



Inhoudsstoffen in ui

ir. R. van den Broek

© 2001 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervaelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving heeft uitgevoerd in opdracht van:

Hoofdproductschap Akkerbouw
Postbus 29739
2502 LS 's-Gravenhage

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV, sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : info@ppo.dlo.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

| | pagina |
|--|--------|
| 1. INLEIDING | 5 |
| 2. CHEMISCHE SAMENSTELLING | 7 |
| 2.1 INLEIDING | 7 |
| 2.2 VITAMINES EN MINERALEN | 7 |
| 2.3 VETTEN | 8 |
| 2.4 EIWITTEN | 9 |
| 2.5 KOOLHYDRATEN EN SUIKERS | 9 |
| 2.6 VLUCHTIGE OLIE | 10 |
| 3. BIO-ACTIEVE STOFFEN | 13 |
| 3.1 FLAVONOÏDEN, POLYFENOLEN EN VITAMINE P | 13 |
| 3.1.1 Indeling | 14 |
| 3.1.2 Quercetine en andere flavonoïden | 14 |
| 3.1.3 Suiker en flavonoïden | 15 |
| 3.1.4 Consumptie van flavonoïden | 15 |
| 3.1.5 Werking | 15 |
| 3.2 ANTIOXIDANTEN | 15 |
| 3.2.1 Algemeen | 15 |
| 3.2.2 Quercetine | 16 |
| 3.2.3 Selenium | 16 |
| 3.2.4 Andere mogelijke antioxidanten | 17 |
| 4. SMAAK | 19 |
| 4.1 ZWAVEL METABOLISME | 19 |
| 4.2 SCHERPTE | 19 |
| 4.3 FACTOREN DIE DE SMAAK BEÏNVLOEDEN | 20 |
| 4.4 EFFECT VAN BEREIDING | 21 |
| 5. UIENGEUR | 23 |
| 6. MEDICINALE WERKING | 25 |
| 6.1 HART- EN VAATZIEKTEN | 25 |
| 6.2 KANKER | 26 |
| 7. ALLERGIE | 27 |
| 8. BACTERIE- EN SCHIMMELGROEI REMMENDE WERKING | 27 |
| 9. SAMENVATTING | 29 |

1. Inleiding

De ui (*Allium cepa* L.) behoort tot de lookgewassen. Botanisch zijn de lookgewassen ingedeeld als onderfamilie, de Allioideae, van de lelieachtigen (*Liliaceae*), of bij de narcisachtigen (*Amaryllidaceae*), maar tegenwoordig worden ze ook beschouwd als aparte familie, die der *Alliaceae*, in de orde van de *Liliales*. Het geslacht *Allium* is zeer omvangrijk en omvat meer dan 600 soorten (Asseldonk, 2000).

De meeste alliums zijn bolgewassen. Gemeenschappelijke kenmerken betreffen vooral geur en bloeiwijze. De bloemen staan in een rond scherm op een lange, kale stengel, aanvankelijk omgeven door een vliezig omwindsel. Iedereen zal een *Allium* direct herkennen, vooral aan de geur en smaak, maar sommige *Brassicaceae* kunnen een uiengeur afgeven zoals look-zonder-look. Daarnaast zijn er gewassen met een smaak die dezelfde richting opgaat als de ui zoals rammenas en radijs. Dit komt door de typische mosterdolieglucosides, die chemisch veel gelijkenis vertonen met de eveneens zwavelhoudende geurstoffen van de *Alliaceae* (Asseldonk, 2000).

Alle culturen in het verspreidingsgebied van de Allium- familie gebruiken deze gewassen in hun culinaire en medicinale tradities. Zo was knoflook de "doping" bij de eerste Olympische Spelen in Griekenland en hield knoflook de piramide bouwers in Egypte op de been. In klassieke teksten staat beschreven dat knoflook een beschermende werking zou hebben tegen alle mogelijke vergiften, epilepsie, spijsverteringsklachten, oedeem, wormen, aambeien, lepra, borstpijn, hartklachten en menstruatieklachten. Op dit moment zijn indicaties van knoflook wetenschappelijk onderzocht en bevestigd zoals verbetering van de spijsvertering, ontgiftiging door de lever, vergroting van het uithoudingsvermogen, vergroting van de weerstand, werking als antibioticum en anthelminticum (Asseldonk, 2000). Welke stoffen de smaak bepalen en welke stoffen een medicinale werking bezitten worden in dit literatuuronderzoek beschreven.

2. Chemische samenstelling

2.1 Inleiding

De chemische samenstelling van de ui is zeer complex en verre van constant: bepaalde reacties ontstaan pas als de bol wordt opengesneden of gekneusd. Naast rasverschillen zijn er allerlei factoren die op de samenstelling van invloed kunnen zijn, zoals de vruchtbaarheid van de bodem en de teeltomstandigheden. In percentages uitgedrukt bestaat de rauwe ui gemiddeld uit 90% vocht, 6,5% koolhydraten, 1% eiwitten en 0,1% vet (tabel 1). De koolhydraten bestaan voornamelijk uit suikers en bevatten ook pectine. Het aantal calorieën dat zij leveren ligt bij scherpe uien hoger dan bij zoete uien. Volgens de Nederlandse Voedingsmiddelentabel 49 kcal. of 206 kJ per 100 gram (en 38 kcal. of 159 kJ per 100 gram volgens Food and Nutrition Information Center U.S.). Uien bestaan uit 0,05% bittere vluchtige olie met een scherpe reuk (Brewster et al., 1989). Uien zijn een matige tot slechte bron aan vitaminen en mineralen. Uien zijn rijk aan flavonoiden en alk(en)yl cysteine sulfoxiden (ACSO). Deze stoffen hebben een gunstige werking op de menselijke gezondheid (Griffiths, 2002).

2.2 Vitamines en mineralen

Vitamines en mineralen leveren geen energie. Toch zijn het essentiële voedingstoffen of micronutriënten. Dit betekent dat deze stoffen dagelijks met de voeding moeten worden ingenomen want het lichaam kan ze zelf niet aanmaken. Vitamines vormen o.a. de bouwstenen van hormonen en andere regulerende stoffen in het lichaam.

In vergelijking met de andere groenten is de ui een zeer matige tot slechte bron van vitaminen en mineralen. Worden 47 in Nederland geteelde groenten vergeleken dan komt de ui pas op de 42^e plaats (Anon., 1988). In de VS komt de ui op de 9^e plaats als groente die een belangrijke bron vormt voor de belangrijkste 10 mineralen en vitaminen (Brewster et al., 1989). Het vitaminegehalte is vrij laag maar niet onbeduidend. Vitamine C (ascorbinezuur) is in de rauwe ui gemiddeld 10 mg per 100 g; in het bosuitje en de stengelui echter minstens 25 mg en in bieslook 40 mg/100 g.

Goed vertegenwoordigd, in geringe hoeveelheden, zijn de vitaminen uit de B-groep die deels met het afweersysteem in verband gebracht worden. Ze worden hierna opgesomd met tussen haakjes hun belangrijkste functies. B vitaminen:

- thiamine of B1 (suikerstofwisseling)
- riboflavine of B2 (omzetting van suikers en aminozuren in vetzuren)
- nicotinezuur (niacine) of B3 (stofwisseling)
- panthoteenzuur of B5
- pyridoxine of B6 (stofwisseling van eiwitten, suikers en vetten; van belang bij het voorkomen van aderverkalking)
- biotine of B8 (omzetting van aminozuren (bouwstenen van eiwit), vetzuren en de vorming van ureum)
- foliumzuur B11 (aanmaak fibrinogeen, nodig voor de opbouw van erfelijk materiaal en omzetting van eiwitten)

In uien met een hoge zuurgraad wordt allithiamine, verwant aan B1, gevormd. In sommige typen ui komt vitamine E voor.

Bij bereiding en invriezen verliest de ui al gauw 40% aan vitamine C; B-vitaminen blijven grotendeels behouden. Bij bakken gaan echter de meeste vitaminen verloren (Bron: www.ui.nl/tips/chemisch.htm).

Mineralen zijn erg belangrijk voor het goed verlopen van de stofwisseling. De meeste komen voor in hele

kleine hoeveelheden; ongeveer 4% van ons lichaam bestaat uit mineralen. Voor een deel zijn deze ingebouwd in cellen, enzymen, weefsels, vitamines en hormonen. Daarnaast doen ze als losse elementen hun werk. We noemen ze dan elektrolyten, omdat deze een positieve of negatieve lading hebben. De elektrolyten zorgen voor de juiste zuurgraad (pH) in ons lichaam.

In vergelijking met andere groentegewassen zijn de gehalten aan kalium, calcium, ijzer, magnesium en sporenelementen vrij laag (Anon., 1988). De voornaamste mineralen in ui zijn fosfor, calcium en vooral kalium. Van de micro elementen zijn ijzer, borium, strontium, koper, zink en mangaan belangrijk. Vanadium wordt in hoge concentratie in uien gevonden. De hoeveelheid selenium in de bol is ras en grondsoort afhankelijk. In tabel 1 staat dat het selenium gehalte voor ui ligt 0,006 mg/100 gram vers gewicht. In Denemarken werden in gangbare en biologische geteelde uien respectievelijk 0,0067 en 0,0053 gram/100 gram vers product aan selenium gevonden (Gundersen et al., 2000). Echter in Amerika zijn ook veel hogere waarden gevonden namelijk een selenium gehalte tussen de 6 –11,3 mg/100 gram droog gewicht. Door de chemische verwantschap tussen selenium en zwavel werken ze antagonistisch (Kopsell et al., 1997). Chroom, kobalt, nikkel, molybdeen en tin komen in zeer geringe mate voor. Het zwavelgehalte ligt op 51 mg/100 gram vers gewicht. Dit is een gemiddelde waarde voor groenten (Brewster et al., 1989). In een gangbare en biologische uienteelt werden dezelfde zwavelgehalte gevonden die ongeveer 2 maal zo hoog ligt namelijk 120 mg/100 gram vers product. In Denemarken zijn op 11 gangbare en 10 biologische percelen uien verzameld en geanalyseerd op 63 macro en micro-elementen. Op de gangbare bedrijven werden in de uien aantoonbaar hogere gehalten gevonden aan Ca, B, Eu, Sb, Se, Sr, Ti, U, Y, terwijl in de biologisch uien aantoonbaar hogere elementen Mg, Bi, Dy, Gd, Rd en Lu werden aangetroffen. Voor alle andere elementen werden geen aantoonbare verschillen gevonden tussen gangbaar en biologisch geteelde uien (Gundersen et al., 2000).

2.3 Vetten

Eiwitten zijn de belangrijkste bouwstoffen voor het lichaam, koolhydraten vormen de brandstof, en vetten worden gebruikt voor:

- De opname van de vetoplosbare vitamines A, D, E, K en andere voedingsstoffen
- Vorming van de celmembranen
- Aanmaak van hormonen
- Bescherming en ondersteuning van organen
- Energievoorraad
- Isolatie tegen de koude.

Uien bevatten weinig vetten (0,2 g/100 gram vers gewicht aan vetten, tabel 1). Dit is vergelijkbaar met de gewassen broccoli en peen. Naast het onderscheid tussen vetten met korte, middellange en lange vetzuurketens, bepaald door het aantal koolstofatomen, kunnen vetzuren ook verzadigd (meestal producten van dierlijke oorsprong) of onverzadigd zijn (bepaald door het aantal waterstofatomen dat een vetzuurketen bevat). Een verzadigde vetzuurketen heeft een volledige reeks waterstofatomen, waardoor deze in het lichaam moeilijker wordt afgebroken. Bij enkelvoudig onverzadigde vetzuurketens (EOV) ontbreekt één paar waterstofatomen en bij meervoudig onverzadigde (MOV) twee of meer paar. Verzadigde vetten zijn bij kamertemperatuur vast bvb. boter, palmolie, kokosolie, cacao, ze komen ook voor in vlees. Onverzadigde vetten zijn vloeibaar; olijfolie, sesamololie en raapzaadolie zijn vnl. enkelvoudig onverzadigd. Soja-, mais-, saffloer- en zonnebloemolie zijn vnl. meervoudig onverzadigd (Bron:

www.geocities.com/lucasvo/vetten.html). Verzadigde vetten verhogen het cholesterolgehalte van het bloed en hebben daarmee een ongunstig effect op het risico op hart- en vaatziekten. Onverzadigde vetten verlagen juist het cholesterolgehalte en hebben een gunstig effect (Bron: www.voedingscentrum.org).

Egyptische uien hebben een verhouding van verzadigde/onverzadigde vetzuren van ongeveer 1,9 (Brewster et al. 1989). Cholesterol wordt door het bloed getransporteerd dankzij een verbinding met eiwit (lipoproteïnen), dat voornamelijk in de lever en de darm gemaakt wordt. De lipoproteïnen klasseert men volgens densiteit (verhouding tussen gewicht en volume). Er kan een onderscheid gemaakt worden in onder andere:

- HDL (goed): heeft een beschermende werking en brengt overtollige cholesterol naar de eliminatiewegen. Heeft het vermogen om neergeslagen cholesterol in de aderen op te lossen.
- LDL (slecht): zorgt voor het transport van cholesterol naar de lichaamscellen en de vaatwanden waar het zich vasthecht. Heeft de neiging aan bloedvaatwanden te keven. Hierdoor wordt de bloedaanvoer beperkt waardoor problemen met het hart kunnen ontstaan.

De verhouding van LDL en HDL is een indicatie voor het gezondheidsrisico die een volwassene loopt. Gunstig is een LDL gehalte beneden de 130 mg/deciliter bloed en een HDL gehalte boven de 60mg/deciliter bloed. Onderzoek laat zien dat mensen die regelmatig grote hoeveelheden knoflook of uien consumeren een lager cholesterol gehalte hebben dan mensen die deze producten niet eten. Dit wordt veroorzaakt door de zwavel verbinding allicine. (Bron: www.healthy.net/asp/templates).

Het HDL-niveau kan toenemen door veel groente en fruit en vetarme voeding te gebruiken, regelmatig lichaamsbeweging te nemen, regelmatig vis of lijnzaadolie te gebruiken die rijk is aan omega 3-vetzuren. Daarnaast verlagen deze vetzuren het LDL cholesterol. HDL cholesterol verhogend zijn onder andere olijfolie, raapzaadolie, uien, knoflook artisjok, peulvruchten en appels. LDL-cholesterolverlagend zijn : haver, groente en fruit.

2.4 Eiwitten

De eiwitten van de ui leveren slechts 8% (Nederlandse tabel) of 11% (Duitse tabel) van de energetische waarde. Voor de gemiddelde groente is het 32%. Dit lage percentage (8%) wordt mede veroorzaakt door het hoge koolhydratengehalte (komt als groente op de 3^e plaats). Het aandeel eiwitten in ui is gering. Uit de aminozuren samenstelling blijkt dat het eiwit bovendien van matige kwaliteit is. In het algemeen bepaalt het aminozuur met het laagste percentage de kwaliteit van het eiwit, zodat van het eiwit van de ui maar voor 35% benut kan worden indien de ui in de maaltijd de enige eiwitleverancier zou zijn (Anon., 1988).

2.5 Koolhydraten en suikers

Het koolhydratengehalte is hoog. De koolhydraten in *Allium* soorten bestaan voornamelijk uit suikers: glucose, fructose en sucrose samen met een aantal oligosacchariden en polysacchariden (fructans zijn polymeren van fructose met een enkelvoudige glucose residu). De suikerconcentratie neemt toe in de bladeren (laag in de bladpunten en hoog in het basale deel), hals en bol bij toename van de leeftijd van de plant en de lichtintensiteit.

De huid van ui en knoflook bezitten veel pectine. Uit de schil kan tussen de 8 - 33% pectine gehaald worden. Pectine is een onderdeel van de celwanden van planten en vruchten en behoort chemisch gezien tot de polysaccharide.

Rassen met een laag drogestofgehalte (kleiner dan 7-10%) hebben een hoog gehalte aan glucose, fructose en sucrose en een gering gehalte aan fructans. Rassen met een hoog droge stofgehalte (tot ± 20% bezitten een geringere glucose en fructose concentratie en een hoger gehalte aan fructans.

De synthese van fructan verloopt als volgt:



Sucrose + sucrose → trisaccharide + glucose

Gevolgd door:



Trisaccharide + trisaccharide → sucrose + DP4 (tetrasaccharide)

Zetmeel kan meestal niet aangetoond worden in uien (Brewster et al., 1989, Anon., 1988).

Tabel 1. Waarde per 100 gram product vers gewicht (bron: Food and Nutrition Information Center U.S.).

| Nutriënten | | Ui vers Prod* | Ui vers | Ui gekookt | Knoflook vers | Asperge vers | Broccoli vers | Peen vers | Appel vers |
|--------------------|----|------------------|---------|---------------|------------------|-----------------|------------------|--------------|------------|
| Water | g | 87,6 | 89,7 | 87,9 | 58,6 | 92,4 | 90,7 | 87,8 | 84,5 |
| Energie | KJ | 193 | 159 | 184 | 623 | 96 | 117 | 180 | 238 |
| Eiwitten | g | 1,2 | 1,16 | 1,36 | 6,36 | 2,28 | 2,98 | 1,03 | 0,15 |
| Totaal vet | g | 0,25 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,35 | 0,19 | 0,31 |
| Koolhydraten | g | 6,2 | 8,6 | 10,2 | 33,1 | 4,5 | 5,24 | 10,14 | 14,8 |
| Vezels | g | 3,0 | 1,8 | 1,4 | 2,1 | 2,1 | 3,0 | 3,0 | 1,9 |
| Ca | mg | 31 | 20 | 22 | 181 | 21 | 48 | 27 | 4 |
| Fe | mg | 0,5 | 0,22 | 0,24 | 1,7 | 0,87 | 0,88 | 0,50 | 0,07 |
| Mg | mg | 11 | 10 | 11 | 25 | 18 | 25 | 15 | 3 |
| P | mg | 42 | 33 | 35 | 153 | 56 | 66 | 44 | 7 |
| K | mg | 175 | 157 | 166 | 401 | 273 | 325 | 323 | 113 |
| Na | mg | 9 | 3 | 3 | 17 | 2 | 27 | 35 | 0 |
| Zn | mg | 1,4 | 0,2 | 0,2 | 1,16 | 0,46 | 0,4 | 0,20 | 0,04 |
| Cu | mg | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,30 | 0,18 | 0,05 | 0,05 | 0,03 |
| Mn | mg | 0,23 | 0,14 | 0,15 | 1,67 | 0,26 | 0,23 | 0,14 | 0,02 |
| Se | mg | | 0,006 | 0,006 | 0,142 | 0,023 | 0,03 | 0,01 | 0,003 |
| Vitamine C tot. | mg | 8 | 6,4 | 5,2 | 31,2 | 13,2 | 93,2 | 9,3 | 4,0 |
| B1, thiamine | mg | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,20 | 0,14 | 0,07 | 0,10 | 0,02 |
| B2, riboflavine | mg | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,06 | 0,01 |
| B3, Nicotine zuur | mg | 0,20 | 0,15 | 0,16 | 0,70 | 1,17 | 0,64 | 0,93 | 0,09 |
| B5, Panthoteenzuur | mg | 0,17 | 0,11 | 0,11 | 0,60 | 0,17 | 0,54 | 0,20 | 0,06 |
| B6, Pyridoxine | mg | 0,13 | 0,12 | 0,13 | 1,24 | 0,13 | 0,16 | 0,15 | 0,05 |
| B8, Biotine | mg | 0,003 | | | | | | | |
| B11, Foliuimzuur | mg | 0,007 | 0,19 | 0,15 | 0,03 | 1,28 | 0,71 | 0,14 | 0 |
| Vitamine E | mg | 0,30 | 0,31 | 0,13 | 0,01 | 2,00 | 1,66 | 0,46 | 0,08 |
| Aminozuren | | | | | | | | | |
| Tryptofaan | mg | 19 | 17 | 20 | 66 | 22 | 29 | 11 | 1 |
| Threonine | mg | 20 | 28 | 33 | 157 | 64 | 91 | 38 | 5 |
| Isoleucine | mg | 19 | 41 | 48 | 217 | 84 | 109 | 41 | 6 |
| Leucine | mg | 33 | 41 | 48 | 308 | 99 | 131 | 43 | 9 |
| Lysine | mg | 57 | 55 | 65 | 273 | 108 | 141 | 40 | 9 |
| Methionine | mg | 12 | 10 | 11 | 76 | 22 | 34 | 7 | 2 |
| Cystine | mg | | 21 | 24 | 65 | 27 | 20 | 8 | 2 |
| Fenylalanine | mg | 35 | 30 | 35 | 183 | 54 | 84 | 32 | 4 |
| Tyrosine | mg | 41 | 29 | 34 | 81 | 36 | 63 | 20 | 3 |
| Valine | mg | 28 | 27 | 31 | 291 | 88 | 128 | 44 | 7 |
| Arginine | mg | 160 | 156 | 183 | 634 | 107 | 145 | 43 | 5 |
| Histidine | mg | 13 | 19 | 22 | 113 | 35 | 50 | 16 | 2 |
| Alanine | mg | | 32 | 38 | 132 | 107 | 118 | 59 | 5 |
| Aspartic zuur | mg | | 63 | 74 | 489 | 265 | 213 | 137 | 26 |
| Glutamic zuur | mg | | 187 | 220 | 805 | 374 | 375 | 202 | 16 |
| Glycine | mg | | 48 | 57 | 200 | 74 | 95 | 30 | 6 |
| Proline | mg | | 36 | 42 | 100 | 121 | 114 | 29 | 5 |
| Serine | mg | | 34 | 40 | 190 | 87 | 100 | 35 | 6 |

*: Bron Anon, 1988

2.6 Vluchtige olie

Uien bevatten een bittere vluchtige olie (0,02 (Faheid, 1998) - 0,05% (Brewster et al., 1989)) met een scherpe geur. De olie is rijk aan zwavel en bevat vele disulfiden en trisulfiden. Uit knoflook kan via stoom destillatie 0,1-0,2% essentiële olie gewonnen worden (Faheid, 1998). De belangrijkste verbindingen in ui zijn dipropyl disulfide en methyl propyl trisulfide. Worden uien beschadigd dan komt het enzym alliinase vrij waardoor allicine wordt omgezet in disulfide oxiden. Deze oxiden zijn allicine-achtige verbindingen die omgezet worden in disulfiden en thiosulfonaten. Deze verbindingen hebben een medicinale werking

(Brewster et al., 1989). Uit de vluchtige olie afkomstig van uien en knoflook zijn in Egypte de volgende stoffen geanalyseerd:

Tabel 2. **Chemische samenstelling van vluchtige uien olie (Faheid, 1998).**

| Verbinding | % | Verbinding | % | Verbinding | % |
|----------------------|-------------|---------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|
| Monosulfides | 0,67 | Disulfides | 42,84 | Trisulfides | 45,05 |
| Dimethyl sulfide | 0,06 | Dimethyl disulfide | 3,95 | Dimethyl trisulfide | 1,85 |
| Metyl ethyl sulfide | 0,39 | Cis-methyl propenyl disulfiden | 0,29 | Methyl propyl trisulfide | 17,65 |
| Allyl propyl sulfide | 0,22 | Methyl propyl disulfide | 6,91 | Allyl methyl trisulfide | 1,19 |
| | | Trans-methyl propenyl disulfide | 1,99 | Methyl cis-propenyl trisulfide | 0,03 |
| | | Iso-propyl-propyl disulfide | 0,06 | Methyl trans-propenyl trisulfide | 3,65 |
| | | Diallyl disulfide | 0,20 | Isopropyl trisulfide | 0,05 |
| | | Cis-propyl-1-propenyl disulfide | 0,98 | Didpropyl trisulfide | 10,70 |
| | | Dipropyl disulfide | 17,85 | Allyl-propyl trisulfide | 1,35 |
| | | Cis-propenyl propyl disulfide | 4,86 | Diallyl trisulfide | 2,77 |
| | | Trans propenyl propyl disulfide | 5,75 | Cis-propenyl propyl trisulfide | 2,66 |
| | | | | Trans-propenyl propyl trisulfide | 3,15 |
| Tetrasulfides | 1,58 | Thiophene derivaten | 4,15 | Geoxideerde verbindingen | 2,74 |
| Dimethyl tetrasul. | 0,69 | 2,5-dimethyl thiophene | 0,81 | Propanal | 1,75 |
| Dipropyl tetrasul. | 0,89 | 2,4-dimethyl thiophene | 0,49 | Methyl endecyl ketone | 0,99 |
| | | 3,5-dimethyl thiophene | 2,85 | | |

Tabel 3. **Chemische samenstelling van vluchtige knoflook olie (Faheid, 1998).**

| Verbinding | % | Verbinding | % | Verbinding | % |
|--------------------------|-------------|-----------------------------------|--------------|--------------------------|--------------|
| Monosulfides | 4,98 | Disulfides | 37,16 | Trisulfides | 54,23 |
| Methyl allyl sulfide | 0,73 | Dimethyl disulfide | 0,01 | Dimethyl trisulfide | 3,75 |
| Diallyl disulfide | 4,25 | Methyl propyl disulfide | 0,02 | Methyl allyl trisulfide | 16,82 |
| | | Trans-1 propenyl methyl disulfide | 0,17 | Diallyl trisulfide | 33,66 |
| | | Methyl allyl disulfide | 5,26 | | |
| | | Propyl allyl disulfide | 1,38 | | |
| | | Diallyl disulfide | 30,33 | | |
| Aromatische verb. | 0,46 | Thiophene derivaten | 0,02 | Geoxideerde verb. | 1,45 |
| Aniline | 0,46 | 2,5-dimethyl tetrahydrothiophene | 0,02 | 2,4-dimethylfuran | 0,15 |
| | | | | 2-propen-1-ol | 0,02 |
| | | | | 1-hexanol | 1,28 |

3. Bio-actieve stoffen

Bio-actieve stoffen in voeding zijn "natuurlijke" stoffen zonder energetische bijdrage, die in lage concentraties de gezondheid of het functioneren van de mens gunstig beïnvloeden zoals flavonoiden, antioxidanten en cholesterol verlagende componenten. Een effect kan positief maar ook negatief zijn (Brouwer, 1997). Bio-actieve stoffen werken onderling samen en dienen dus in zijn geheel door het lichaam, vanuit de natuurlijke bron (ons voedsel) aan ons lichaam te worden toegevoegd (Gruensven, 2001). Bio-actieve componenten aanwezig in groenten en fruit die mogelijk tumorontwikkeling kunnen voorkomen zijn: Beta-caroteen, vitamine C, vitamine E, foliumzuur, selenium, voedingsvezel, glucosinolaten, fenolen, flavonoiden, organische zwavelverbinding, isoflavonen en sterolen.

3.1 Flavonoiden, polyfenolen en vitamine P

Flavonoiden vormen een grote familie van plantaardige stoffen. Ze bepalen in groenten en fruit de grote variatie in kleuren, van geel tot rood en donkerpaars. Flavonen (Latijnse flavus = geel) hebben hun naam te danken aan plantenstoffen die gebruikt zijn voor het geel verven van wol en katoen. Ze worden ook aangeduid als bioflavonoiden en vroeger als vitamine P. Flavonoiden komen voor in alle groene planten. In uien is er een tendens dat de hoogste concentratie flavonoiden zich bevindt in de buitenste rokken. Daarnaast kan in rode variëteiten anthocyaan de quercetine concentratie maskeren. Maar dit hoeft niet (tabel 4). Voorbeelden van flavonoiden zijn rood of blauw anthocyaan en witte of bleek gele componenten zoals rutin, quercetine en kaempferol. Kleurstoffen bevinden zich in het cytoplasma en de plastiden (Simon, 1997). Polyfenolen (tanninen), waaronder de flavonoiden vallen, zijn al dan niet veresterd of geglycoliseerd (gebonden aan een suikermolecuul) of verbonden met een andere zijgroep. Uien, kool, broccoli en spruitjes bevatten een hoge concentratie fenolen (tabel 5). Polyfenolen zijn sterke antioxidanten en daarnaast worden er anti-trombotische eigenschappen aan toegeschreven (Hollman, 1997)

Tabel 4. **Concentratie (ppm) Pyruvaat, Quercetine en Anthocyaan voor verschillende type uien (Bron: <http://photochemical.tamu.edu/slides/Pike2001.pdf>).**

| Stof | Witte uien | Gele uien | Rode uien |
|------------|------------|-----------|-----------|
| Pyruvaat | 3 - 7 | 3 - 5 | 3 - 5 |
| Quercetine | Gering | 500 | 500 |
| Anthocyaan | 0 | gering | 700 |

Tabel 5. **Fenol concentratie en antioxidant activiteit voor verschillende groentes en fruit (Bron: <http://www.nwcherries.com/metalV.html>).**

| Voedsel | Fenol zuur Mg/100gram | Antioxidant activiteit |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|
| Tarwe kiemen | 349 | 236 |
| Aardappel | 437 | 509 |
| Vlaszaad | 509 | 52 |
| Zonnebloemen zaad | 1601 | 280 |
| Zoete kers | 2098 | 580 |
| Blauwe bes | 4180 | 796 |
| Uien | 10548 | 743 |

3.1.1 Indeling

Aan de hand van hun chemische structuur kunnen ze worden onderscheiden in:

- Flavonen: kruiden
- Isoflavonen: soja, peulvruchten
- Flavonolen: uien, thee, appels, rode wijn, broccoli, boerenkool
- Catechinen: thee, rode wijn, fruit
- Anthocyanen: bessen(sap), rode wijn, blauwe druiven, rode ui
- Carotenen: geelgroene groenten, wortelen, tomaten, sinaasappelen
- Glucosinolaten: spruitjes, koolsoorten, broccoli
- Organosulfiden: uien, knoflook
- Terpenen: citrusvruchten

Isoflavonen worden ook wel aangeduid als plantenhormonen of fyto-oestrogenen. Ze lijken qua chemische structuur op de menselijke hormonen. Er zijn aanwijzingen dat ze een gunstige invloed hebben op het voorkomen van borst-, darm- en prostaatanker, hart- en vaatziekten en botontkalking (Bron: <http://oud.refdag.nl/gezo/990622gezo10.html>).

Belangrijke flavonolen zijn quercetine, kaempferol, myricetin en isorhamnetin. Flavonolen komen voor in thee, wijn fruit en groenten. Hoge concentraties quercetine zijn gevonden in de volgende gewassen (Hollman et al., 2000):

- ui 300 mg/kg
- boerenkool 450 mg/kg
- broccoli 100 mg/kg
- bonen 50 mg/kg
- appel 50 mg/kg
- zwarte bes 40 mg/kg
- thee 30 mg/l

Kaempferol werd gevonden in:

- boerenkool 210-470 mg/kg
- andijvie 15-90 mg/kg
- broccoli 60 mg/kg
- prei 10-60 mg/kg
- ui 0 mg/kg

3.1.2 Quercetine en andere flavonoiden

Quercetine is een belangrijke flavonoid die in hoge concentraties in uien voorkomt. In verschillende type uien varieert het gehalte aan quercetine sterk. Witte rassen hebben weinig (1 mg/100 gram droog gewicht) en rode rassen (2,5-6,5 mg/100 gram droog gewicht) bezitten dus duidelijk meer quercetine dan gele uien (Brewster et al., 1989).

De gehalten aan myricetin isorhamnetin, luteolin en apigenin (laatste 2 zijn flavonolen) lagen vrijwel allemaal onder de detectiegrens van 1 mg/kg. Onlangs zijn in *Vidalia* uien andere waarden gevonden (Sellapan et al., 2002):

- quercetine 7,7-46,3 mg/100 gram versgewicht
- myricetin 2,7-4,1 mg/100 gram versgewicht
- kaempferol 1,1-2,0 mg/100 gram versgewicht

De totale polyfenolen en Trolox equivalent antioxidant capaciteit (TEAC) varieerde voor 5 *Vidalia* uienrassen tussen 73,3-180,8 mg/100 gram vers gewicht. Een positief maar zwakkere correlatie is gevonden tussen de totale hoeveelheid polyfenolen en de antioxidant capaciteit. Een sterkere correlatie ($r=0,34$) is gevonden tussen hoeveelheid flavonoiden en de antioxidant capaciteit (Sellapan et al., 2002).

De concentratie flavonoiden varieert met het seizoen met name bij bladgewassen. De flavonol concentratie van deze gewassen was 3 tot 5 maal hoger in de zomer dan gedurende de andere seizoenen (mogelijk is de vorming afhankelijk van de hoeveelheid licht).

3.1.3 Suiker en flavonoiden

Suikers zijn over het algemeen gebonden aan flavonoiden. Meer dan 80 verschillende suikers (mono-, di-, tri- en tetrasacchariden) kunnen in planten gebonden zijn aan flavonoiden. Hierdoor zijn er meer dan 179 verschillende glucosides (flavonolen en flavonen gebonden aan suikers) van quercetine beschreven in de natuur. In uien zijn de belangrijkste glucosides:

- quercetine-4'-glucoside (quercetine monoglucoside)
- quercetine 3,4'-diglucoside (quercetine diglucoside)

Deze 2 componenten bepalen 85% van de totale hoeveelheid flavonoiden in uien.

3.1.4 Consumptie van flavonoiden

De consumptie van flavonoiden via de westerse voeding is vergeleken met Aziatische landen aan de lage kant en varieert sterk tussen de 6-60 mg/dag. De dagelijkse opname van flavonolen en flavonen bedraagt in Nederland 23 mg/dag (quercetine 16 mg/dag, kaempferol 3,9 mg/dag en myricetin 1,4 mg/dag). Thee vormt de belangrijkste bron (58% van de opname) gevolgd door uien (28%) en appels (7%). De beschikbaarheid van quercetine afkomstig van uien is superieur ten opzichte van quercetine afkomstig van appels (Hollman & Arts, 2000).

Door de producten te koken en te bewerken daalt het gehalte aan flavonoiden met 50 tot 90%. Het gehalte aan quercetine daalt door koken met 75% en door te bakken met 20% (Crozier et al., 1977). Er bestaat echter geen norm voor de minimale hoeveelheid flavonoiden die onze voeding zou moeten bevatten (Hollman & Arts, 2000).

3.1.5 Werking

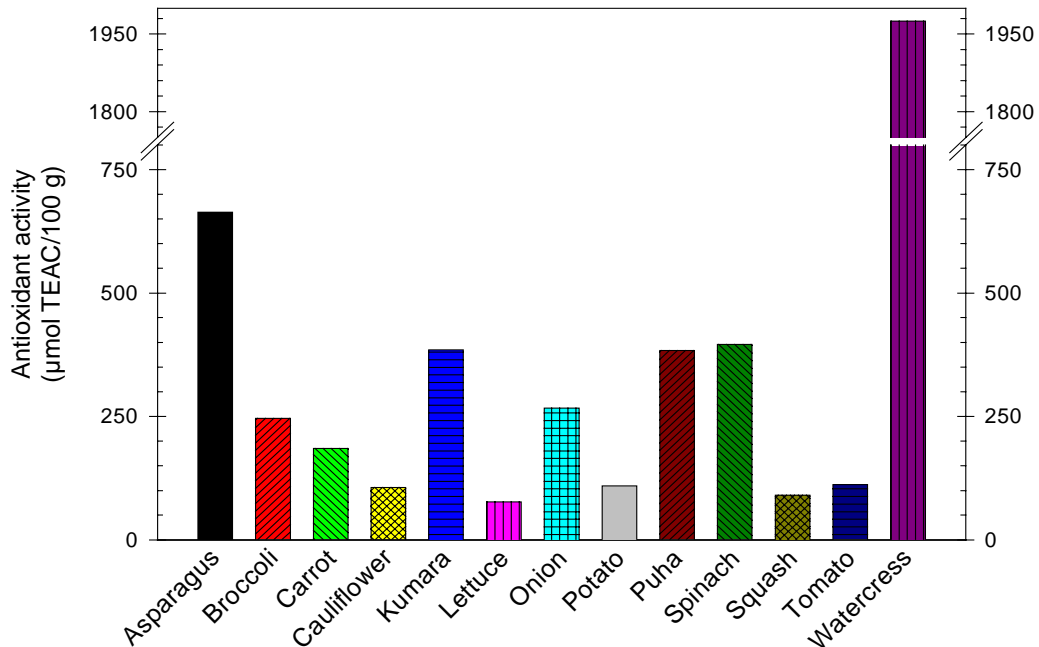
Naar de werking van deze bio-actieve stoffen wordt de laatste jaren veel onderzoek gedaan, maar lang niet alles is bekend. Van een aantal flavonoiden is bekend dat ze, evenals de vitaminen C en E een anti-oxidatieve werking hebben. De in veel onderzoeken vastgestelde beschermende werking van groenten en fruit tegen kanker en hart- en vaatziekten heeft mogelijk te maken met onder meer deze activiteit van flavonoiden en sommige andere bio-actieve stoffen (Simon, 1997). Verder kunnen ze inwerken op enzym- en hormoonsystemen en het afweersysteem. Ze kunnen enzymprocessen in gunstige zin beïnvloeden die een rol spelen bij de celdeling (kanker), de bloedstolling (vaatproblemen), het cholesterolgehalte (hart- en vaatziekten) en de lichaamsafweer (kanker). Deze effecten zijn bij proefdieren aangetoond.

(Bron: http://www.natuurlijkerwijs.com/flavonoiden.htm#favono_den)

3.2 Antioxidanten

3.2.1 Algemeen

Stoffen met een antioxidant werking zijn: vitamine C, vitamine E, carotenoiden, fenolen, flavonoiden (quercetine), micro elementen (selenium) en andere stoffen. Antioxidanten zijn stoffen die een bescherming bieden tegen de schadelijke effecten van vrije radicalen en andere oxidanten die gemakkelijk reageren. Vrije radicalen zijn instabiele moleculen die gemakkelijk met andere moleculen reageren. Zij kunnen in ons lichaam ontstaan als een bijproduct van de ademhaling. Ook de omgeving produceert vrije radicalen zoals UV en roken. Echter niet alle vrije radicalen zijn slecht. Sommige zijn nodig voor de natuurlijke processen die in ons lichaam plaatsvinden. Een aantal vrije radicalen zijn betrokken bij ziekten zoals: kanker en hart- en vaatziekten. Voor een aantal groenten is de antioxidant werking in figuur 1 weergegeven (Lister, 2002) en in tabel 5. Door het gebruik van verschillende methoden verschillen de waarden voor ui sterk.



Figuur 1. Antioxidant werking voor verschillende groente gewassen (bron Lister, 2002).

3.2.2 Quercetine

Quercetine is een antioxidant. Onderzoek heeft aangetoond dat quercetine de vrije radicalen in het lichaam helpen te verminderen. Hierdoor wordt het lichaam beschermd. Daarnaast regenereert het vitamine E (een sterke antioxidant) en inactieveert de schadelijke effecten van chelate metaal ionen.

Belangrijke bronnen van quercetine zijn thee, uien en appels. Quercetine komt vaak voor in combinatie met suiker. Dit maakt veel uit voor de beschikbaarheid in bijvoorbeeld appel en ui. De werkelijke inname zegt weinig. Van belang is om welke glucoside (suikerverbinding) het gaat (Hollman, 1997). Ook het transport van quercetine door het menselijk lichaam is primair afhankelijk de suikerverbinding. Deze bepaalt de mobiliteit (Graefe et al., 2001).

Onderzoek heeft aangetoond dat de absorptie van quercetine afkomstig van uien twee maal zo hoog is als van thee en drie maal zo hoog als van appels. Naast quercetine bevatten uien ook nog andere gezondheidsbevorderende stoffen zoals de organische zwavel verbindingen zoals disulfiden, trisulfiden, allicine, cepaene en vinyldithiins. (Bron: www.onions-usa.org/onion_tips_info).

3.2.3 Selenium

Vis, (orgaan)vlees, noten en tarweproducten zijn de belangrijkste bronnen voor selenium. De dagelijkse aanbevolen hoeveelheid voor volwassenen bedraagt 0,5 – 2,0 mg/dag (Anon., 2000). Door de chemische verwantschap tussen selenium en zwavel werken ze antagonistisch (Kopsell et al., 1997). Selenium is niet een essentieel element voor planten. Selenium is wel een essentieel micro element voor mensen en dieren. Wordt het in grotere hoeveelheden opgenomen dan is het toxisch. Het wordt gebruikt voor een aantal selenium afhankelijke enzymen die bekend staan onder selenoproteïnen. Deze worden gebruikt bij het maken van functionele proteïnen. Selenoproteïnen kunnen werken als:

- antioxidant enzym
- neemt deel in de regeneratie van verschillende antioxidant systemen (mogelijk vitamine C)
- activeren en inactiveren van thyroid hormoon noodzakelijk voor de ontwikkeling en groei
- mogelijk speelt het een rol bij spier metabolismen

Selenium en zwavel werken door hun nauwe verwantschap antagonistisch. Interactie tussen zwavel en

selenium wordt verwacht bij de opname en assimilatie door de plant, met name wanneer ze aanwezig zijn in de vorm van sulfaat en selenaat. Er zijn grote verschillen tussen selenium verbindingen en hun effectiviteit tegen kanker. Selenite en selenium dioxide zijn het effectiefst (Milner et al., 1981).

Verondersteld wordt dat selenium een rol speelt bij het afremmen van de groei van kanker tumoren bij dieren (Axley et al., 1991).

Organische selenium verbindingen zijn effectiever dan analoge zwavelverbindingen in het onderdrukken van kanker (Ip et al., 1992). Worden ratten, met kanker ingebouwde cellen, gevoed met knoflook of uien waarin veel selenium aanwezig is, dan neemt de tumorgroei af terwijl er geen grote ophoping van selenium in het dieren weefsel optreedt (Ip et al., 1994). Er bestaan verschillende hypothesen over de werking van selenium op kanker (Combs et al. 1998):

- vergroten van de antioxidant activiteit van selenium enzymen en de antioxidant status verbeteren
- verbetering van het functioneren van het immuun systeem
- beïnvloeding van het kankermetabolisme
- verhoging van selenium metabolieten die de groei van tumor cellen remmen

Een voldoende seleniumvoorziening is van belang om de vele lichaamscellen te beschermen tegen oxidaties, vrije radicalen en verouderingsprocessen.

3.2.4 Andere mogelijke antioxidanten

Belangrijke thiosulfinaten in knoflook zijn (gewichts %):

- Allicine (70%)
- Ayl methame THS (12%)
- *trans*-1-Propenyl 2-propene THS (6%)
- Methyl 2-propene THS (6%)

Afhankelijk van de chemische omgeving worden de thiosulfinaten omgezet in sulfiden, vinyldithiins of ajoene. Wordt knoflook geperst dan ontstaan uit de thiosulfinaten spontaan sulfiden. In knoflook olie (verkregen door stoom destillatie) kunnen ongeveer 20 verschillende sulfiden worden geïdentificeerd. De belangrijkste zijn:

- diallyl disulfide (26%)
- diallyl trisulfide (18%)
- allyl methyl trisulfide (12%)
- diallyl tetrasulfide (8%)
- allyl methyl tetrasulfide (6%)

Deze verbindingen zijn slecht in water oplosbaar en zijn stabiel dan de producten waar ze van afkomstig zijn. Zij bezitten medicinale werking (o.a. antioxidanten) (Bron: www.herbalchem.net/GarlicAdvanced.htm) Daarnaast vergroot selenium mogelijk de antioxidant activiteit van selenium enzymen en verbetert het de antioxidant status (Combs et al. 1998).

4. Smaak

4.1 Zwavel metabolisme

De smaak van uien wordt bepaald door primaire en secundaire enzymatische afbraak van unieke zwavel verbinding. Die 4 verbindingen staan algemeen bekend onder de naam S-alk(en)yl cysteine sulfoxiden (ACSO). Met behulp van het enzym alliinase wordt deze stof omgezet in pyruvaat, ammonia en vluchtige zwavelverbindingen. Het verschil in smaak tussen verschillende soorten wordt veroorzaakt door het verschil in ACSO samenstelling en concentratie (Lancaster et al., 2000). ACSO ligt opgeslagen in het cytoplasma en het enzym alliinase bevindt zich in de vacuolen en komen vrij na beschadigingen. Alliinase is in hoge concentraties in de ui aanwezig, tot ongeveer 6% van het oplosbare gewicht aan eiwitten (Clark et al., 1998). Bij een lagere zwavel bemesting ligt de specifieke alliinase activiteit hoger, het geproduceerde pyruvate ligt lager en ACSO ligt eveneens lager. Terwijl het gehalte aan proteïnen die betrokken zijn bij sulfaat opnam en mobilisatie toeneemt. Dus een lagere zwavel aanvoer vermindert de scherpte en de smaak van uien (Lancaster et al., 2000).

De vorming ontstaat wanneer zwavel wordt opgenomen door de plant en vastgelegd wordt via ACSO biosynthese. Het zwavelmetabolisme ziet er als volgt uit. Sulfaat (SO_4^{2-}) wordt door de wortels opgenomen en door de vaten getransporteerd naar het blad. Daar wordt het gereduceerd tot sulfide en via assimilatie omgezet in cysteine. Dit is een licht afhankelijke reactie. Cysteïne wordt vervolgens omgezet in andere zwavelhoudende verbindingen (proteïne cysteine, methionine, glutathione etc). Vanuit Glutathione worden alle zwaveloxiden gevormd. In ui-achtigen is de meeste zwavel opgeslagen in de vorm van niet proteïne aminozuur derivaten (afgeleide van) (Brewster et al., 1989).

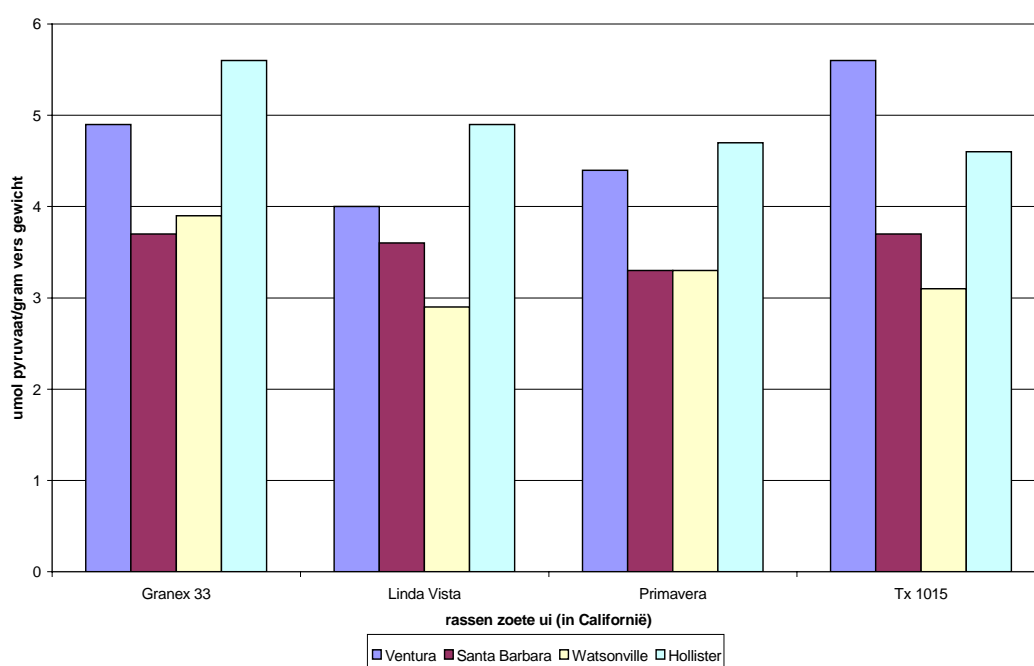
De onderlinge verhoudingen en concentratie van S-(E)-I-propenyl cysteine sulfoxide, S-methyl cysteine sulfoxide en S-propyl cysteine sulfoxide veroorzaken de smaak. Niet beschadigde droge uien hebben weinig aroma en smaak (Randle, 2001). Een mogelijkheid om de smaak van de uien te variëren ligt in de opname en het opslaan van sulfaat in de ui. De totale zwavel concentratie varieert tussen de 0,46 - 1,03% (gebaseerd op droge stof). Omdat de zwavel opname een actief proces is en beïnvloed wordt door "S-permease enzymen" is het mogelijk om rassen te selecteren die erg effectief zwavel opnemen (scherpe smaak) of inefficiënt zwavel opnemen (milde smaak). De totale hoeveelheid zwavel kan eenvoudig en simpel gemeten worden met een kleurmethode of met de "Leco zwavel analysator" (Randle, 1992). Mild smakende soorten hebben meer sulfaat t.o.v. de totale zwavel hoeveelheid in de bol. Neemt in de bodem de SO_4^{2-} concentratie toe dan kan de concentratie in de bol toenemen van 30 tot 61% totale zwavel in de bol (Randle, 2001). Door de opname van zwavel in de vorm van SO_4^{2-} te beperken, worden uien milder van smaak (Trolove, 2002).

4.2 Scherpte

Hoewel altijd pittig, zijn de uien die in een subtropisch klimaat geteeld worden in de regel zoeter van smaak. De Nederlandse ui is scherp tot zeer scherp: de gebruikte rassen zijn op bewaarbaarheid geselecteerd en deze uien zijn scherp. De scherpte van de ui is in hoge mate gecorreleerd met de hoeveelheid droge stof. Bewaaruien, zoals de gewone Nederlandse consumptie-uien, worden scherper naarmate ze langer (tot ongeveer 7 maanden) bij een lage temperatuur zijn opgeslagen; daarna werkt dit proces in omgekeerde richting of verandert plotseling drastisch.

De verschillende pigmenten van uien zijn vrij constant. De rode pigmenten in paarsrode uien geven soms een wat bittere smaak.

De karakteristieke smaak en het prikkelend aroma (scherpte) ontstaan pas na het aansnijden, inkerven of kneuzen van de ui door enzymwerking. Vluchtige zwavel verbindingen ontstaan door een reactie van geurloze, niet vluchtige inleideinde stoffen met het enzym alliinase. Er ontstaan thiosulfinaten die met elkaar reageren tot monosulfide, disulfide en zwavel dioxide. Disulfiden kunnen met elkaar reageren tot trisulfiden, tetrasulfiden en polysulfiden (Brewster et al., 1989). Diallyl trisulfide en diallyl disulfide zijn de belangrijkste stoffen (Avato et al., 1998). De scherpte van de ui blijkt goed te correleren met de hoeveelheid pyruvaat, die vrij komt bij de enzymatische omzetting m.b.v. alliinase van alline in allicine (Anon, 1988, Wall and Corgan, 1992). Een correlatie van $R=0,97$ is gevonden. Deze methode meet eenvoudig de totale smaak maar zegt niets over de hoeveelheid individuele smaak inducerende stoffen of de uiteindelijke geur (Brewster et al. 1989). De hoeveelheid pyruvaat in de uienbol is afhankelijk van de rassenkeuze (figuur 2) en de bemesting (meer selenium leidt tot minder pyruvaat in de bol, Kopsell, 1997). Vanuit de praktijk wordt aangegeven dat er waarschijnlijk ook een relatie bestaat tussen de scherpte van de ui en het droge stof gehalte.



Figuur 2. De hoeveelheid pyruvaat voor een zoete uienrassen (Granex 33, Linda Vista, Primavera en Tx 1015) geteeld in Californië op 4 locaties. Beneden de 5,5 wordt de ui als zoet beoordeeld (Gaskell et al., 1998).

4.3 Factoren die de smaak beïnvloeden

Een mogelijkheid om de smaak te variëren ligt in de opname en het efficiënt opslaan van sulfaat in de bol. Het ras en daarmee de genetische samenstelling bepalen de potentie om smaak te produceren (figuur 2). Dit hangt ook af van het teeltgebied (figuur 2) de leeftijd van het gewas, de bewaarduur, bewaartemperatuur en de teelfactoren zoals groeitemperatuur (hoger meer vluchtige zwavelverbindingen), hoeveelheid beschikbaar water (veel veroorzaakt een smaakloos en minder scherp smakend gewas), bemesting (scherpste smaak ontstaat bij de hoogste zwavel bemesting), snelheid van afrijpen, rijpheid van de ui bij de oogst en het gebruik van antispuitmiddelen (Brewster et al., 1989). Door te bemesten met selenium neemt de pyruvaat concentratie af (scherpte van de ui). Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat selenium en zwavel antagonistisch werken (Kopsell et al., 1997). Een andere mogelijkheid om op smaak te selecteren is het veranderen van het suikergehalte in uien (Havey, 1999).

4.4 Effect van bereiding

Bij bereiding verandert de ui van samenstelling, waardoor ook de smaak verandert en de scherpte afneemt. Bij de smaak van gebakken uien spelen waarschijnlijk de zoetheid (sucrose, fructose en glucose) en eiwitten een rol. Gekookt uien hebben een karakteristieke zoete smaak. Yamanishi en Orioka (1955) veronderstellen dat dit wordt veroorzaakt door de toename van de concentratie propanethion of in ieder geval een thiol. Verschillende methoden van koken hadden geen invloed het uiteenvallen van quercetine verbindingen. Echter 30% verlies is waargenomen doordat quercetine zich naar het kokende water verplaatst. In de magnetron bleven de favonoiden en vitamine C beter bewaard. Bakken in olie of boter beïnvloedde de flavonoïde opname niet (Ioku et al., 2001).

5. Uiengeur

Het aroma van uien is een ieder bekend. De meeste mensen vinden de geur van (vooral gebakken) uien wel lekker. Met een uienlucht is het anders gesteld: mensen die veel uien en/of knoflook eten kunnen er ook naar ruiken. Hun adem en eventuele lijflucht worden onwelriekend gevonden.

Vluchtige stoffen ontstaan vooral bij beschadigingen. In knoflook is allicine de belangrijkste. Het ontstaat uit alliline onder inwerking van het enzym alliinase dat ontstaat als de celstructuur verloren gaat. Poeders van gevriesdroogde onbeschadigde knoflook en uien zijn dan ook vrijwel reukloos.

De karakteristieke geur van rauwe verse uien werd in 1971 toegeschreven aan thiosulfonaten en in 1973 aan alkyl- en alkenylsulfinaten. In 1976 werden dipropylthiosulfonaat, methylpropylsulfonaat en 3.4 dimethylthiofeen van belang geacht voor de geur van verse ui (Anon., 1988).

Dat de ogen kunnen gaan tranen bij het snijden van uien komt voort uit de onderlinge werking van de stof allinase met een bepaalde zwavelverbinding (met thiopropanal-S-oxyde structuur), die in water en dus ook in traanvocht oplosbaar is. Sommige uien geven deze prikkeling in sterke mate, andere niet of nauwelijks.

Japanse onderzoekers hebben onlangs het enzym ontdekt dat verantwoordelijk is voor de tranen verwekkende stof in uien. Door genetische modificatie het gen te blokkeren verwachten ze een traanvrije ui te produceren met behoud van de karakteristieke smaak en voedingswaarde (Imai et al., 2002).

6. Medicinale werking

De organische zwavel verbindingen die verantwoordelijk zijn voor de typische geur en smaak van uien zijn waarschijnlijk ook verantwoordelijk voor de medicinale effecten (Dorant, 1994). Waarschijnlijk spelen diallyl disulfide, diphenylthiosulfinate, quercetine en allicine een belangrijke rol bij de medicinale werking (bron: www.medicalmeals.com). Allicine is de belangrijkste zwavelverbinding die verantwoordelijk is voor de gezondheidsbevorderende eigenschappen van knoflook. Honderd milligram knoflookpoeder bevat 0,6 mg allicine (Bron: www.healthy.net/asp/templates). Sinds mensenheugenis zijn de *Allium* gewassen in hoge mate gewaardeerd om hun geneeskrachtige werking. Knoflook wordt het meest gewaardeerd maar ook de ui wordt als medicijn en als preventief middel tegen veel ziekten en kwalen vaak genoemd. Geelzucht, maagzweren en nierstenen zijn slechts enkele van de ziekten die inwendig met uien werden bestreden. Uitwendig werden ze bijvoorbeeld voor oog- en ooraandoeningen gebruikt en in samengestelde zalven ook voor schurft en slangenbeten. Een reeks van klachten kan verlicht of verholpen worden door dagelijks uien te eten. In- en uitwendige toepassingen bij de meest genoemde kwalen staan hieronder:

- Bronchitis: rauwe uien eten
 - Astmatische bronchitis: sap van een ui met wat honing vermengen en er enkele malen per dag 1 theelepel van innemen (ook goed bij heesheid)
 - Tegen benauwdheid 's nachts een doorgesneden ui naast het bed leggen
 - Hoest: tegen vastzittend slijm gebakken uien eten
 - Verkoudheid: enkele malen per dag een slokje uienwater drinken, verkregen door een schijfje ui een minuut in warm water te leggen. 's Nachts een opengesneden ui naast het bed leggen
 - Oorpijn: een watje met uiensap besprenkelen en in het oor stoppen
 - Reumatische pijnen: 's morgens en 's avonds de pijnlijke plekken met uiensap inwrijven, of omslagen met gebakken uien aanbrengen
 - Winterhanden en -voeten: zeer fijn gesnipperde ui in een doekje leggen en daarmee de handen of voeten verbinden; hierover wanten of sokken trekken en gaan slapen
 - Wondjes en insectenbeten: de plek inwrijven met een doorgesneden ui en dan de ui op de plek met verband omwikkelen; enkele uren laten intrekken
 - Tegen haaruitval
- (Bron: www.ui.nl/tips/heelmiddel.html).

6.1 Hart- en vaatziekten

De geneeskrachtige eigenschappen van uien en andere *Alliums* zijn in de twintigste eeuw vanuit verschillende wetenschappelijke disciplines bestudeerd. Men was al bekend met hun antibacteriële werking en hun effecten tegen bepaalde schimmels. Er lijkt verder een preventieve werking te bestaan tegen virusinfecties als griep en verkoudheid, maar dat is moeilijk onweerlegbaar aan te tonen. De laatste jaren zijn met name de effecten van ui en knoflook op hart- en vaatziekten onderwerp van onderzoek. Bij deze aandoeningen spelen bloedstollingprocessen het cholesterolgehalte en gehalte van vetten en vetachtige stoffen (lipiden), de bloeddruk en ook het bloedsuikergehalte een grote rol.

Het onderzoek naar de werking van ui en knoflook op hart- en vaatziekten wordt door verschillende factoren bemoeilijkt. Er zijn sterke aanwijzingen dat *Alliums* een gunstig effect hebben op de mate waarin aderverkalking of arteriosclerose ontstaat. Bij aderverkalking vinden bij het ouder worden veranderingen in de vaatwanden plaats door de opslag van vetten. Daarnaast kunnen door bloedplaatjes veroorzaakte stolseltjes zich langs de vaatwand afzetten. Deze zeer kwetsbare vormsels kunnen gemakkelijk stuk gaan door oneffenheden in het bloedvat of door veranderingen in de stroomsnelheid. Het stuk gaan van zo'n bloedplaatje brengt een kettingreactie teweeg met een stolsel als eindresultaat. Nog meer bloedplaatjes gaan hierdoor stuk, vezeltjes worden met kalk en vetstoffen in het stolsel ingebouwd en op den duur ontstaat er een zogenaamde plaque die vaatvernauwing veroorzaakt. Dit kan leiden tot infarcten. Het proces vindt gemakkelijker plaats bij verhoogde bloeddruk, een verhoogd serumcholesterol en bij roken. Bij de bloedstolling speelt verder het eiwit fibrinogeen een belangrijke rol. Dit oplosbare eiwit wordt

gemakkelijk omgezet in een onoplosbaar eiwit, het fibrine. Het vormt vezeltjes die bloedplaatjes, vetten en andere stoffen aantrekken en op deze wijze ontstaat een stolsel. Om te voorkomen dat bloedstolling te snel optreedt en om eventueel gevormde stolsels weer op te lossen, heeft het bloed een complex van actieve stoffen om fibrinevezels op te lossen; samengevat heet dit de fibrinolytische werking.

Uien en knoflook blijken een stabiliserend effect op de bloedplaatjes te hebben en de opeenhoping ervan te verminderen. De bloedplaatjes zijn hierdoor minder kwetsbaar. Bovendien veroorzaken ze een verhoogde fibrinolytische werking, waarmee het optreden van fibrinestolsels wordt tegengewerkt. Daarnaast heeft vooral knoflook een verlagend effect op de hoeveelheid vetachtige stoffen (lipiden), met behoud van die lipiden die veel eiwitmateriaal bevatten. Vooral na het eten van een vetrijke maaltijd zijn genoemde effecten duidelijk meetbaar. Voor de fibrinolytische activiteit maakt het niet veel uit of uien rauw dan wel gebakken, gekookt of gevriesdroogd worden geconsumeerd.

Ook een te hoog bloedsuikergehalte kan een factor bij het ontstaan van aderverkalking zijn. Vooral rauwe uien blijken een bloedsuikerverlagend effect te hebben, vermoedelijk doordat de werking van insuline wordt versterkt of minder tegengewerkt wordt door andere stoffen. Het bloeddrukverlagende effect dat bij gebruik van knoflook is aangetoond, is bij uien nog onvoldoende onderzocht (Bron: www.ui.nl/tips/heelmiddel.html).

6.2 Kanker

Naast de gunstige effecten op hart- en vaataandoening, zijn ook bij kankeronderzoek positieve invloeden van de *Alliums* gemeld. Bij dierproeven althans bleek de ontwikkeling van bepaalde tumoren door injecties met stoffen uit de ui te worden tegengegaan.

Van een zeer breed en divers scala aan plantenstoffen is gevonden dat ze het kankerproces in proefdieren kunnen remmen: carotenoiden polyfenolen, coumarinen, glucosinolaten, alkylsulfiden, dithiolthionen, voedingsvezel, proteaseremmers, fytoosterolen, terpenen, saponinen etc. De onderliggende biochemische mechanismen kunnen zeer divers zijn. Er is echter nog veel onduidelijkheid of deze mechanismen ook relevant zijn voor de mens (Hollman, 1997). Het risico op maagkanker neemt af bij de consumptie van *Alliums*. Flavonoïden uit uien lijken hier niet voor verantwoordelijk, maar mogelijk wel de organosulfurverbindingen die een antibacteriële werking hebben (Brandt, 1997).

7. Allergie

De meeste mensen zijn immuun voor bepaalde vrijkomende stoffen uit ui en knoflook, maar een enkeling vertoont allergische, bronchiale reacties: er zijn een paar gevallen bekend van mensen werkzaam in de specerij-industrie. Overigens bevatten uien en ander alliums de stof quercetine, die juist een anti-astmatische werking heeft.

Ui en knoflook in aanraking met de huid kunnen bij daarvoor gevoelige mensen huiduitslag (contact dermatitis) veroorzaken door bepaalde zwavelbindingen.

Bij dieren komt bloedarmoede door het eten van lookgewassen voor. Bij de mens is dit nooit waargenomen, wel bij runderen, paarden, honden en in mindere mate bij schapen en konijnen. De boosdoener van bloedarmoede schijnt dipropyl disulfide te zijn. Bekend zijn gevallen veroorzaakt door bepaalde wilde looksoorten, maar ook door (uitschot van) consumptie-uien.

8. Bacterie- en schimmelgroeiremmende werking

Knoflook is een effectiever bestrijder van de meeste bacteriën en schimmels, mogelijk ook van virussen, dan andere *Alliums* waarin de verantwoordelijke stoffen voorkomen. De voorlopers van de smaak componenten in de ui zijn de geurloze, niet vluchtige aminozuren die bekend staan onder de naam S-alk(en)yl cysteine sulfoxiden. Deze veroorzaken waarschijnlijk een belangrijk fysiologisch effect op dieren, schimmels en bacteriën. Daardoor zijn deze stoffen belangrijk in de chemische verdediging van de plant. Allicine en di(2-propenyl)-disulfide en andere thiosulfinaten en thiosulfonaten kunnen als fungicide werken tegen een groot aantal plantenschimmels en parasitaire nematoden (Brewster, 1994)

Fenolgroepen, vooral aanwezig in de buitenste bolrokken, hebben antiseptische en schimmelwerende eigenschappen, die echter niet werkzaam zijn als de bol vochtig is. Bepaalde zwavelhoudende verbindingen uit de etherische olie zoals alliine en allylthiocyanaat zouden hiervoor verantwoordelijk zijn (Anon., 1988). Echter er zijn ook een aantal plagen en ziekten in ui die zo sterk aan hun gastheer gebonden dat ze karakteristieke vluchtige stoffen als signaal gebruiken om hun gastheer te vinden. Voorbeelden hiervan zijn de uienvlieg *Delia antiqua* en witrot *Sclerotium cepivorum* (Brewster, 1994).

9. Samenvatting

Uien zijn calorie arm (193 kJ/100 gram vers product) en geven smaak aan het voedsel. Ze bezitten zeer weinig natrium, nitraat, zetmeel, vet en cholesterol. De eiwitten hebben een geringe energetische waarde en zijn van matige kwaliteit. Uien hebben een hoog koolhydraatgehalte. In vergelijking met andere groenten is de ui een zeer matige tot slechte bron van vitaminen en mineralen. Het vitaminegehalte is laag maar niet onbeduidend. Een belangrijke flavonoïd in uien is quercetine. Recentelijk zijn in het uienras Vidalia ook concentraties van de flavonoïden myricetin en kaempferol gemeten. Er is een sterke relatie gevonden tussen de hoeveelheid flavonoïden en de antioxidant capaciteit. Uit figuur 1 blijkt dat uien een gewas is met een goede antioxidant werking. Andere stoffen in ui met een antioxidant werking zijn: Vitamine C, micro elementen (b.v. selenium) en andere stoffen (organische zwavelverbindingen).

De smaak ontstaat wanneer de ui wordt beschadigd. S-alk(en)yl cysteine sulfoxide komt vrij en wordt met behulp van het enzym alliinase omgezet in pyruvaat, ammonia en vluchtige zwavelverbindingen. Een mogelijkheid om de smaak te variëren ligt in de opname en het efficiënt opslaan van sulfaat in de bol. Daarnaast spelen teeltfactoren een rol zoals rassenkeuze, bemesting, hoeveelheid beschikbaar water, groeitemperatuur, snelheid van afrijpen, rijpheid van de ui bij de oogst, gebruik van antispuitmiddelen en bewaartemperatuur. De Nederlandse ui is geselecteerd op zijn bewaarbaarheid en wordt als scherp tot zeer scherp gewaardeerd. De scherpte van de ui blijkt goed te correleren het de hoeveelheid pyruvaat en mogelijk ook met het droge stofgehalte van de ui. Bij de bereiding van uien verandert de samenstelling waardoor ook de smaak verandert en de scherpte afneemt. Hierbij spelen waarschijnlijk de zoetheid (sucrose, fructose en glucose) en eiwitten een rol.

Uien en knoflook staan bekend om hun medicinale werking. Ze bezitten een antibacteriële werking, hebben effect op bepaalde schimmels en hebben een preventieve werking tegen virusinfecties. De laatste jaren is de belangstelling van *Alliums* tegen kanker, hart- en vaatziekten toegenomen. Stoffen die hierbij waarschijnlijk een belangrijke rol spelen zijn:

- quercetine
- selenium
- organische zwavelverbindingen zoals diallyl disulfide, diphenylthiosulfinate en allicine.