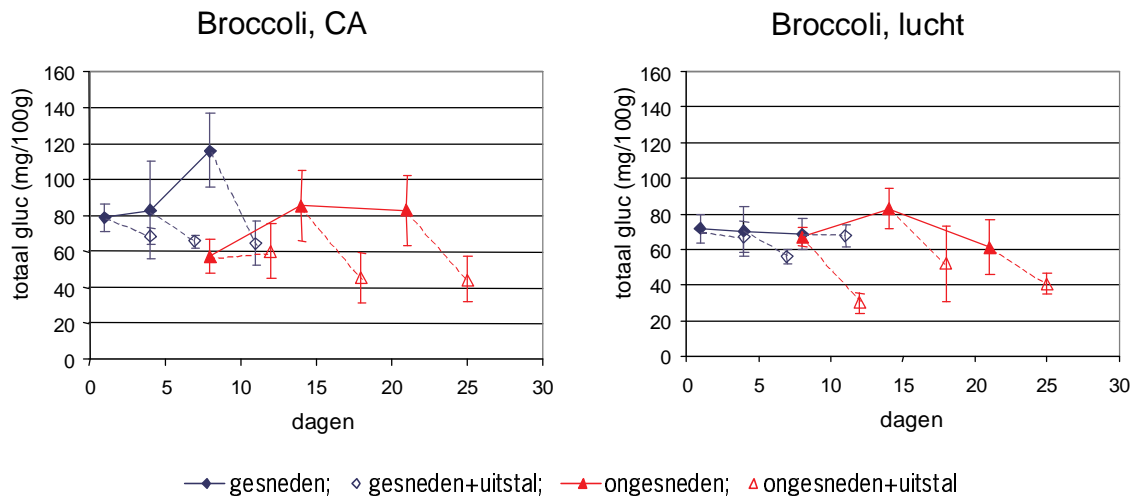
Tabel 6 Totaal vitamine C gehalte in witte kool (mg/100 g)

verwerking	geen uitstal	na uitstal
gesneden	52	37
ongesneden	57	62

Vergelijking van het totaal vitamine C gehalte in broccoli (figuur 6) met dat van witte kool (figuur 7 en 8), laat zien dat het gehalte in broccoli hoger is.

3.3 Totaal glucosinolaatgehalte

In figuur 9 staat weergegeven wat de gevolgen zijn van verwerking, opslagcondities, bewaaruur en een uitstalperiode op het totaal glucosinolaatgehalte in broccoli.



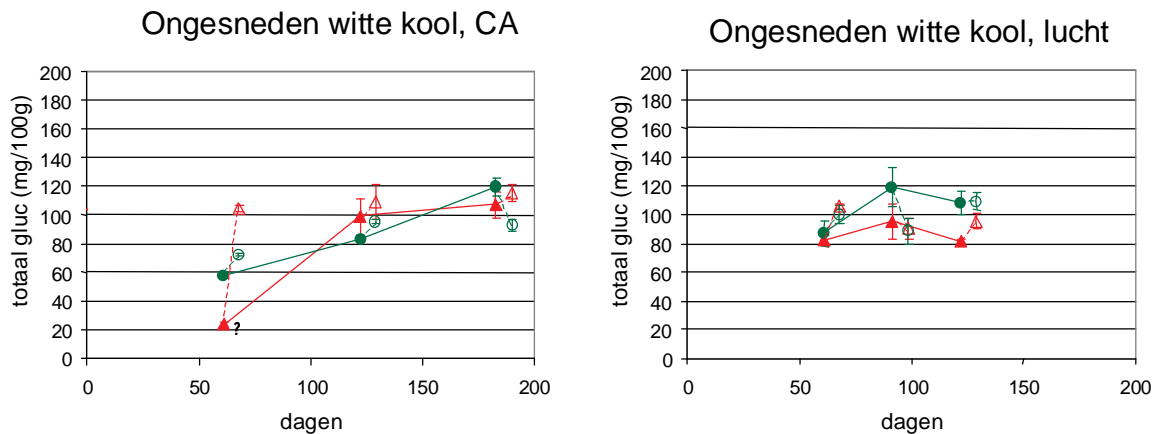
Figuur 9 Totaal glucosinolaatgehalte in gesneden en ongesneden broccoli tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Het totaal glucosinolaatgehalte in gesneden broccoli was na lange bewaring hoger dan in ongesneden broccoli. Ook was het totaal glucosinolaatgehalte van broccoli bewaard onder CA condities hoger dan wanneer er luchtbewaring plaatsvond.

Het glucosinolaatgehalte bleef min of meer constant gedurende de totale bewaarperiode (8 dagen gevolgd door uitstal voor gesneden broccoli en 21 dagen gevolgd door uitstal voor ongesneden broccoli).

Na de uitstalperiode was het totaal glucosinolaatgehalte lager. Bij ongesneden broccoli was de verlaging als gevolg van uitstal groter dan bij gesneden broccoli.

Figuur 10 vermeldt de gevolgen van opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op het totaal glucosinolaatgehalte in ongesneden witte kool. Twee verschillende witte kool rassen werden vergeleken, ze werden niet gesneden.



▲ Kronos, ongesneden; ▲Kronos, ongesneden+uitstal; ● enno , ongesneden; ○ enno , ongesneden+uitstal

Figuur 10 Totaal glucosinolaatgehalte in ongesneden witte kool (Lennox en Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Eén meetpunt staat gemarkeerd met een vraagteken omdat aan de waarde wordt getwijfeld. Dit vanwege het feit dat na uitstal van hetzelfde materiaal een gehalte wordt gemeten dat heel sterk overeenkomt met de andere waarden na uitstal.

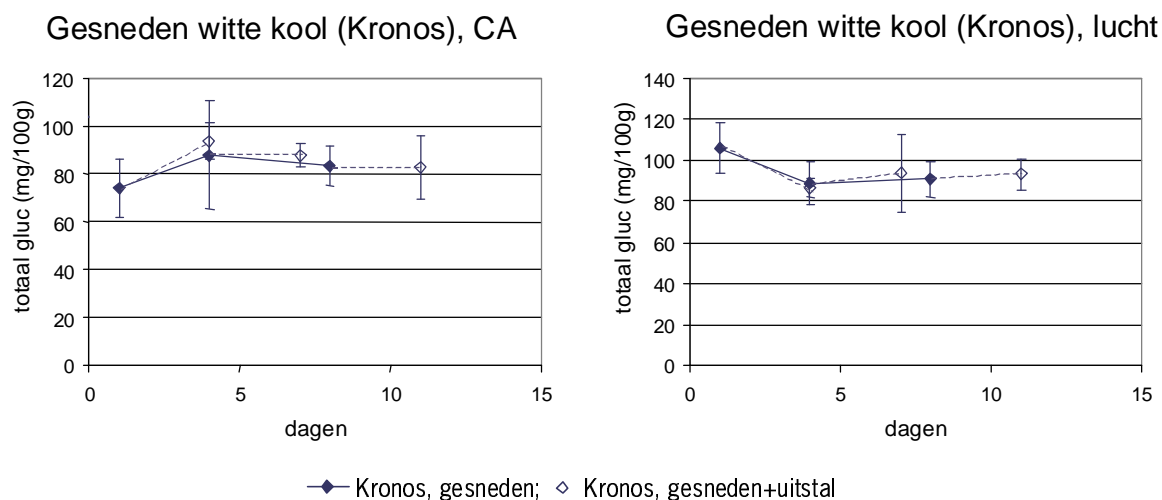
Bij vergelijking van de twee rassen werd er geen significant verschil in totaal glucosinolaatgehalte aangetoond.

Het totaal glucosinolaatgehalte van ongesneden witte kool bewaard in lucht was hoger dan wanneer er CA-bewaring plaatsvond.

Er werd een toename in het totaal glucosinolaatgehalte tijdens bewaring waargenomen (al wordt die toename beïnvloed door het meetpunt met een vraagteken). Deze toename was alleen te zien bij opslag onder CA condities en alleen bij Lennox. Het effect was weg na uitstal, dan werd er geen verschil meer waargenomen tussen producten bewaard onder CA of lucht.

Eveneens werd er een toename als gevolg van uitstal gemeten, al is dit niet op alle tijdstippen te zien.

Figuur 11 laat de gevolgen zien van opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op het totaal glucosinolaatgehalte in gesneden witte kool. Hiervoor is alleen het ras Kronos gebruikt. Om het effect van verwerking aan te tonen wordt deze figuur vergeleken met de waarden die vermeld staan voor ongesneden Kronos (witte kool) in figuur 10, dit weer vanwege het feit dat de totale bewaarduur van gesneden en ongesneden witte kool zeer verschillend is.



Figuur 11 Totaal glucosinolaatgehalte in gesneden witte kool (Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Het totaal glucosinolaatgehalte in gesneden en ongesneden witte kool was niet significant verschillend.

Ten aanzien van het totaal glucosinolaatgehalte werd er voor gesneden witte kool geen verschil aangetroffen tussen bewaring in lucht of bewaring onder CA .

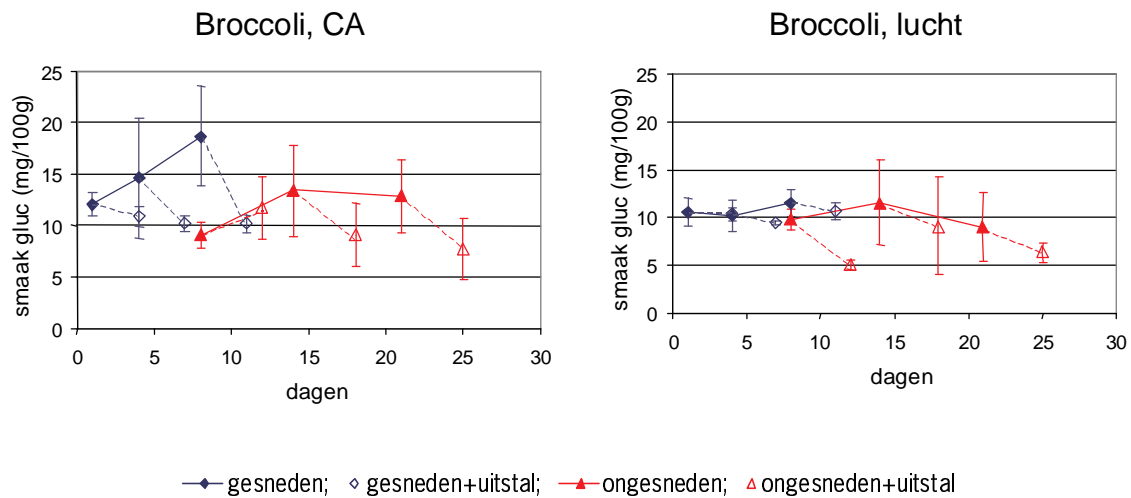
Het totaal glucosinolaatgehalte in gesneden witte kool bleef constant tijdens de totale bewaarperiode (8 dagen, gevolgd door uitstal).

Tijdens de uitstalperiode nam het totaal glucosinolaatgehalte in gesneden en ongesneden witte kool iets toe.

Vergelijking van het totaal glucosinolaatgehalte in broccoli (figuur 9) met dat van witte kool (figuur 10 en 11), laat zien dat het gehalte in witte kool hoger is.

3.4 “Smaak”glucosinolaten (progoitrin en sinigrin)

Figuur 12 laat zien wat de gevolgen zijn van verwerking, opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op de “smaak”glucosinolaten in broccoli.



Figuur 12 Gehalte “smaak”glucosinolaten in gesneden en ongesneden broccoli tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

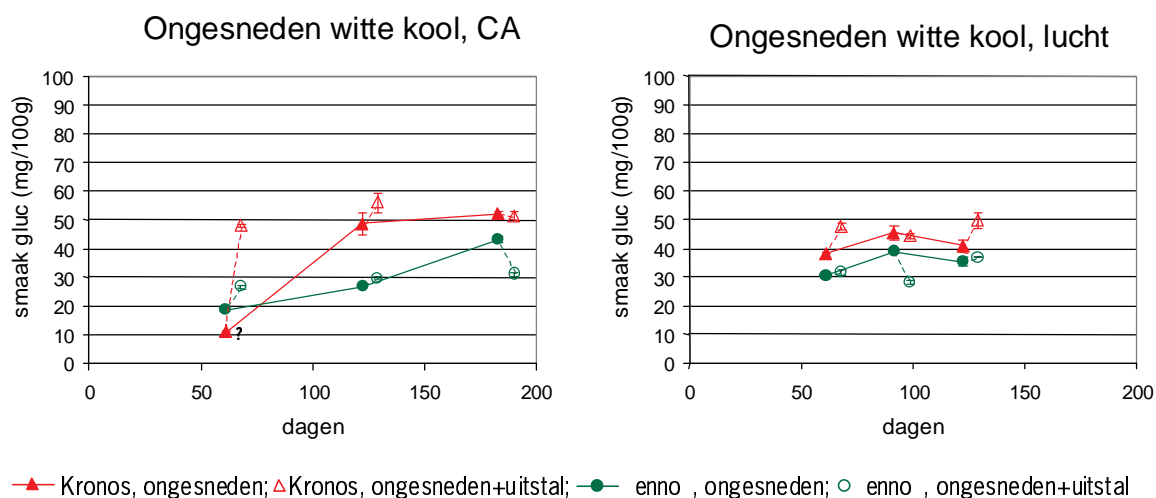
Net als het totaal glucosinolaatgehalte was ook het gehalte “smaak”glucosinolaten in gesneden broccoli hoger dan in ongesneden broccoli.

Ook was het gehalte “smaak”glucosinolaten in broccoli bewaard onder CA condities hoger dan wanneer er luchtbewaring plaatsvond.

Het gehalte “smaak”glucosinolaten bleef constant gedurende de totale bewaarperiode (8 dagen gevolgd door uitstal voor gesneden broccoli en 21 dagen gevolgd door uitstal voor ongesneden broccoli).

Na de uitstalperiode was het gehalte “smaak”glucosinolaten lager.

In figuur 13 staat vermeld wat de gevolgen zijn van opslagcondities, bewaaruur en een uitstalperiode op de “smaak”glucosinolaten in ongesneden witte kool. Twee verschillende witte kool rassen werden vergeleken, ze werden niet gesneden.



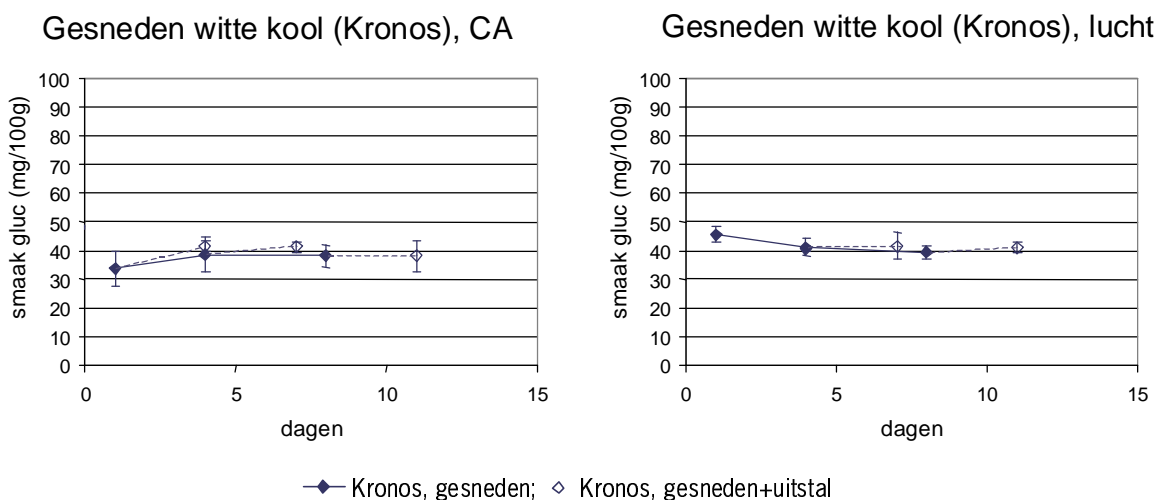
Figuur 13 Gehalte “smaak”glucosinolaten in ongesneden witte kool (Lennox en Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Over het algemeen vertonen de “smaak”glucosinolaten hetzelfde beeld als het totaal glucosinolaatgehalte, alleen zijn er in tegenstelling tot het totaal glucosinolaatgehalte voor “smaak”glucosinolaten wel rasverschillen waargenomen. Bij vergelijking van de twee rassen bleek dat Lennox minder “smaak”glucosinolaten bevatte dan Kronos.

Het gehalte “smaak”glucosinolaten in ongesneden witte kool die bewaard werd in lucht was hoger dan wanneer er CA-bewaring plaatsvond.

Er werd een toename in het gehalte “smaak”glucosinolaten tijdens bewaring waargenomen (al wordt die toename weer beïnvloed door het meetpunt met een vraagteken). Deze toename was alleen te zien bij opslag onder CA condities en alleen bij Lennox. Het effect was weg na uitstal, dan werd er geen verschil meer waargenomen tussen producten bewaard onder CA of lucht. Eveneens werd er een toename als gevolg van uitstal gemeten, al is dit niet op alle tijdstippen te zien.

Figuur 14 laat de gevolgen zien van opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op de “smaak”glucosinolaten in gesneden witte kool. Hiervoor is alleen het ras Kronos gebruikt. Om het effect van verwerking te zien wordt deze figuur vergeleken met de waarden die vermeld staan voor ongesneden Kronos (witte kool) in figuur 13, dit vanwege het feit dat de totale bewaarduur van gesneden en ongesneden witte kool verschilt.



Figuur 14 Gehalte “smaak”glucosinolaten in gesneden witte kool (Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Het gehalte “smaak”glucosinolaten was lager in gesneden witte kool dan in ongesneden witte kool.

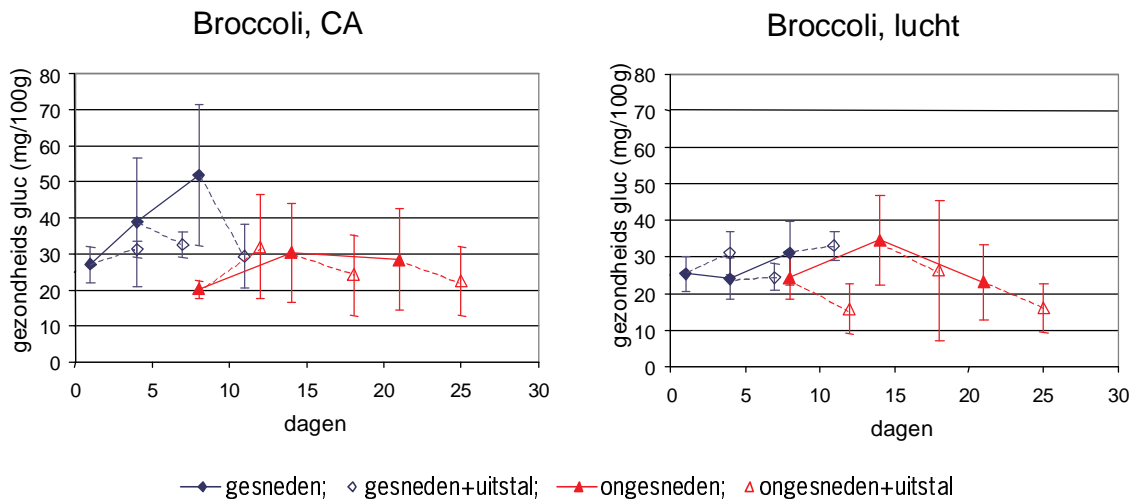
Het gehalte “smaak”glucosinolaten in gesneden en ongesneden witte kool die bewaard werd in lucht was hoger dan wanneer er CA-bewaring plaatsvond.

Er werd een toename in het gehalte “smaak”glucosinolaten tijdens bewaring waargenomen (al wordt die toename weer beïnvloed door het meetpunt met een vraagteken). Eveneens werd er een toename als gevolg van uitstal gemeten, al is dit niet op alle tijdstippen te zien.

Vergelijking van het gehalte “smaak”glucosinolaten in broccoli (figuur 12) met dat van witte kool (figuur 13 en 14), laat zien dat het gehalte in witte kool hoger is.

3.5 “Gezondheid”gerelateerde glucosinolaten (glucoiberin en glucoraphanin)

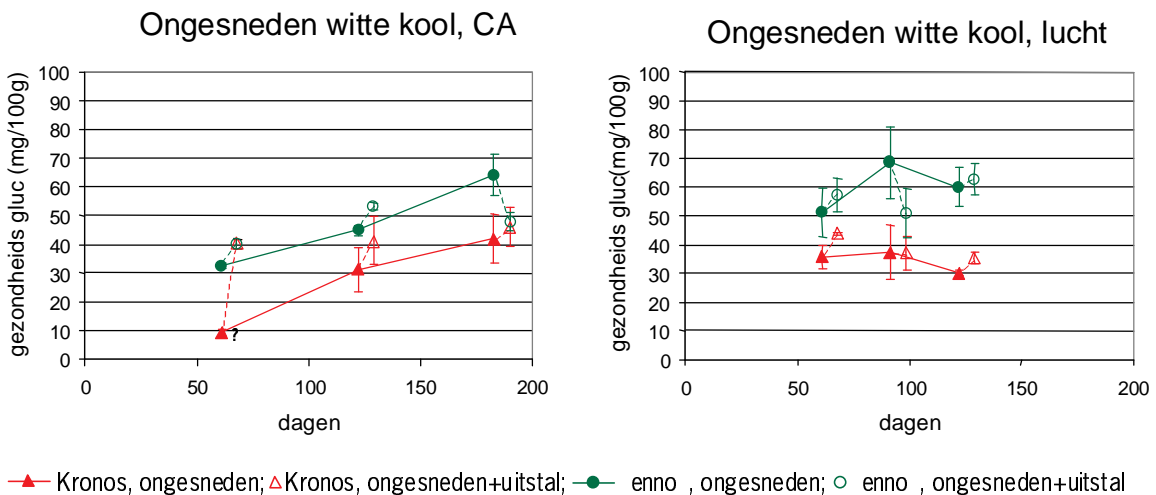
Figuur 15 toont de gevolgen van verwerking, opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op de “gezondheids”glucosinolaten in broccoli.



Figuur 15 Gehalte “gezondheids”glucosinolaten in gesneden en ongesneden broccoli tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

Het beeld van de “gezondheids”glucosinolaten komt overeen met dat van de “maak”glucosinolaten. Het totaalgehalte “gezondheids”glucosinolaten ligt echter hoger dan het gehalte “smaak”glucosinolaten. Het gehalte “gezondheids”glucosinolaten lijkt toe te nemen in gesneden broccoli en is ook hoger na opslag in CA.

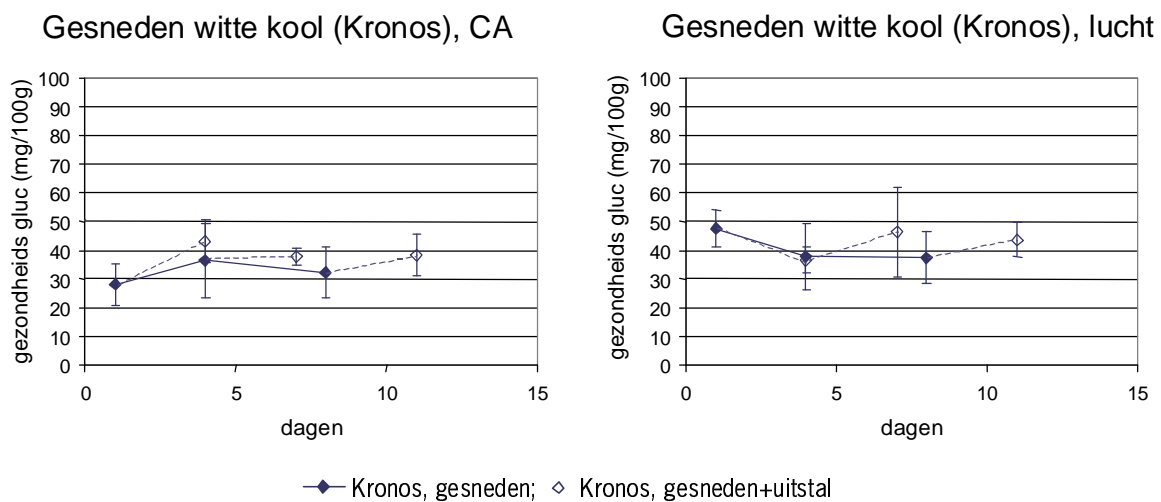
In figuur 16 is vermeld wat de gevolgen zijn van opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op de “gezondheids”glucosinolaten in ongesneden witte kool. Twee verschillende witte kool rassen werden vergeleken, ze werden niet gesneden.



Figuur 16 Gehalte “gezondheids”glucosinolaten in ongesneden witte kool (Lennox en Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

In ongesneden witte kool komt het beeld van de "gezondheids"glucosinolaten wederom overeen met dat van de "smaak"glucosinolaten. Er zijn in de gehalten "smaak"glucosinolaten in witte kool echter ook rasverschillen waarneembaar: Lennox bevat meer "gezondheids"glucosinolaten dan Kronos.

Figuur 17 laat de gevolgen zien van opslagcondities, bewaarduur en een uitstalperiode op de "gezondheids"glucosinolaten in gesneden witte kool. Hiervoor is alleen het ras Kronos gebruikt. Om het effect van verwerking aan te tonen wordt deze figuur vergeleken met de waarden die vermeld staan voor ongesneden Kronos (witte kool) in figuur 16, dit weer vanwege het feit dat de totale bewaarduur van gesneden en ongesneden witte kool zeer verschillend is.



Figuur 17 Gehalte "gezondheids"glucosinolaten in gesneden witte kool (Kronos) tijdens bewaring onder verschillende condities. De bewaring werd al dan niet gevolgd door een uitstalperiode.

In gesneden witte kool is er een heel klein verschil waarneembaar in het totaalgehalte "smaak"- en "gezondheids"glucosinolaten. Er is geen effect van het snijden waargenomen. Wat betreft de gehalten "gezondheids"glucosinolaten kan gesneden witte kool beter bewaard worden onder luchtcondities. Tijdens bewaring nam het gehalte "gezondheids"glucosinolaten niet af.

4 Discussie en conclusies

In de wetenschappelijke literatuur zijn de effecten van naooogst behandelingen van *Brassica* groenten op glucosinolaten nauwelijks beschreven. Slechts enkele onderzoeksgroepen hebben hierover gepubliceerd waarvan een kort overzicht van de bevindingen wordt gegeven.

Bij opslag onder geconditioneerde omstandigheden (zoals CA) worden de glucosinolaten beter behouden dan bij opslag in de gewone lucht. Opslag onder CA condities zorgt er bijvoorbeeld voor dat het glucosinolaat glucoraphanin in broccoli beter behouden blijft (Rangkadilok et al, 2002).

Een Spaanse onderzoeksgroep (Vallejo et al, 2003) heeft de condities van gekoeld transport en de retail verkooperperiode van broccoli gesimuleerd om de effecten op diverse bioactieve stoffen te bestuderen, waaronder glucosinolaten en vitamine C. Vers geoogste broccoli was folie-verpakt (MAP, modified atmosphere packaging) en opgeslagen gedurende 7 dagen bij 1°C (maximale transport- en distributieperiode) en vervolgens 3 dagen bij 15°C bewaard (retail verkooperperiode). Tijdens opslag was de gassamenstelling gedurende de koude opslag ongeveer 17% O₂ en 2-3% CO₂ en aan het eind van de retail verkooperperiode van 3 dagen 16 % CO₂/4% CO₂. Een opvallend resultaat was aan het eind van de gekoelde opslag en de retailperiode de aanzienlijke afname van respectievelijk 71% en 80% van het totaal glucosinolaatgehalte. Beide opslagcondities hadden een minimaal effect op het totaal vitamine C gehalte.

In een ander onderzoek (Hansen et al, 1995) zijn de effecten van opslag van broccoli onder CA (controlled atmosphere) condities op glucosinolaten bestudeerd. Hierbij is vers geoogste broccoli opgeslagen gedurende 7 dagen bij lucht, 0,5% O₂, 0,5% O₂ + 20% CO₂, en 20% CO₂ bij 10°C. Na 7 dagen is de opslag voortgezet onder luchtcondities gedurende 2 dagen bij 10°C. De CA opslagcondities en opslagtijd resulteerde in een beperkte (niet-significant) toename van de totaal glucosinolaatgehalten.

Een Portugese onderzoeksgroep (Rodrigues en Rosa, 1999) heeft de effecten op glucosinolaatgehalten van enkele naooogstbehandelingen van broccoli beschreven. Broccoli monsters ondergingen diverse behandelingen waaronder opslag gedurende 5 dagen bij 20°C en gedurende 5 dagen bij 4°C. De gascondities en luchtvochtigheid werden in deze experimenten niet gestuurd. De grootste afname in totaal glucosinolaatgehalte werd waargenomen tijdens opslag bij 20°C (79%) terwijl de afname tijdens opslag bij 4°C beperkt bleef tot 17%.

In zijn geheel genomen laten de resultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek zien dat er geen grote veranderingen in de glucosinolaat- en vitamine C gehalten zijn opgetreden bij bewaring van de producten broccoli en witte kool. Dit geldt ook voor minimal processing. Tussen de verschillende bewaarcondities zijn slechts kleine verschillen in glucosinolaatgehalten waargenomen. Zo lijkt het dat de gekozen CA condities voor broccoli een iets betere retentie van glucosinolaten oplevert dan lucht, terwijl voor witte kool bewaring onder luchtcondities juist weer iets gunstiger is.

Broccoli laat na uitstal een afname in glucosinolaatgehalte zien. Broccoli is een meer bederfelijk product dan witte kool en is vooral bij hogere temperaturen gevoelig voor verwelking en

verkleuring. Het is bekend dat in de bloemetjes van broccoli de meeste glucosinolaten aanwezig zijn en verwelking dus een nadelig effect kan hebben op de glucosinolaatgehalten. Deze afname is dan ook groter na de uitstal van ongesneden broccoli die bij 18°C plaatsvond.

Opvallend is dat, in vergelijking met de waarnemingen uit de literatuur, zelfs na lange opslagperioden bij lage temperaturen er nauwelijks verliezen optreden in ‘gezondheid’- en ‘smaak’glucosinolaatgehalten voor zowel broccoli als witte kool.

Er zijn slechts kleine verschillen waar te nemen:

- Vitamine C: in ongesneden witte kool is het gehalte in Kronos hoger, en in broccoli en witte kool daalt het gehalte als gevolg van snijden en tijdens uitstal
- Totaal glucosinolaten: in Lennox was het gehalte ‘smaak’glucosinolaten lager dan in Kronos en het gehalte gezondheidsglucosinolaten hoger. Het totaal gehalte was echter gelijk. CA bewaring was beter voor het totaal glucosinolaatgehalte in broccoli, luchtbewaring was beter voor witte kool. Bij gesneden en ongesneden witte kool vond er een toename van het totaal glucosinolaatgehalte tijdens uitstal plaats, en een afname in broccoli.

Uit de in dit rapport beschreven resultaten is het niet mogelijk gebleken om conclusies te trekken over de mogelijke schimmel- en bacteriewerende eigenschappen van glucosinolaten, omdat er geen verschil in aantasting tussen de beide gebruikte rassen witte kool is waargenomen. Bovendien werd bij vergelijking van de twee rassen geen verschil gemeten in totaal glucosinolaatgehalte

In de tabellen 7 tot en met 9 is een overzicht gegeven van de conclusies met betrekking tot de verschillende geanalyseerde componenten in de onderzochte producten, zoals ze zijn gepresenteerd aan de begeleidingscommissie. De kleine verschillen worden daarin weergegeven.

Tabel 7 Broccoli

	totaal vitamine C gehalte	totaal glucosinolaat- gehalte	“smaak”gluco- sinolaten	“gezondheids”- glucosinolaten
gesneden t.o.v. ongesneden	lager	hoger	hoger	hoger
CA t.o.v. lucht opslagtijd	-	hoger	hoger	hoger
na uitstal t.o.v. geen uitstal	lager	lager	lager	-
interacties	bij gesneden uitstaleffect groter	bij ongesneden uitstaleffect groter	-	-

Tabel 8 Ongesneden witte kool

	totaal vitamine C gehalte	totaal glucosinolaat- gehalte	“smaak”gluco- sinolaten	“gezondheids”- glucosinolaten
Kronos t.o.v. Lennox	hoger	-	hoger	lager
CA t.o.v. lucht	-	lager	lager	lager
opslagtijd	-	hoger	hoger	hoger
na uitstal t.o.v. geen uitstal	-	hoger	hoger	hoger
interacties	-	alles, behalve tijdcode* ras	alles	alles, behalve tijdcode* ras

Tabel 9 Witte kool, Kronos

	totaal vitamine C gehalte	totaal glucosinolaat- gehalte	“smaak”gluco- sinolaten	“gezondheids”- glucosinolaten
gesneden t.o.v. ongesneden	lager	-	lager	-
CA t.o.v. lucht	-	-	lager	lager
opslagtijd	lager	-	hoger	-
na uitstal t.o.v. geen uitstal	lager	hoger	hoger	hoger

Algemene conclusie

Samenvattend kan worden vastgesteld dat bij lange opslag van witte kool en broccoli bij lage temperaturen gezondheidsbeschermende inhoudstoffen zoals glucosinolaten en vitamine C redelijk tot goed behouden blijven onder zowel atmosferische als CA/MA omstandigheden. Tevens is bij de externe kwaliteitsbeoordeling (geelkleuring, schimmelgroei, off flavour, vochtverlies en stevigheid) van de broccoli en witte kool gebleken dat er bij de toegepaste condities nauwelijks of geen afwijkingen werden waargenomen.

5 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Na dit onderzoek zijn een aantal vragen nog onbeantwoord. Hieronder zijn ze als aanbevelingen voor verder onderzoek opgeschreven, zonder een prioritering aan te geven:

- Zoals beschreven in hoofdstuk 4 laat het Spaanse onderzoek (Vallejo et al, 2003) zeer opvallende tegenstrijdige resultaten zien; 70-80% afname van glucosinolaatgehalte na 7 dagen opslag bij 1°C en 3 dagen bij 15°C. Zij concluderen dan ook dat een lange export en distributie de gehaltes gezondheidsbeschermende componenten drastisch doet verminderen en bevelen een snellere logistiek en distributiesysteem aan. Echter hun opslagcondities zijn anders dan de in dit rapport beschreven praktijkcondities. Nader onderzoek naar de effecten van verschillende gascondities op glucosinolaatgehalten kan interessant zijn (als een soort fine-tuning).
- Het is interessant het effect van uitstalcondities voor gesneden materiaal in de praktijk nader te onderzoeken. Hierbij kan gedacht worden aan hogere temperaturen, wisselende temperaturen, of aan temperatuursovergangen die kunnen optreden bij gekoeld transport en als gevolg van transitie (tijd) naar uitstal in de koelvitrine e.d.
- In het huidige onderzoek is de gesneden broccoli en witte kool niet gewassen. In de praktijk gebeurt dit wel. Daarom kan er gekeken worden naar het effect van wassen op de glucosinolaat- en vitamine C gehalten in het gesneden product.
- In het onderzoek is slechts één broccoliras gebruikt en zijn twee witte koolrassen met elkaar vergeleken. Meer verschillende rassen zouden vergeleken kunnen worden. Met name wat betreft witte kool is het vergelijken van verschillende rassen in relatie tot de natuurlijke antibacteriële en fungicide werking van glucosinolaten en het mogelijk voorkomen van rot interessant.
- Er zou onderzocht kunnen worden of het mogelijk is uitspraken te kunnen doen over gegarandeerde (minimale) gehalten aan inhoudsstoffen op het moment van aankoop (inhoudsclaim). Hierbij kan gedacht worden aan optimalisatie van het naoogsttraject, gericht op het behoud van de voedingswaarde bij de oogst mbv aangepaste bewaar-, verpakkings- en minimal processing-protocollen en kwaliteitsverloopmodellen.
- De bijdrage van glucosinolaten aan de smaak en geur van broccoli en witte kool, en met name de beïnvloeding van smaak en geur, verdient nadere aandacht. Bij verdere productontwikkeling of productdiversificatie zijn smaak en geur van belang.

Gezien de praktische insteek van het onderzoek en de korte looptijd was het niet mogelijk om meer inzicht te genereren in de complexe biologische regulering die veranderingen in gehalten van inhoudsstoffen veroorzaakt. Als de belangstelling voor gehalten aan gezondheidsbeschermende inhoudsstoffen in verse groenten toeneemt, is een beter inzicht in de biologische regulering essentieel. De recente ontwikkelingen in de moleculaire (planten)biologie maakt onderzoek naar biosyntheseroutes voor inhoudsstoffen mogelijk.

Literatuur

- Barry-Ryan, C.; O'Beirne, D. (1999). Ascorbic acid retention in shredded iceberg lettuce as affected by minimal processing. *Journal of Food Science* 64: 498-500.
- Chew, F. S. (1988). Biological effects of glucosinolates. In: Cutler H.G. (ed), *Biologically Active Natural Products Potential Use in Agriculture*. Washington DC: American Chemical Society, p.p. 155-181.
- Dekker, M., Verkerk R., Jongen, W.M.F. (2000). Predictive modelling of health aspects in the food production chain, a case study on glucosinolates in cabbage. *Trends in Food Science*, 11: 174-181.
- van Doorn J. E. (1999). *Development of vegetables with improves consumer quality: A case study in Brussels sprouts*. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands p. 137.
- Faulkner, K.; Mithen, R.; Williamson, G. (1998). Selective increase of the potential anticarcinogen 4-methylsulphinylbutyl glucosinolate in broccoli. *Carcinogenesis* 19: 605-609.
- Fenwick, G. R.; Griffiths, M. S.; Heany, R. K. (1983). Bitterness in Brussels sprouts (*Brassica oleracea* L. var. *Gemmifera*): The role of glucosinolates and their breakdown products. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 34: 73-80.
- Gill, M. I.; Ferreres, F.; Tomas-Barberan, F. (1998). Effect of modified atmosphere packaging on the flavonoids and vitamin C content of minimally processed Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46: 2007-2012.
- Gill, M. I.; Ferreres, F.; Tomas-Barberan, F. A. (1999). Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 2213-2217.
- Hansen, M.; Moller, P.; Sorensen, H.; Cantwell de Trejo, M. (1995) .Glucosinolates in broccoli stored under controlled atmosphere. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120: 1069-1074.
- Hrncirik, K.; Valusek, J.; Velisek, J. (2001). Investigation of ascorbigen as a breakdown product of glucobrassicin autolysis in *Brassica* vegetables. *European Food Research and Technology* 212: 576-581.
- Jung, C. H.; Wells, W. W. (1998). Spontaneous conversion of L-dehydroascorbic acid to L-ascorbic acid and L-erythroascorbic acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 355: 9-14.
- King, G. A. M.; Morris, S. C. (1994). Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 1000-1005.
- Kromhout, D.; Bloemberg, B.; Feskens, E.; Menotti, A.; Nissinen, A. (2000). Saturated fat, vitamin C and smoking predict long-term population all-cause mortality rates in the Seven Countries Study. *International Journal of Epidemiology* 29: 260-265.

- Kushad, M. M.; Brown, A. F.; Kurilich, A. C.; Juvik, J. A.; Klein, B. P.; Wallig, M. A.; Jeffrey, E. H. (1999). Variation of glucosinolates in vegetable crops of *Brassica oleracea*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 1541-1548.
- Lee, S. K.; Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Leja, M.; Mareczek, A.; Starzynska, A.; Rozek, S. (2000). Antioxidant ability of broccoli flower buds during short-term storage. *Food Chemistry* 72: 219-222
- Ludikhuyze, L.; Rodrigo, L.; Hendrickx, M. (2000). The activity of Myrosinase from Broccoli (*Brassica oleracea* L. cv. *Italica*): Influence of Intrinsic and Extrinsic Factors. *Journal of Food Protection* 63: 400-403.
- Mithen, R. F.; Dekker, M.; Verkerk, R.; Rabot, S.; Johnson, I. T. (2000). The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 967-984.
- Mithen, R. F. (2001). Glucosinolates- biochemistry, genetics and biological activity. *Plant Growth Regulation* 34: 91-103.
- Nevo tabel (1989). Nederlands voedingsstoffenbestand 1989/90. Stichting Nevo, Zeist.
- Ohtsuru, M.; Hata, T. (1979). The interaction of L-ascorbic acid with the active center of myrosinase. *Biochemica and Biophysica Acta* 567: 384.
- Rangkadilok, N.; Tomkins, B.; Nicolas, M. E.; Premier, R.R.; Bennett, R. N.; Eagling, D. R.; Taylor, P. W. J. (2002). The effect of post-harvest and packaging treatments on glucoraphanin concentration in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 7386-7391.
- Rodrigues, A. S.; Rosa, E. A. S. (1999). Effects of post-harvest treatments on the level of glucosinolates in broccoli. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79: 1028-1032.
- Rosa, E. A. S.; Heany, R. K.; Rego, F. C.; Fenwick, G. R. (1994). The variation of glucosinolate concentration during a single day in young plants of *Brassica oleracea* var. *acephala* and *capitata*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 66: 457-463.
- Rosa, E. A. S.; Rodrigues, P. M. F. (1998). The effect of light and temperature on glucosinolate concentration in the leaves and roots of cabbage seedlings. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 78: 208-211.
- Sánchez-Mata, M.C.; Cámara, M.; Díez-Marqués, C. (2003). Extending shelf-life and nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), by controlled atmosphere storage: micronutrients. *Food Chemistry* 80: 317-322.
- Scherz, H.; Senser F. (2000). *Food Composition and Nutrition Tables*, 6th revised and completed edition. Medpharm Scientific Publishers: Stuttgart.

- Sprenger-Instituut (1984a). Broccoli. In: *Produktgegevens groenten en fruit, handboek bij de afzet van groenten en fruit*. Wageningen, Sprenger Instituut.
- Sprenger-Instituut (1984b). Sluitkool, witte kool, rode kool, savooiekool, spitskool. In: *Produktgegevens groenten en fruit, handboek bij de afzet van groenten en fruit*. Wageningen, Sprenger Instituut.
- Staack, R.; Kingston, S.; Wallig, M. A.; Jeffrey, E. H. (1998). A comparison of the individual and collective effects of four glucosinolate breakdown products from brussels sprouts on induction of detoxification enzymes. *Toxicology and Applied Pharmacology* 149:17-23.
- Talalay, P.; Fahey, J. W. (2001). Phytochemicals from Cruciferous plants protect against cancer by modulating carcinogen metabolism. American institute for Cancer Research *11th Annual Research Conference on Diet, Nutrition and Cancer*, July 16-17, 2001.
- Toivonen, P. M. A. (1997). The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli. *Postharvest Biology and Technology* 10: 59-65.
- UC Davis Postharvest Technology Research and Information Center, *Produce Facts*. (<http://postharvest.ucdavis.edu>)
- Vallejo, F.; Tomas-Barberan, F.; Garcia Viguera, C. (2003). Health-promoting compounds in broccoli as influenced by refrigerated transport and retail sale period. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 3029-3934.
- Verkerk, R. (2002). *Evaluation of glucosinolate levels throughout the production chain of Brassica vegetables; towards a novel predictive modelling approach*. PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands.
- Zhang, P.; Omaye, S. T. (2001). beta-Carotene: interactions with alpha-tocopherol and ascorbic acid in microsomal lipid peroxidation. *Journal of Nutritional Biochemistry* 12: 38-45.

Dankbetuiging

Aan de tot standkoming van dit onderzoek hebben veel mensen in beide organisaties meegewerkt, ieder met de respectievelijke discipline, te weten:

Monique van Wordragen, Chris Roelofsen, Marcel Staal en Erwin van der Linden (Agrotechnology & Food Innovations BV).

Charlotte van Twisk, Frans Lettink, Liesbeth Korevaar en Matthijs Dekker (Product Design and Quality Management Group).