
ReJuice

WP3

Samenstelling van prei en preisap

Ing. Robin Wijns

Promotor: Prof. Dr. Ir. Katleen Raes

Januari 2025

1. Het ReJuice-project

Het ReJuice project richt zich op het ontwikkelen van duurzame, economisch levensvatbare waardeketens voor de verwerking en het hergebruik van de vloeibare fracties uit groene reststromen. De term “ReJuice” weerspiegelt zowel het verbeterde hergebruik (Re) en de valorisatie van groenafval via een persstap om een vloeibare stroom (Juice) te creëren, als een efficiëntere benadering van het gebruik van hulpbronnen (Reduce). Het project wil innovatieve toepassingen identificeren voor een breed scala aan groene reststromen die veel voorkomen in Vlaanderen en Zuid-Nederland, zoals bermgras, afval van bladgroenten zoals prei en witlof, en bloemenafval.

2. Doel van de taak

Afhankelijk van hun oorsprong wordt verwacht dat groene afvalstromen hoogwaardige moleculen bevatten (bijv. fenolische verbindingen, terpenen, aminozuren) met bioactiviteiten zoals antioxidanten, antimicrobiële stoffen en groeistimulerende eigenschappen. Deze literatuurstudie onderzoekt de hoogwaardige moleculen die in preiafval voorkomen en mogelijk kunnen worden teruggewonnen met het ReJuice-proces.

3. Chemische samenstelling

Allium is een meerjarige kruidachtige plant en behoort tot de vroegst gecultiveerde groenten. Het staat bekend om zijn eenvoudige teelt en lange houdbaarheid, waardoor het wereldwijd op grote schaal wordt opgegroeid. Naast het gebruik als culinaire specerij en smaakmaker, wordt prei ook gewaardeerd om zijn aanzienlijke gezondheidsvoordelen (Bastaki et al., 2021).

De belangrijkste componenten van verse prei, naast water, zijn 5,0–11,2 g koolhydraten, 1,6–2,2 g eiwitten, 0,1–0,4 g vetten en 1,0–3,2 g voedingsvezels per 100 g verse massa. Daarnaast bevat prei mineralen zoals kalium (248–347 mg/100 g), calcium (48–75 mg/100 g), magnesium (10–11 mg/100 g), natrium (5–9 mg/100 g) en koper (0,06–0,30 mg/100 g) (Grzelak-Błaszczuk et al., 2011).

Prei is ook een bron van vitamines, waaronder vitamine C en B-vitamines. De rest van de massa bestaat voornamelijk uit water. Prei heeft een kenmerkende scherpe geur, voornamelijk veroorzaakt door vluchtige oliën. Sulfiden vormen 90,45% van deze vluchtige stoffen, samen met vetzuren en stikstofhoudende verbindingen (Xie et al., 2023).

3.1. Organische zuren

Uit onderzoek van Benedé et al. (2019) blijkt dat prei extract, verkregen via methanolextractie en geanalyseerd met GC-MS, tien organische zuren bevat: propionzuur, azijnzuur, barnsteenzuur, fumaarzuur, nonaanzuur, appelzuur, arabinonzuur, palmitinezuur, stearinezuur en oliezuur (Benedé et al., 2019).

Priecina en Karklina (2015) onderzochten de aanwezigheid van elf organische zuren in gedroogde prei via HPLC. De totale hoeveelheid organische zuren werd bepaald op $1,86 \pm 0,19$ g per 100 g droge massa. De verdeling was als volgt:

- Oxaalzuur: 101,85 mg/g droge massa
- Chininezuur: 94,44 mg/g droge massa
- Malonzuur: 60,10 mg/g droge massa
- Ascorbinezuur: 32,68 mg/g droge massa
- Citroenzuur: 1532,55 mg/g droge massa
- Fumaarzuur: 0,46 mg/g droge massa
- Barnsteenzuur: 36,41 mg/g droge massa
- Benzoëzuur: 0,79 mg/g droge massa

Citroenzuur is een veelzijdige stof die op grote schaal wordt toegepast in de voedings- en drankenindustrie, waar het goed is voor 70% van de wereldwijde productie. Het dient als smaakversterker, conserveermiddel en pH-regelaar. In de farmaceutische sector wordt citroenzuur gebruikt als hulpstof vanwege zijn bio compatibiliteit, en fungeert het als bufferende stof en smaakverbeteraar in medicatie. In cosmetica

wordt het toegevoegd aan verzorgingsproducten vanwege zijn chelerende eigenschappen en hui conditionerende werking (Książek, 2023).

Oxaalzuur is een antinutriënt dat de opname van mineralen zoals calcium belemmert door de vorming van onoplosbare complexen, wat kan leiden tot gezondheidsproblemen zoals nierstenen (Noonan et al., 1999). Het wordt voornamelijk gebruikt in schoonmaakmiddelen en roestverwijderaars en speelt een sleutelrol bij het onderhouden van oppervlakken zoals metalen, marmer en hout. Door zijn effectiviteit als chelerend middel kan het minerale afzettingen en roest oplossen (Bashyal, 2023).

Chininezuur en zijn derivaten, zoals chlorogeenzuur, staan bekend om hun gezondheidsvoordelen, waaronder antioxidante, ontstekingsremmende en antimicrobiële eigenschappen. Deze verbindingen hebben potentieel neuroprotectieve effecten en worden in verband gebracht met het verminderen van metabole aandoeningen zoals obesitas en diabetes, wat hun belang in functionele voeding en farmaceutische toepassingen onderstreept (Le et al., 2024).

3.2. Koolhydraten

In hetzelfde onderzoek van Benedé et al. (2019) werden zes koolhydraten geïdentificeerd in prei extract. De gevonden koolhydraten in het prei extract zijn arabinofuranose, glucofuranoside, D-fructose, mannofuranoside, glucose en galactopyranose (Benedé et al., 2019).

Specifieke studies die de koolhydraatconcentraties in prei kwantificeren zijn schaars. Daarom wordt een bredere benadering gehanteerd door onderzoek naar andere leden van de Allium-familie te bestuderen voor gedetailleerde koolhydraatprofielen. In de studie van Ernst et al. (2003) werden veranderingen in wateroplosbare koolhydraten in uienbollen (*Allium cepa* var. *cepa*) geanalyseerd onder verschillende zuurstofconcentraties met behulp van anionenuitwisselingschromatografie. Tijdens de eerste 18 weken van opslag onder

omgevingslucht bevatten de uienbollen ongeveer 180 mg/g droge massa glucose, 170 mg/g droge massa fructose, 135 mg/g droge massa sucrose en 245 mg/g droge massa fructanen (Ernst et al., 2003).

Glucose is een essentiële zoetstof die veel voorkomt in dranken, bakkerijproducten en bewerkte voedingsmiddelen. Naast zijn rol als zoetstof fungeert het als een precursor in fermentatieprocessen, waardoor de productie van ethanol, organische zuren en bio plastics mogelijk wordt (Peacock, 2023). Fructose, bekend om zijn hoge zoetkracht, is een cruciaal bestanddeel van fructoserijke maïsstroop, die veel wordt gebruikt in frisdranken en bewerkte voedingsmiddelen (Softic et al., 2023). Sucrose, een andere veelgebruikte suiker, komt veel voor in snoep, bakkerijproducten en dranken (Li et al., 2022). Fructanen, zoals inuline, worden verwerkt in functionele voedingsmiddelen en voedingssupplementen ter ondersteuning van de darmgezondheid, doordat ze de groei van gunstige bacteriën zoals *Bifidobacterium* en *Lactobacillus* bevorderen (Wang & Cheong, 2023).

In de studie van Judprasong et al. (2010) werden verschillende Thaise planten onderzocht op hun potentieel als bron van inuline-type fructanen. Onder de onderzochte soorten bevonden zich *Allium porrum* Linn. (prei), *Allium sativum* L. (knoflook, gewone), *Allium chinense* G. Don (knoflook, Chinese), *Allium ampeloprasum* Linn. (knoflook, grootkoppige), *Allium atropurpureum* S. Wats. (ui, rode) en *Allium ascalonicum* L. (sjalot). De planten, met uitzondering van zaden en noten, werden gewassen en onbruikbare delen werden verwijderd. Vervolgens werden ze in de lucht gedroogd, in kleine stukjes gesneden en gehomogeniseerd. Daarna werden de monsters gevriesdroogd en vervolgens tot een fijn poeder vermalen. Het gewicht vóór en na vriesdrogen werd gebruikt om het inulinegehalte op basis van de verse massa te berekenen. De concentraties in de onderzochte Thaise planten waren als volgt: 0,48 g/100 g verse massa voor prei, 23,0 g/100 g verse massa voor knoflook (gewone), 25,7 g/100 g verse massa voor knoflook (Chinese), 24,0 g/100 g verse

massa voor knoflook (grootkoppige), 2,49 g/100 g verse massa voor ui (rode) en 9,39 g/100 g verse massa voor sjalot (Judprasong et al., 2010).

In de studie van O'Donoghue et al. (2004) werden niet-structurele koolhydraten geanalyseerd in de Pukekohe Longkeeper- en Grano-cultivars van *Allium cepa*. Uien werden geteeld in een hydrocultuurproef in een kas, waarbij drie zwavelbemestingsniveaus werden toegepast (0,5, 2 en 4 L⁻¹). Voor elke behandeling werden volgroeide uien geoogst en weefselstalen uit verschillende kwadranten van elke bol gecombineerd om ethanol-onoplosbare resten te bereiden. De kwantificatie werd uitgevoerd met gaschromatografie. Gemiddeld werd over de twee *Allium cepa*-soorten en de verschillende zwavelniveaus 4,08 mg cellulose/g verse massa en 5,04 mg pectine/g verse massa gedetecteerd (O'Donoghue et al., 2004).

Cellulose wordt gebruikt voor de productie van papier, karton en verpakkingsmaterialen (Malmström & Carlmark, 2011). In de voedingsindustrie dient het ook als verdikkingsmiddel, stabilisator en emulgator (Varqani & Bastian, 2023). Pectine fungeert als geleermiddel in jam, gelei en fruitconserven en als verdikkingsmiddel in sauzen, soepen en dessertvullingen. Daarnaast wordt het gebruikt als stabilisator en verdikkingsmiddel in crèmes, lotions en shampoos (Lara-Espinoza et al., 2018).

3.3. Amino-zuren

In het onderzoek van Benedé et al. (2019) werd prei extract gekarakteriseerd met behulp van methanolextractie, en de kwalitatieve samenstelling werd geanalyseerd via GC-MS. Twee L-amino-zuren werden geïdentificeerd: L-valine en L-proline (Benedé et al., 2019).

L-valine is een essentieel aminozuur dat cruciaal is voor de menselijke gezondheid. Het draagt bij aan spiergroei, weefselherstel en het behouden van de stikstofbalans. Daarnaast wordt het toegepast in biotechnologische processen, met name in

microbiële fermentatie, waar het wordt gebruikt voor de productie van diverse industrieel belangrijke producten (Gao et al., 2021).

L-proline speelt een essentiële rol bij de collageensynthese, die belangrijk is voor het behoud van huidelasticiteit, weefselherstel en gewrichtsgezondheid. Het wordt veel gebruikt in de farmaceutische industrie, met name in peptidesynthese, waar het bijdraagt aan de ontwikkeling van therapeutische verbindingen. Daarnaast wordt L-proline toegepast in biotechnologische processen, zoals de ontwikkeling van biomaterialen en het ondersteunen van chemische processen (Miller, 2024).

Er zijn slechts beperkte studies die specifiek de aminozuursamenstelling van prei (*Allium porrum*) onderzoeken. Daarom is breder onderzoek uitgevoerd naar andere soorten binnen de Allium-familie om vergelijkingen te maken en inzichten te verkrijgen. Zo onderzochten Fredotović et al. (2020) de samenstelling van aminozuren in uien (*Allium cepa* L.) met behulp van reversed-phase HPLC en ontdekten dat arginine (Arg) een prominent aminozuur is dat in grote hoeveelheden voorkomt (12,2 mg/g droge massa). Eveneens werden aanzienlijke hoeveelheden glutaminezuur (Glu) (11,2 mg/g droge massa) en asparaginezuur (Asp) (6,1 mg/g droge massa) gerapporteerd in uien (Fredotović et al., 2020).

Lee & Harnly (2005) onderzochten de aminozuursamenstelling van knoflook (*Allium sativum* L.) met behulp van gaschromatografie met een vlamionisatiedetector. De meest voorkomende vrije aminozuren waren glutamine (Gln) (592,2 mg/g droge massa), asparagine (Asn) (239,2 mg/g droge massa), Glu (228,3 mg/g droge massa) en lysine (Lys) (175,0 mg/g droge massa) (Lee & Harnly, 2005).

3.4. Andere bioactieve componenten

3.4.1. S-alk(en)yl-L-cysteïne sulfoxides (ACSOs)

Allium-soorten synthetiseren zwavelhoudende verbindingen, waarbij tot enkele procenten van hun droge massa bestaan uit niet-eiwitgebonden zwavelaminozuren, genaamd ACSO's. Deze verbindingen, samen met hun opslagvormen, γ -glutamyl-ACSO's, zijn verantwoordelijk voor ongeveer 75% van het zwavelgehalte in deze

planten. ACSO's zijn niet-vluchtig en geurloos, maar dienen als voorlopers van verschillende smaken, geuren en de tranentrekkende factor, specifiek propaanthiaal-sulfoxide, dat verantwoordelijk is voor de karakteristieke scherpte en het tranende effect van Allium-soorten (Jones et al., 2004).

Er zijn tien ACSO's geïdentificeerd in Allium-soorten. Deze omvatten methiïne, propiïne, isoalliïne, alliïne, ethiïne, butiïne, S-(3-pentenyl)-L-cysteïne-sulfoxide, homoisoalliïne, marasmine en S-(2-pyrrolyl)-L-cysteïne-sulfoxide. Van deze stoffen zijn isoalliïne en methiïne kwantitatief gemeten in studies, wat hun belang in Allium-onderzoek benadrukt. Alliïne is ook gekwantificeerd in een studie, maar deze metingen werden uitgevoerd in knoflook en niet in prei (Bernaert et al., 2013).

3.4.2. S-Propenyl-L-cysteïne sulfoxide

Isoalliïne, zoals het algemeen bekend is, komt voor in Allium-soorten, waaronder *A. porrum* (Rose et al., 2005). Verschillende studies hebben de aanwezigheid van isoalliïne onderzocht en gekwantificeerd met behulp van diverse analysemethoden. Tabel 1 geeft een overzicht van deze studies, inclusief de gebruikte methoden en de gemeten isoalliïneconcentraties.

Tabel 1. Isoalliïne-gehalte in *A. porrum*

Onderzoek	Methode	Witte schacht (mg g ⁻¹)	Groene bladeren (mg g ⁻¹)
Kubec et al. (2000)	GC-MS	17,6 (verse massa)	
Yamazaki et al. (2010)	HPLC	37,4 (droge massa)	
Lundegårdh et al. (2008)	LC-MS/MS	23,0 (droge massa)	
Bernaert et al. (2013)	HPLC-MS/MS	33,0 (droge massa)	
			27,5 (droge massa)

Noot. De grijs gearceerde secties in de tabel geven de delen van de plant aan die niet werden gebruikt om de isoalliïne concentratie in deze specifieke studies te bepalen.

In de studie van Yamazaki et al. (2010) werd isoalliïne ook gekwantificeerd in knoflookteentjes, uienbollen en bladeren van bosui. De concentraties bedroegen

respectievelijk 1,3 mg/g droog gewicht, 21,1 mg/g droog gewicht en 34,8 mg/g droog gewicht (Yamazaki et al., 2010).

Isoalliin bezit antimicrobiële en anti oxidatieve eigenschappen. In gezondheidscontexten wordt het in verband gebracht met potentiële ontstekingsremmende, cardio protectieve en kanker bestrijdende effecten (Yamazaki et al., 2010).

3.4.3. S-Methyl-L-cysteïne sulfoxide

Algemeen bekend staat als methiin, komt ook voor in *A. porrum* en andere Allium-soorten. Verschillende studies hebben de aanwezigheid van methiin onderzocht en gekwantificeerd met behulp van diverse analytische methoden. Tabel 2 geeft een overzicht van deze studies, met de gebruikte methoden en de gemeten methiinconcentraties.

Tabel 2. Methiin-gehalte in *A. porrum*

Onderzoek	Methode	Witte schacht (mg g ⁻¹)	Groene bladeren (mg g ⁻¹)
Kubec et al. (2000)	GC-MS	4,0 (verse massa)	
Yamazaki et al. (2010)	HPLC	7,7 (droge massa)	
Lundegårdh et al. (2008)	LC-MS/MS	1,5 (droge massa)	
Bernaert et al. (2013)	HPLC- MS/MS	7,3 (droge massa)	3.6 (droge massa)

Noot. De grijs gearceerde secties in de tabel duiden op plantendelen die niet werden gebruikt om de methiinconcentratie in deze specifieke studies te bepalen.

In de studie van Yamazaki et al. (2010) werd methiin ook gekwantificeerd in knoflookteentjes, uienbollen en bladeren van bosui. De concentraties waren respectievelijk 3,9 mg/g droog gewicht, 3,5 mg/g droog gewicht en 7,1 mg/g droog gewicht (Yamazaki et al., 2010).

Methiin wordt in verband gebracht met antimicrobiële en anti oxidatieve eigenschappen, die de immuun functie kunnen ondersteunen en beschermen tegen oxidatieve stress. Deze eigenschappen maken het een mogelijke kandidaat voor

natuurlijke conserveringsmiddelen in voedingsmiddelen en cosmetica. Methiin en verwante verbindingen worden ook onderzocht vanwege hun potentiële ontstekingsremmende en kanker bestrijdende effecten (Abuki et al., 2010).

3.4.4. Thiosulfinen

Thiosulfinen zijn zwavelhoudende verbindingen die ontstaan als reactieproducten van ACSOs. Wanneer de cellulaire structuur van Allium-planten wordt verstoord (door snijden of pletten), komt het enzym alliinase vrij, dat de omzetting van ACSOs katalyseert in een reeks reactieve tussenproducten, waaronder thiosulfinen. Thiosulfinen zijn vluchtige verbindingen die verantwoordelijk zijn voor de kenmerkende smaak, aroma en bioactieve eigenschappen van Allium-planten. Ze vertonen antimicrobiële en schimmelwerende eigenschappen, wat bijdraagt aan de natuurlijke afweermechanismen van de plant en hun toepassing in voedselconservering en medicinale toepassingen (Bernaert et al., 2013).

Uit het onderzoek van Rose et al. (2005) blijkt dat de drie meest voorkomende thiosulfinen in *A. porrum* methylthiosulfinaat, propylthiosulfinaat en propylmethylthiosulfinaat zijn, met concentraties variërend tussen 15 en 31 $\mu\text{mol/g}$ vers gewicht (Rose et al., 2005).

Deze thiosulfinen vertonen sterke antimicrobiële activiteit tegen een breed scala aan pathogenen. Ze werken door microbiële membranen te verstoren, waardoor ze waardevol zijn bij de behandeling van infecties en het verminderen van bederf in voedsel. Thiosulfinen neutraliseren ook vrije radicalen, wat oxidatieve stress vermindert en schade aan cellulaire structuren voorkomt. Bovendien tonen deze verbindingen potentieel in het onderdrukken van ontstekingsreacties (Sorlozano-Puerto et al., 2020).

3.4.5. Fenolische componenten

Fenolische verbindingen zijn secundaire metabolieten die een belangrijke klasse van fytonutriënten vormen die aanwezig zijn in planten. Ze dragen bij aan sensorische eigenschappen zoals bitterheid, kleur, smaak en aroma in producten van

plantaardige oorsprong. Planten synthetiseren deze verbindingen tijdens normale groei en als reactie op stressomstandigheden, waaronder infecties, fysieke verwondingen en UV-straling. Polyfenolen vertonen verschillende fysiologische activiteiten, waaronder antiallergische, anti-atherogene, ontstekingsremmende, antimicrobiële, antioxidante, antitrombotische, cardio protectieve en vaatverwijdende effecten (H. Beckman, 2000).

Verscheidende studies hebben het totale fenolische gehalte onderzocht en gekwantificeerd met behulp van verschillende analytische methoden. Tabel 3 biedt een overzicht van deze studies, waarbij de gebruikte methoden en het gemeten totale fenolische gehalte worden vermeld.

Tabel 3. Totaal fenolgehalte in *A. porrum*

Onderzoek	Methode	Witte schacht (mg g ⁻¹)	Groene bladeren (mg g ⁻¹)
Benedé et al. (2019)	Folin–Ciocalteu	2.3 (droge massa, extract)	
Radovanović et al. (2015)	Folin–Ciocalteu	69.5 (droge massa, extract)	45.4 (droge massa, extract)
Bernaert et al. (2013)	Spectrofotometrisch	33.0 (droge massa)	27.5 (droge massa)

Noot. De grijs gearceerde secties van de tabel geven delen van de plant aan die niet zijn gebruikt om het fenolgehalte in deze specifieke studies te bepalen.

In de studie van Radovanović et al. (2015) werden de fenolische componenten in het staal geanalyseerd met behulp van een ethanol/water-oplosmiddel extractie gecombineerd met een ultrasoon bad. De vijf componenten met de hoogste concentraties waren quercetine ($1,56 \pm 0,06$ mg/g drooggewicht), rozemarijnzuur ($1,55 \pm 0,14$ mg/g drooggewicht), rutine ($1,04 \pm 0,05$ mg/g drooggewicht), apigenine ($0,36 \pm 0,02$ mg/g drooggewicht) en dihydroxybenzoëzuur ($0,26 \pm 0,08$ mg/g drooggewicht).

- Quercetine wordt zeer gewaardeerd om zijn krachtige antioxidant-, antimicrobiële en ontstekingsremmende effecten, waardoor het een belangrijk bestanddeel is in gezondheidssupplementen en potentiële behandelingen voor cardiovasculaire en neurologische aandoeningen (Mirza et al., 2023).
- Rozemarijnzuur heeft een vergelijkbare impact vanwege zijn antioxidant- en ontstekingsremmende eigenschappen, met toepassingen in huidverzorging, voedingssupplementen en als antimicrobieel middel voor voedselconservering (Pomi et al., 2023).
- Rutine speelt een cruciale rol in de vasculaire gezondheid door bloedvaten te versterken en wordt ook in cosmetica gebruikt vanwege zijn sterke antioxiderende voordelen (Salkić et al., 2024).
- Apigenine wordt uitgebreid onderzocht in de medische wereld vanwege zijn veelbelovende toepassingen in anti-kanker- en ontstekingsremmende therapieën (Allemailem et al., 2024).
- Dihydroxybenzoëzuur wordt erkend om zijn antioxidant- en antimicrobiële eigenschappen en wordt gebruikt in farmaceutische producten en cosmetica als stabilisator, evenals in voedselconservering voor een langere houdbaarheid (Kalinowska et al., 2021).

3.4.6. L-ascorbinezuur (vitamine C)

Vitamine C is een van de belangrijkste voedingsstoffen die mensen via fruit en groenten in hun dieet consumeren, en draagt bij aan meer dan 90% van de inname. Allium-soorten dienen ook als een bron van vitamine C. De term "vitamine C" verwijst naar verbindingen die de biologische activiteit van L-ascorbinezuur vertonen, waarbij L-ascorbinezuur de primaire actieve vorm is. Een andere vorm, L-dehydroascorbinezuur (DHA), een oxidatieproduct, behoudt eveneens biologische activiteit. Omdat DHA in het menselijk lichaam kan worden omgezet in L-ascorbinezuur, moeten beide vormen worden gemeten om de vitamine C-activiteit in voedselbronnen te beoordelen (Bernaert et al., 2013).

Vitamine C is essentieel voor het voorkomen van scheurbuik en het behoud van een gezonde huid en bloedvaten. Als antioxidant wordt vitamine C in verband gebracht met een verminderd risico op arteriosclerose, cardiovasculaire aandoeningen, bepaalde vormen van kanker, diabetes, beroerte en de ziekte van Parkinson. Naast de gezondheidsvoordelen voor mensen wordt vitamine C in de landbouwsector gebruikt om de plantengroei te bevorderen en als verdedigingsmechanisme tegen oxidatieve stress (Barberis et al., 2012).

Verschillende studies hebben de aanwezigheid van vitamine C onderzocht en gekwantificeerd met behulp van verschillende analytische methoden. Tabel 4 geeft een overzicht van deze studies, met vermelding van de gebruikte methoden en de gemeten vitamine C-concentraties.

Tabel 4. Gehalte van L-ascorbinezuur in *A. porrum*

Onderzoek	Methode	Witte schacht (mg g ⁻¹) ¹⁾	Groene bladeren (mg g ⁻¹)
Lundegårdh et al. (2008)	LC-MS/MS	1,6 – 2,3 (droge massa)	
Ozgur et al. (2011)	2,6-dichlorofenol-indofenol methode	0,1 (droge massa, extract)	
Bernaert et al. (2013)	HPLC-PDA	1,6 (droge massa)	5.6 (droge massa)

Noot. De grijs gearceerde secties van de tabel geven delen van de plant aan die niet zijn gebruikt om de L-ascorbinezuurconcentratie in deze specifieke studies te bepalen.

In de studies van Kmiecik & Lisiewska (1999) en Mota et al. (2007) werd L-ascorbinezuur gekwantificeerd in respectievelijk bieslook en uien. De gerapporteerde concentraties waren 9,60 mg/g drooggewicht voor bieslook en 18,89 mg/g drooggewicht voor uien (Kmiecik & Lisiewska, 1999; Mota et al., 2007).

3.4.7. Sterolen

Plantensterolen, cholesterolachtige terpenoïde verbindingen, hebben gunstige effecten op de gezondheid, met name het verlagen van cholesterolgehalten en het ondersteunen van de cardiovasculaire gezondheid. Deze eigenschappen maken ze waardevol in verschillende industrieën, waaronder voedsel, cosmetica en

farmaceutica, waar ze worden gebruikt in functionele voedingsmiddelen, huidverzorgingsproducten en therapeutische toepassingen (Evtyugin et al., 2023).

Wetenschappelijke artikelen die specifiek sterolen in *A. porrum* bespreken, zijn moeilijk te vinden. Daarom is breder onderzoek naar andere Allium-soorten onder de loep genomen. De studie van Vlase et al. (2012) onderzocht sterolen in *A. obliquum* (gedraaid bladige ui), *A. senescens* (verouderende bieslook) en *A. schoenoprasum* (bieslook) met behulp van HPLC gekoppeld aan massaspectrometrie. De sterolen β -sitosterol en campesterol werden geïdentificeerd in deze Allium-soorten, met concentraties variërend van 25,09 tot 211,30 mg/100 g plantmateriaal voor β -sitosterol en 7,21 tot 25,5 mg/100 g voor campesterol. De analyses werden uitgevoerd op gecombineerde blad-, stengel- en bloemfragmenten van de planten, waarbij extractie met 70% ethanol werd gebruikt om plantenextracten te verkrijgen (Vlase et al., 2012).

β -Sitosterol staat vooral bekend om zijn cholesterolverlagende effect door te concurreren met cholesterolopname in de darmen. Dit verlaagt de LDL-cholesterolgehalten en ondersteunt de cardiovasculaire gezondheid. Het vertoont ook ontstekingsremmende, antikanker- en immuun modulerende eigenschappen. Net als β -sitosterol draagt campesterol ook bij aan het verlagen van cholesterolgehalten en vertoont het ontstekingsremmende effecten. Campesterol wordt verwerkt in voedselproducten zoals verrijkte margarine en voedingssupplementen die gericht zijn op het verminderen van cardiovasculaire risico's (Miszczuk et al., 2024).

3.4.8. Essentiële oliën

Essentiële oliën zijn geconcentreerde hydrofobe vloeistoffen die vluchtige chemische verbindingen bevatten, afkomstig van planten. Ze spelen een cruciale rol in de verdediging van planten tegen plagen, ziekteverwekkers en omgevingsstress. Voor mensen zijn deze oliën gewaardeerd vanwege hun aromatische, therapeutische

en antimicrobiële eigenschappen, waardoor ze veel worden gebruikt in voedsel, cosmetica en geneeskunde (Li et al., 2022).

In de Allium-familie worden essentiële oliën gekenmerkt door zwavelhoudende verbindingen die verantwoordelijk zijn voor de scherpe geur en sterke antimicrobiële en antioxiderende eigenschappen hebben. Knoflook is bijvoorbeeld bijzonder rijk aan deze oliën, wat bijdraagt aan de medicinale toepassingen ervan (Li et al., 2022).

Verschillende studies onderzoeken de samenstelling van essentiële oliën in diverse Allium-soorten. Tabel 5 geeft een selectie van deze studies weer, samen met de drie meest voorkomende essentiële oliën die in de betreffende Allium-soorten zijn gevonden. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van onderzoek dat specifiek op *A. porrum* is gericht, wordt de scope verbreed naar bevindingen uit andere Allium-soorten.

Tabel 5. Samenstelling van essentiële oliën in verschillende Allium-soorten

Onderzoek	Allium species	Opbrengst (g/t verse massa)	Essentiële olie 1 (%)	Essentiële olie 2 (%)	Essentiële olie 3 (%)
Mnayer et al. (2014)	Prei	80-110	Dipropyl disulfide (47.7)	Dipropyl trisulfide (15.0)	Methyl propyl disulfide (4.5)
	Look	1300-2000	Diallyl disulfide (37.9)	Diallyl trisulfide (28.1)	Allyl methyl trisulfide (7.3)
	Ajuin	60-130	Dipropyl disulfide (30.9)	Dipropyl trisulfide (17.1)	1-propenyl propyl disulfide (7.3)
Li et al. (2022)	<i>Allium tenuissimum</i> L. bloemen	1300	Dimethyl trisulfide (21.2)	Isomeer van 1,3-dithiane (7.4)	1,8-cineol (6.3)
Rouis-Soussi et al. (2014)	<i>Allium nigrum</i> L. stammen	110	Hexadekaanzuur (77.2)	Methyl hexadecanoaat (2.1)	1-nonadeceen (1.8)

Noot. De aanwezigheid van essentiële oliën wordt uitgedrukt in percentages, aangezien de exacte hoeveelheden afhangen van de opbrengst die uit specifieke plantensoorten wordt verkregen.

Zoals aangegeven in Tabel 5 bestaan de essentiële oliën van prei voornamelijk uit dipropyl disulfide, dipropyl trisulfide en methylpropyl disulfide. Dipropyl disulfide vertoont sterke antimicrobiële eigenschappen en wordt bestudeerd vanwege het potentieel om bacteriegroei te remmen, wat de voedselconservering verbetert.

Dipropyl trisulfide staat bekend om zijn krachtige antioxiderende eigenschappen; in de voedingsindustrie wordt het gewaardeerd vanwege zijn bijdrage aan smaakprofielen. Medicinaal is het in verband gebracht met cardiovasculaire voordelen, waaronder cholesterolregulatie en bloeddrukverlaging. Methylpropyl disulfide komt minder vaak voor, maar draagt bij aan de mildere geur en smaak van prei in vergelijking met knoflook. Het vertoont ook antimicrobiële activiteit en heeft potentiële toepassingen in natuurlijke pesticiden vanwege zijn plant beschermende eigenschappen (Mnayer et al., 2014).

4. Referenties

- Allemailem, K. S., Almatroudi, A., Alharbi, H. O. A., AlSuhaymi, N., Alsugoor, M. H., Aldakheel, F. M., Khan, A. A., & Rahmani, A. H. (2024). Apigenin: a bioflavonoid with a promising role in disease prevention and treatment. *Biomedicines*, 12(6), 1353. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12061353>
- Barberis, A., Fadda, A., Schirra, M., Bazzu, G., & Serra, P. A. (2012). Detection of postharvest changes of ascorbic acid in fresh-cut melon, kiwi, and pineapple, by using a low-cost telemetric system. *Food Chemistry*, 135(3), 1555–1562. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.121>
- Bashyal, J. (2023, September 27). Oxalic acid: Properties, structure, uses, health effects. *Science Info*. <https://scienceinfo.com/oxalic-acid-properties-structure-uses/>
- Bastaki, S. M. A., Ojha, S., Kalasz, H., & Adeghate, E. (2021). Chemical constituents and medicinal properties of Allium species. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 476(12), 4301–4321. <https://doi.org/10.1007/s11010-021-04213-2>
- Beckman, C. H. (2000). Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in

- plants? *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 57(3), 101–110.
<https://doi.org/10.1006/pmpp.2000.0287>
- Benedé, S., Gradillas, A., Villalba, M., & Batanero, E. (2019). Allium porrum extract decreases effector cell degranulation and modulates airway epithelial cell function. *Nutrients*, 11(6), 1303. <https://doi.org/10.3390/nu11061303>
- Bernaert, N., Wouters, D., De Vuyst, L., De Paepe, D., De Clercq, H., Van Bockstaele, E., De Loose, M., & Van Droogenbroeck, B. (2013). Antioxidant changes of leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*) during spontaneous fermentation of the white shaft and green leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(9), 2146–2153.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.6020>
- Ernst, M. K., 1, Praeger, U., & J. Weichmann. (2003). Effect of low oxygen storage on carbohydrate changes in onion (*Allium CEPA* Var. *CEPA*) bulbs. In Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co. Stuttgart, Institut für Obst-, Gemüse- und Weinbau, Universität Hohenheim, Germany, & Department für Pflanzenwissenschaften, Fachgebiet für Gemüsebau, TU München-Weihenstephan, Germany, *European Journal of Horticultural Science* (Vol. 68, Issue 2, pp. 59–62).
https://www.pubhort.org/ejhs/2003/file_4894.pdf
- Evtugin, D. D., Evtugin, D. V., Casal, S., & Domingues, M. R. (2023). Advances and challenges in plant sterol research: fundamentals, analysis, applications and production. *Molecules*, 28(18), 6526. <https://doi.org/10.3390/molecules28186526>
- Fredotović, Ž., Soldo, B., Šprung, M., Marijanović, Z., Jerković, I., & Puizina, J. (2020). Comparison of organosulfur and amino acid composition between triploid onion

- allium Cornutum clementi ex Visiani, 1842, and common onion allium Cepa L., and evidences for antiproliferative activity of their extracts. *Plants*, 9(1), 98.
<https://doi.org/10.3390/plants9010098>
- Galdón, B. R., Rodríguez, E. R., & Romero, C. D. (2008). Flavonoids in onion cultivars (*Allium cepa* L.). *Journal of Food Science*, 73(8). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00903.x>
- Gao, H., Tuyishime, P., Zhang, X., Yang, T., Xu, M., & Rao, Z. (2021). Engineering of microbial cells for L-valine production: challenges and opportunities. *Microbial Cell Factories*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12934-021-01665-5>
- Grzelak-Błaszczuk, K., Kołodziejczyk, K., Badetek, E., & Adamicki, F. (2011). Changes in the contents of mono-, di- and oligosaccharides in leek plants stored in cold room. *European Food Research and Technology*, 232(6), 1027–1033.
<https://doi.org/10.1007/s00217-011-1476-y>
- Jones, M. G. (2004). Biosynthesis of the flavour precursors of onion and garlic. *Journal of Experimental Botany*, 55(404), 1903–1918. <https://doi.org/10.1093/jxb/erh138>
- Judprasong, K., Tanjor, S., Puwastien, P., & Sungpuag, P. (2010). Investigation of Thai plants for potential sources of inulin-type fructans. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4–5), 642–649. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.12.001>
- Kalinowska, M., Gołębiewska, E., Świdorski, G., Męczyńska-Wielgosz, S., Lewandowska, H., Pietryczuk, A., Cudowski, A., Astel, A., Świsłocka, R., Samsonowicz, M., Złowodzka, A. B., Priebe, W., & Lewandowski, W. (2021). Plant-derived and dietary hydroxybenzoic acids—A comprehensive study of structural, anti-/pro-oxidant, lipophilic, antimicrobial, and cytotoxic activity in MDA-MB-231 and MCF-7 cell lines. *Nutrients*, 13(9), 3107. <https://doi.org/10.3390/nu13093107>

- Kmiecik, W., & Lisiewska, Z. (1999). Effect of pretreatment and conditions and period of storage on some quality indices of frozen chive (*Allium schoenoprasum* L.). *Food Chemistry*, 67(1), 61–66. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(99\)00111-9](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(99)00111-9)
- Książek, E. (2023). Citric acid: Properties, microbial production, and applications in industries. *Molecules*, 29(1), 22. <https://doi.org/10.3390/molecules29010022>
- Kubec, R., Svobodová, M., & Velíšek, J. (2000). Distribution of S-Alk(en)ylcysteine sulfoxides in some allium species. Identification of a new flavor precursor: S-Ethylcysteine sulfoxide (Ethiin). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(2), 428–433. <https://doi.org/10.1021/jf990938f>
- Le, D. D., Jang, Y. S., Truong, V., Yu, S., Dinh, T., & Lee, M. (2024). Bioactivities of quinic acids from *Vitex rotundifolia* obtained by supercritical fluid extraction. *Antioxidants*, 13(10), 1235. <https://doi.org/10.3390/antiox13101235>
- Lee, J., & Harnly, J. M. (2005). Free amino acid and cysteine sulfoxide composition of 11 garlic (*Allium sativum* L.) cultivars by gas chromatography with flame ionization and mass selective detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 9100–9104. <https://doi.org/10.1021/jf051228e>
- Li, M., Zhao, X., & Xu, M. (2022). Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from *Allium tenuissimum* L. flowers. *Foods*, 11(23), 3876. <https://doi.org/10.3390/foods11233876>
- Li, X., Luan, Y., Li, Y., Ye, S., Wang, G., Cai, X., Liang, Y., Varkaneh, H. K., & Luan, Y. (2022). The effect of high-fructose corn syrup vs. sucrose on anthropometric and metabolic parameters: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1013310. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1013310>

- Lundegårdh, B., Botek, P., Schulzov, V., Hajšlov, J., Strömberg, A., & Andersson, H. C. (2008). Impact of different green manures on the content of S-Alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides and L-Ascorbic acid in leek (*Allium porrum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(6), 2102–2111. <https://doi.org/10.1021/jf071710s>
- Miller, I. (2024, March 26). *Proline: a crucial amino acid for human health — My Complete health ND*. My Complete Health ND. <https://www.mycompletehealthnd.com/articles/proline-a-crucial-amino-acid-for-human-health>
- Mirza, M. A., Mahmood, S., Hilles, A. R., Ali, A., Khan, M. Z., Zaidi, S. a. A., Iqbal, Z., & Ge, Y. (2023). Quercetin as a therapeutic product: Evaluation of its pharmacological action and clinical applications—A review. *Pharmaceuticals*, 16(11), 1631. <https://doi.org/10.3390/ph16111631>
- Miszczuk, E., Bajguz, A., Kiraga, Ł., Crowley, K., & Chłopecka, M. (2024). Phytosterols and the digestive system: A review study from insights into their potential health benefits and safety. *Pharmaceuticals*, 17(5), 557. <https://doi.org/10.3390/ph17050557>
- Mnayer, D., Fabiano-Tixier, A., Petitcolas, E., Hamieh, T., Nehme, N., Ferrant, C., Fernandez, X., & Chemat, F. (2014). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of six essential oils from the Alliaceae family. *Molecules*, 19(12), 20034–20053. <https://doi.org/10.3390/molecules191220034>
- Mota, C., Luciano, C., Dias, A., Barroca, M., & Guiné, R. (2009). Convective drying of onion: Kinetics and nutritional evaluation. *Food and Bioprocesses Processing*, 88(2–3), 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.09.004>

- Ozgur, M., Akpinar-Bayazit, A., Ozcan, T., & Yilmaz-Ersan, L. (2011). Effect of dehydration on several physico-chemical properties and the antioxidant activity of leeks (*Allium porrum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 144.
<https://doi.org/10.15835/nbha3915861>
- Peacock, M. (2023, April 1). *Glucose: Food, medicine, biotech and industry*. Zimmer & Peacock AS. <https://www.zimmerpeacock.com/2023/04/01/glucose-food-medicine-biotech-and-industry/>
- Phuritshabam, V. D. (2021). Bioactive compounds and nutraceutical properties of *Allium* species: A review. *International Journal of Botany Studies*, 6(6), 620–626.
https://www.researchgate.net/publication/368302275_International_Journal_of_Botany_Studies_wwwbotanyjournalscom_Bioactive_compounds_and_nutraceutical_properties_of_Allium_species_A_review?enrichId=rgreq-3036eb079a99c97facc2c01061be4cea-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM2ODMwMjI3NTtBUzoxMTQzMTE4MTEwODI2NzYyNEAxNjc1NzA1NDY1ODcz&el=1_x_3
- Pomi, F. L., Papa, V., Borgia, F., Vaccaro, M., Allegra, A., Cicero, N., & Gangemi, S. (2023). *Rosmarinus officinalis* and skin: antioxidant activity and possible therapeutical role in cutaneous diseases. *Antioxidants*, 12(3), 680.
<https://doi.org/10.3390/antiox12030680>
- Priecina, L., & Karklina, D. (2015). Composition of major organic acids in vegetables and spices. *CBU International Conference Proceedings*, 3, 447–454.
<https://doi.org/10.12955/cbup.v3.637>

- Radovanović, B., Mladenović, J., Radovanović, A., Pavlović, R., & Nikolić, V. (2015). Phenolic composition, antioxidant, antimicrobial and cytotoxic activities of *Allium porrum* L. (Serbia) extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(9), 564–569. <https://doi.org/10.12691/jfnr-3-9-1>
- Rose, P., Whiteman, M., Moore, P. K., & Zhu, Y. Z. (2005). Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: the chemistry of potential therapeutic agents. *Natural Product Reports*, 22(3), 351. <https://doi.org/10.1039/b417639c>
- Rouis-Soussi, L. S., Ayeb-Zakhama, A. E., Mahjoub, A., Flamini, G., Jannet, H. B., & Harzallah-Skhiri, F. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from the Tunisian *Allium nigrum* L. *Experimental and Clinical Sciences, International Online Journal for Advances in Sciences*, 13, 526–535. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26417280/>
- Salkić, A., Mujezin, L., Džafić, A., Kučuk, Z. B., & Žuljević, S. O. (2024). The importance of rutin in nutrition. *Proceedings*, 91, 236. <https://doi.org/10.3390/proceedings2023091236>
- Softic, S., Lanaspá, M. A., & DeBosch, B. (2023). Fructose metabolism and metabolic dysfunction in adolescents and young adults. *Nutrients*, 15(14), 3162. <https://doi.org/10.3390/nu15143162>
- Sorlozano-Puerto, A., Albertuz-Crespo, M., Lopez-Machado, I., Gil-Martinez, L., Ariza-Romero, J. J., Maroto-Tello, A., Baños-Arjona, A., & Gutierrez-Fernandez, J. (2020). Antibacterial and antifungal activity of Propyl-Propane-Thiosulfinate and Propyl-Propane-Thiosulfonate, two organosulfur compounds from *allium* CEPA: in vitro antimicrobial effect via the gas phase. *Pharmaceuticals*, 14(1), 21. <https://doi.org/10.3390/ph14010021>

- Vlase, L., Parvu, M., Parvu, E., & Toiu, A. (2012). Chemical constituents of three allium species from Romania. *Molecules*, 18(1), 114–127.
<https://doi.org/10.3390/molecules18010114>
- Wang, M., & Cheong, K. (2023). Preparation, structural characterisation, and bioactivities of fructans: a review. *Molecules*, 28(4), 1613.
<https://doi.org/10.3390/molecules28041613>
- Xie, T., Wu, Q., Lu, H., Hu, Z., Luo, Y., Chu, Z., & Luo, F. (2023). Functional perspective of leeks: active components, health benefits and action mechanisms. *Foods*, 12(17), 3225. <https://doi.org/10.3390/foods12173225>
- Yabuki, Y., Mukaida, Y., Saito, Y., Oshima, K., Takahashi, T., Muroi, E., Hashimoto, K., & Uda, Y. (2009). Characterisation of volatile sulphur-containing compounds generated in crushed leaves of Chinese chive (*Allium tuberosum* Rottler). *Food Chemistry*, 120(2), 343–348. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.028>
- Yamazaki, Y., Iwasaki, K., Mikami, M., & Yagihashi, A. (2010). Distribution of eleven flavor precursors, S-Alk(en)yl-L-Cysteine derivatives, in seven allium vegetables. *Food Science and Technology Research*, 17(1), 55–62. <https://doi.org/10.3136/fstr.17.55>