

VeggieChain

Evaluatie van nutritionele en sensorische parameters in de verwerkingsketen van spruiten en prei



VeggieChain

Evaluatie van nutritionele en sensorische parameters in de verwerkingsketen van spruiten en prei

Inhoud

	Pagina
Voorwoord	3
1. Van rauwe groente tot gezond en lekker product: het VeggieChain project	4
2. Het effect van preservatie en opslag van spruitkool en prei op de nutritionele en sensorische kwaliteit	8
3. Bereiding van groenten in grootkeukens zodat ze lekker en gezond blijven	14
4. Het effect van semi-industriële vermaling en verhitting van spruitkool en prei op de fysico-chemische, nutritionele en sensorische kwaliteit	19
5. Prei van oogst tot vriesvak: de industriële verwerking	24

Voorwoord

Duurzame en gezonde groenten produceren is dé drijfveer van alle verwerkende bedrijven die lid zijn van Vegebe. Diepvriesgroenten bieden belangrijke antwoorden op voedseluitdagingen wereldwijd en bieden consumenten heel wat voordelen:

- Diepvriesgroenten worden zonder toegevoegde conserveermiddelen of andere ingrediënten verpakt, waardoor ze een pure en gezonde optie blijven.
- Door de langere houdbaarheid van diepvriesgroenten wordt voedselverspilling verminderd. Consumenten kunnen alleen de benodigde porties, die reeds gewassen en gesneden zijn, gebruiken en de rest terug in de vriezer plaatsen, wat het ook mogelijk maakt om groenten op elk moment van het jaar te consumeren zonder dat ze bederven. Dit gebruiksgemak helpt consumenten ook om aan de aanbevolen dagelijkse inname van groenten te voldoen.
- Ze worden meteen na de oogst ingevroren, waardoor vitamines, mineralen en antioxidanten optimaal behouden worden. Hierdoor kunnen ze soms zelfs meer voedingsstoffen bevatten dan verse groenten die langere tijd zijn opgeslagen in de koelketen en zo vervoerd worden. Het snelle invriesproces zorgt er ook voor dat de kleur, smaak en textuur van de groenten behouden worden. Ook de gezondheidsbevorderende vezelfractie blijft hierdoor ongewijzigd.

Plantaardige voeding is een belangrijke en groeiende categorie in de voedingsindustrie en de verwachting is dat we in de toekomst meer plantaardig voedsel zullen eten. Groenten zijn typisch rijk aan gezondheidsbevorderende componenten, maar calorie-arm. **Groenten moeten een hoofdrol krijgen in het dagelijks menu van de consument, maar consumptiecijfers tonen aan dat er nog een lange weg is te gaan. Het blijft een uitdaging om consumenten meer (diepvries)groenten te doen eten en de redenen daarvoor over te brengen naar de consument.**

Om meer onderzoek te verrichten naar het nutriëntengehalte van diepvriesgroenten werkte Vegebe in het verleden nauw samen met Universiteit Gent tijdens de “VLAG-studie” (2008). Uit deze studie leerden we o.a. dat het vitaminegehalte van groenten niet alleen afhankelijk is van het type groente, maar dat verschillende variëteiten van eenzelfde groente ook sterk verschillende vitaminegehalten kunnen hebben. Enkele belangrijke onderzoeksvragen bleven echter onbeantwoord, met name: hoe evolueert de nutritionele en organoleptische kwaliteit van vriesverse groenten doorheen de verschillende processtappen, van voorbehandeling, conservering en bewaring tot aan de opwarming bij de consument? Om antwoord te bieden op deze en andere vragen werd vier jaar geleden, tesamen met verschillende onderzoeksinstituten KU Leuven, UGent VEG-i-TEC, ILVO en VIVES en Flanders’ FOOD, met de steun van VLAIO, het onderzoeksproject **VeggieChain** gelanceerd, waarin gefocust werd op spruitjes en prei als belangrijke groenten in het gamma van de Belgische bedrijven.

Het VeggieChain-project leverde meerdere interessante inzichten op voor de industrie, o.a. over het effect van voorbehandeling op het aromaprofiel en de nutritionele kwaliteit van spruitjes en prei en het belang van de juiste temperatuur tijdens de bewaring van diepvriesproducten. De inzichten uit dit project vormen een belangrijke wetenschappelijke basis voor de bedrijven als referentie voor verdere bedrijfseigen testen en monitoring van de kwaliteit van de producten. Daarnaast is de gegenereerde informatie van belang bij externe communicatie vanuit de bedrijven naar klanten en andere stakeholders. Daarom willen we jullie aan de hand van deze brochure meer inzicht geven in de resultaten van het project VeggieChain. Vegebe wenst ook alle betrokken partners te bedanken voor hun inzet en samenwerking om dit project tot een succesvol einde te brengen!

Noémi Van Bogaert

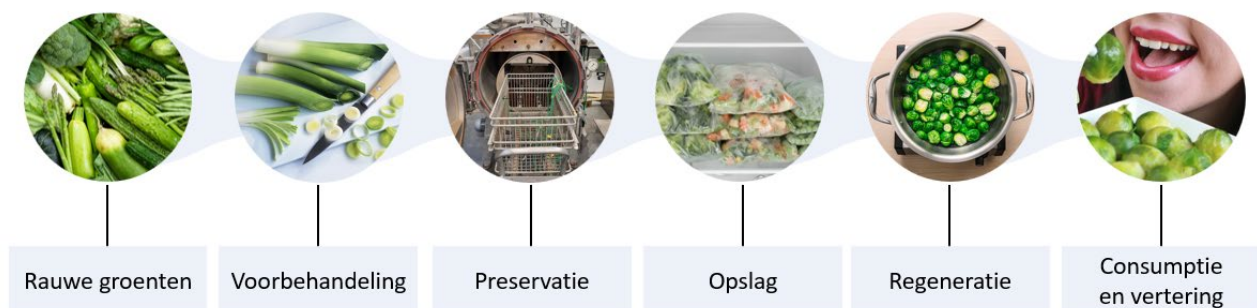
Algemeen Secretaris Vegebe

1. Van rauwe groente tot gezond en lekker product: het VeggieChain-project

Groenten zijn leveranciers van allerlei gezondheidsbevorderende componenten. Daarom bevelen verschillende gezondheidsinstanties aan om minstens 300 gram groenten per dag te consumeren. Uit de laatste nationale voedselconsumptiepeiling (2014) blijkt dat slechts 5% van de bevolking daaraan voldoet. Vanuit nutritioneel standpunt is het dus belangrijk om mensen aan te sporen om meer groenten te consumeren.

Naast een positieve impact op de gezondheid spelen ook nog andere factoren een rol bij de consumptie van groenten. Twee andere belangrijke factoren zijn namelijk een lekkere geur (aroma) en een lekkere smaak, samengevat in de term "flavour".

Om mensen meer groenten te laten consumeren, is het daarom belangrijk om zowel gezonde als lekkere groenten te voorzien. De groenteverwerkende keten kan hierin bijdragen. Deze keten bestaat uit verschillende stappen (Fig. 1). Elke van deze stappen kan een positieve of negatieve impact hebben op de verschillende gezondheids- en flavourgerelateerde aspecten van groenten. Tot nu toe heeft onderzoek zich voornamelijk gericht op de impact van individuele verwerkingsstappen op deze kwaliteitsaspecten. Een holistische benadering ontbreekt.



Figuur 1: De groenteverwerkende keten: van grondstof tot product dat we consumeren en verteren.



Hoe evolueren gezondheidsbevorderende componenten doorheen de groenteverwerkende keten? En wat met flavour? Het VeggieChain-project

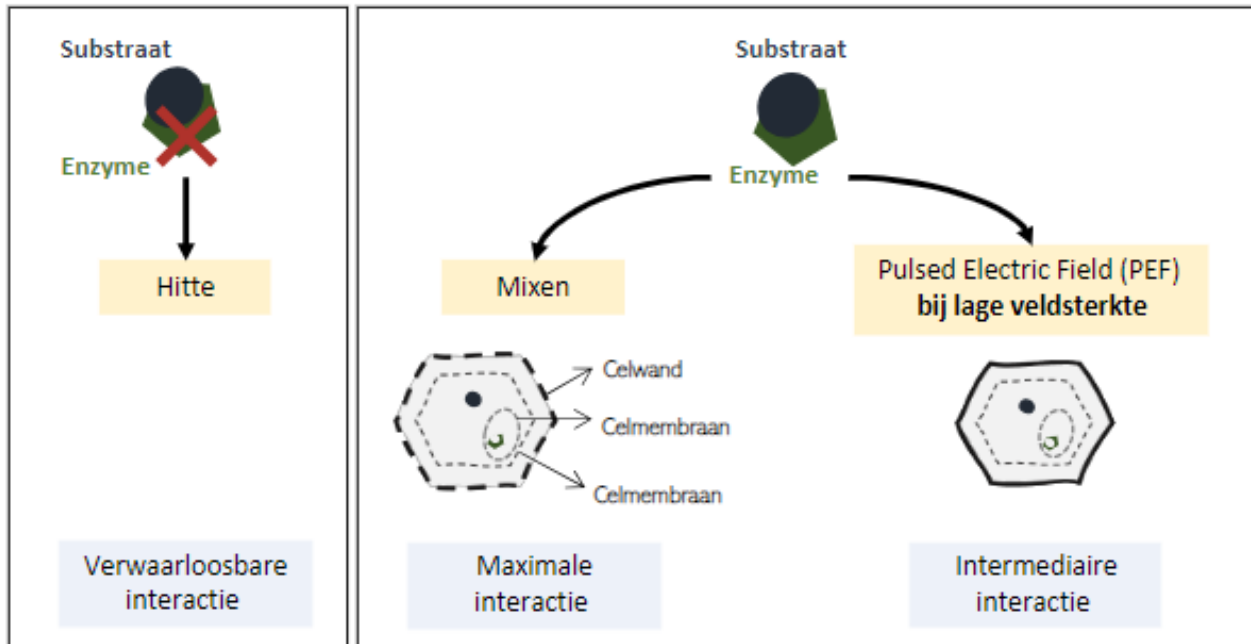
Gaat een aangename flavour hand in hand met behoud van gezondheidsbevorderende componenten? Zijn er bepaalde stappen in de keten die positief kunnen bijdragen tot beide kwaliteitsaspecten? Of die juist beter vermeden worden?

Dit zijn vragen die worden onderzocht in het door Vlaio gesteund project VeggieChain. VeggieChain is een collectief fundamenteel onderzoeksproject (type cSBO) met KU Leuven als coördinerende onderzoeksgroep en UGent, ILVO, VIVES en Flanders' FOOD als partners. In dit project wordt de impact van de verschillende verwerkingsstappen in de keten op spruiten en prei onderzocht en dit voor beide kwaliteitsaspecten. Spruiten en prei zijn namelijk belangrijke gewassen wereldwijd, maar zeker ook voor onze Vlaamse landbouwsector. Bovendien hebben beide groenten een heel interessant nutritioneel profiel. Zo zijn ze rijk aan vitamine C, vitamine K1 en carotenoïden en hebben ze ook hun eigen troeven. Spruiten en prei bevatten namelijk elk een specifiek enzym, respectievelijk myrosinase en alliinase. Deze enzymen zetten op hun beurt glucosinolaten en S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide als substraten om tot verschillende componenten die kunnen bijdragen tot de gezondheidbevorderende aspecten en het karakteristieke aroma van beide groenten. In de weefselcellen van deze groenten zitten enzym en substraat echter gescheiden van elkaar door een celmembraan en/of een celwand. Om de wenselijke interactie tussen beide toe te laten, is weefselbeschadiging door snijden of mixen dus nodig.

Mixen of PEF als voorbehandeling

In het eerste deel van het project wordt de impact van verschillende voorbehandelingen op de rauwe groenten onderzocht. De verschillende voorbehandelingen hebben als doel enzymatische omzettingen in verschillende mate mogelijk te maken door het weefsel van de groenten op verschillende niveaus te beschadigen. Twee vormen van weefselbeschadiging worden toegepast naast een controle. Zie Fig. 2 voor een schematisch overzicht van de toegepaste voorbehandelingen.

- **Mixen** resulteert in een groentepuree, waarbij de celwanden en celmembranen van de plantencel maximaal gebroken worden.
- Het toedienen van **gepulseerde elektrische velden (PEF)** bij lage veldsterkte resulteert in een gedeeltelijke beschadiging waarbij enkel een doorboring van het celmembranen van de plantencel plaatsvindt, maar de groenten zelf intact blijven.
- Voor de controle worden de enzymen eerst geïnactiveerd met een **hittebehandeling** vooraleer de groenten gepureerd worden. Op deze manier wordt de interactie tussen substraat en enzym zoveel mogelijk beperkt.



Figuur 2: Overzicht van de toegepaste voorbehandelingen en hun niveau van beoogde enzym-substraat interactie.

De impact van de voorbehandeling wordt geëvalueerd op het behoud en de vorming van gezondheidsbevorderende componenten en op de aanwezigheid van aromacomponenten. Uit de eerste resultaten blijkt dat het gehalte aan gezondheidsbevorderende componenten en het aromaprofiel verschilt tussen de verschillende voorbehandelingen voor beide groenten:

Hitte heeft een duidelijke invloed op het aroma door tal van niet-enzymatische reacties maar zorgt voor een relatief goed behoud van gezondheidsbevorderende componenten.

Mixen leidt duidelijk tot de vorming van een ander aromaprofiel. Dit is het gevolg van geïnduceerde enzym-substraat interacties. Terwijl het gehalte aan vitamine C, vitamine K1 en carotenoïden in beide groenten daalt door deze voorbehandeling zien we door mixen wel een wenselijke omzetting van glucosinolaten en S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide tot gezondheidbevorderende componenten.

Het effect van de **PEF-behandeling** is verschillend voor prei en spruiten. In prei is er een duidelijk effect van PEF op de enzymatische omzettingen. Bovendien verschilt dit effect van de andere behandelingen. Voor spruiten daarentegen wordt geen prominent effect van de PEF-behandeling waargenomen voor zowel de gezondheidsbevorderende als de aromacomponenten. Deze waarneming kan verschillende oorzaken hebben. Ten eerste zou dit te wijten kunnen zijn aan de gelaagde structuur van spruiten. De aanwezige luchtlagen minimaliseren mogelijks het effect van een PEF-behandeling. Daarnaast zou het kunnen dat de toegepaste PEF-behandeling niet in staat was het enzym en het substraat samen te brengen.

Maar worden de gedetecteerde verschillen en gelijkenissen tussen de verschillende behandelde spruiten en prei ook door de mens op die manier waargenomen? Om dit te verifiëren worden in vivo sensorische testen ingezet. De bekomen resultaten liggen hierbij niet altijd in lijn met de analytische resultaten. Dit kan te wijten zijn aan het feit dat de neus van de mens enkel aroma-actieve componenten kan waarnemen en dus de geur-neutrale componenten niet in kaart brengt.

De resultaten van het project zijn gedetailleerd neergeschreven in wetenschappelijke artikels (zie bronnen).

In het verdere verloop van VeggieChain zal de invloed van verschillende voorbehandelingen verder onderzocht worden. Daarnaast zal ook het effect van de volgende stappen in de keten op de kwaliteitseigenschappen van de groenten onderzocht worden. Dit gaat specifiek over preservatie met het oog op het verlengen van de houdbaarheid, zoals diepvriezen of pasteurisatie en opslag (Fig.1). Dit wordt in eerste instantie op laboschaal onderzocht, maar zal vervolgens ook op industriële schaal in de pilootinstallaties van de partners worden geanalyseerd. Daarnaast zal ook de impact van verschillende regeneratietechnieken, zoals koken, stomen en microgolfopwarming bekeken worden in de FR&D Hall te Roeselare.

Op deze manier willen we de impact van de volledige voedselverwerkende keten op vlak van zowel gezondheid als aroma in kaart brengen.



2. Het effect van preservatie en opslag van spruitkool en prei op de nutritionele en sensorische kwaliteit

België behoort tot de wereldtop

Toch wat de groenteverwerking betreft. Ongeveer een derde van de Europese diepvries groenteproductie komt uit België en vooral uit Vlaanderen. Groenteverwerking, zoals wassen, versnijden, diepvriezen, heeft als doel om seizoensgebonden aspecten van groenten te overbruggen door de houdbaarheid te verlengen, maar kan ook het gebruiksgemak van groenten verhogen. Het blijft echter een uitdaging om mensen voldoende groenten te laten consumeren ondanks hun gekende positieve gezondheidseigenschappen (belangrijke bron van vezels, nutriënten, antioxidanten). Ook blijkt dat consumenten veelal een bepaalde negatieve perceptie hebben over de impact van verwerking op de kwaliteit van groenten. In hoeverre is dit terecht? Zorgt verwerking voor een vermindering van de kwaliteit ten opzichte van een vers product? Op welke vlakken zijn er nog verbeteringen mogelijk binnen de groenteverwerkende industrie? En wat kan de consument zelf doen om de kwaliteit beter te behouden? Het is duidelijk dat onderzoek hieromtrent nodig is. Het VeggieChain-project wil hierop inspelen en probeert zo op bovenstaande vragen een antwoord te bieden.

Gezondheidsbevorderende eigenschappen

Groenten binnen de spruitkoolfamilie hebben specifieke typerende fytochemicaliën: de glucosinolaten. Deze componenten kunnen door het plantenzym myrosinase worden omgezet tot verschillende stoffen die deze groenten een typerend kool-aroma geven en waarvan een bepaald aandeel gezondheidsbevorderende eigenschappen hebben. Groenten uit de preifamilie hebben ook specifieke typerende fytochemicaliën: de S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides. Deze componenten kunnen door het plantenzym alliinase worden omgezet tot verschillende stoffen die deze groenten een typerend ui-aroma geven en waarvan ook een bepaald aandeel gezondheidsbevorderende eigenschappen hebben. In deze groenten zitten het enzym (myrosinase of alliinase) en substraat (glucosinolaten of S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides) echter gescheiden van elkaar door een celwand en/of een celmembraan. Groenteverwerkende stappen zoals bijvoorbeeld mixen of snijden, maar ook blancheren kunnen specifiek gebruikt worden om deze interactie tussen substraat en enzym al dan niet toe te laten.

In het eerste deel van het VeggieChain-project werd er gefocust op het effect van verschillende voorbehandelingen (mixen, blancheren, etc.), die meer of minder substraat-enzyme interacties toelaten, op de kwaliteit van prei en spruitkool gebaseerde producten.

In dit tweede deel van VeggieChain werd het effect van preservatie (zoals pasteurisatie en invriezen) en opslag (gekoeld of bevroren) op de kwaliteit van groenteproducten onderzocht.

In welke mate verandert de kwaliteit van gepasteuriseerde voorbehandelde spruitkool en prei doorheen de daaropvolgende gekoelde bewaring? Kan het type voorbehandeling resulteren in een ander verloop van kwaliteitsaspecten tijdens koelbewaring?

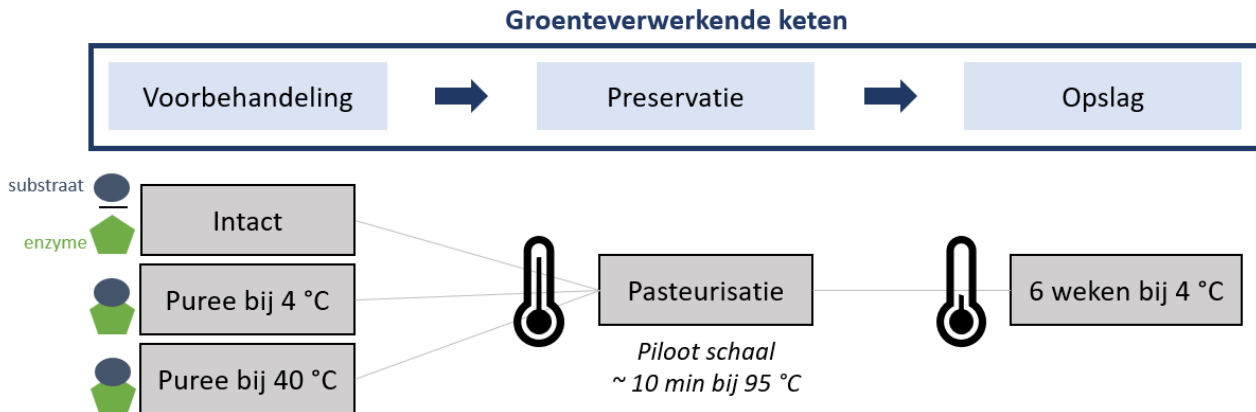
Hiervoor werden verschillende voorbehandelingen uitgevoerd met oog op het bekomen van een verschillend niveau van substraat-enzyme interactie:

- Groenten werden intact gehouden (spruitkool) of beperkt versneden tot snippers (prei). Hierdoor wordt verwacht dat substraten en enzymen slechts in beperkte mate met elkaar in contact komen.
- Groenten werden onder gekoelde condities verwerkt tot een puree. Hierdoor wordt verwacht dat substraten en enzymen uitgebreid met elkaar in contact komen.
- Groenten werden verwerkt tot een puree die anderhalf uur werd geïncubeerd bij 40 °C. Hierdoor zouden de substraten en enzymen nog meer efficiënt met elkaar kunnen interageren aangezien het enzyme meer actief zal zijn bij de verhoogde temperatuur.

“Het is goed om te zien dat we in Vlaanderen heel wat expertise hebben en dat de verschillende kennisinstellingen met elk hun eigen focus erg goed kunnen samenwerken in zo’n project. Specifiek in VeggieChain blijft de voornaamste conclusie dat groenten, in welke vorm ook, altijd gezond zijn! “

Kris Vanoverschelde, Greenyard

Vervolgens werden deze producten onderworpen aan een pasteurisatieproces op pilotschaal. Tot slot werden de groenten koel bewaard gedurende 6 weken en werd hun nutritionele en sensorische kwaliteit in functie van de bewaarperiode opgevolgd. Een overzicht van deze proefopzet is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Overzicht van de proefopzet: pasteurisatie en gekoelde opslag. Verschillende types voorbehandelingen werden uitgevoerd met oog op het induceren van een verschillend niveau van substraat-enzyme interactie. Vervolgens werd een pasteurisatieproces uitgevoerd op pilotschaal. Tot slot werden de groenten koel bewaard gedurende 6 weken en werden hun nutritionele en sensorische eigenschappen in functie van de bewaartijd opgevolgd.

Het type voorbehandeling op zich had een duidelijke impact op de nutritionele kwaliteit op tijdstip 0, resultaten die overeenkomen met het eerste deel van het project. In de gepureerde groenten was er een omzetting van glucosinolaten en S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides, maar ook een verlies aan vitamine C en carotenoïden, zowel bij de gekoeld gepureerde systemen als bij de geïncubeerde purees. Dit toont aan dat purering in een koude omgeving ook enzymatische omzettingen teweegbrengt. Tijdens de pasteurisatie bleken enkel vitamine C en S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides gevoelig te zijn voor hitte. Tijdens gekoelde opslag bleven alle componenten stabiel voor 6 weken wanneer de pasteurisatie voldoende intens was om de enzymen te inactiveren. Type voorbehandeling bleek dus geen rol te spelen in het gedrag van deze componenten tijdens bewaring. Vitamine K1 gehaltes bleven in elke stap gelijk, wat het stabiele karakter van deze component aantoont. Ook wat de sensorische kwaliteit betreft, werd aangetoond dat het type voorbehandeling een substantiële invloed had op het bekomen vluchtig profiel van de gepasteuriseerde spruitkool en de prei. Het effect van gekoelde bewaring van de producten bleef beperkt.

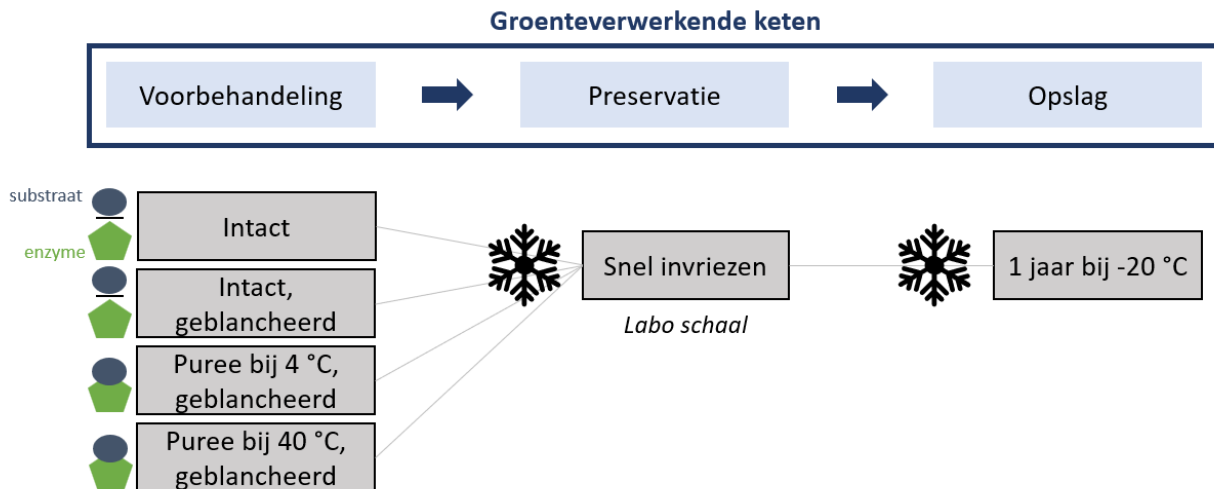


Hoe zit het met de diepvriesketen? In welke mate heeft bevroren bewaring impact op de kwaliteit van de groenten en in hoeverre worden kwaliteitsaspecten tijdens diepvriesbewaring beïnvloed door het type voorbehandeling?

Een cruciale factor bij de diepvriesketen is de omzetting van water aanwezig in de groenten tot ijskristallen. Soms kunnen deze ijskristallen te groot zijn en zo de celstructuur van de groenten beschadigen. Hierdoor kan de fysieke barrière tussen substraten en enzymen wegvallen en kan er eventueel interactie plaatsvinden. Om dit meer in detail te bekijken werd volgende proefopzet opgesteld (Figuur 4). Verschillende types voorbehandelingen werden uitgevoerd, eveneens geselecteerd met oog op het bekomen van een verschillend niveau van substraat-enzyme interactie:

- Rauwe groenten werden intact gelaten (spruitkool) of beperkt versneden tot snippers (prei). Hierdoor wordt verwacht dat substraten en enzymen in beperkte mate met elkaar in contact komen voor het invriezen. De enzymen zijn wel nog steeds actief.
- Groenten werden intact (spruitkool) of in versnipperde vorm (prei) geblancheerd volgens condities zoals in de industrie toegepast. Door het intact laten/beperkte versnijding wordt verwacht dat substraten en enzymen maar in beperkte mate met elkaar in contact komen voor de eigenlijke vriesstap. Door het blancheren werden de enzymen geïnactiveerd.
- Groenten werden onder gekoelde condities verwerkt tot een puree. Hierdoor wordt verwacht dat substraten en enzymen wel met elkaar in contact komen. Echter, door de koude omgeving wordt verwacht dat het enzyme niet optimaal kan werken. Vervolgens werd geblancheerd onder industriële condities om de enzymen te inactiveren net voor de vriesstap.
- Groenten werden verwerkt tot een puree die een uur werd geïncubeerd bij 40°C. Hierdoor wordt verwacht dat substraten en enzymen met elkaar interageren en dat de enzymen meer actief waren door de verhoogde temperatuur. Vervolgens werd geblancheerd volgens industriële condities om de enzymen te inactiveren net voor de vriesstap.

Na de voorbehandelingen werden de groenten ingevroren op een snelle manier om de ijskristalgrootte te beperken, zoals ook in de industrie vandaag wordt toegepast. De groenten werden bewaard in een vriescel en gedurende één jaar werd hun nutritionele en sensorische kwaliteit in functie van de diepvriesbewaring opgevolgd.



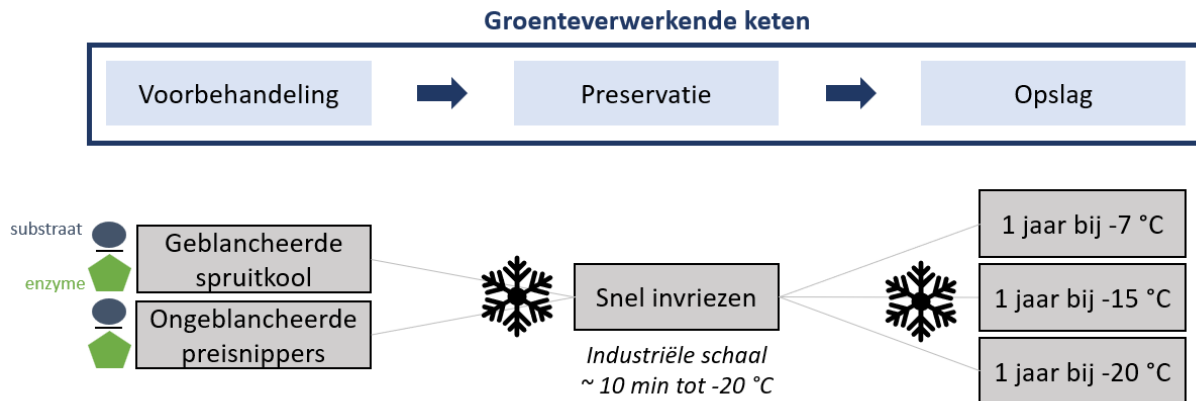
Figuur 4: Overzicht van de toegepaste proefopzet: snel invriezen en opslag bij $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Verschillende types voorbehandelingen werden uitgevoerd met oog op het induceren van een verschillende substraat-enzyme interactie. Vervolgens werden de groenten ingevroren en bewaard in de vriezer gedurende 1 jaar en werden hun nutritionele en sensorische eigenschappen in functie van de bewaartijd opgevolgd.

Het type voorbehandeling op zich had een duidelijke impact op zowel de sensorische als de nutritionele kwaliteit. Pureren kon enzymatische omzettingen teweegbrengen die resulteerden in verminderde gehalten aan vitamine C en carotenoïden, alsook in omzettingen van glucosinolaten en S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides tot bepaalde vluchtige componenten. Blancheren had een negatieve impact op carotenoïden, S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides (mogelijks thermisch omgezet naar vluchtige zwavelcomponenten) en vitamine C gehalten, maar zorgde er wel voor dat de vitamine C gehalten stabiel bleven tijdens diepvriesbewaring. Dit laatste was niet het geval voor de ongeblancheerde groenten. Opnieuw kon worden vastgesteld dat vitamine K1 gehalten constant bleven doorheen de volledige diepvriesketen. Over het algemeen werd waargenomen dat de kwaliteitsverandering geïntroduceerd door bevroren bewaring substantieel minder was dan de impact van de voorbehandelingsstap.

Speelt temperatuur van de diepvriezer van de consument dan nog een rol?

Typisch worden diepvriesgroenten in de industrie bewaard bij $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot ze verkocht worden. Bij de consument thuis kan de temperatuur van de diepvriezer echter afwijken. Denk bijvoorbeeld aan een diepvriesvak in een koelkast dat vaak een hogere temperatuur heeft dan $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. De groenten zijn nog steeds bevroren, maar in welke mate heeft die temperatuursverhoging een impact op het kwaliteitsbehoud van deze diepvriesgroenten?

Om dit te onderzoeken werden commerciële producten aangeleverd door de diepvriesbedrijven Ardo en d'Arta en bewaard bij verschillende vriestemperaturen (-7 °C, -15 °C en -20 °C). Industrieel verwerkte spruitkool wordt typisch geblancheerd, terwijl prei niet geblancheerd wordt omwille van textuurafwijkingen na blancheren. Een overzicht van de gevolgde proefopzet om dit te onderzoeken is gegeven in Figuur 5.



Figuur 5: Overzicht van de toegepaste proefopzet: snel invriezen en opslag bij -7, -15 en -20 °C. Industrieel geproduceerde diepvriesgroenten werden bewaard op verschillende temperaturen gedurende 1 jaar en hun nutritionele en sensorische eigenschappen werden in functie van de bewaartijd opgevolgd.

Nagenoeg alle componenten, behalve vitamine K1, toonden een snel verval tijdens bewaring bij -7 °C terwijl de meeste componenten stabiel bleven bij -20 °C. Vitamine C bleek de meest gevoelige component te zijn voor hoge temperaturen tijdens vriesbewaring. In minder dan 1 week tijd bij -7 °C kon geen vitamine C meer gemeten worden in de ongeblancheerde prei. Daarentegen was dit verval veel trager in geblancheerde spruitkool, wat het stabiliserend effect van blancheren nogmaals aantoont. Zoals verwacht traden de veranderingen (stijging of daling) van bepaalde vluchtige componenten sneller op bij hogere bewaartemperaturen. Er kan dus gesteld worden dat de temperatuur tijdens bevroren bewaring een grote impact heeft op de uiteindelijke kwaliteit van spruitkool en preisnippers.

De impact van type vermaling, type verhitting, vries- en ontdooiselheid op kwaliteit op semi-industriële schaal wordt verder onderzocht in de pilootinstallaties van de Food Pilot in Melle en VEG-i-TEC in Kortrijk. Ook het effect van regeneratietechnieken zoals stomen en microgolfofverwarming en warmhouden op de kwaliteit wordt verder bekeken met de pilootapparatuur van de FR&D Hall in Roeselare. Op deze manier worden de resultaten op laboschaal verder vertaald naar een meer relevante industriële schaal.

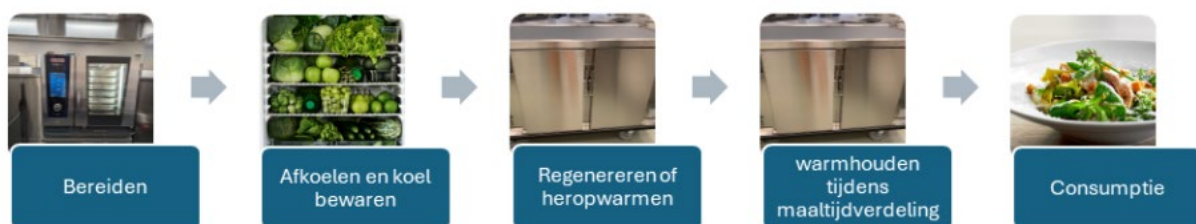
3. Bereiding van groenten in grootkeukens zodat ze lekker en gezond blijven

Bij het bereiden van maaltijden streven we ernaar om lekkere en voedzame maaltijden te kunnen serveren. In industriële grootkeukens (zoals ziekenhuizen, woonzorgcentra, scholen,...) waar honderden maaltijden tegelijk bereid worden, is het vaak noodzakelijk om (bereide) gerechten warm te houden om transport en bediening toe te laten. Maar een langdurige hittebehandeling kan zowel de smaak als de voedingswaarde van gerechten aantasten. Hoelang kan men maaltijden warmhouden zonder al te veel in te boeten aan kwaliteit? En wat is de impact van verschillende bereidingsmethodes op de uiteindelijke kwaliteit van het gerecht? Dit werd onderzocht met behulp van de pilootapparatuur van de FR&D Hall in Roeselare.

Niet alle grootkeukens hanteren dezelfde methoden voor het bereiden en warmhouden van maaltijden. Zo wordt bij sommige grootkeukens de maaltijd ter plekke bereid op de dag zelf (warme lijn, Figuur 6). Bij andere grootkeukens worden de maaltijden enkele dagen voordien bereid of koud aangekocht en de dag zelf heropgewarmd (ontkoppelde of koude lijn, Figuur 7).



Figuur 6: Processtappen warme lijn.



Figuur 7: Processtappen ontkoppelde lijn.

“Als installateur van koel- en vriesinstallaties is het voor SKT essentieel om diepgaand inzicht te hebben in de basiskenmerken van het in te vriezen product. De opgedane kennis dankzij onze betrokkenheid bij het VeggieChain-project stelt ons in staat om onze systemen verder te optimaliseren. Het helpt ons bovendien om nog beter mee te denken over aspecten die de productkwaliteit waarborgen, wat voor onze eindklanten van cruciaal belang is. Zo dragen we bij aan een efficiënte en kwalitatieve voedselverwerking.”

Charles D’hulster, SKT

Keuze voor prei en spruitkool

In dit project werden verse preisnippers en diepvriesspruiten (geblancheerd) bereid in zowel warme lijn als in ontkoppelde lijn en vervolgens vergeleken op basis van behoud van groene kleur, uitzicht, bepaalde gezondheidscomponenten en geurprofiel. Prei en spruiten werden gekozen als modelmatrices van hun groentefamilies, namelijk de Allium en de Brassica groentefamilie. Deze families worden gekenmerkt door specifieke componenten die hun gezondheidsprofiel en sensorisch profiel typeren. De keuze viel op prei en spruiten aangezien deze typisch Belgisch zijn en belangrijk zijn voor de landbouw en verwerkende industrie. Bovendien is een eventuele overmatige warmtebehandeling bij groene groenten visueel direct waarneembaar doordat hun groene kleur verandert in een meer kaki-achtige tint, waardoor ze er niet meer aantrekkelijk uitzien.



Figuur 8: Spruitkool en prei.

Bereidings-, regeneratie- en warmhoudcondities

Initieel werd een bevraging uitgevoerd bij grootkeukens om de toegepaste bereidingscondities binnen de verschillende lijnen in kaart te brengen. Uit deze bevraging bleek dat groenten bij een warme lijn in combinatie met maaltijdbedeling aan huis meestal gestoomd worden, waarna ze nog maximaal drie uur worden warm gehouden. In onze experimenten simuleerden we dit door de groenten na het stomen tot drie uur warm te houden in een warmhoudbox bij 80 °C. Bij de simulatie van de ontkoppelde lijn werden de groenten na het stomen zo snel mogelijk gekoeld met een snelkoeler. De groenten werden vervolgens 1 dag bewaard bij 4 °C, daarna 50 minuten heropgewarmd bij 110 °C in een convectie regeneratiekar (hete lucht) en ten slotte nog tot één uur warm gehouden bij 70 °C in de convectie regeneratiekar. Hiermee werd het bedelen van maaltijden in een zorgsetting (ziekenhuis/rusthuis) gesimuleerd.

Daarnaast onderzochten we bij de testen in de ontkoppelde lijn of het heropwarmen van groenten met microgolven resulteert in betere kwaliteit dan het heropwarmen met conventionele regeneratiekarren (Figuur 9). Heropwarming met microgolven biedt namelijk het voordeel van een snellere opwarmtijd in vergelijking met heropwarming via convectie.



Figuur 9: Regeneratiekar voor het regenereren en het warmhouden van de groenten.

Pureren van groenten

We onderzochten ook in welke mate het vooraf pureren van groenten invloed heeft op de uiteindelijke kwaliteit bij de warme en ontkoppelde lijn (Figuur 10). Het pureren breekt de celmatrix van de groenten open wat de enzymatische werking bevordert. Uit eerdere labotesten bleek dat het mixen van rauwe groenten leidde tot een gewenste omzetting van glucosinolaten en S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide tot gezondheidsbevorderende componenten (bitterstoffen). De vraag is of deze gevormde bitterstoffen met een gezondheidsbevorderende werking een eventuele ongewenste invloed hebben op de smaak. Daarnaast wilden we nagaan welke invloed heeft op het behoud van het hittegevoelige vitamine C.



Figuur 10: Bereiding van een groentepuree.

Belangrijkste bevindingen: Vermijd lange opwarm- en regeneratietijden voor nutritioneel behoud

In een warme lijn worden groenten gestoomd tot ze volledig beetbaar zijn, terwijl groenten in een ontkoppelde lijn pas gaar moeten zijn na de regeneratie (heropwarming). De stoomtijd tijdens een ontkoppelde lijn kan daarom aanzienlijk korter zijn dan in een warme lijn. Dit weerspiegelt zich ook duidelijk in een groter verlies aan vitamine C tijdens de initiële bereidingstap van de warme lijn bij prei. Bij de ontkoppelde lijn bleven de verliezen aan vitamine C na het stomen, snel koelen en 1 dag bewaren bij 4°C vrij beperkt.

Toch blijkt die kortere stoomtijd bij een ontkoppelde lijn bij zowel prei als spruiten onvoldoende om het extra verlies aan vitaminen tijdens de daaropvolgende lange regeneratie (50 min bij 110 °C) te compenseren.

Wat betreft de vluchtige profielen (die de geur kunnen beïnvloeden) werd gezien dat het stomen een effect had op de componenten in zowel de warme als de ontkoppelde lijn. Het effect op niet-geblancheerde preisnippers was aanzienlijk groter dan het effect op geblancheerde spruiten. Dit geeft al een duidelijke indicatie dat het vooraf blancheren al heel wat reactiviteiten in de matrix stil legt en dus een bepalende factor is voor het uiteindelijke vluchtig profiel. Er werd opgemerkt dat het heropwarmen met een huishoudmicrogolf of via convectie niet tot een significant verschillend vluchtig profiel leidde voor spruiten en slechts in een beperkte mate voor de prei.

Microgolven kunnen vitamine C verlies beperken in ontkoppelde lijn

Uit de resultaten bleek dat de klassieke regeneratiestap via convectie een duidelijk negatieve impact had op het behoud van nutriënten zoals vitamine C. Daarom werd het potentieel van microgolftechnologie voor regeneratie onderzocht. Hoewel huishoudelijke microgolfovens alom bekend zijn voor hun snelheid van opwarmen, zijn ze niet geschikt voor grootkeukens vanwege hun beperkte capaciteit. Een **in-line microgolf** zou hier mogelijk wel een oplossing kunnen bieden (Figuur 11).



Figuur 11: In-line microgolf.

Eerste resultaten met zowel een huishoudmicrogolf als met een in-line microgolf hebben aangetoond dat deze snelle heropwarming van groenten wel degelijk leidt tot een aanzienlijk beter behoud van vitamine C. Het vitamine C-gehalte na regeneratie met microgolven in de ontkoppelde lijn was vergelijkbaar met het vitamine C-gehalte na het stomen in de warme lijn. Verder onderzoek is nodig voor de optimalisatie en praktische implementatie van deze technologie in een grootkeuken.

Hoe lang mag een maaltijd worden warm gehouden?

Ook de warmhoudtijd heeft een duidelijke impact op het vitamine C-gehalte. Langer warmhouden leidde niet alleen tot een steeds groter verlies aan vitamine C, maar ook tot een steeds minder aantrekkelijke groene kleur. Daarnaast had de warmhoudtijd ook een invloed op de geurcomponenten in zowel de warme als de ontkoppelde lijn, maar het effect was wel kleiner dan bij de bereidingsstap. Zowel het nutritioneel profiel als de kleur, geur, textuur en smaak moeten worden meegenomen om de maximaal aanvaardbare warmhoudtijd per proces te bepalen.

In het algemeen kan gezegd worden dat bij de geteste groenten, om het behoud van vitamine C en kleur te waarborgen, de warmhoudtijd best beperkt blijft tot 45-60 minuten.

Vooraf pureren van groenten voor de bereiding is nefast voor vitamine C behoud, maar biedt potentieel voor de vorming van andere gezondheidsbevorderende componenten.

Het pureren van groenten leidt tot celdisruptie, hetgeen de conversie van een stabiele naar onstabiele vorm van vitamine C faciliteert. Deze onstabiele vorm is hittegevoelig en gaat verloren bij verhitten. De bereiding door het stomen van gepureerde groenten, gaf dan ook een veel groter verlies aan vitamine C in vergelijking met intacte groenten. Het pureren van verse prei kan echter ook de omzetting van S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide tot zwavelverbindingen faciliteren. Deze verbindingen hebben gezondheidsbevorderende eigenschappen en zijn bovendien uniek voor groenten van de Allium familie. Op nutritioneel vlak zijn ze dus zeker gewenst, maar deze zwavelverbindingen hebben ook een typerend aroma. Uit het geurprofiel bleek de respectievelijke impact van de verschillende bereidingslijnen groter te zijn voor de gepureerde systemen dan voor de versnipperde prei of de intacte spruiten. Het vooraf pureren had vooral een negatieve invloed op de smaak van de niet-geblancheerde prei. Dit gaf aanleiding tot een uitgesproken bittere smaak na bereiding. Bij geblancheerde spruiten was die smaakafwijking een stuk minder uitgesproken. Bijkomende in vivo sensorische testen zijn nodig om hier meer inzicht te kunnen bieden.

Uit onze testen bleek dat

- Bereiden van groenten in de ontkoppelde lijn leidde tot een groter verlies aan vitamine C dan in de warme lijn. Alternatieve regeneratietechnieken, zoals microgolven, kunnen dit grotere verlies aan vitamine C tijdens de regeneratie beperken.
- Bij zowel de warme als ontkoppelde lijn werd een grotere impact gezien van stomen op de kwaliteit van niet-geblancheerde prei(puree), dan op de spruit(enpuree), wat toegeschreven kan worden aan het vooraf blancheren van de spruiten.
- Warmhouden van prei en spruiten is nadelig voor zowel het vitamine C gehalte als de gewenste groene kleur. Er wordt aangeraden om warmhoudtijden te beperken. De impact op het bekomen vluchtig profiel was beperkt.
- Vooraf pureren van groenten voor de bereidingsstap resulteert enerzijds in het verlies van de vitamine C, maar bevordert anderzijds de omzetting van S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide naar gezondheidsbevorderende zwavelverbindingen bij prei. Deze verbindingen kunnen echter een vaak ongewenste impact hebben op de smaak van groenten. Voor de vluchtige profielen was de impact op gepureerde systemen groter dan bij de intacte/versnipperde systemen.

4. Het effect van semi-industriële vermaling en verhitting van spruitkool en prei op de fysico-chemische, nutritionele en sensorische kwaliteit

Industriële verwerking van groenten tot een groentepuree kan via verschillende vermaaltechnieken gebeuren. Als conservering zijn er ook verschillende verhittingstechnieken mogelijk. Maar wat is de impact hiervan op de fysico-chemische, nutritionele en sensorische kwaliteit van groenten? Dit werd onderzocht voor spruitkool en prei met de pilootapparatuur van de Food Pilot in Melle.

Semi-industriële verwerking van groenten tot puree

Vermaaltechnieken hebben elk hun unieke snijtechniek, waarbij weefselbeschadiging optreedt. Deze beschadiging zorgt ervoor dat fysische barrières tussen enzym en substraat, die bij intacte groenten gescheiden zijn van elkaar, worden gebroken en dus met elkaar gaan interageren. Elke vermaaltechniek beïnvloedt zo de fysische eigenschappen van de puree, waardoor (on)wenselijke (bio)chemische (enzymatische en niet-enzymatische) reacties kunnen plaatsvinden.

Gebruikelijk vindt er tijdens de procesflow ook een **thermische behandelingsstap** plaats als conserveringsstap. Ook deze stap kan via verschillende soorten processen uitgevoerd worden die eveneens een invloed kunnen hebben op de kwaliteit van het product. En niet alleen het type techniek speelt een rol, ook de volgorde van de verschillende eenheidsbewerkingen, vermalen en verhitten, bepaalt mee de eindkwaliteit.

Het VeggieChain-project

In dit deel worden de resultaten uitgelicht waarbij de processtappen werden opgeschaald met behulp van de piloottoestellen aanwezig in de Food Pilot. De impact van verschillende types vermaaltechnieken op de fysico-chemie (deeltjesgrootte, viscositeit, kleur, ...) en op gezondheids- en geurcomponenten werd onder de loep genomen. Ook werd gekeken of het type van verhittingsmethode op pilotschaal ook een impact kan hebben. Wat betreft de gezondheidscomponenten werd specifiek ingezoomd op de glucosinolaten (aanwezige substraten in Brassica groenten zoals spruitkool), alk(en)yl cysteïne sulfoxiden (ACSO's) (aanwezige substraten in Allium groenten zoals prei) en het vitamine C-gehalte. Omzettingen van glucosinolaten en ACSO's tot hun respectievelijke reactieproducten kunnen een gunstig gezondheidseffect meebrengen, terwijl de conversie van vitamine C minder gewenst is. De testen werden uitgevoerd op **prei** en **spruitkool**.

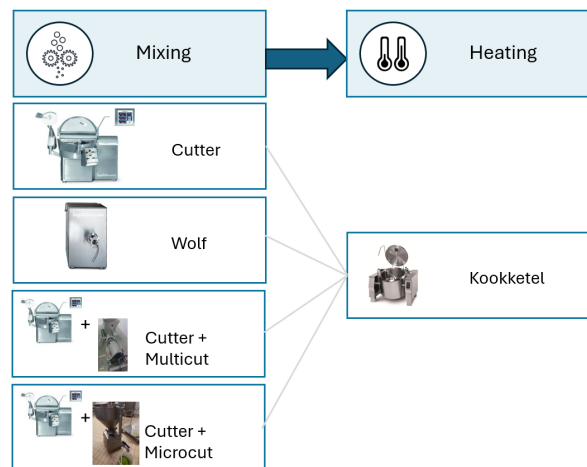


Kennis halen uit type vermalen

De verschillende semi-industriële vermaaltechnieken toegepast op vers geoogste prei en spruiten, zijn:

- Cutteren met de Seydelmann K64AC8 (=Cutter)
- Vermalen met de Seydelmann MD 114, zeefgrootte 3mm (=Wolf)
- Een combinatie van Cutter (Seydelmann K64AC8) en Multicut (GEA) (=Multicut)
- Een combinatie van Cutter (Seydelmann K64AC8) en Microcut (MC10/2, 50µm) (=Microcut)

Na vermalen werden de bekomen purees vacuüm verpakt en onmiddellijk afgekoeld in ijswater om eventuele reacties, geïnduceerd door de vermaalstap, te vertragen. Om een stabiel product te bekomen, werden ze vervolgens onderworpen aan een standaard hittebehandeling in heet water (96 °C - 15 min) (Figuur 12).



Figuur 12: Overzicht van de toegepaste vermalings- en hittebehandelingsstap: verschillende vermaaltechnieken werden uitgevoerd om de impact hiervan te bepalen op de gezondheids- en sensorische kwaliteit en de fysico-chemische eigenschappen van spruitkool en prei.

Uit de resultaten blijkt dat het type vermaaltechniek een bepaalde invloed heeft op de **fysico-chemische** eigenschappen van de puree. Voor zowel spruitkool als prei werd de fijnste puree verkregen met de cutter, en microcut. Bij de andere technieken was de puree heterogener en waren er grotere deeltjes aanwezig (>2mm). Dit verschil in deeltjesgrootte resulteerde ook in een verschil in viscositeit van de puree. Bij spruitkool werd een hogere viscositeit gemeten voor de stalen vermalen met de wolf, terwijl de gecutterde stalen de laagste waarden hadden, of het meest vloeibaar waren. Bij prei waren de verschillen kleiner, maar werd een omgekeerde trend waargenomen.

Wat betreft de **gezondheidseigenschappen** werden slechts kleine verschillen vastgesteld in vitamine C-gehalte tussen de verschillende vermaaltechnieken, en dit bij beide groenten. Bij alle technieken werd een omzetting van de stabiele naar de onstabiele vorm van vitamine C waargenomen, die vervolgens weggeëerde bij verhitting. Bij spruitkool werd een verschil waargenomen in het behoud van glucosinolaten. Het staal vermalen met de wolf, had de grootste deeltjesgrootte en vertoonde het hoogste gehalte aan deze componenten, terwijl het microcut-staal het laagste behoud had. Dit is mogelijk het gevolg van een hogere interactie van het enzym myrosinase met de glucosinolaten als gevolg van het fijner vermalen. Bij prei had het type vermalen minder invloed op het behoud van de typische ACSO's.

Voor spruitkool werd wel een effect van het type vermalen waargenomen op de **aromacomponenten**. Tijdens het vermalen werden de componenten (E)-2-hexanal, dimethyl sulfide en 1-heptene-3-one beïnvloed. De eerste daalde na vermalen, wat zou kunnen resulteren in een minder groene geur, terwijl de laatste twee, die geassocieerd zijn met zwavel- en geraniumachtige geuren, toenamen. De aromacomponenten van prei werden minder beïnvloed door het type vermalen, hoewel bij alle purees een lager gehalte aan hexanal werd gedetecteerd.

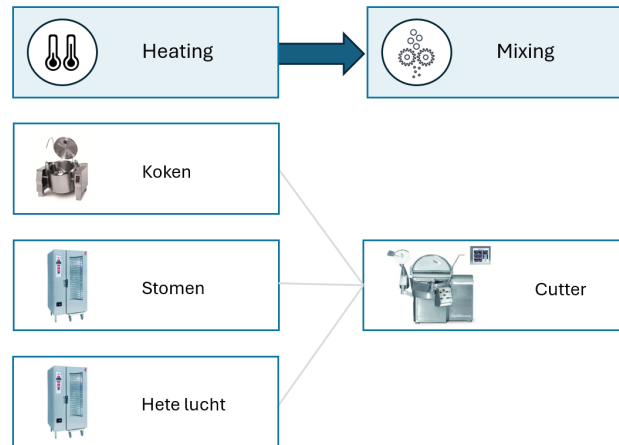
Is verhitting gewoon warmte toevoegen? Kan type verhitting toch een effect hebben?

Naast vermalen vindt vaak ook een stap als conservering plaats. Hiervoor werden verschillende semi-industriële technieken toegepast op spruitkool en prei om hun invloed te onderzoeken. Spruitkool werd in zijn geheel verhit, terwijl prei in ringen van 1 cm werd gesneden om deze nadien te verhitten.

De gebruikte verhittingstechnieken zijn:

- Koken in water (kettle Firex Major Line Basket 130)
- Stomen (Convotherm OES 20-10GN)
- Hete lucht verhitting (Convotherm OES 20-10GN)

Voor alle technieken werd dezelfde temperatuur (100 °C) en verhittingsduur toegepast. Deze laatste bedroeg 35 min voor spruitkool en 18 min voor prei. Na verhitting werd er onmiddellijk afgekoeld en werden de groenten nadien steeds op dezelfde manier vermalen ter staalvoorbereiding (Seydelman K64AC8) (Figuur 13).



Figuur 13: Overzicht van de toegepaste verhitting: Verschillende verhittingstechnieken werden uitgevoerd om de impact hiervan te bepalen op de gezondheids- en sensorische kwaliteit en de fysico-chemische eigenschappen van spruitkool en prei.

Een snellere opwarming werd bij beide groenten bereikt door te koken, terwijl de traagste opwarming bij hete lucht verhitting plaatsvond. Om dezelfde kerntemperatuur te bereiken, zou daarom langer moeten worden verhit met hete lucht in vergelijking met koken in water of stomen.

Voor spruitkool werd aangetoond dat koken op vlak van fysico-chemische eigenschappen resulteerde in een beter behoud van de groene kleur, een kleinere deeltjesgrootte en lagere viscositeit, in vergelijking met de andere twee technieken. Verhitting met hete lucht scoorde daarentegen het laagste op deze eigenschappen. Dit toont aan dat een snellere verhitting en een hogere kerntemperatuur een impact had op deze karakteristieken. Koken zorgde tevens voor een hoger behoud van vitamine C in vergelijking met de andere twee technieken, waarbij het lucht verhitte staal het laagste behoud vertoonde. Het gehalte aan glucosinolaten daalde na koken, wat te verklaren kan zijn door uitloging naar het kookwater of hitte-instabiliteit.

Daarnaast gaven de drie verschillende verhittingstechnieken elk een ander volatiel profiel. Pentanal, gekenmerkt door zijn scherpe geur, was minder aanwezig bij het gekookte staal. Benzeenpropaannitril, met een florale geur, was het meest aanwezig bij het gestoomde staal, vervolgens bij het gekookte staal, en het minst bij het met hete lucht verhitte staal.

Bij prei werden vergelijkbare trends vastgesteld. Ook hier resulteerde koken in een fijnere puree. Toch waren de verschillen tussen de verhittingstechnieken op vlak van viscositeit kleiner. Ook op vlak van gezondheidseigenschappen zoals vitamine C was er een beperkt verschil in vitamine C na koken, hete lucht of stomen. De ACSO's werden echter beter behouden wanneer verhit werd in een hete lucht oven. Ook hier kunnen uitloging of hitte-instabiliteit tijdens koken en stomen mogelijke oorzaken zijn. De verschillende verhittingstechnieken resulteren in sterk uiteenlopende vluchtige profielen bij prei. Methyl-propyl-trisulfide en (E)-1-prop-1-en-1-yl-2-propyldisulfaan werden in afnemende concentratie gemeten bij de oven verhitte, gestoomde en gekookte stalen. Deze componenten worden gelinkt aan een uien-, knoflook- en metaalachtige geur voor de eerste en een zwavel-uiengeur voor de tweede component.

Behandeling op maat

Deze bevindingen tonen aan dat de keuze van **vermaaltechniek** een invloed kan hebben op de fysico-chemische eigenschappen van beide groentefamilies. Deze keuze blijkt ook van groter belang te zijn voor de gezondheids- en aromacomponenten van spruitkool, in vergelijking met prei. De impact van vermalen op deze componenten is namelijk groter voor spruitkool.

Ook het **type verhitten** speelt een rol in de uiteindelijke fysico-chemische eigenschappen van beide groentepurees, waarbij koken resulteerde in een meer vloeibare puree en kleinere deeltjesgrootte. Op vlak van gezondheidseigenschappen zorgde het stomen en verhitten met hete lucht voor een hoger behoud in glucosinolaten (spruitkool) en ACSO's (prei). Het vitamine C gehalte verschilde niet voor prei, maar was, in het geval van spruitkool, hoger bij de gekookte stalen.

Deze bevindingen op pilotschaal benadrukken het belang van een zorgvuldige keuze van vermaal- en verhittingstechniek, afhankelijk van de gewenste eigenschappen en bestemming van het eindproduct en type groente.

5. Prei van oogst tot vriesvak: de industriële verwerking

In een typische industriële procesflow ondergaan groenten een blancheerstep alvorens in te vriezen. Bij het blancheren worden groenten aan een verhittingsstep onderworpen om enzymen die de kwaliteit aantasten te inactiveren om zo kwaliteitsveranderingen die mogelijk kunnen optreden tijdens de bevroren bewaring te minimaliseren. Prei vormt echter een uitzondering en wordt in de industrie typisch niet geblancheerd alvorens in te vriezen. Het blancheren van prei zorgt voor textuur- en organoleptische problemen tijdens ontdooiing. Niettegenstaande werd in eerdere bevindingen binnen het VeggieChain-project aangetoond dat het vermijden van de blancheerstep een negatieve impact kan hebben op de gezondheidsgerelateerde kwaliteit (Vancoillie *et al.*, 2024).

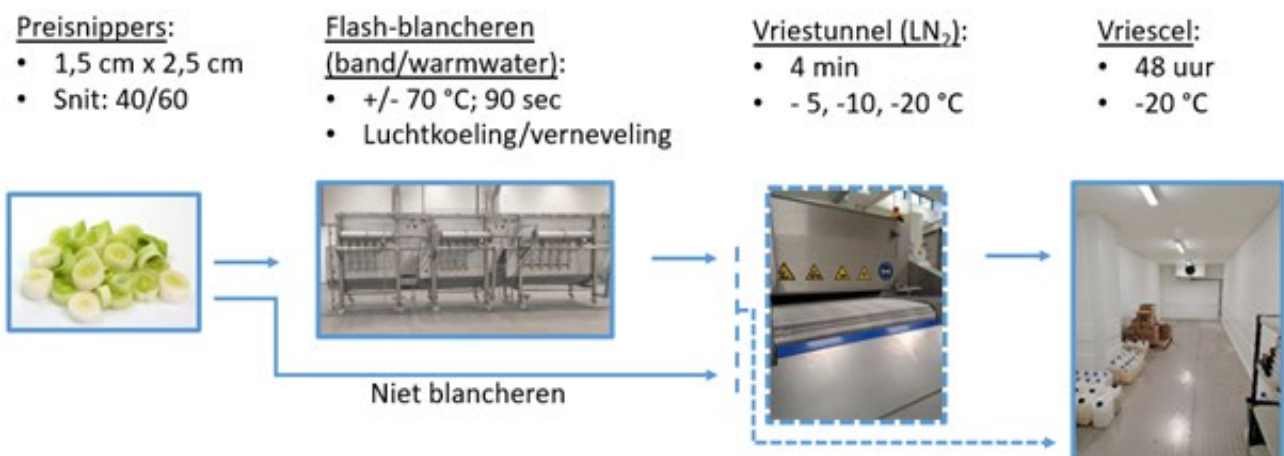
Een minder intensieve blancheerstep die maar heel kort plaatsvindt (cfr. flash-blancheren) t.o.v. conventioneel blancheren kan mogelijk de textuur toch behouden en (organoleptische en gezondheidsgerelateerde) kwaliteitsveranderingen tijdens bewaring en regeneratie minimaliseren.

Na blancheren worden groenten ingevroren. Deze processtep wordt gebruikelijk via IQF-(individual Quick Frozen) technieken toegepast waarbij de groenten individueel (zeer) snel bevroren worden bij (zeer) lage temperaturen. Dit in tegenstelling tot statisch (traag) invriezen waarbij groenten in grotere hoeveelheden als geheel ingevroren worden zoals bij consumenten thuis. De manier waarop groenten worden ingevroren tot (gebruikelijk) $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ en daarna bewaard, kan echter een bepaald effect hebben op de kwaliteit van het product tijdens en na de bewaring.

Een continue procesvoering op pilotschaal in het VeggieChain-project

In dit deel wordt gefocust op de opschaling van het uitgevoerde onderzoek via de pilootinfrastructuur van UGent VEG-i-TEC in Kortrijk en bij de Food Pilot in Melle. De stabiliteit van de organoleptische, sensorische en nutritionele kwaliteit en de impact van de procesvoering daarop werd daarna geëvalueerd tijdens bewaring alsook na ontdooien. Naast de impact van het al dan niet flash-blancheren werd de impact van de snelheid en de eindtemperatuur van invriezen bekeken waarbij de uiterste mogelijkheden (via statische vriezer (vriescel) en/of via snelle cryogene tunnelvriezer) werden onderzocht.

Figuur 14 geeft de gevolgde procesflow en belangrijkste procescondities weer. Figuur 15 toont de preisnippers tijdens de verschillende processtappen.



Figuur 14: Procesflow voor het verwerken van prei met diverse pilootinstallaties uitgevoerd in lijn voor finale bewaring bij $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Er werd steeds vertrokken van vers geogoste prei waarbij deze in snippers werd versneden met een 60/40 groen/wit verhouding. Een continue verwerkingscapaciteit van ongeveer 100 kg/uur werd beoogd. De preisnippers werden na versnijden al dan niet geblancheerd vooraleer ze in te vriezen. Hierbij werd gebruik gemaakt van snel invriezen via een vriestunnel tot verschillende eindtemperaturen met vloeibare stikstof (LN₂) om IQF-ingevroren preisnippers te bekomen vooraleer de snippers in bulk bij -20 °C te laten stabiliseren voor 48 uur. De temperatuur waarbij de snippers de tunnelvriezer verlieten werd gevarieerd. Om een (uitgebreide) vergelijking te maken werden zowel flash-geblancheerde als niet-geblancheerde preisnippers ook op een trage invriessnelheid ingevroren door ze rechtstreeks in de vriescel op te slaan voor 48 uur (cfr. zonder tunnelvriezer).



Figuur 15: Prei en preisnippers gedurende de verschillende processtappen.

Na de bulkopslag bij -20 °C werd alle prei verpakt en bewaard bij -15 °C voor uitvoeren van een versnelde houdbaarheidstest bij een relevante bewaartemperatuur voor consumenten thuis, die vaak hoger is dan de meer industrieel gebruikte bewaarconditie van -20 °C. De evolutie van sensorische en nutritionele kwaliteitscomponenten werd zo gedurende 16 weken opgevolgd. Daarnaast werd ook de impact van de ontdooisnelheid op de kwaliteitscomponenten bepaald.

Wat brengt flash-blancheren bij tot de kwaliteit en stabiliteit doorheen bevroren bewaring?

Tijdens het flash-blancheren werd gebruikgemaakt van warm water op 70 °C, dat continu over de preisnippers werd gespreid. De verblijftijd van de preisnippers in de blancheerzone was 90 seconden vooraleer het terug afkoelen van de snippers d.m.v. luchtkoeling (met waterverneveling) en ontwatering. Bij vergelijken van wel- en niet-geblancheerde preisnippers doorheen bewaring (na snel invriezen tot -20 °C) kon geconcludeerd worden dat er duidelijk een stabiliserend effect optreedt door het flash-blancheren. Na een bewaring van 16 weken bij -15 °C werd een merkbaar hogere hoeveelheid vitamine C gevonden in de geblancheerde preisnippers in vergelijking met de niet-geblancheerde snippers. Echter was er wel een initiële daling in de vitamine C-concentratie merkbaar door het flash-blancheerproces (voor het invriezen), wat te wijten was aan uitloging en hitte-instabiliteit. Er werd geen duidelijke impact van flash-blancheren vastgesteld op de ACSOn (cfr. groepsnaam van smaakbepalende zwavelhoudende verbindingen ofwel S-alk(en)yl cysteine sulfoxiden). Wat betreft de vluchtige profielen werd waargenomen dat deze stabiel bleven doorheen de bewaring bij -15 °C voor de flash-geblancheerde preisnippers, terwijl er bij de niet-geblancheerde preisnippers wel veranderingen werden opgemerkt. Met betrekking tot de textuur (hardheid) zorgde het blancheren voor een zachter product (voor het invriezen). Na het invriezen van zowel geblancheerde als niet-geblancheerde preisnippers kon echter geen verschil meer worden waargenomen tussen beide, zowel in hardheid als in kleur.

Snel ingevroren preisnippers tot een temperatuur van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, al dan niet geblancheerd, werden vervolgens ontdooid op verschillende snelheden (cfr. temperaturen) in een commerciële verpakking. Dit door de zakjes prei te ontdooiden in een thermostatische kast bij $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ of via microgolf opwarming (8 min, 160 W). Op die manier werden mogelijke consumentenscenario's gesimuleerd. Het ontdooiden van geblancheerde preisnippers had geen effect op aanwezige vitamine C en ACSOn in tegenstelling tot niet-geblancheerde prei. Het blancheren resulteerde wellicht in de inactivatie van de betrokken enzymen. Er werden geen verschillen gezien tussen de ontdooicondities op vlak van kleur, textuur, vochtgehalte en dripverlies. Wel vertoonden de geblancheerde stalen een hoger vochtgehalte en een groter dripverlies. De manier van ontdooiden had enkel voor de niet-geblancheerde preisnippers een dermate impact op de bekomen volatiele profielen. Voornamelijk tussen de volatiele profielen na microgolfopwarming enerzijds en de volatiele profielen na ontdooiden bij de verschillende temperaturen anderzijds, kon een verschil worden waargenomen. Door het initieel stilleggen van het systeem in een bepaalde mate door het flash-blancheren, kon voor de geblancheerde preisnippers deze verschillen niet worden waargenomen en bleek het type van ontdooiden dus geen effect te hebben op de bekomen vluchtige fractie.

Hoe beïnvloedt de invriessnelheid de stabiliteit van kwaliteitscomponenten? Is er een (economische) impact op de procesvoering zonder in te boeten op de kwaliteit?

Het snelle invriesproces vond plaats in een cryogene vriestunnel, waarbij vloeibare stikstof gebruikt werd als koelmedium. Door de inwendige temperatuur in de tunnel (isotherme omgeving) aan te passen, werd de gewenste eindproducttemperatuur bereikt, waarbij de preisnippers steeds een verblijfstijd van 4 minuten in de vriestunnel hadden. Het snel (IQF) ingevroren product met variabele eindproducttemperatuur werd in bulk opgevangen bij de uitvoer van de tunnel. De preisnippers die tot $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ waren ingevroren, vertoonden echter een klevend gedrag, terwijl de snippers ingevroren tot $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ dit gedrag niet vertoonden. Het trage invriesproces werd uitgevoerd door middel van statisch invriezen in een vriescel van $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ voor zowel flash-geblancheerde als niet-geblancheerde snippers. De verschillende ingevroren preisnippers werden daarna onderworpen aan een bewaring bij $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Er werd algemeen vastgesteld dat de snel ingevroren preisnippers minder vriesschade opliepen dan de traag ingevroren preisnippers, hoewel dit effect ondergeschikt leek aan de membraanschade die door flash-blancheren kan worden veroorzaakt. De invriessnelheid alsook bereikte eindtemperatuur na snelvriezen leek geen duidelijke impact te hebben op de stabiliteit van zowel vitamine C als ACSOn doorheen bewaring. Indien het snelle vriesproces minder intensief wordt uitgevoerd (bv. door de eindtemperatuur van de preisnippers op $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i.p.v. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ te stellen voordat het product naar de bulkvriescel wordt overgebracht), kan dit mogelijk leiden tot een energiebesparing tijdens het productieproces zonder de nutritionele productkwaliteit negatief te beïnvloeden.

Wat betreft het vluchtig profiel, werd waargenomen dat de invriessnelheid een substantiële invloed heeft op de volatiele profielen van preisnippers, vooral als deze niet vooraf geblancheerd zijn. Dit benadrukt dat de voorbehandelingsstap een bepalende rol kan spelen in de effecten van de daaropvolgende stappen. Wanneer specifiek ingezoomd werd op de impact van de eindtemperatuur van het snelle invriesproces bij flash-geblancheerde preisnippers, bleek dat de preisnippers snel ingevroren tot $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ een gelijkaardig profiel hadden, dat opmerkelijk verschilde van de snel ingevroren preisnippers tot $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Algemeen kon worden gesteld dat het effect van de invriessnelheid groter was dan het effect van de bevroren bewaring bij $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ op het verkregen volatiel profiel.

Conclusies met oog op een praktische toepassing

De bevindingen op pilotschaal via een continue procesvoering hebben ons getoond dat:

- De variabiliteit in het startmateriaal (cfr. aandeel wit en groen deel van de preistengel) een grote impact heeft op nutritionele kwaliteitsparameters (voornamelijk ACSOn). Hierdoor kon mogelijk de impact van bepaalde verwerkingstechnieken zoals flash-blancheren en invriezen op concentraties doorheen bewaring niet waargenomen worden.
- Flash-blancheren potentieel heeft om de nutritionele en aromatische kwaliteit te behouden tijdens diepgevroren bewaren en ontdooiing, zonder in te boeten op de structuur van het product.
- Het snel invriezen tot een hogere eindtemperatuur (bv. $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ i.p.v. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), de deur opent voor mogelijke kostenbesparingen (energiebesparing) zonder de nutritionele kwaliteit van het product te verminderen. Op de bekomen vluchtige profielen heeft de eindtemperatuur van snel invriezen echter wel een bepaald effect. Dit zou verder geverifieerd kunnen worden via sensorische testen om te onderzoeken in hoeverre deze verschillen waarneembaar zouden zijn voor de consument. Daarnaast dient het product echter wel voldoende snel en laag in temperatuur te worden ingevroren om kleven van product te vermijden.

Een gedetailleerde verslaggeving van deze resultaten is momenteel onder review bij wetenschappelijke tijdschriften.

Bronnen

- Delbaere, S.M., Bernaerts, T., Vangrunderbeek, M., Vancoillie, F., Hendrickx, M.E., Grauwet, T., Van Loey, A.M. (2022). The volatile profile of Brussels sprouts (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) as affected by pulsed electric fields in comparison to other pretreatments, selected to steer (bio)chemical reactions. *Foods*, 11, 2892. <https://doi.org/10.3390/foods11182892>.
- Delbaere, S.M., Bernaerts, T., Buvé, C., Vancoillie, F., Hendrickx, M.E., Grauwet, T., Van Loey, A.M. (2022). Comparing the effect of several pretreatment steps, selected to steer (bio)chemical reactions, on the volatile profile of leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*). *LWT*, 172, 114205. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114205>
- Delbaere, S.M., Bernaerts, T., Vangrunderbeek, M., Vancoillie F., Hendrickx, M.E., Grauwet, T., Van Loey, A.M. (2023). The volatile profile of pasteurized leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*) and Brussels sprouts (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) (products), as a witness to (bio)chemical reactivity, influenced by pretreatment and successive refrigerated storage. *Food Research International*, 169, 112864. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112864>
- Delbaere, S.M., Bernaerts, T., Verlooy, G., Vancoillie, F., Hendrickx, M.E., Grauwet, T., Van Loey, A.M. (2024). How do pretreatment and frozen storage impact the volatile profiles of Brussels sprouts and leek. *Food Research International*, 192, 114750. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114750>
- Delbaere, S.M., Vancoillie, F., Callens, A., Vanhegen, K., Sleurs, E., Duyck, Y., Van Poucke, C., Hendrickx, M.E., Grauwet, T., Van Loey, A.M. From post-harvest to consumer: impact of consecutive steps through the food chain on the quality of Brussels sprouts, with a special focus on preparation and reheating as applied in large-scale kitchens. Submitted.
- Vancoillie, F., Verkempinck, S.H.E., Delbaere S.M., Van Poucke, C., Hendrickx, M.E., Van Loey, A.M., Grauwet, T. (2023) Controlling (bio)chemical conversions of health-related plant-based compounds by processing: The case of Brussels sprouts and leek. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 88, 103441. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103441>
- Vancoillie, F., Verkempinck, S.H.E., Sluys, L., De Mazière, S., Delbaere, S.M., Van Poucke, C., Hendrickx, M.E., Van Loey A.M., Grauwet, T. (2024) Impact of refrigerated storage on (bio)chemical conversions of health-related compounds in pretreated, pasteurized Brussels sprouts and leek. *Food Research International*, 175, 113764. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113764>
- Vancoillie, F., Verkempinck, S.H.E., Sluys, L., De Mazière, S., Van Poucke, C., Hendrickx, M.E., Van Loey, A.M., Grauwet, T. (2024). Stability and bioaccessibility of micronutrients and phytochemicals present in processed leek and Brussels sprouts during static in vitro digestion. *Food Chemistry*, 445, 138644. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138644>
- Vancoillie, F., Verkempinck, S.H.E., Kemp, L., De Mazière, S., Delbaere, S.M., Van Poucke, C., Hendrickx, M.E., Van Loey, A.M., Grauwet, T. (2024) Impact of frozen storage and pretreatment conditions on health-related compound stability kinetics in leeks and Brussels sprouts. *LWT*, 204, 116457. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116457>
- Vancoillie, F., Verkempinck, S.H.E., Hendrickx, M.E., Van Loey, A.M., Grauwet, T. (2024). Farm to fork stability of phytochemicals and micronutrients in *Brassica oleracea* and *Allium* vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72, 16545-16568. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.4c00265>
- Vancoillie, F., Delbaere, S., Callens, A., Vanhegen, K., Kemp, L., Van Poucke, C., Hendrickx, M.E., Verkempinck, S.H.E., Van Loey, A.M., Grauwet, T. Preparation and reheating in industrial kitchens affects nutritional and sensorial quality of leek products. Submitted.
- Vancoillie, F., Duyck, Y.E., Chys, M., Bernaert, N., De Man, S., Van Poucke, C., Delbaere, S., Verkempinck, S.H.E., Van Loey, A.M., Sampers, I., Grauwet, T. (2024). Impact of the frozen vegetable processing chain on health-related compounds: a pilot-scale study on leek (*Allium ampeloprasum* var. *porrum*). In preparation.
- Verkempinck, S.H.E., Hendrickx, M.E.G., Van Loey, A., Grauwet, T. (2023) Engineering strategies to modulate nutrient digestion kinetics and bioaccessibility of plant-based foods. *Current Opinion in Food Science*, 52, 101052. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101052>

Auteurs

An Callens - VIVES

Ann Van Loey - KU Leuven

Flore Vancoillie - KU Leuven

Imca Sampers - UGent

Kaat Vanhegen - VIVES

Michael Chys - UGent

Nathalie Bernaert - ILVO

Sofie De Man - ILVO

Sophie Delbaere - KU Leuven

Tara Grauwet - KU Leuven

Eindredactie

Bjorn Samson - Flanders' FOOD

Greet Cleemput - Flanders' FOOD

Maarten Uyttebroek - Flanders' FOOD

Margaux Leemans - Flanders' FOOD



VLAIO



**FLANDERS'
FOOD**

samen voor **#sterkgroeien**

Meer starters, meer blijvers, meer groeiers: daar gaan we voor!
VLAIO en de clusters willen samenwerking tussen ondernemingen,
kennisinstellingen en overheden faciliteren.

Flanders' FOOD is de speerpuntcluster voor agrovoedingsindustrie.
Ontdek de andere clusters op www.vlaio.be/clusters. **#sterkgroeien**

KU LEUVEN



ILVO
Instituut voor Landbouw-
Visserij- en Voedingsonderzoek

hogeschool
VIVES