



Voedselveiligheid van uienreststromen

Els van Uffelen

Januari 2022

Voedselveiligheid van uienreststromen

Els van Uffelen

Januari 2022

Project **Pulp Vision**

Werkpakket Pulp Safety

SIA-RAAK-MKB nr.: **RAAK.MKB11.021**

Looptijd van 14/02/2020 tot 03/02/2022

Onderzoekslijn **Health & Food**

Research and Innovation Centre Agri, Food & Life Sciences

Hogeschool Inholland

Dit werk mag gebruikt worden onder de Creative Commons

voorwaarden **Naamsvermelding-Niet Commercieel-Gelijk Delen (CC BY-NC-SA)**



1 Samenvatting

De fysische, chemische en microbiologische gevaren van het opwerken van vezelcomponenten uit reststromen van uien zijn geanalyseerd op basis van literatuuronderzoek. Uienreststromen zijn geschikt voor het winnen van olie door middel van stoomdestillatie of eiwitten door middel van isoelektrische precipitatie. Bij deze processen wordt ook de uienschil verwerkt. Er blijft o.a. een vezelrijke fractie over die in principe geschikt is voor humane consumptie.

Fysische vreemde delen vormen zeer zelden een acuut risico voor de gezondheid. Zware delen zoals stenen en metalen onderdelen kunnen wel machines beschadigen. Deze kunnen met een wasstap verwijderd worden. Lichtere delen als plastic worden hierbij niet verwijderd en worden vermalen met de ui. Vreemde delen moeten kleiner zijn dan 7 mm om als veilig te worden beschouwd, maar over gevaren van microplastics is weinig bekend.

Chemische gevaren zijn onder andere anti-nutritionele factoren, desinfectiemiddelen, pesticiden, zware metalen en mycotoxines. Anti-nutritionele factoren en desinfectiemiddelen vormen in het geval van uienreststromen geen risico. De meest voorkomende pesticiden op ui zijn maleïnehydrazide, fluopyram en fipronil. Incidenteel kan de maximaal toelaatbare hoeveelheid van een pesticide overschreden worden, maar dit heeft geen acute nadelige gezondheidsgevolgen. Van zware metalen is er alleen Europese wetgeving voor gehalten aan lood en cadmium in ui. Waarschijnlijk zullen de hoogste concentraties cadmium aanwezig zijn in eiwitpasta en de hoogste concentraties lood in siroop die naast vezels ook gewonnen kan worden. Er zijn geen data beschikbaar over gehalten aan zware metalen in uienschillen.

Voor toxines geproduceerd door schimmels, zoals mycotoxines uit *Alternaria* en fumonisines, is geen Europese wetgeving. Deze kunnen mogelijk schadelijk zijn voor de gezondheid, maar hier is meer onderzoek voor nodig. Microbiologische gevaren voor de processen zijn gerelateerd aan vegetatieve cellen, toxines of sporen van pathogenen. Vegetatieve cellen zijn alleen een risico voor onverhitte vezelfracties of na kruisbesmetting. Toxines van *Staphylococcus aureus* en *Bacillus cereus* kunnen nog actief zijn na stoomdestillatie en ook na pasteurisatie van eiwitpasta. Hetzelfde geldt voor de sporen van *B. cereus*, *Clostridium botulinum* en *C. perfringens*. Om ontkieming van sporen te voorkomen moet de uienstroom boven 48 °C gehouden worden of snel worden gekoeld (<8 °C).

2 Inhoudsopgave

1	Samenvatting.....	2
3	Introductie.....	4
4	Achtgrondinformatie ui.....	5
5	Processen uienpulp	7
6	Recalls.....	9
7	Risicoanalyse fysische gevaren.....	11
8	Risicoanalyse chemische gevaren	12
8.1	Anti-nutritionele factoren	12
8.2	Desinfectiemiddelen.....	12
8.3	Pesticiden	13
8.3.1	Maleïnehydrazide.....	18
8.3.2	Fluopyram.....	19
8.3.3	Chloorprofam	19
8.3.4	Fipronil.....	20
8.3.5	Cypermethrin.....	21
8.3.6	Oxamyl.....	22
8.4	Zware metalen.....	23
8.4.1	Lood	24
8.4.2	Cadmium	25
8.5	Fumonisin	26
8.6	Alternaria mycotoxines	28
9	Risicoanalyse microbiologische gevaren	30
9.1	<i>Staphylococcus aureus</i>	30
9.2	<i>Salmonella sp.</i>	32
9.3	<i>Clostridium perfringens</i>	34
9.4	<i>Clostridium botulinum</i>	35
9.5	<i>Bacillus cereus</i>	37
9.6	<i>Listeria monocytogenes</i>	39
9.7	<i>Escherichia coli</i>	40
10	Conclusie	42
11	Referenties	43

3 Introductie

In Nederland worden jaarlijks 1,3 miljoen ton uien geproduceerd. Maar liefst 0,5 miljoen ton hiervan wordt niet geconsumeerd en behoort tot een reststroom. Dit komt doordat consumenten en afnemers strenge eisen stellen aan de vorm en grootte van de ui. Voor het project Pulp Vision zijn methodes ontwikkeld om deze reststroom van uien te valoriseren. In het consortium zijn de bedrijven Biorefinery Solutions (BRS) en Gourmet Ingredients (GI) aangesloten. BRS heeft een technologie ontwikkeld om eiwitten uit de reststroom te isoleren door middel van iso-elektrische precipitatie. GI heeft een technologie ontwikkeld waarbij olie uit de reststroom wordt gehaald met stoomdestillatie. De processen staan uitgebreider beschreven in Hoofdstuk 5. Bij beide bedrijven blijft na deze processen een vezelrijke fractie over. Door toepassingen te vinden voor deze vezels kunnen ondernemers een extra inkomstenbron creëren en wordt bijgedragen aan een duurzame landbouw. Echter is het daarbij wel belangrijk dat de voedselveiligheid gewaarborgd blijft. Namelijk voor het proces van GI worden ongeschilde uien verwerkt en voor het proces van BRS worden voornamelijk de schillen en rokken van de ui verwerkt. Oorspronkelijk is de schil niet bedoeld om te consumeren. Daarom is het belangrijk dat de risico's die hieraan verbonden zijn worden uitgezocht. Op de schil kunnen zich mogelijk pathogenen, mycotoxines, bestrijdingsmiddelen of zware metalen bevinden die slecht kunnen zijn voor de gezondheid. In dit verslag worden de potentiële fysische, chemische en microbiologische gevaren met betrekking tot de uienrestroomverwerking uitgelicht.

4 Achtergrondinformatie ui

Ui (*Allium cepa* L.) behoort tot de familie Alliaceae. Reguliere uiensoorten zijn de gele, rode en witte ui. Uien kunnen rauw worden gegeten, maar worden vaker verhit. Ui staat bekend om verschillende gezondheidsvoordelen. Zo verlaagt het de kans op kanker, obesitas en hart- en vaatziekten. Daarnaast heeft het een beschermend effect op de lever, het spijsverteringsstelsel, zenuwstelsel en ademhalingsstelsel. Het verlaagt dus de kans op aandoeningen aan deze organen of verlicht de ernst hiervan, zoals bijvoorbeeld bij Parkinson, hersenletsel, astma, bronchitis, maagzweren en colitis. Ook heeft het een beschermend effect tegen chemische toxische stoffen en bacteriële infecties die van invloed zijn op de vruchtbaarheid (Zhao et al., 2021). Studies laten veelbelovende resultaten zien, maar of deze gezondheidsvoordelen daadwerkelijk aan ui toegewezen kunnen worden is lastig te onderzoeken (persoonlijke communicatie, Romeo Lascaris). Aan de andere kant kan de consumptie van ui ook risico's met zich meebrengen. De aanwezigheid van fysische vreemde delen, toxines, pesticiden, zware metalen en pathogenen kunnen nadelige gezondheidsgevolgen hebben. In dit verslag worden deze risico's nader besproken.

De ui is een tweejarig gewas. Tijdens het eerste jaar wordt een bol gevormd en tijdens het tweede jaar bloeit de plant. Voor de teelt van zaaiuien (het merendeel van de uien in Nederland), geldt alleen de groei in het eerste jaar. De uien worden in begin april gezaaid. De belangrijkste factor voor de vorming van een bol is de daglengte. Dit is afhankelijk van het ras, maar moet minimaal 16 uur zijn voor rassen geteeld in Nederland. Dit gebeurt rond 21 mei (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 2003). Daarnaast zijn andere factoren van invloed, zoals de temperatuur en de beschikbaarheid van water en stikstof. Uien worden augustus/september geoogst. Onder de oogst valt loofverwijdering, rooien, oprapen en opslag in schuren. Daarna worden de uien gedroogd bij 30 °C voor een goede bewaring. De afzet van uien is verdeeld over een periode van 10 maanden. Vaak worden uien gekoeld met buitenlucht, maar uien die lang bewaard moeten worden, worden mechanisch gekoeld bij een temperatuur van maximaal 3 °C (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 2003).

Vergeleken met andere groenten, kunnen uien voor een lange periode bewaard worden. Ze hebben een langere houdbaarheid door hun lange kiemrust en langzame ademhalings- en metabolische mechanismen. Desalniettemin kan de kwaliteit van uien afnemen. Dit kan gebeuren door fysische schade (kneuzingen, sneeën, etc.), fysiologische processen (uitdroging, kiemen, etc.) of het groeien van plantpathogenen (Abdullah et al., 2018). Plantpathogenen voor uien bestaan met name uit schimmels, zoals *Aspergillus niger*, *Botrytis alli*, *Fusarium oxysporum* en *Colletotricum circinans*. Bacteriën die schadelijk zijn voor de ui zijn onder andere *Pseudomonas* sp., *Burkholderia cepacia*, *Burkholderia gladioli* pv. (pathovar) *alliiicola* en *Pectobacterium carotovorum* subspecies *carotovorum* (Kowalska & Smolińska, 2008). Deze micro-organismen zijn schadelijk voor uien, maar niet direct voor de mens. Echter, door de schade die wordt aangebracht, wordt de kans vergroot dat pathogenen kunnen gaan groeien die wel schadelijk zijn voor de mens. Mensen kunnen ziek worden van de aanwezigheid van bacteriën, schimmels, virussen of toxines die de micro-organismen hebben uitgescheiden. Welke microbiologische risico's verbonden zijn aan ui wordt nader toegelicht in Hoofdstuk 8.5, 8.6 en 9.

Om de houdbaarheid van uien te verbeteren worden chemische sprays zoals plantengroeieregelaars en pesticiden gebruikt. Het is aannemelijk dat de concentraties van deze middelen hoger zijn op de schil dan in het binnenste gedeelte van de ui. Voor regulier gebruik van de ui wordt de schil verwijderd. Echter, voor de reststroomverwaarding voor Pulp Vision worden de schillen ook verwerkt. Daarom is het belangrijk om dit potentiële gevaar te analyseren (Abdullah et al., 2018; Nouri & Toofanian, 2001). Om onkruid te bestrijden kunnen ook niet-chemische methodes worden ingezet, zoals eggen, schoffelen en branden. Voor chemische onkruidbestrijding worden herbiciden gebruikt. Dit moet tot

een minimum beperkt blijven in verband met de kosten, schadelijke effecten voor mens en milieu, maar ook met name om de groei van de ui niet te verstoren. Om plagen van insecten tegen te gaan bestaan insecticiden en tegen schimmels kunnen fungiciden worden gebruikt (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, 2003). De aanwezigheid van pesticiden en de mogelijke nadelige gezondheidsgevolgen worden beschreven in Hoofdstuk 8.3.

De voedingswaarde volgens het Nederlands Voedingsstoffenbestand (NEVO) van rauwe en gekookte ui staan in Tabel 1 (RIVM, n.d.a). Rauwe en gekookte ui hebben een hoog vochtgehalte van 89,1 % en 90,0 % respectievelijk. Daarnaast is de wateractiviteit (A_w -waarde) van ui hoog; 0.974-0.990 (Schmidt & Fontana, 2007). Dit is gunstig voor de groei van micro-organismen. Uien schillen daarentegen hebben een veel lager vochtgehalte (8,1%) en bevatten meer eiwit, vet, koolhydraten en voedingsvezels dan het binnenste gedeelte van de ui (Sayed et al., 2014). Dit droge, dunne, buitenste vliesje rondom de ui wordt niet gebruikt als grondstof voor BRS en GI. Wel worden de buitenste rokken verwerkt, waarvan het vochtgehalte tussen de 80 en 90% ligt en waarschijnlijke vergelijkbare voedingswaarden heeft als rauwe ui. Het binnenste gedeelte van de rode ui heeft een pH-waarde van 5,3-5,8, witte ui heeft een pH van 5,4-5,8 en gele ui heeft een pH van 5,4-5,6 (Food and Drug Administration, 2012).

Tabel 1 Voedingswaarde van rauwe en gekookte ui volgens het NEVO (RIVM, n.d) en uien schillen (Sayed et al., 2014).

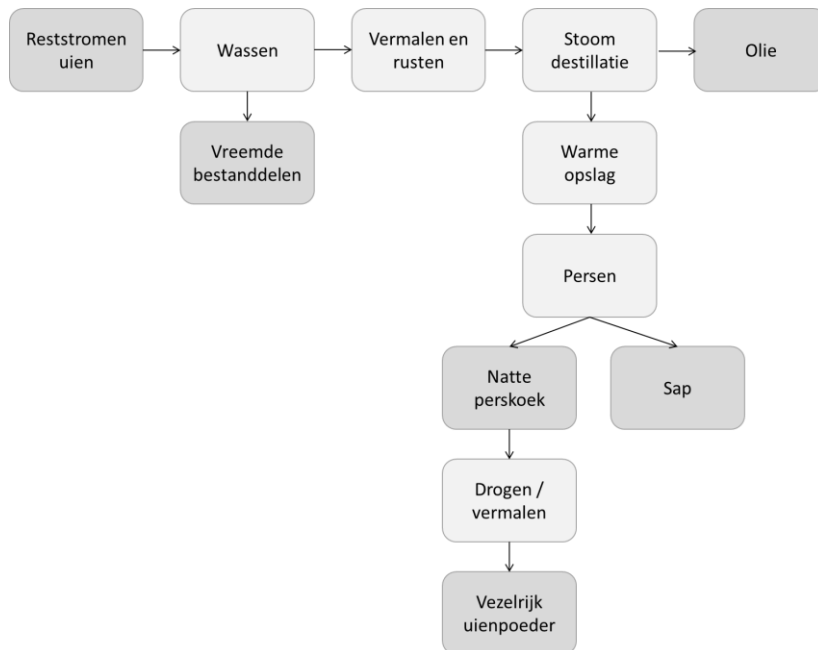
Voedingswaarde	100g rauwe ui	100g gekookte ui	100g uien schil
Energie (kJ)	157	147	1426
Energie (kcal)	37	35	337
Water (g)	89,1	90,0	8,1
Eiwit (g)	1,3	1,0	2,8
Koolhydraten (g)	6,3	6,3	75,5
Vet (g)	0,2	0,2	1,0
Voedingsvezel (g)	2,7	2,2	7,2
As (g)	0,4	0,4	5,5

Uien bevatten bioactieve componenten, zoals thiosulfinaat, fenolen (bijvoorbeeld quercetine), polysacchariden en essentiële oliën. Deze stoffen hebben antimicrobiële activiteit. Studies hebben dit aangetoond voor *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* en *Listeria monocytogenes*. Daarnaast kan essentiële olie van ui de groei van schimmels remmen, zoals *Aspergillus*, *Fusarium* en *Penicillium* (Zhao et al., 2021). Hoewel docent-onderzoeker Romeo Lascaris sterke antimicrobiële werking vond voor knoflookpoeder, was dit niet het geval voor uienpoeder. Dit zou wel anders kunnen zijn voor rauwe ui dan voor poeder (persoonlijke communicatie, Romeo Lascaris).

Er bestaat de mogelijkheid dat gelijktijdige inname van ciclosporine (een medicijn dat wordt toegediend na orgaantransplantatie) en ui met hoog quercetinegehalte, kan leiden tot afstoting van orgaantransplantaten (Yang et al., 2006). Intussen worden veel positieve effecten toegewezen aan quercetine. Zo kan het fungeren als antioxidant, antimicrobiële, immunomodulerende en ontstekingsremmende stof (Zhao et al., 2021). Ook bevat ui ajoene. Dit is een organische zwavelverbinding met antitrombotische eigenschappen. Dit kan problemen geven bij patiënten die antistollingsmedicijnen nemen. Grote innames van ui of knoflook kan deze antistollingsactiviteit vergroten en leiden tot langdurige bloedingen (Corzo-Martínez et al., 2007). De risico's van de fenomenen met medicaties voor BRS en GI worden niet verder behandeld in dit verslag, omdat dit alleen in specifieke gevallen plaatsvindt.

5 Processen uienpulp

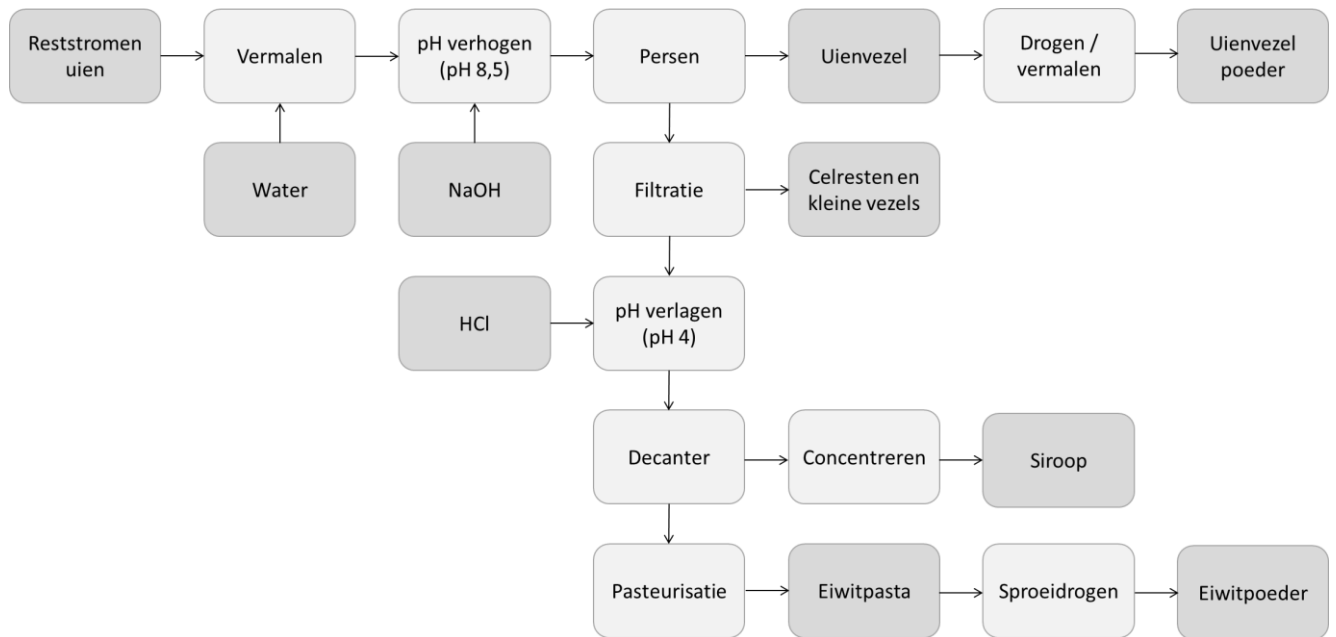
Het GI proces wordt gebruikt om olie uit gele ui te winnen. In Figuur 1 staat een gesimplificeerd processchema. Specifieke parameters zijn bekend (temperatuur, tijd, etc) om de voedselveiligheid te analyseren met behulp van literatuur. In verband met vertrouwelijkheid van deze informatie, wordt dit niet vermeld.



Figuur 1 Gesimplificeerd processchema van de uienoliewinning van Gourmet Ingredients.

Bij GI worden voornamelijk Nederlandse uien verwerkt, maar het kan voorkomen dat buiten het seizoen buitenlandse uien (EU en non-EU, het betreft voornamelijk Nederlandse uien, soms worden buiten het seizoen uien uit Peru, Egypte, Spanje en/of Mexico gebruikt) worden gebruikt. De ui met schil wordt eerst gewassen om zand en stenen te verwijderen. Daarna worden de uien met schil vermalen en rust de uienmassa een tijd. Vervolgens vindt stoomdestillatie plaats om de olie te kunnen scheiden van de uienmassa. De gekookte uienmassa, waar de olie uitgehaald is, is momenteel een reststroom die naar de biovergister gaat. Voor het project Pulp Vision wordt onderzocht of deze stroom gevaloriseerd kan worden door het gebruik als vezelrijke stroom. Hiervoor moet de uienmassa eerst geperst worden om het sap te scheiden. Vervolgens wordt de natte perskoek (de vezelrijke fractie) gedroogd en vermalen tot een poeder.

Het andere bedrijf dat betrokken is bij het project Pulp Vision is Biorefinery Solutions (BRS). Hun proces focust op de eiwitwinning uit uienreststromen door middel van iso-elektrische precipitatie. Het processchema van BRS wordt weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Processchema van de uieneiwitwinning van Biorefinery Solutions.

Bij BRS worden uitsluitend Nederlandse uien verwerkt. Het proces van BRS wordt uitgevoerd bij kamertemperatuur. Voornamelijk uien schillen en de rokken van de rode uien worden verwerkt. Deze worden vermalen waar water wordt bijgevoegd. Daarna wordt de pH verhoogd tot pH 8,5 door het toevoegen van natriumhydroxide (NaOH). Door deze pH-neutralisatie lossen de eiwitten en koolhydraten op. Vervolgens wordt een pers gebruikt om de opgeloste eiwitten van de vezels te scheiden. De vaste fractie die overblijft na het persen is een vezelrijke fractie. De vezels zijn een 'reststroom' en bevatten 12,5% droge stof en de A_w -waarde ligt dichtbij 1. Deze kan worden gedroogd en worden vermalen tot een poeder. De vloeibare fractie die overblijft na het persen is rijk aan eiwitten en koolhydraten. Er vindt een filtratiestap plaats om celresten en kleine vezels te verwijderen. Daarna wordt zoutzuur toegevoegd om de pH te verlagen tot een pH van 4. Door de pH te verlagen tot rond het iso-elektrisch punt van de eiwitten, vlokken ze uit. Door middel van een decanter worden de neergeslagen eiwitten gescheiden van de vloeibare fractie. De vloeibare fractie heeft een drogestofgehalte van 3% en bevat veel suiker, mineralen en kleine peptiden. Deze wordt geconcentreerd tot een siroop. Na het scheiden van de vloeibare fractie met de decanter blijft een eiwitpasta over. Deze wordt gepasteuriseerd. Deze kan vers worden verkocht of kan worden gesproeidroogd tot een eiwitconcentraat. Het eiwitpoeder heeft een drogestofgehalte van 91% en een A_w -waarde van 0,45.

6 Recalls

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van recalls tussen 2018 en 2021 (Tabel 2). Het overzicht toont recalls voor gele, rode en witte ui. Dit omvat verse, gesneden, gebakken, bevroren, gemalen of gedroogde ui (poeder). Het overzicht geeft aan welk product er werd teruggeroepen, waarom, waar en wanneer. Dit hoofdstuk helpt bij het begrijpen van relevante risico's en de waarschijnlijkheid dat deze risico's optreden in ui.

Tabel 2 Overzicht met recalls van uien uien-producten uit periode 2018-2021.

Product	Waarom	Waar	Wanneer	Bron
Gemalen ui	<i>Salmonella</i>	Duitsland (afkomstig uit India)	Apr-21	RASFF
Gemalen ui	<i>Salmonella</i>	Duitsland (afkomstig uit India)	Apr-21	RASFF
Uienpoeder	<i>Salmonella</i>	Duitsland (afkomstig uit India)	Jan-20	RASFF
Hele gele, witte en rode uien	<i>Salmonella</i>	VS (afkomstig uit Mexico)	Nov-21	FDA
Hele witte uien	<i>Salmonella</i>	VS (afkomstig uit Mexico)	Nov-21	FDA
Hele gele en witte uien	<i>Salmonella</i>	VS (afkomstig uit Mexico)	Nov-21	FDA
Gele en witte uien	<i>Salmonella</i>	VS (afkomstig uit Mexico)	Okt-21	FDA
Rode, gele en witte uien	<i>Salmonella</i>	VS (afkomstig uit Mexico)	Okt-21	FDA
Rode, gele en witte uien	<i>Salmonella</i>	VS (afkomstig uit Mexico)	Okt-21	FDA
Hele rauwe rode, gele en witte uien	<i>Salmonella</i>	VS (afkomstig uit Mexico)	Okt-21	FDA
Uien	<i>Salmonella</i>	VS	Aug-20	FDA
Rode en gele uien	<i>Salmonella</i>	VS	Aug-20	FDA
Uien en bereide producten die ui bevatten	<i>Salmonella</i>	VS	Aug-20	FDA
Ui-ingrediënt	<i>Salmonella</i> en <i>Listeria monocytogenes</i>	VS	Okt-18	USDA
Ui-ingrediënt	<i>Salmonella</i> en <i>Listeria monocytogenes</i>	VS	Okt-18	USDA
Gesneden gedroogde ui	Ethyleenoxide	Duitsland (afkomstig uit India)	Jun-21	RASFF
Uienkorrels	Ethyleenoxide	Spanje (afkomstig uit India)	Mrt-21	RASFF
Uienpoeder	Lood	Duitsland (afkomstig uit India)	Jun-21	RASFF
Gesnipperde ui	Lood	Zwitserland (afkomstig uit India)	Jun-21	RASFF

Uienpoeder	Lood	Duitsland (afkomstig uit India)	Mei-21	RASFF
Gedroogde gesnipperde ui	Lood	Duitsland (afkomstig uit India)	Apr-21	RASFF
Gebakken rode ui en gebakken knoflook	Niet-gedeclareerde tarwe	VS	Aug-20	FDA
Bevroren paprika's en uien	Kleine stukjes plastic	VS	Mrt-21	FDA

Een recall voor een fysisch gevaar betrof de aanwezigheid van kleine stukjes plastic in bevroren uien en paprika's in de Verenigde Staten. Recalls voor chemische gevaren hadden te maken met te hoge concentraties ethyleenoxide of lood en de aanwezigheid van niet-gedeclareerde allergenen. De uien(producten) met te hoge concentraties lood of ethyleenoxide werden teruggedroepen in verschillende landen in de EU, maar waren afkomstig uit India. De recall van een niet-gedeclareerd allergeen (tarwe) vond plaats in de VS.

In oktober 2021 was er een grote recall van rode, gele en witte uien in de VS. Het ging om uien van ProSource Produce LLC en Keeler Family Farms, die geïmporteerd waren uit Mexico. De uien waren besmet met *Salmonella*. Verbonden aan deze *Salmonella* uitbraak zijn 892 ziektegevallen gerapporteerd, waarvan ten minste 183 personen zijn opgenomen in het ziekenhuis (Beach, 2021). Andere recalls verbonden aan microbiologische gevaren zijn de aanwezigheid van de pathogeen *Listeria monocytogenes*.

In de volgende hoofdstukken worden eerst de fysische gevaren geanalyseerd (Hoofdstuk 7), daarna de chemische gevaren (Hoofdstuk 8) en tot slot de microbiologische gevaren (Hoofdstuk 8.5).

7 Risicoanalyse fysische gevaren

Fysische elementen

Fysische gevaren kunnen bestaan uit veel verschillende vreemde delen in een product. In maart 2021 was er in de Verenigde Staten een recall van bevroren paprika's en uien die kleine stukjes plastic bevatten. De aanwezigheid van dit plastic zou negatieve gezondheidsgevolgen kunnen hebben (FDA, 2021). Andere vreemde delen die in producten gevonden worden zijn bijvoorbeeld: gebroken glas, hout, plastic, steentjes, metalen onderdelen (schroeven, spijkers, muntjes, machineonderdelen), plantaardig materiaal (zaden, pitten, noten), insecten, schrijfwaren (pennen, potloden, paper clips, nietjes), draden en sieraden (Keener, 2001). In de uienstroom bij BRS komen voornamelijk zand en steentjes mee met de uien, maar ze hebben ook wel eens een metalen bout gezien (Hans Derksen, persoonlijke communicatie). Ook bij GI kunnen stenen, zand, hout of plastic van uiennetjes tussen de uien zitten. Delen die zwaarder zijn dan uien, zoals stenen, metalen delen en zand, worden tijdens de wasstap verwijderd. Echter, hout en plastic (uiennetjes) blijven drijven en worden vermalen met de uien tot deeltjes <0,5 mm (Wim van den Abeele, persoonlijke communicatie). Scherpe of harde deeltjes groter dan 7 mm kunnen een risico vormen voor de consument volgens de richtlijnen van de Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA). Voor voeding met als doelgroep kleine kinderen wordt een strengere norm gehanteerd van deeltjes niet groter dan 2 mm (Riskplaza, 2021). Kleine deeltjes vormen dus geen acuut risico voor de gezondheid, maar is de laatste jaren wel veel aandacht voor de mogelijke gezondheidsgefahren van microplastics in voedsel. Momenteel is er nog geen Europese wetgeving voor microplastics in voedsel. De Europese commissie is zich hier wel in aan het verdiepen (Europese commissie, n.d.).

Negatieve (gezondheids)gevolgen

Het grootste gedeelte van de gezondheidsklachten die verbonden zijn aan fysische gevaren, zijn gebitsproblemen, mondletsel, snijwonden, schade aan de slokdarm, maag of darmen. Dat mensen overlijden aan deze klachten is zeer zeldzaam (Keener, 2001). In ernstigere gevallen kan de inname van vreemde delen leiden tot verstikking (Aladjadjiyin, 2006). De inname van microplastics is mogelijk nadelig voor de gezondheid, maar hierover is nog veel onduidelijk (Yong et al., 2020). De nadelige gezondheidsgevolgen zijn niet de grootste zorg met betrekking tot de vreemde delen. Het grootste probleem dat hoort bij de aanwezigheid van vreemde delen, zoals steentjes, is de schade die deze delen kunnen toebrengen aan machines (Hans Derksen, persoonlijke communicatie).

Risico's voor de processen

Om fysische gevaren te voorkomen, moeten deze worden opgenomen in een HACCP plan. Ook kan het gebruik van GMP helpen bij het voorkomen ervan. Methodes voor het detecteren van vreemde delen zijn onder andere on-line visuele inspectie of geautomatiseerde systemen, in-line metaaldetectie, gebruik van magneten, zeven, filters, en röntgentechnologie (Keener, 2001). Dit kan gezondheidsschade en schade aan machines voorkomen. GI maakt al gebruik van een was-stap om vreemde delen te verwijderen. Bij BRS gebeurt dit momenteel nog niet, maar het wordt besproken om dit om te nemen in het HACCP. Wel maakt BRS gebruik van een zandvanger. Kleine stukjes plastic die niet verwijderd kunnen worden tijdens de wasstap en daarna vermalen worden, vormen geen acuut risico voor de gezondheid. Wel is het belangrijk om de komende jaren onderzoek naar langdurige blootstelling en wetgeving voor microplastics in de gaten te houden.

8 Risicoanalyse chemische gevaren

In dit hoofdstuk worden verschillende chemische gevaren besproken die zich in ui kunnen bevinden en een risico kunnen vormen tijdens de processen van GI en BRS. Onder chemische gevaren vallen anti-nutritionele factoren, desinfectiemiddelen, pesticiden, zware metalen en mycotoxines. Qua mycotoxines worden fumonisins en *Alternaria* mycotoxines besproken. Aflatoxine en ochratoxines vormen geen groot probleem voor uien (Boonzaaijer et al., 2008; El Darra et al., 2019). Verder wordt er gekeken naar het risico van verschillende pesticiden. De zware metalen die worden besproken zijn lood en cadmium.

8.1 Anti-nutritionele factoren

Anti-nutritionele factoren (ANFs) zijn stoffen die behoren tot het verdedigingsmechanisme van een plant. Ze verminderen de opname van voedingsstoffen zoals eiwitten, vitaminen en mineralen verminderen. Uien bevatten wat ANFs, maar deze concentraties zijn te laag om een risico te vormen voor de gezondheid. Bovendien kunnen in lage concentraties ANFs zelfs een positief effect hebben op de gezondheid (Edet et al., 2015). Uien schillen bevatten ook ANF, zoals saponine (5.78%), trypsine inhibitor (1.30%), looizuur (0.66%) en fytinezuur (0.24%). Ook deze concentraties zijn lager dan de concentraties waarvan bekend is ze toxisch zijn (Oguezi et al., 2019). Dus de kans dat ANFs een gezondheidsrisico vormen voor de producten van GI en BRS lijkt zeer klein.

8.2 Desinfectiemiddelen

Ethyleenoxide wordt gebruikt als desinfectiemiddel tegen bacteriën en schimmels. Op de lange termijn heeft het schadelijke effecten op de maag en kan het tumoren veroorzaken (Voedingscentrum, n.d.). In EU waren er 2021 twee recalls door te hoge concentraties ethyleenoxide in uien (zie Hoofdstuk 6). De uien waren afkomstig uit India. In de EU is namelijk het gebruik van ethyleenoxide niet toegestaan. Omdat het gebruik van ethyleenoxide niet is toegestaan in de EU, is dit risico niet relevant voor BRS en GI.

Er worden geen desinfectiemiddelen gebruikt tijdens het proces van BRS. Voor het proces van BRS wordt wel de bioraffinage-installatie na gebruik via een standaard CIP procedure (Clean In Place) gereinigd met fosforzuur, natronloog en water (Hans Derksen, persoonlijke communicatie). Fosforzuur (H_3PO_4) en natronloog (NaOH) zijn beide GRAS (Generally Recognized as Safe) door de FDA. Ook door de EFSA is fosforzuur toegelaten als additief. De stof is niet genotoxisch en carcinogeen. De ADI van fosfor (fosfaten) is 40 mg/kg lichaamsgewicht. De kans op negatieve gezondheidsgevolgen door het gebruik van fosforzuur voor reiniging is klein. Natronloog is ook toegestaan als additief door de EFSA om te zuurtegraad te reguleren. Er is geen limiet gesteld voor natronloog, omdat het wordt beschouwd als veilig. Alleen in hoge concentraties is het corrosief (>8%). Bij lagere concentraties is natronloog irriterend voor de huid (0,5%), ogen (0,2%) en luchtwegen (0,5%) (EFSA, 2012). Het gebruik van natronloog als reiniger, levert geen hoog risico op (EPA, 1992).

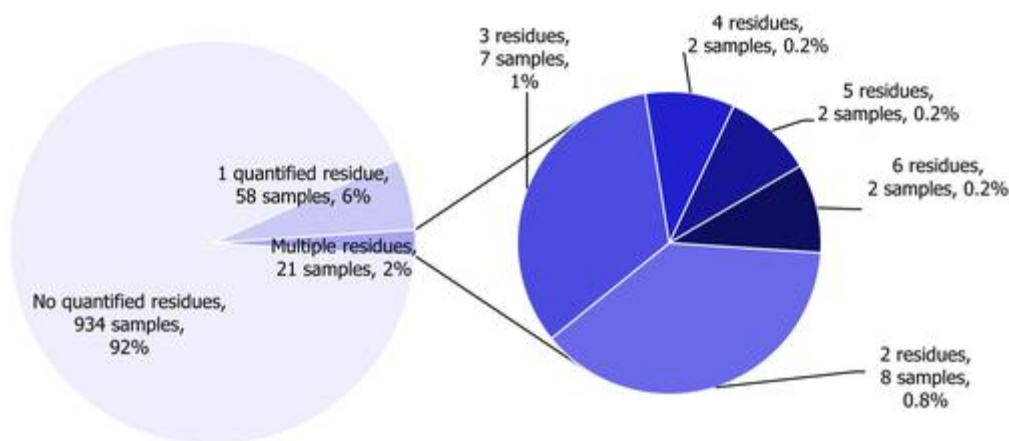
Ook bij GI worden geen desinfectiemiddelen gebruikt tijdens het proces. Wel wordt de omgeving na productie gereinigd met een natuurlijke schuimreiniger (Wim van den Abeele, persoonlijke communicatie). Volgens de specificaties bevat deze reiniger geen stoffen die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid.

8.3 Pesticiden

Voor uien in Nederland werden 531.000 kg chemische gewasbeschermingsmiddelen gebruikt in 2016. Dit staat gelijk aan 16,1 kg per hectare (CBS, 2018). Er bestaan heel veel verschillende pesticiden. Zo vind je de Maximale Residu Limieten (MRL) van wel 515 actieve stoffen (pesticideresiduen) die zich op ui mogen bevinden in de EU Pesticide Database (European Commission, n.d.b). In de database staat informatie over de actieve stoffen die wel en niet goedgekeurd zijn in de EU. De MRL's gelden voor 315 verse producten en dezelfde producten na verwerking rekening houdende met een concentratiefactor (European Commission, n.d.a). Volgens Art.20 van EU396/2005 mogen concentratiefactoren (ook wel "processing factors" genoemd) worden toegepast. Voor gedroogde ui of uienpoeder is een processing factor vastgesteld van 5 (RIVM, 2020). Een standaard MRL van 0,01 mg/kg geldt, wanneer een pesticide niet specifiek genoemd wordt voor een product (European Commission, n.d.). In Nederland mogen pesticiden gebruikt worden die zijn toegelaten door het College voor toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb). In de lijst met toegestane middelen van het Ctgb staan 881 gewasbeschermingsmiddelen, 1606 biociden en 158 toevoegingsstoffen (Ctgb, n.d.). De hoeveelheid pesticiden die zich in ui bevinden hangt af van: in welk stadium van de teelt de pesticide wordt gespoten, of het op het loof of in de grond wordt gespoten, hoe snel de pesticide afbreekt en de fysisch-chemische eigenschappen van de pesticide die bepalen waar de pesticide kan accumuleren (Marije Strikwold, persoonlijke communicatie). Het wordt aanbevolen om pesticiden te gebruiken met een lage toxiciteit en een snelle afbraak. Onjuist gebruik van pesticiden of het gebruik van verboden middelen kan leiden tot gezondheidsgevaaren (Zhao et al., 2021). Een evaluatie van de NVWA laat zien dat 90% van de akkerbouwbedrijven de 'Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden' naleeft. In 6% van het totaal aantal genomen monsters was er sprake van bewust verwijtbaar handelen (NVWA, 2015). Daarnaast kan in uitzonderlijke gevallen het gebruik van niet-toegestane pesticiden worden goedgekeurd. Bijvoorbeeld in Nederland in 2002, hadden uientelers last van de schimmelziekte echte meeldauw. Dit creëerde een dilemma voor de boeren: het accepteren van grote oogstverliezen of het gebruik van niet-toegestane middelen. De minister van landbouw heeft toen besloten het gebruik van het middel Ridomil toe te staan als uitzondering (Buurma, 2011).

In 2013 bracht de NVWA een rapport uit over het toezichthouden op pesticiden. Hiervoor werden 34 uienmonsters geanalyseerd. Er werd aangegeven dat 0% van de uien geteeld in Nederland en de EU hogere concentraties pesticiden bevatten dan de MRL. Dit was wel het geval bij 8,3% van uien die buiten de EU waren geteeld (NVWA, 2013). Uit een overzicht van uitkomsten NVWA-inspecties uit periode 2012-2014, werden 57 Nederlandse monsters geanalyseerd, waarvan 1 monster (1,8%) hogere concentraties bevatte dan de MRL. De Nederlandse uien bevatten gemiddeld 0,6 middelen per monster. Van 36 monsters van non-EU uien bevatten 0% hogere concentraties dan de MRL. De non-EU uien bevatten gemiddeld 0,4 middelen per monster (NVWA, 2014). Uit een rapport van de NVWA uit 2017, werden op 41 monsters van Nederlandse uien geen pesticiden gevonden in concentraties boven de MRL. Gemiddeld bevatte een monster 0,4 soorten pesticiden. Voor buitenlandse uien waren niet voldoende gegevens beschikbaar (NVWA, 2017). Skovgaard et al. (2017) onderzochten de aanwezigheid van 283 verschillende soorten pesticiden op Boliviaanse uien, maar vond geen pesticiden op de 10 gemeten monsters.

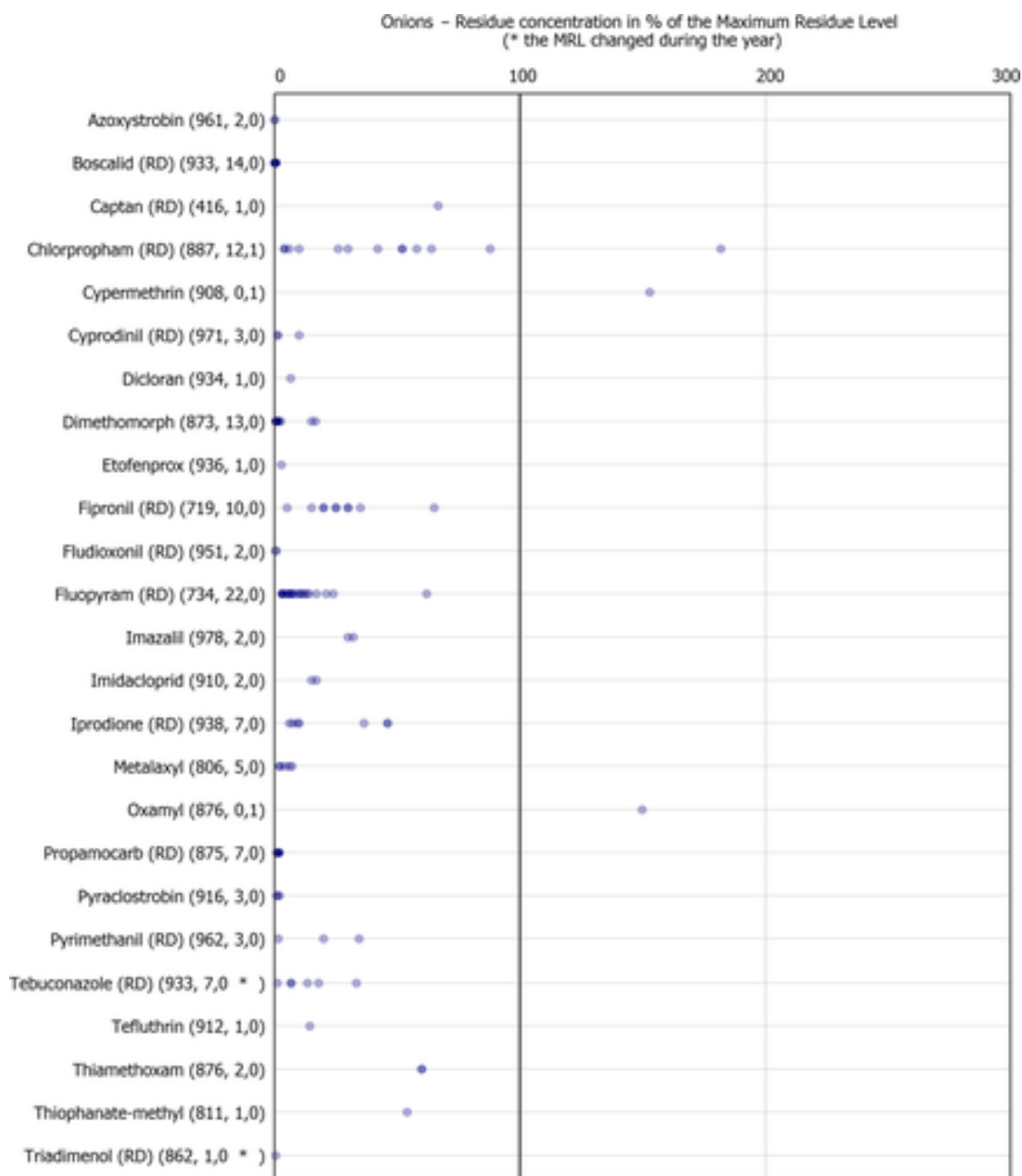
In 2017 is een rapport opgesteld door de European Food Safety Authority (EFSA) waarin resultaten staan over pesticiden residuen op verschillende voedingsmiddelen, waaronder uien (EFSA, 2019). De EFSA heeft 1.013 uienmonsters geanalyseerd op de aanwezigheid van 171 verschillende soorten pesticiden. 934 monsters (92%) bevatten geen meetbare concentraties pesticiden. Van de overige monsters bevatten 58 monsters (6%) één soort pesticide en 21 monsters (2%) meerdere pesticiden (zie Figuur 3).



Figuur 3 Pesticide residuen op monsters van uien (EFSA, 2019).

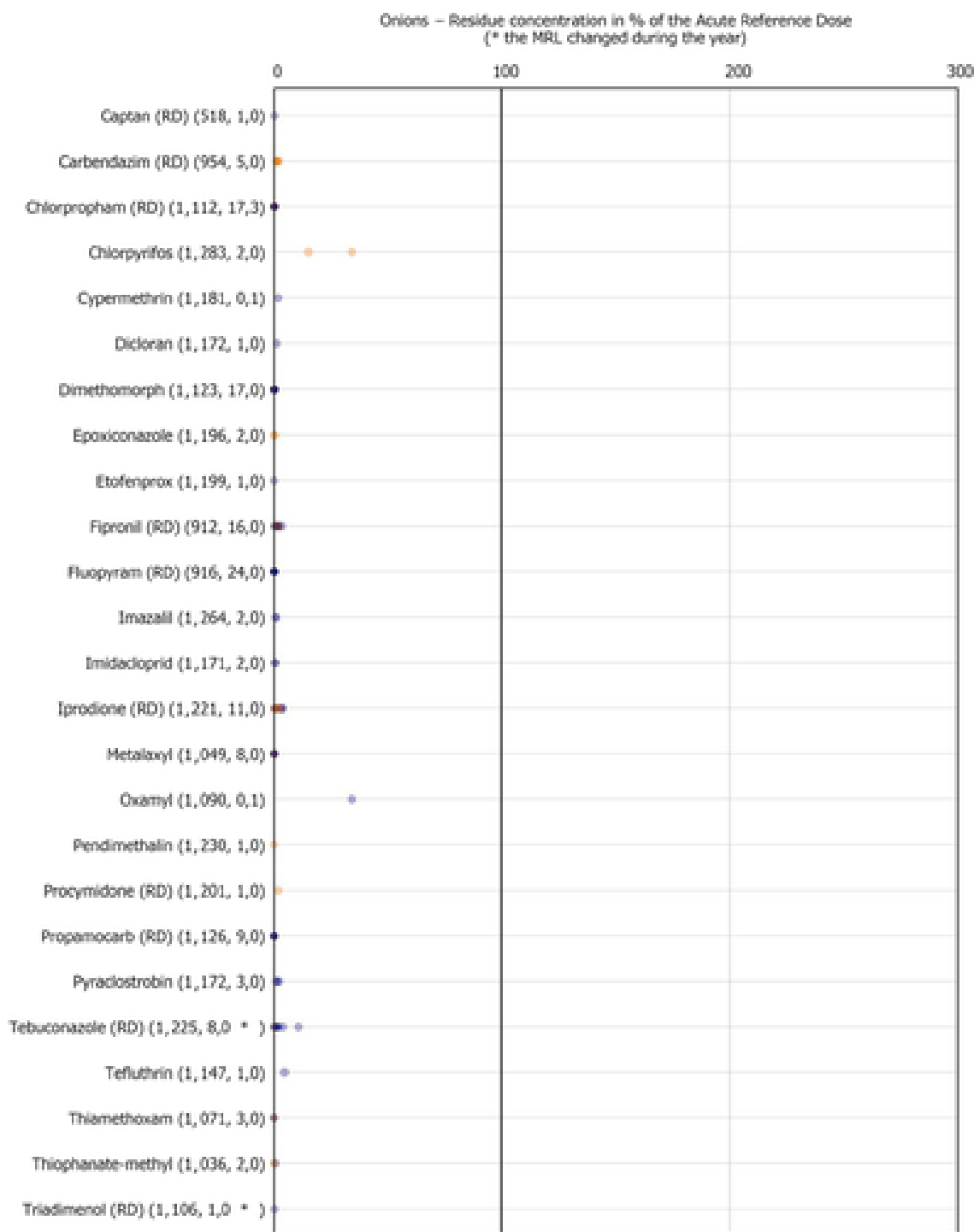
Van de pesticiden die niet zijn toegestaan in de EU, werd dicloran gevonden op uien geteeld in de EU. In totaal zijn er 25 verschillende pesticiden aangetroffen. De meest voorkomende pesticiden waren fluopyram op 22 monsters, chloorprofam op 12 monsters en fipronil op 10 monsters, waarvan 9 Duitse en 1 Belgisch monster. In drie monsters werd de MRL overschreden. Dit betrof de pesticiden chloorprofam, cypermethrin en oxamyl. De monsters kwamen uit Roemenië, Italië en Peru. In Figuur 4 staan de pesticide residu concentraties uitgedrukt in het percentage van de MRL (EFSA, 2019).

De uienmonsters die gemeten zijn door de EFSA zijn niet geschild. De schil bevat waarschijnlijk meer pesticiden dan het binnenste gedeelte van de ui. Of dit daadwerkelijk het geval is, is moeilijk om in te schatten. Dit hangt namelijk af van de fysisch-chemische eigenschappen van de pesticiden die bepalen waar de stof zal accumuleren (Marije Strikwold, persoonlijke communicatie). GI en BRS verwerken ook schillen van de ui, dus de metingen van het EFSA rapport worden geacht representatief te zijn voor de reststromen van GI en BRS. Echter verwerken GI en BRS voornamelijk Nederlandse uien, terwijl de EFSA ook monsters heeft gemeten uit andere EU-landen en non-EU landen. Er is er geen specifieke informatie vrijgegeven over de pesticidenconcentraties op Nederlandse monsters. De monsters gemeten door de EFSA hebben ook geen andere behandelingen ondergaan. Behandelingen, zoals het wassen van de uien en hittebehandelingen verlagen de pesticidenconcentraties (EFSA, 2019). De uien worden voor het proces van GI wel gewassen. Bij BRS is dit nog niet het geval. Daarnaast kan de kookstap van GI en de pasteurisatie van de eiwitgel van BRS de pesticiden concentraties verlagen.



Figuur 4 Pesticide residu concentraties van uienmonsters uitgedrukt in percentage van de MRL (EFSA, 2019).

De EFSA heeft naast de pesticidenconcentraties uitgedrukt in een percentage van de MRL, ook de concentraties uitgedrukt in de ARfD (Acute Reference Dose) (Figuur 5). Hieruit blijkt dat geen van de pesticiden de ARfD overschrijdt. Dus het risico op acute gezondheidseffecten door de consumptie van ui besmet met pesticiden is zeer klein.



Figuur 5 Pesticide residu concentraties van uienmonsters uitgedrukt in percentage van de ARfD (EFSA, 2019).

In een artikel van het tijdschrift van de Boerenbond vertelde expert Geert Verhiest welke pesticiden gebruikt kunnen worden in de Belgische uienteelt (van Bavel, 2016). De pesticiden die hij noemde staan weergegeven in Tabel 3. Het artikel is uitgebracht in september 2016, dus het is nu (januari 2022) vijf á zes jaar later. Er is in een korte tijd veel veranderd. Meerdere actieve stoffen die zich in de middelen bevinden die werden genoemd in het artikel, zijn momenteel niet meer toegestaan. Volgens de database van het Ctgb gaat dit om de stoffen chloorprofam (CPIC), bromoxynil, fluroxypyr, glyfosfaat, methiocarb, mancozeb, chloorthalonil en iprodion. Deze stoffen bleken toxischer te zijn dan eerst gedacht. De kans is dus aanzienlijk dat in de komende jaren nog meer pesticiden verboden zullen worden, omdat deze toxischer zijn dan op dit moment bekend is.

Tabel 3 Pesticiden gebruikt voor uienteelt genoemd in het artikel van Van Bavel (2016) en informatie over die actieve stoffen op basis van College voor de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en biociden (Ctgb, n.d.) en EU pesticide database (European Commission, n.d.).

Pesticide	Actieve stof	Status Ctgb	MRL (mg/kg)	Vet-oplosbaar
Frontier Elite	Dimethenamide-P	Toegelaten	0,01	Nee
Stomp Aqua	Pendimethalin	Toegelaten	0,05	Ja
Pyramin SC	Pendimethalin	Toegelaten	0,05	Ja
Chloorprofam (CIPC)	Chloorprofam	Vervallen	0,01	Ja
Xinca	Bromoxynil	Vervallen	0,01	Nee
Basagran SC	Bentazon	Toegelaten	0,1	Nee
Bromotril SC	Bromoxynil	Vervallen	0,01	Nee
Lentagran WP	Pyridaat	Toegelaten	0,05	Nee
Starane Forte	Fluroxypyr Fluroxypyr-meptyl	Vervallen Toegelaten	0,05 0,05	Nee Nee
Roundup	Glyfosfaat	Vervallen	0,1	Nee
Perfekthion 400 EC	Fluroxypyr-meptyl	Toegelaten	0,05	Nee
Patriot	Deltamethrin	Toegelaten	0,06	Ja
Mesuroil SC	Methiocarb	Vervallen	0,03	Nee
Tracer	Spinosad	Toegelaten	0,07	Ja
Movento	Spirotetramat	Toegelaten	0,4	Nee
Cabrio Duo	Pyraclostrobine Dimethomorf	Toegelaten Toegelaten	1,5 0,6	Ja Nee
Fandango	Prothioconazole Fluoxastrobin	Toegelaten Toegelaten	0,05 0,04	Ja Nee
Signum	Pyraclostrobin Boscalid	Toegelaten Toegelaten	1,5 5,0	Ja Ja
Shirlan	Fluazinam	Toegelaten	0,06	Ja
Ortiva	Azoxystrobine	Toegelaten	10	Nee
Fubol Gold	Mancozeb Metalaxyl-M	Vervallen Toegelaten	1 0,5	Nee Nee
Folio Gold	Chloorthalonil Metalaxyl-M	Vervallen Toegelaten	0,01 0,5	Nee Nee
Acrobat	Mancozeb Dimethomorf	Vervallen Toegelaten	1 0,6	Nee Nee
Valbon	Benthiavalicarb-isopropyl Mancozeb	Toegelaten Vervallen	0,02 1	Nee Nee
Mancozeb	Mancozeb	Vervallen	1	Nee
Rovral SC	Iprodion	Vervallen	0,01	Nee
Middelen met maleïnehydrazide	Maleïnehydrazide (MH)	Toegelaten	15	Nee

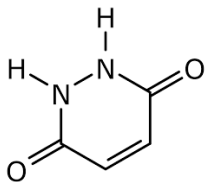
Aangezien fluopyram, chloorprofam en fipronil het vaakst werden aangetroffen op de uien volgens het EFSA rapport, wordt er in dit verslag dieper ingegaan op de gevaren die deze pesticiden met zich meebrengen. Daarnaast overschreden chloorprofam, cypermethrin en oxamyl de MRL overschreden en daarom worden deze ook besproken. Dit geeft een indicatie wat het risico kan zijn van pesticiden in uien. Echter, om een goede risicobeoordeling te maken van pesticiden in de processen van GI en

BRS, zullen metingen uitgevoerd moeten worden. Een methode die hiervoor gebruikt kan worden is GC-MS. Een pesticide die ook wordt besproken hieronder, is maleïnehydrazide. Deze stof wordt niet aangetroffen (of niet gemeten) op uien in het EFSA rapport, maar er is wel bekend dat deze stof veel wordt gebruikt in de uienteelt.

8.3.1 Maleïnehydrazide

Component

De systematische naam voor maleïnehydrazide is 6-hydroxy-2H-pyridazin-3-one of 1,2-dihydropyridazine-3,6-dione. Maleïnehydrazide is wateroplosbaar en wordt ingezet als plantengroei-regelaar (EFSA, 2016). Het is namelijk een kiemremmer. De stof wordt gespoten op het loof. Vanuit het loof wordt het naar de bol getransporteerd. Hier kan de stof de delingsactiviteit remmen, waardoor geen nieuw blad wordt aangemaakt en er geen spruit ontstaat (van Bavel, 2016). Het is verboden om het middel minder dan 7 dagen voor de oogst te spuiten. Het middel heeft dus een PHI (Pre-Harvest Interval) van 7 dagen (EPA, 1994). Verder heeft maleïnehydrazide een lage persistentie met een DT_{50} (half-life) van 0,2 tot 3,9 dagen (EFSA, 2016).



Figuur 6 Moleculaire structuur van maleïnehydrazide (EPA, 1994).

Nadelige gezondheidsgevolgen

Het is onwaarschijnlijk dat maleïnehydrazide genotoxisch en carcinogeen is. Er zijn echter studies die een potentieel genotoxisch effect laten zien, maar dit risico wordt gezien als verwaarloosbaar (EPA, 1994). Daarnaast is de stof niet neurotoxisch en heeft geen effect op de vruchtbaarheid. Ook is er geen sprake van acute toxiciteit bij deze stof (EFSA, 2016).

Blootstelling

In de EU pesticide database, staat dat de MRL van maleïnehydrazide op uien 15 mg/kg is (European Commission, n.d.). De ADI (Acceptable Daily Intake) is 0,25 mg/kg lichaamsgewicht per dag. Acute blootstelling aan maleïnehydrazide is niet relevant met betrekking tot toxiciteit, dus is er voor deze stof geen ARfD (Acute Reference Dose) vastgesteld (EFSA, 2016).

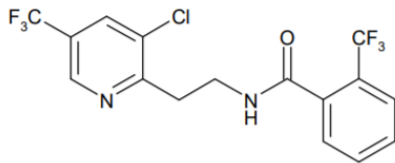
Risico's voor processen

Maleïnehydrazide kan voorkomen op de uien van BRS en GI. Aangezien maleïnehydrazide een lage toxiciteit heeft, zal deze stof een zeer klein risico vormen voor BRS en GI. Zeker omdat er geen sprake is van acute toxiciteit en de MRL van de stof hoog is vergeleken met andere pesticiden.

8.3.2 Fluopyram

Component

De systematische naam voor fluopyram is N-{2-[3-chloro-5-(trifluoromethyl)-2-pyridyl]ethyl- α,α,α -trifluoro-o-toluamine. De stof is niet vetoplosbaar. Fluopyram wordt gebruikt als fungicide en wordt gespoten op het loof van uien. Mogelijk hoopt de stof op in de bodem (Lunn, 2010). Verder is fluopyram heel persistent met een DT_{50} van meer dan 300 dagen (EFSA, 2013). Aan de andere kant is de PHI van fluopyram op uien maar 7 dagen (EFSA, 2014).



Figuur 7 Moleculaire structuur van fluopyram (Lunn, 2010).

Nadelige gezondheidsgevolgen

Fluopyram is niet acuut toxisch. Het is niet genotoxisch en heeft geen effect op de vruchtbaarheid. Op basis van een studie met ratten kan het bij chronische blootstelling schade toebrengen aan de lever, schildklier en nieren en kan het leiden tot gewichtsverlies. Daarnaast wijst er een studie naar het ontstaan van leverkanker, dus is het mogelijk carcinogeen (EFSA, 2013).

Blootstelling

Uit het EFSA rapport blijkt dat uien van alle pesticiden het vaakst fluopyram bevatten (zie Figuur 4). De stof werd op 22 monsters aangetroffen boven de LOQ (Limit of Quantification). Dit staat gelijk aan 2,9% van de gemeten monsters, maar in alle gevallen was de concentratie lager dan de MRL. De MRL voor fluopyram op uien is 0,07 mg/kg (European Commission, n.d.). De ADI is 0,012 mg/kg lichaamsgewicht per dag en de ARfD is 0,5 mg/kg lichaamsgewicht (EFSA, 2013).

Risico's voor processen

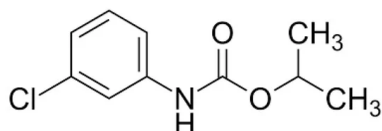
Fluopyram is de meest voorkomende pesticide op uien in het EFSA rapport, dus de kans dat een aantal batches uien die BRS en GI verwerken deze stof bevatten is reëel. Wel zijn de concentraties vaak veel lager dan de MRL en zullen dus geen nadelige gezondheidsgevolgen hebben. Dit geldt zeker wanneer het gaat over acute gezondheidsgevolgen. Wel kan de stof ophopen in de bodem, waardoor over een aantal jaren de concentraties hoger kunnen zijn. Zover bekend hoopt de stof niet op in een bepaalde fractie van de ui.

8.3.3 Chloorprofam

Component

De systematische naam voor chloorprofam is isopropyl-3-chloorfenylcarbamaat (CIPC). Chloorprofam is een actieve stof die gebruikt wordt in de uienteelt gebruikt als herbicide om onkruid tegen te gaan

(EFSA, 2017). 3-chloroaniline is de belangrijkste metabooliet van chloorprofam. In verband met gezondheidsgevaaren, is het gebruik van chloorprofam momenteel niet meer toegestaan in de EU. Het verbod geldt sinds 31 juli 2020 (Eurofins, n.d.). Er is eigenlijk heel veel niet bekend over chloorprofam en de gevolgen van het gebruik. Lentza-Rizos & Balokas (2001) bestudeerden het gebruik van chloorprofam op aardappelen. Hieruit blijkt dat de concentratie chloorprofam met 28% afneemt na 28 dagen en met 48% afneemt na 65 dagen van het bespuiten. Daarnaast verwijdert het schillen van een aardappel 91-98% van de residuen en wassen verwijdert 33-47%.



Figuur 8 Moleculaire structuur van chloorprofam (Alsehli, 2020).

Nadelige gezondheidsgevolgen

Langdurige of herhaalde blootstelling kan schade aan organen toebrengen. Een studie met honden liet een effect op het bloed en de schildklier zien. Een andere studie met ratten liet effecten zien op het bloed, de milt en het beenmerg. Chloorprofam is carcinogeen, maar niet genotoxisch (EFSA, 2017).

Blootstelling

Na fluopyram, is chloorprofam de meest aangetroffen pesticide in het EFSA rapport (zie Figuur 4). Chloorprofam werd 12 keer aangetroffen in concentraties onder de MRL en 1 keer aangetroffen in een concentratie boven de MRL op uien. Volgens de EU pesticide database is de MRL van chloorprofam op uien 0,01 mg/kg (European Commission, n.d.). De ADI is 0,05 mg/kg lichaamsgewicht per dag en de ARfD is 0,5 mg/kg lichaamsgewicht (EFSA, 2017). Vergeleken met andere Europese landen, hebben Nederlandse kinderen een hoge chronische blootstelling aan chloorprofam residuen, namelijk 180% van de ADI. De blootstelling aan 3-chloroaniline was 195% van de bijbehorende ADI.

Risico's voor de processen

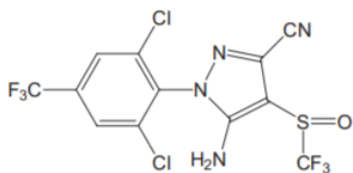
Voor de processen van BRS en GI worden voornamelijk Nederlandse uien verwerkt. Aangezien het middel in Nederland niet gebruikt mag worden, is het risico zeer klein. De kans op aanwezigheid van chloorprofam is groter wanneer uien van buiten de EU verwerkt worden. Dit kan het geval zijn voor GI tijdens het importseizoen. Echter moeten de uien die geleverd worden aan GI, wel voldoen aan de Europese wetgeving.

8.3.4 Fipronil

Component

De systematische naam van fipronil is 5-amino-1-(2,6-dichloro- α,α,α -trifluoro-p-tolyl)-4-trifluoromethylsulfenylpyrazole-3-carbonitrile. Het is een pyrazool en wordt gebruikt als insecticide. De stof werkt tegen insecten in de bodem tijdens de groeifase als larven. Het heeft een hoge efficiëntie bij een lage dosis (Okumura et al., 2016). Fipronil is een vetoplosbare stof en kan daarin ophopen. Het

heeft een matige tot hoge persistentie in de bodem met een DT₅₀ van 31-304 dagen bij 20-25 °C en een DT₅₀ van 515-747 dagen bij 10 °C (EFSA, 2006). Fipronil mag niet meer worden gebruikt voor zaden, maar er gelden uitzonderingen voor zaden die in kassen worden gezaaid en zaden van prei, ui, sjalot en koolsoorten die op het veld gezaaid worden en geoogst worden vóór de bloei (Europese Commissie, 2013).



Figuur 9 Moleculaire structuur van fipronil (Okumura et al., 2016).

Nadelige gezondheidsgevolgen

Inname van fipronil is toxisch. Op de korte termijn is het schadelijk voor het zenuwstelsel, de lever en de schildklier. Op de lange termijn heeft het effect op de nieren, de lever en de schildklier. Echter, fipronil is niet genotoxisch of carcinogeen voor mensen. Fipronil is voornamelijk heel schadelijk voor bijen. Vandaar dat de stof niet meer voor alle gewassen gebruikt mag worden in de EU (EFSA, 2006).

Blootstelling

Na fluopyram en chloorprofam komt fipronil het vaakst voor op uien volgens het rapport van de EFSA (zie Figuur 4). De stof werd op 10 monsters aangetroffen, waarvan 9 Duitse en 1 Belgisch monster. In alle gevallen was de concentratie lager dan de MRL. De MRL voor fipronil op uien is 0,005 mg/kg (European Commission, n.d.). De ADI is 0,0002 mg/kg lichaamsgewicht per dag en de ARfD is 0,009 mg/kg lichaamsgewicht. De blootstelling aan fipronil is lager dan de ADI en de ARfD. Alleen voor kleine kinderen wordt de ADI overschreden, maar dit heeft voornamelijk te maken met de melkconsumptie (EFSA, 2006).

Risico's voor processen

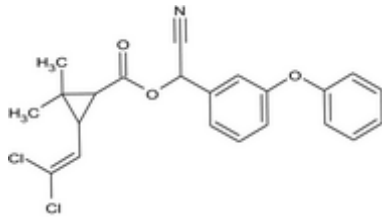
Fipronil is een van de pesticiden die het vaakst is aangetroffen op uien, dus de kans dat een aantal batches uien die BRS en GI verwerken deze stof bevatten is aanwezig. Wel zijn de concentraties vaak veel lager dan de MRL en de ARfD en zullen dus geen nadelige gezondheidsgevolgen hebben voor de mens.

8.3.5 Cypermethrin

Component

Cypermethrin is een actieve stof en de systemische is [cyano-(3-phenoxyphenyl)methyl] 3-(2,2-dichloroethenyl)-2,2-dimethylcyclopropane-1-carboxylate (PubChem, 2022). Cypermethrin is een pyrethoid en is vetoplosbaar (European Commission, n.d.). De stof wordt gebruikt als insecticide. Het

kwam in 1977 voor het eerst op de markt (WHO, 1989). Cypermethrin heeft een lage tot matige persistentie met een DT_{50} van 2 tot 24,2 dagen (Arena et al., 2018).



Figuur 10 Moleculaire structuur van cypermethrin (Arena et al., 2018).

Nadelige gezondheidsgevolgen

Na inname van cypermethrin hoopt de stof voornamelijk op in het vetweefsel. Via inhalatie heeft cypermethrin een matige acute toxiciteit en via de huid heeft het een lage acute toxiciteit. Cypermethrin is neurotoxisch en het kan de lever en nieren beschadigen. Er wordt een link gelegd tussen de blootstelling aan pyrethroids, zoals cypermethrin, en de ziekte van Parkinson. Het is onwaarschijnlijk dat de stof genotoxisch en carcinogeen is (Arena et al., 2018).

Blootstelling

In het EFSA rapport werd cypermethrin één keer aangetroffen en deze concentratie was boven de MRL (zie Figuur 4). De EU pesticide database laat zien dat de MRL van cypermethrin op uien 0,1 mg/kg is (European Commission, n.d.). De ADI is 0,005 mg/kg lichaamsgewicht per dag en de ARfD is 0,005 mg/kg lichaamsgewicht (Arena et al., 2018). De blootstelling van cypermethrin overschreed de ADI niet; dit was 41,5% voor Nederlandse kinderen. Acute innames kunnen dichtbij de ARfD liggen, maar dit wordt gelinkt aan zuivelproducten en niet aan uien.

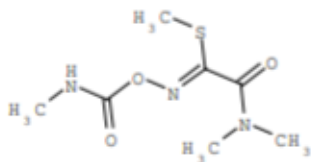
Risico's voor processen

Incidenteel zou de MRL overschreden kunnen worden, maar het risico lijkt klein. De kans op acute en chronische effecten op de gezondheid is klein, wanneer de pesticide juist wordt gebruikt.

8.3.6 Oxamyl

Component

De systematische naam van de actieve stof oxamyl is N,N-dimethyl-2-methylcarbamoyloxyimino-2-(methylthio)acetamide (FAO, 2008). Oxamyl is een carbamaat en is oplosbaar in water. Het wordt gebruikt als nematicide en insecticide. De stof wordt vroeg in een vroeg stadium aangebracht en wordt opgenomen door de bodem. Er is geen bewijs van accumulatie van oxamyl. De stof heeft een DT_{50} van 3 tot 11,5 dagen, maar is veel persistenter in zure bodem (pH 4,8) met een DT_{50} van 112 dagen (EFSA, 2005).



Figuur 11 Moleculaire structuur van oxamyl (FAO, 2008).

Nadelige gezondheidsgevolgen

Oxamyl is erg toxisch. De toxiciteit heeft te maken met het verminderen van de cholinesterase-activiteit. Symptomen die hierbij horen zijn speekselvloed, slechte postuur en trillen. Aan de andere kant is oxamyl niet genotoxisch, niet carcinogeen en heeft geen effect op de vruchtbaarheid. Studies met ratten lieten zien dat op de lange termijn oxamyl kan leiden tot hyperactiviteit, opgezwollen poten, geïrriteerde huid en kaalheid (EFSA, 2005).

Blootstelling

Oxamyl werd één keer aangetroffen bij het onderzoek van de EFSA en deze concentratie was boven de MRL (zie Figuur 4). Volgens de EU pesticide database is de MRL van oxamyl op uien 0,01 mg/kg (European Commission, n.d.). De ADI van oxamyl is vastgesteld op 0,001 mg/kg lichaamsgewicht per dag en een ARfD van 0,001 mg/kg lichaamsgewicht door de EC (FAO, 2008).

Risico's voor processen

Aangezien deze stof werd aangetroffen boven de MRL op een uienmonster in het onderzoek van de EFSA, zou het een risico kunnen vormen. Wel is het belangrijk om te beseffen dat dit maar op 1 monster van de 876 gemeten monsters werd aangetroffen (Figuur 4). Daarnaast kwam dit monster uit Peru. Hier haalt BRS geen uien vandaan en GI haalt hier nauwelijks uien vandaan; alleen tijdens het importseizoen. Het risico voor BRS en GI is dus zeer klein, maar het geeft wel aan dat uien incidenteel te hoge concentraties van een pesticide kunnen bevatten.

8.4 Zware metalen

Zware metalen kunnen zich ophopen in de bodem, waarop uien worden geteeld. Zware metalen bevinden zich van nature in de bodem, maar besmettingen met hoge concentraties zijn vaak te wijten aan menselijk handelen. De bodem kan besmet zijn door industrieel afval, huishoudelijk en agrarisch gebruik van metalen, gebruik van besmet irrigatiewater, rioolslib, mijnbouw en smelten. Daarnaast kan het komen door bodemerosie, metaalcorrosie, uitloging, suspensie van sediment en vulkaanuitbarstingen (Bibi et al., 2021; Tchounwou et al., 2012).

Bibi et al. (2021) lieten zien dat de concentraties aan zware metalen hoger zijn in de bladeren dan in de bollen van de ui. Daarnaast zijn er grote verschillen in concentraties tussen verschillende soorten ui in Pakistan. In de uienbollen bevindt zich in afnemende concentraties: Fe > Zn > Mn > Co > Pb > Cu > Cr > Cd > Li. De gevonden concentraties van deze zware metalen waren lager dan concentraties die negatieve gezondheidsgevolgen kunnen veroorzaken, zoals kanker. Bystricka et al. (2016) lieten zien

dat uien geteeld op besmette grond in Slowakije, hoge concentraties cadmium, chroom en lood bevatten. De concentraties van deze zware metalen, overschreden de limieten van de EU. Voor zware metalen in uien zijn er in de EU alleen maximum limieten vastgesteld voor lood en cadmium. Het maximum limiet voor lood in ui is 0,10 mg/kg nat gewicht en voor cadmium 0,030 mg/kg nat gewicht (EUR-Lex, 2021a; EUR-Lex, 2021b). Vandaar dat deze twee zware metalen nader worden toegelicht.

8.4.1 Lood

Element

Lood (Pb) is een zwaar metaal met het atoomnummer 82. Lood dringt voornamelijk een plant, zoals ui, binnen via de wortels. Daarna kan het zich binden aan de celwand. Het kan een complex vormen met polypeptiden met laag molecuulgewicht die rijk zijn aan cysteïne (Hajeb et al., 2014). Lood heeft een lagere overdrachtscoëfficiënt dan cadmium en bindt sterk aan componenten in de bodem. Daarom komen te hoge concentraties aan lood alleen voor als planten worden geteeld op een bodem die hoge concentraties aan lood bevat (Sridhara Chary et al., 2008).

Negatieve gezondheidsgevolgen

Een acute loodvergiftiging kan leiden tot hoofdpijn, buikkrampen, prikkelbaarheid en klachten gelinkt aan het zenuwstelsel. Lood kan schade toebrengen aan de hersenen. Dit wordt gekenmerkt door slaperigheid en rusteloosheid. In ernstige gevallen kan het leiden tot een acute psychose en verwardheid. Bij een blootstelling aan lood voor een langere termijn kan het een verslechterd geheugen en vertraagde reactiesnelheid veroorzaken. Gehaltes van lood in het bloed onder 3 µmol/L kunnen effect hebben op het zenuwstelsel, zoals verminderde gevoeligheid van de huid en vertraagde zenuwgeleidingssnelheid (Järup, 2003). Daarnaast kan acute blootstelling de nieren beschadigen. Er is beperkt bewijs dat lood carcinogeen is, maar het kan mogelijk longkanker, maagkanker en gliomen veroorzaken (Steenland & Boffetta, 2000).

Blootstelling

In 2021 waren er vier recalls in de EU (3 in Duitsland en 1 in Zwitserland) van uien en uienpoeder die te hoge gehalten aan lood bevatten. De betrokken uien van de recalls waren afkomstig uit India (zie Hoofdstuk 6).

In 1986 werden door Wiersma et al. (1986) 83 monsters uien uit Nederland geanalyseerd op zware metalen, waaronder lood. De gehalten lagen tussen de 0,009 tot 0,05 mg/kg met een gemiddelde van 0,02 mg/kg. Op dat moment was de limiet in Nederland van lood nog 0,3 mg/kg, dus alle monsters waren binnen het limiet. Ook met het huidige limiet van de EU van 0,10 mg/kg nat gewicht ui, zijn de gehalten acceptabel (EUR-Lex, 2021). Er is sprake van acute loodvergiftiging bij een dosis van 450 mg/kg lichaamsgewicht (CDC, 1994).

Een studie uit Iran heeft het loodgehalte van uien uit twee verschillende gebieden gemeten. Het gemiddelde uit het gebied HashtBandi was 0,0052 mg/kg en uit Ravang was 0,0061 mg/kg (Fakhri et al., 2018). Deze waarden zijn veel lager dan het limiet van de EU van 0,10 mg/kg nat gewicht ui (EUR-Lex, 2021). De studie heeft ook de loodgehaltes gemeten van de bodem waarop de uien zijn geteeld. Deze zijn aanzienlijk hoger; 3,99 mg/kg voor HashtBandi en 2,03 mg/kg voor Ravang (Fakhri et al.,

2018). Aangezien de schillen van de uien in direct contact staan met de bodem, is het aannemelijk dat deze hogere concentraties bevatten dan de ui zonder schil.

In Tabel 4 staan de gehalten zware metalen van één monster gepelleteerde uien schillen. De gehalten zware metalen in uien schillen hangen af van de gehalten aan zware metalen die zich die bodem bevinden waarop de uien zijn geteeld (Meeusen et al., 2008).

Tabel 4 Gehaltes zware metalen in gepelleteerde uien schillen (Meeusen et al., 2008).

Metaal	Gepelleteerde uien schillen (mg/kg d.s.)
Cadmium	<0,40
Chroom	25
Koper	11
Kwik	<0,10
Nikkel	16
Lood	<13
Zink	61
Arseen	11

Er is geen specifieke regelgeving voor uien schillen. Het limiet voor lood geldt voor het nat gewicht ui. Een ui heeft ongeveer een vochtgehalte van 90% (Tabel 1). Wanneer zou worden omgerekend naar een vochtgehalte van 90% voor de uien pellen, dan zou de concentratie lood <1,3 mg/kg zijn. Deze waarde is hoger dan de limiet zoals gehanteerd door de EU. Die is namelijk voor lood 0,10 mg/kg nat gewicht (EUR-Lex, 2021). Omdat dit met een aantal aannames gepaard gaat en een waarde is van slechts één monster, is dit niet representatief voor de uien van BRS en GI.

Risico's voor de processen

De kans op acute gezondheidseffecten door hoge concentraties lood is laag, maar meer onderzoek is nodig naar de gehalten van lood in uien in Nederland die chronische effecten kunnen veroorzaken. Met name de gehalten in de uien schillen moeten onderzocht worden, omdat dit waarschijnlijk hogere gehalten bevat dan het binnenste gedeelte. De siroop van BRS is hoog in suikers en peptiden met een laag molecuulgewicht. Aangezien lood zou kunnen binden aan deze peptiden, vormt deze stroom het grootste risico op hoge gehalten aan lood.

8.4.2 Cadmium

Element

Cadmium (Cd) is een zwaar metaal met het atoomnummer 48. Vergeleken met de meeste andere metalen bindt cadmium sterk aan zwavel. Daarnaast kan het binden aan macromoleculen zoals DNA, RNA en eiwitten (Hajeb et al., 2014). Planten zijn de voornaamste bron van cadmiuminname van mensen (niet-rokers). Meer dan 70% van de cadmiuminname komt door consumptie van groenten. Cadmium wordt makkelijker opgenomen door planten dan lood, omdat het minder wordt geabsorbeerd door de bodem. Hierdoor kan het ophopen in groenten tot hoge concentraties (Hajeb et al., 2014; Sridhara Chary et al., 2008).

Negatieve gezondheidsgevolgen

Inhalatie van cadmium kan levensbedreigend zijn door acute effecten op de longen. Echter, door inname via voedsel kan cadmium schade toebrengen aan de nieren. Schade aan de nieren kan worden herkend aan een hogere uitscheiding van eiwitten met laag molecuulgewicht. Daarnaast kan cadmium een schadelijk effect hebben op de botten. Dit is gerelateerd aan lage mineraaldichtheid in de botten (osteoporose) en kan leiden tot botbreuken. Daarnaast is cadmium carcinogeen en wordt het gelinkt aan longkanker, maar dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het roken van sigaretten. Bewijs voor een verband tussen cadmiuminname via voedsel en het ontstaan van kanker is beperkt, maar er zijn studies die het linken aan nierkanker en prostaatkanker (Järup, 2003).

Blootstelling

In 1986 werden door Wiersma et al. (1986) 83 monsters uien uit Nederland geanalyseerd op zware metalen, waaronder cadmium. De gehalten varieerden van 0,004 tot 0,032 mg/kg met een gemiddelde van 0,013 mg/kg. Op dat moment was het limiet in Nederland van cadmium nog 0,1 mg/kg, dus alle monsters waren binnen het limiet. Met het huidige limiet van de EU van 0,03 mg/kg zou de hoogste concentratie net iets te hoog zijn (EUR-Lex, 2021). De dodelijke dosis van cadmium ligt vele malen hoger, namelijk tussen de 350 en 8900 mg (EFSA, 2009). In een ander Europees land, lieten Bystricka et al. (2016) zien dat uien geteeld op besmette grond in Slowakije, 0,022-0,04 mg/kg lood bevatten. De hoogste concentratie is boven het limiet van 0,03 mg/kg. De studie van Fakhri et al. (2018) heeft naast lood ook het cadmiumgehalte in uien en de bodem gemeten uit twee gebieden in Iran. Het gemiddelde uit het gebied HashtBandi was 0,0010 mg/kg en uit Ravang was 0,0011 mg/kg (Fakhri et al., 2018). Deze waarden zijn veel lager dan het limiet van de EU (EUR-Lex, 2021). De studie heeft ook de cadmiumgehalten gemeten van de bodem waarop de uien zijn geteeld. Deze zijn aanzienlijk hoger; 2,21 mg/kg voor HashtBandi en 2,22 mg/kg voor Ravang (Fakhri et al., 2018). Aangezien de schillen van de uien in direct contact staan met de bodem, is het aannemelijk dat deze hogere concentraties bevatten dan de ui zonder schil.

In Tabel 4 staat het gehalte cadmium van een monster gepelleteerde uienschillen (Meeusen et al., 2008). Wanneer er wordt omgerekend naar een vochtgehalte van 90% voor de uienpellen, dan is de concentratie cadmium <0,04 mg/kg. Deze waarde is iets hoger dan het limiet van de EU. Dit is namelijk voor cadmium 0,030 mg/kg nat gewicht (EUR-Lex, 2021). Omdat dit een waarde is van slechts één monster, is dit niet representatief voor de uien van BRS en GI.

Risico's voor processen

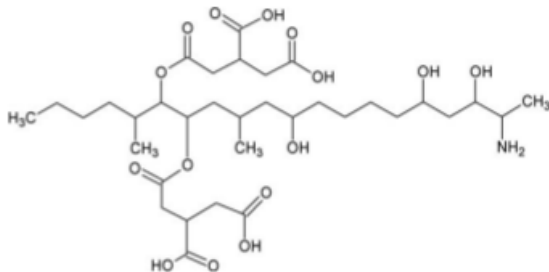
De kans op acute vergiftiging door cadmium is heel klein. Voor chronische effecten is meer onderzoek nodig naar de gehalten van cadmium in uien in Nederland. De gehalten in de uienschillen zijn daarbij belangrijk, omdat dit waarschijnlijk hogere gehalten bevat. Aangezien cadmium zou kunnen binden aan eiwitten, vormt de eiwitstroom van BRS het grootste risico op hoge gehalten aan cadmium.

8.5 Fumonisin

Component

Er zijn 15 verschillende soorten fumonisins, maar fumonisin B1 is de meest voorkomende. Fumonisin is een mycotoxine, die voornamelijk wordt geproduceerd door *Fusarium verticillioides*. Deze schimmel

komt veel voor in maïs. Fumonisin kan ook door andere schimmels worden geproduceerd, zoals *F. proliferatum*, *F. napiforme*, *F. dlamini*, *F. anthophilum* en *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici* (Stockmann-Juvala & Savolainen, 2008). Indien fumonisin voorkomt in ui, is het waarschijnlijk geproduceerd door *F. proliferatum* (Stankovic et al., 2007). In Figuur 12 is de molecuulstructuur van fumonisin B1 weergegeven. Deze toxine is hittestabiel. Bij verhitten van ≤ 125 °C wordt 25-30% van fumonisin B1 vernietigd (Bullerman et al., 2002).



Figuur 12 Molecuulstructuur van fumonisin B1 (Stockmann-Juvala & Savolainen, 2008).

Negatieve gezondheidsgevolgen

Fumonisin B1 heeft een vergelijkbare structuur met sfingolipiden. Dat is een stof die voorkomt in cellen van onder andere mensen om structuur te geven aan de cel en een aantal celfuncties te reguleren. Doordat fumonisins B1 een vergelijkbare structuur hebben, kunnen ze het metabolisme van sfingolipiden verstoren. Hierdoor is fumonisin B1 neurotoxisch, hepatotoxisch en nefrotoxisch. Het kan dus het zenuwstelsel, de lever en de nieren beschadigen. Daarnaast is fumonisin B1 mogelijk carcinogeen voor mensen (Stockmann-Juvala & Savolainen, 2008). Het zou bijvoorbeeld slokdarmkanker en leverkanker kunnen veroorzaken (World Health Organization, 2018).

Blootstelling

De EU wetgeving stelt dat babyvoeding maximaal 200 µg/kg fumonisin mag bevatten en onbewerkte maïs mag 2000 µg/kg bevatten. Voor specerijen zoals uienpoeder zijn er geen limieten (Boonzaaijer et al., 2008). Boonzaaijer et al. (2008) vonden gehalten tot 135 µg/kg fumonisin B1 in uienpoeder. Zij stellen dat dit gehalte voorlopig geen reden tot zorg hoeft te zijn. Ook Stockmann-Juvala & Savolainen (2008) stellen dat de toxiciteit over het algemeen nauwelijks een risico vormt, omdat de concentraties vaak laag zijn. In Europese landen is de inname van fumonisins 250 ng/kg lichaamsgewicht per dag (World Health Organization, 2018). Niettemin vonden El Darra et al. (2019) veel hogere concentraties fumonisins in knoflook- en uienpoeder, namelijk tot 115.231,9 µg/kg fumonisin B1 en B2. Deze hoge concentraties geven aan dat meer onderzoek naar fumonisins belangrijk is en dat deze mycotoxines mogelijk gereguleerd moeten worden.

Risico's voor processen

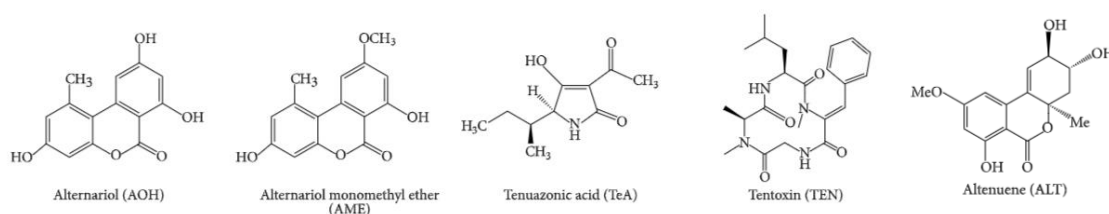
De hittebehandelingen van de processen van GI en BRS zijn onvoldoende om fumonisin B1 te inactiveren. Aangezien er geen wetgeving is, is het moeilijk om te bepalen wanneer concentraties van fumonisins te hoog zijn. Voor een significant toxisch effect zijn de concentraties fumonisins vaak te laag, maar de studie van El Darra et al. (2019) laat zien dat er meer onderzoek nodig is. Fumonisin

worden voornamelijk geproduceerd wanneer het gewas op het land staat. Om dit zo laag mogelijk te houden moet er goed voor het land worden gezorgd door middel van rotatie van gewassen, gebruik van hybride plantenrassen, goed bodembeheer en het voorkomen van stres bij de gewassen (World Health Organization, 2018).

8.6 Alternaria mycotoxines

Component

Verschillende *Alternaria* schimmels kunnen toxines produceren, waaronder *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. arborescens*, *A. infectoria* sp.-grp and *A. japonica*. *Alternaria* kan groeien vanaf 2,5-6,5 °C met een optimum van 22-30 °C. De schimmel en de bijbehorende toxines kunnen voorkomen op verschillende voedingsmiddelen, zoals groenten (uien, knoflook, tomaten, paprika, etc), fruit, dranken, noten en tarwe (Escrivá et al., 2017). Er zijn meer dan 70 verschillende *Alternaria* mycotoxines, maar de meest voorkomende toxines zijn alternariol (AOH), alternariol monomethyl ether (AME), altenuene (ALT) en tentoxin (TTX), en tenuazonic acid (TeA) (Gambacorta et al., 2019). De stabiliteit neemt af van AME > AOH > ALT (Siegel et al., 2010). AOH en AME zijn stabiel bij 100 °C in bloem van zonnebloem, maar bij een hittebehandeling van 121 °C bij 60 minuten wordt de concentraties van de toxines verlaagd (Escrivá et al., 2017).



Figuur 13 Moleculaire structuur van verschillende *Alternaria* mycotoxines.

Negatieve gezondheidsgevolgen

AOH, AME, TeA en ATX kunnen schadelijk zijn voor mensen en dieren. Ze kunnen foetotoxisch en teratogeen zijn. Dit betekent dat het schadelijk is voor een ongeboren kind evenals de moeder tijdens de zwangerschap. AOH en AME zijn niet acuut toxisch, maar het is aangetoond dat AOH en AME genotoxisch, mutageen en clastogeen zijn in verschillende in vitro systemen. AOH en AME kunnen dus erfelijk materiaal, als DNA en chromosomen beschadigen. Studies suggereren dat AME, AOH en TeA slokdarmkanker kunnen veroorzaken (EFSA, 2011). TeA en ALT zijn acuut toxisch in knaagdieren, door het remmen van de eiwitbiosynthese. ATX is mutageen en acuut toxischer dan AOH en AME, maar er zijn niet veel data beschikbaar over dit toxine (Escrivá et al., 2017).

Blootstelling

Er wordt geschat dat de chronische blootstelling via voeding bij volwassenen is 1,9-39 ng AOH, 0,8-4,7 ng AME en 36-141 ng TeA en TTX per kg lichaamsgewicht per dag (EFSA, 2011). In uienpoeder, vonden Gambacorta et al. (2019) waardes van 164,5 AOH, 137,9 AME, 90,5 TeA, 1,3 ALT en 47,9 TTX µg/kg. Het CONTAM panel gebruikt de Threshold of Toxicity Concern (TTC) voor *Alternaria* toxines door het gebrek aan data. Dit is 2,5 ng AOH of AME per kg lichaamsgewicht per dag en 1500 ng TeA en TTX per kg lichaamsgewicht per dag. Op basis van de TTC, zal deze overschreden worden voor AOH en AME bij

een inname van 0,9 gram uienpoeder. *Alternaria* mycotoxines komen niet alleen voor in uienpoeder, maar ook op rauwe uien. Van rauwe beschimmelde uien uit België komt op 74,4% AOH voor en op 72,1% komt AME voor (Van de Perre et al., 2014).

Risico's voor processen

Er is (nog) geen regelgeving voor toegestane gehalten van *Alternaria* mycotoxines in uienpoeder. Er kunnen wel hoge concentraties AOH en AME voorkomen in uien. Deze toxines zijn hittestabiel en kunnen nog actief zijn na het proces van GI en BRS. Meer onderzoek is nodig naar welke concentraties gevaarlijk zijn voor de gezondheid en op welke manier de productie van deze toxines geminimaliseerd kan worden.

9 Risicoanalyse microbiologische gevaren

In dit hoofdstuk worden verschillende pathogenen besproken die zich op ui kunnen bevinden en een risico kunnen vormen tijdens de processen van GI en BRS. Het is aannemelijk dat op de schil van de ui zich meer pathogenen bevinden, dan in het binnenste gedeelte van de ui. De schil stond in direct contact met de bodem, waarin veel micro-organismen kunnen leven. De pathogenen die op ui kunnen voorkomen en worden besproken zijn *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* en *Escherichia coli*. De bacteriën die hiervan sporen kunnen vormen zijn *C. perfringens*, *C. botulinum* en *B. cereus* en bacteriën die toxines vormen zijn *S. aureus*, *C. perfringens*, *C. botulinum*, *B. cereus* en *E. coli*. De aanwezigheid van virussen op uien wordt niet nader bediscussieerd, omdat er alleen gevallen bekend zijn van uitbraken met virussen op bosui.

9.1 *Staphylococcus aureus*

Organisme

Staphylococcus aureus behoort tot de familie Micrococcaceae. Het is een grampositieve bacterie, die niet motiel is en geen sporen vormt. *S. aureus* is catalasepositief, facultatief anaeroob en kan uitstekend groeien in een aerobe omgeving. De bacterie heeft een diameter van 1 µm en ziet er in groepsvorm onder de microscoop uit als druiventros (Buhnia, 2018). Stafylokokken groeien tussen een temperatuur van 7-49 °C met een optimum temperatuur van 30-37 °C. *S. aureus* kan groeien tussen een pH van 4-9 met een optimum pH van 7 (Demirci et al., 2020). Verder kan *S. aureus* groeien bij een a_w -waarde van 0,83-0,99 met een optimum van 0,98 (Buhnia, 2018). Daarnaast is de bacterie zouttolerant en kan overleven in een omgeving tot 15% zout (Demirci et al., 2020). De cellen van *S. aureus* hebben een D-waarde van 0,2 - 6 minuten bij 60 °C (Cebrián et al., 2017). De D-waarde geeft de tijd aan bij een bepaalde temperatuur voor een log-reductie, dus de tijd die nodig is om 90% van de bacteriën/sporen te laten sterven. *S. aureus* produceert enterotoxines. Deze toxines zijn wateroplosbare eiwitten, die resistent zijn tegen hitte, bevriezing en drogen (Buhnia, 2018; Demirci et al., 2020). De toxines kunnen onschadelijk worden gemaakt door denaturatie na een hittebehandeling van 10 minuten bij 121 °C. Echter, na 30 minuten koken kunnen de toxines nog actief zijn in bepaalde voedingsmiddelen, zoals paddenstoelen, na 28 minuten bij 121 °C. Ze zijn ook bestand tegen een lage pH en proteolytische enzymen, waardoor ze actief kunnen zijn in het maagdarmkanaal (Buhnia, 2018).

Nadelige gezondheidseffecten

S. aureus kan verschillende ziekten veroorzaken, zoals huidinfecties, wondinfecties, toxic shock syndrome en voedselvergiftiging. Methicillin is een antibioticum dat vaak wordt ingezet om *S. aureus* te bestrijden. Echter staat *S. aureus* erom bekend resistentie te ontwikkelen tegen dit middel. Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus (MRSA) veroorzaakt een groot gezondheidsprobleem over de hele wereld (Demirci et al., 2020). *S. aureus* produceert verschillende virulentiefactoren, zoals adhesie-eiwitten, superantigenen, toxic shock syndrome toxines (TSST), exfoliatieve toxines (ET), porie-vormende hemolysines, ADP-ribolysierende toxines en proteases. Voedselvergiftigingen worden veroorzaakt door de productie van Staphylococcal enterotoxines (SE). De toxines hebben antigeniciteit en emetische (braakopwekkende) activiteit (Buhnia, 2018). De productie van enterotoxines vormt een risico als *S. aureus* aanwezig is in concentraties van 10^6 tot 10^7 kve/g of ml (Demirci et al., 2020). Dit is gerelateerd aan een toxine concentratie van 1 ng/g (Buhnia, 2018). Voedselvergiftiging door *S. aureus* staat bekend om een snel begin van symptomen: binnen 30 minuten tot 8 uur na het consumeren van

besmet voedsel. De meest voorkomende symptomen zijn misselijkheid, braken, buikpijn en diarree. Herstel hiervan duurt vaak zo'n 1 tot 3 dagen (Demirci et al., 2020). Het sterftecijfer is laag, zo'n 0,02% overlijdt, waarbij een grotere kans geldt voor kinderen en ouderen.

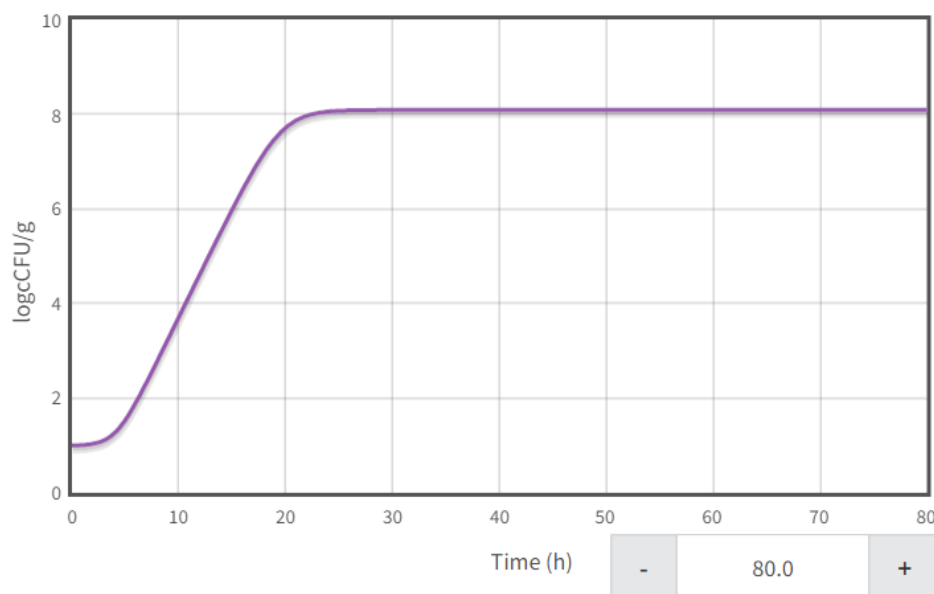
Bronnen en prevalentie

S. aureus bevindt zich op de huid, het haar en in de neus van een derde van de mensen. Daarom moeten voedingsmiddelen op de juiste manier behandeld worden, om besmetting te voorkomen. Om te voorkomen dat een product wordt besmet met *S. aureus* is goede omgeving- en persoonlijke hygiëne van belang, zoals handen wassen, gebruik van pleisters bij wondjes, reinigen van machines en materialen en controleren van schoonmaakprocedures (Stichting Food Compass, 2019). *S. aureus* groeit vaak op voedingsmiddelen die hoog in eiwit zijn, zoals vlees, zuivel, gevogelte en eieren (Demirci et al., 2020). Ui is niet hoog in eiwit, maar Stichting Food Compass heeft *S. aureus* aangetroffen in bolgewassen, waaronder uien. Het was wel onder het aangehouden criterium van 100.000 kve/g. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) schat dat in de Verenigde Staten voedselvergiftiging door *S. aureus* jaarlijks leidt tot 241.188 ziektegevallen, 1.064 ziekenhuisopnames en 6 doden (Food and Drug Administration, 2012).

Risico's voor de processen

De enterotoxines van *S. aureus* zijn hittestabiel, dus is het van belang om besmetting en groei van *S. aureus* te voorkomen. De groei van *S. aureus* in ui is voornamelijk een probleem op plekken waar met de hand wordt gewerkt, zoals in restaurants en bij cateraars. Dit is niet het geval bij GI en BRS, maar dat betekent niet dat *S. aureus* zich niet op de ui kan bevinden. *S. aureus* kan zich ook al in de grond bevinden waar de ui wordt geteeld (Jorie van Zanten, persoonlijke communicatie). Om risico's te vermijden moet voedsel niet langer dan 2 uur bij een temperatuur tussen 5-57 °C worden bewaard (Demirci et al., 2020).

Op basis van de parameters van de stoomdestillatie van het GI proces, kan worden gesteld dat de hittebehandeling voldoende om *S. aureus* af te doden, maar is niet voldoende voor de inactivatie van de toxines. Tijdens de ruststap van GI kunnen deze toxines zich hebben gevormd en dan zijn ze dus een reëel risico. Wanneer rekening wordt gehouden met extreme condities tijdens de ruststap van GI, kan *S. aureus* zeer snel gaan groeien (zie Figuur 14).



Figuur 14 Voorspellend groeimodel van *S. aureus* tijdens extreme condities van de ruststap van GI gemaakt met ComBase. De ingestelde parameters zijn Initieel niveau 1; Physical state 1,3 e-2; Temp. 30 °C; pH 5,5; Aw 0,99. Tijdsverloop 80 uren (h).

Bij het proces van BRS is de behandeling ook niet voldoende om toxines te inactiveren en daarom is het belangrijk om de (kruis)besmetting en groei van *S. aureus* te voorkomen. Wel wordt na het vermalen van de uienreststroom snel de pH verhoogd tot 8,5, waardoor *S. aureus* niet of nauwelijks kan groeien. De vezelfractie van BRS heeft deze hoge pH, maar is niet verhit en zou nog *S. aureus* kunnen bevatten wanneer het vers wordt geleverd. Als de vezelstroom wordt verwerkt tot poeder, dan zal de droogstap *S. aureus* kunnen inactiveren. Dit geldt niet voor mogelijk gevormde toxines. De pasteurisatie van de eiwitpasta is voldoende voor het inactiveren van het micro-organisme, maar niet voor de mogelijk gevormde toxines. Indien Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP), Good Manufacturing Practices (GMP) en/of Good Hygienic Practices (GHP) worden nageleefd door de medewerkers, zal het risico op *S. aureus* flink verminderd zijn.

9.2 *Salmonella* sp.

Organisme

Salmonella soorten behoren tot de Enterobacteriaceae familie. In totaal zijn er rond de 2600 serotypen bekend. Het zijn Gram-negatieve, staafvormige, facultatief anaerobe bacteriën (Eng et al., 2015). Ze maken geen sporen en zijn ca. 0,5 µm bij 1-3 µm groot. Het zijn motiele organismen, met uitzondering van *S. galinarum* en *S. pullorum* (Adams & Moss, 2000). *Salmonella* groeit bij een temperatuur van 5-45 °C met een optimum temperatuur van 35-37 °C. De bacterie kan groeien tussen een pH van 4,1-9, maar heeft een optimum pH tussen de 6-7. *Salmonella* is gevoelig voor zoutconcentraties van 0,5% en de gevoeligheid wordt groter met toenemende zoutconcentraties tot 5% (Buhnia, 2018). De minimale a_w -waarde voor *Salmonella* om te groeien is 0,94, maar *Salmonella* kan goed overleven in gedroogde producten (Demirci et al., 2020). *Salmonella* is wel gevoelig voor hitte en heeft een D-waarde van is 0,1–3,3 minuten bij 60 °C (Cebrián et al., 2017).

Nadelige gezondheidseffecten

Alle *Salmonella* soorten zijn pathogeen en kunnen macrofagen, epitheelcellen en dendritische cellen aanvallen (Buhnia, 2018). *Salmonella* wordt onderverdeeld in twee soorten die ziektes bij mensen kunnen veroorzaken: *S. enterica* en *S. bongori*. Daarvan vormt *S. enterica* het grootste probleem voor de volksgezondheid. *Salmonella* kan gastro-enteritis of buiktyfus veroorzaken (Food and Drug Administration, 2012). *Salmonella enterica* serovar *Typhi* en serovar *Paratyphi* veroorzaken buiktyfus. Er bestaan ook non-typhoidale salmonellae (NTS), deze veroorzaken ziekten zoals gastro-enteritis. Onder NTS vallen bijvoorbeeld *Salmonella enterica* serovars *Typhimurium*, *Enteritidis*, *Heidelberg* en *Newport* (Buhnia, 2018).

Gastro-enteritis gaat gepaard met misselijkheid, braken, diarree, buikkrimp en koorts. *Salmonella* dringt vanuit het darmlumen door naar het epitheel van de dunne darm, waar een ontsteking ontstaat. Symptomen verschijnen 6 tot 72 uur na besmetting. De ziekte duurt meestal 4 tot 7 dagen. Mensen kunnen al ziek worden bij de aanwezigheid van één cel, afhankelijk van de gezondheid en leeftijd van de patiënt. Het sterftecijfer bij gastro-enteritis is minder dan 1%, maar dit is hoger bij uitbraken in bijvoorbeeld ziekenhuizen en verzorgingstehuizen (Food and Drug Administration, 2012).

Buiktyfus gaat gepaard met hoge koorts, diarree of constipatie, hoofdpijn en loomheid. *Salmonella* dringt vanuit het darmlumen door naar het epitheel van de dunne darm en daarna naar de bloedbaan (in geval van sepsis is er een acuut levensgevaar). Hierdoor kan ook een ontsteking ontstaan in andere delen van het lichaam. Na 1 tot 3 weken beginnen symptomen en de ziekte kan 2 tot 4 weken duren. De infectiedosis is minder dan 1000 kve/g. Het ziekteverloop van buiktyfus is ernstiger dan gastro-enteritis. Van de patiënten die niet behandeld worden, overlijdt 10% (Food and Drug Administration, 2012).

Bronnen en prevalentie

Salmonella bevindt zich in de darmen van onder andere mensen, boerderijdieren, insecten en vogels. De grootste infectiebronnen zijn vlees, gevogelte, eieren, noten, fruit, groenten en mensen. Voornamelijk gevogelte staat bekend om het veroorzaken van salmonellosis. Dit komt door de hoge dichtheid van vogels, zoals kippen, op een boerderij. Hierdoor verspreid *Salmonella* makkelijk naar andere vogels. Dit kan dan ook makkelijk in de eieren terecht komen (Buhnia, 2018). Ook kunnen mensen die voedsel verwerken, asymptomatische buiktyfus hebben, en op deze manier het voedsel besmetten (Miliotis & Bier, 2003). Daarnaast is kruisbesmetting een van de belangrijkste bronnen van *Salmonella*-infecties (Food and Drug Administration, 2012). Gastro-enteritis wordt voornamelijk gelinkt aan besmet voedsel, terwijl buiktyfus vaak wordt gelinkt aan verontreinigd drinkwater of gewassen die zijn geïrrigeerd met verontreinigd water. Jaarlijks zijn er ter wereld 1,3 miljard gevallen van gastro-enteritis, meer dan 21 miljoen gevallen van buiktyfus en 3 miljoen doden door *Salmonella*-infecties (Buhnia, 2018). Er wordt geschat dat in Nederland jaarlijks 30.000 mensen te maken krijgen met een *Salmonella*-infectie. Slechts een klein gedeelte hiervan gaat naar de huisarts of het ziekenhuis (RIVM, 2021b). In Hoofdstuk 6 staan recalls van uien en uienproducten, waarvan veel recalls zijn gerelateerd aan *Salmonella*. In de VS in oktober 2021 leidde een uitbraak van *Salmonella* in uien tot ten minste 892 ziektegevallen en 183 ziekenhuisopnames (Beach, 2021). *Salmonella* bevindt zich niet alleen in rauwe uien, maar ook in gedroogde producten, zoals uienpoeder.

Risico's voor de processen

Salmonella is gevoelig voor hitte en zal dus geïnactiveerd worden tijdens verwarmen boven pasteurisatietemperatuur (Food and Drug Administration, 2012). Dus rauw of onvoldoende verhitte producten vormen een risico op de aanwezigheid van *Salmonella*. Het proces van GI is meer dan

voldoende om *Salmonella* te inactiveren. Ook de pasteurisatie-stap van de eiwitpasta van BRS inactieveert *Salmonella*. Daarnaast is de pH van de eiwitpasta te laag voor groei. De vezelfractie van BRS heeft juist een hoge pH. Deze remt de groei van *Salmonella*. De vezelfractie van BRS wordt niet verhit als het vers wordt gebruikt en zou *Salmonella* kunnen bevatten. De vezelfractie kan ook gedroogd worden, maar *Salmonella* kan een droogproces overleven. Zeker omdat *Salmonella* kan overleven in gedroogde producten, zoals uienpoeders, kan dit een reëel risico zijn. De bacterie kan niet groeien in een poeder door de lage a_w -waarde, maar zodra het poeder wordt toegevoegd wordt aan een product en de a_w -waarde stijgt, kan *Salmonella* weer gaan groeien. Aan de andere kant wordt een poeder, zoals uienvezel, vaak toegevoegd aan een voedselproduct dat weer verhit wordt, zodat het risico wordt geëlimineerd.

9.3 *Clostridium perfringens*

Organisme

Clostridium bestaat uit meer dan 80 soorten, waaronder *C. perfringens*. De bacterie behoort tot de familie Clostridiaceae. *C. perfringens* is een Grampositieve, staafvormige, niet-motiele, anaerobe bacterie, die sporen kan vormen (Buhnia, 2018). De soorten die enterotoxines produceren zijn pathogeen, want die kunnen een voedselvergiftiging veroorzaken. Type A produceert altijd toxines en type B, C, D en E produceren toxines als ze een gen hiervoor bevatten (Food and Drug Administration, 2012). *C. perfringens* kan groeien tussen 15-50 °C met een optimum tussen 37-45 °C. De optimale pH ligt tussen pH 5,0 en 9,0 en het heeft een minimale a_w -waarde nodig van 0,95 om te kunnen groeien. Verder kan de bacterie overleven bij een zoutconcentratie van 4-6% (Buhnia, 2018). De hitte-resistentie van de sporen verschilt per soort. De D-waarde bij 100 °C van sporen die voedselvergiftiging kunnen veroorzaken ligt tussen de 30 en 124 minuten. Voor vegetatieve cellen is de D-waarde 11 tot 16 minuten bij 55 °C (Wijnands et al., 2009). Daarnaast kun de sporen van *C. perfringens* beter tegen bevriezen dan de vegetatieve cellen. De enterotoxine is gevoelig voor hitte, maar is wel bestand tegen proteolytische enzymen (Demirci et al., 2020). Na 10 minuten verhitten bij 60 °C wordt het toxine (CPE) geïnactiveerd (Buhnia, 2018).

Nadelige gezondheidsgevolgen

Ziektes door *C. perfringens* zijn bijna altijd voedselinfecties en geen voedselvergiftigingen. Na consumptie van besmette voedingsmiddelen, kan *C. perfringens* toxines produceren in de dunne darm. Toxineproductie in de darm wordt geassocieerd met sporenvorming. Tijdens sporenvorming en het lyseren van de vegetatieve cellen komt CPE-eiwit (enterotoxine) vrij. Dit enterotoxine veroorzaakt verlies van vocht en elektrolyten in het maagdarmkanaal, voornamelijk de dunne darm (Food and Drug Administration, 2012).

Er zijn twee verschillende soorten ziekten die door de toxines veroorzaakt kunnen worden: gastro-enteritis en pig-bel (enteritis necroticans). Gastro-enteritis is de meest voorkomende ziekte waarbij diarree en buikpijn ontstaan. De pig-bel ziekte is zeldzamer, maar is een ernstigere ziekte en is vaker fataal. Symptomen van deze ziekte zijn pijn, opgeblazen gevoel, (bloederige) diarree en braken. Ouderen of mensen met een verzwakt immuunsysteem hebben meestal een heviger ziekteverloop. Symptomen voor beide ziekten beginnen na 8 tot 16 uur bij een infectiedosis vanaf 10^6 vegetatieve cellen of endosporen/g voedingsmiddel. De duur van de ziekte is over het algemeen 12 tot 24 uur, maar kan 1 tot 2 weken duren bij ouderen of baby's (Demirci et al., 2020; Food and Drug Administration, 2012).

Bronnen en prevalentie

C. perfringens is wijdverspreid in de natuur en bevindt zich in de darmen van mensen, huisdieren en wilde dieren. De sporen bevinden zich in de bodem, water, stof en andere plekken die vervuild zijn door humane of dierlijke uitwerpselen (Demirci et al., 2020; Food and Drug Administration, 2012). In de Verenigde Staten leiden infecties met *C. perfringens* jaarlijks tot 966.000 ziektegevallen en 26 doden (Buhnia, 2018). Het aantal infecties in Nederland wordt door het RIVM geschat op 10.000 tot 150.000 per jaar (Wijnands et al., 2009). Vaak komen uitbraken met *C. perfringens* voor door consumptie van vlees en gevogelte (Buhnia, 2018). Dit komt door het slachtproces, waardoor bacteriën uit de darmen van het dier het vlees besmetten (Demirci et al., 2020). Echter, *C. perfringens* kan zich ook bevinden in kruiden en specerijen, zoals uienpoeder (Lee & Labbé, 2018; Pezzutti et al., 2005).

Risico's voor de processen

C. perfringens kan alleen groeien in anaerobe omgevingen. Aangezien BRS en GI geen ingeblikte producten produceren zal het risico op *C. perfringens* klein zijn. Wel is het mogelijk dat er tijdens processen, waarbij bijvoorbeeld grote tanks worden gebruikt, onderin de tanks geen zuurstof komt. Onderin een tank kan een anaerobe omgeving ontstaan. Dit zou mogelijk zijn tijdens de stoomdestillatie van GI, maar door de hoge temperatuur zal *C. perfringens* niet groeien. Wel is er een kans dat er eerder in het proces, tijdens de ruststap, plaatselijk anaerobe omgevingen zijn. Echter, die kans wordt klein geschat. Dit geldt ook voor het proces van BRS. Dat betekent ook dat er waarschijnlijk geen toxines gevormd worden tijdens de processen. Theoretisch gezien worden de toxines (CPE) geïnactiveerd door het proces van GI en de pasteurisatie van de eiwitpasta van BRS, maar kunnen nog actief zijn in de vezelfractie van BRS wanneer het vers bewaard wordt.

Indien aanwezig, kunnen endosporen van *C. perfringens* risico's met zich meebrengen, omdat deze hitte-resistent zijn. De sporen kunnen de processen van GI en BRS overleven. Zelfs lage concentraties van sporen die het kookproces overleven, kunnen later ontkieming en zich vermenigvuldigen. Om dit te voorkomen is het belangrijk om producten gekoeld te bewaren (Demirci et al., 2020; Food and Drug Administration, 2012). De sporen kunnen zich ontkiemen tussen 10-46 °C (Doyle, 2002). De warme opslag na stoomdestillatie van GI is dus mogelijk, maar de temperatuur moet boven de 46°C gehouden worden. Een andere manier om ontkieming te voorkomen is snelle koeling.

9.4 *Clostridium botulinum*

Organisme

Net als *C. perfringens* behoort *Clostridium botulinum* tot de familie Clostridiaceae. *C. botulinum* is een Grampositieve, staafvormige, motiele en anaerobe bacterie (Buhnia, 2018). De cellen zijn 2-22 µm bij 1,5-2 µm (Adams & Moss, 2000). De bacterie kan sporen vormen en neurotoxines produceren. Er bestaan 8 verschillende botulinetoxines die door *C. botulinum* geproduceerd kunnen worden: type A t/m H. *C. botulinum* wordt onderverdeeld in proteolytisch (toxine type A, B, F en H) en non-proteolytisch (toxine type B, E en F) (Buhnia, 2018). Voor proteolytische *C. botulinum* is de minimale groeitemperatuur 10-12 °C en de bacterie heeft een optimum temperatuur van 37 °C. De minimale pH-waarde is 4,6 en minimale a_w-waarde is 0,94. Daarnaast kan de bacterie overleven bij een zoutconcentratie van 10%. Non-proteolytische *C. botulinum* heeft een lagere minimum groeitemperatuur van 2,5-3,0 °C en een optimum van 25 °C. De minimale pH en a_w-waarde nodig voor

groei zijn hoger: pH 5,0 en a_w -waarde van 0,97. De bacterie kan een zoutconcentraties van 5% overleven (Peck et al., 2011).

De sporen van *C. botulinum* zijn hitte-resistent en zijn resistenter dan de sporen van *C. perfringens* (Demirci et al., 2020). De sporen van proteolytische *C. botulinum* hebben een D-waarde van 25 minuten bij 100 °C en de sporen van non-proteolytische *C. botulinum* hebben een D-waarde van 2,4 minuten bij 82,2 °C. Een hitte behandeling van 3 minuten bij 121 °C is standaard bij ingeblikte voedingsmiddelen die niet zuur zijn om sporen te inactiveren. Dit wordt ook wel de 'botulinum cook' genoemd en staat gelijk aan een 12-log reductie (Silva & Gibbs, 2010). De botulinetoxines zijn gevoeliger voor hitte. Ze worden geïnactiveerd na 15 minuten bij 85 °C (Buhnia, 2018; Peck et al., 2011; Shao et al., 2022).

Negatieve gezondheidsgevolgen

Inname van botulinetoxine kan leiden tot botulisme. Zover bekend is botulinetoxine is het meest giftige toxine voor mensen. De infectiedosis is heel erg laag. Een paar nanogram toxine leidt al tot de ziekte. Het veroorzaakt verlamming door zenuwuiteinden te blokkeren (Food and Drug Administration, 2012; Gurtler et al., 2017). Symptomen die hierbij horen zijn dubbelzien, braken, moeite met slikken, moeite met praten en constipatie (Demirci et al., 2020). Symptomen beginnen na 4 uur tot 10 dagen, maar meestal tussen 8 en 36 uur na inname van besmet voedsel (Gurtler et al., 2017). Indien de ziekte niet behandeld wordt, bestaat er kans op overlijden. Voor patiënten met ernstige verschijnselen, kan de ziekte weken of maanden duren. Bij baby's kan het infantiel botulisme veroorzaken. Door inname van sporen kan *C. botulinum* gaan groeien en toxines produceren in de darmen van baby's. Constipatie is het eerste symptoom. Andere symptomen zijn ademhalingsproblemen, zwak huilen, moeite met slikken en spierzwakte (Food and Drug Administration, 2012).

Bronnen en prevalentie

C. botulinum komt voor in de darmen van dieren, in de bodem en in planten (Buhnia, 2018). Botulisme wordt veroorzaakt door inname van voedsel waar al toxines in gevormd zijn (Gurtler et al., 2017). Botulisme komt vaak door consumptie van onvoldoende gekookt gepreserveerd voedsel. Vaak wanneer dit thuis is ingeblikt, maar het kan ook op commerciële schaal plaatsvinden. Het kan voorkomen in producten zoals ingeblikt mais, pepers, sperziebonen, champignons, leverpaté, soepen, tonijn, olijven, ham, vis, etc. *C. botulinum* kan zich ook bevinden op ui. In 1983 was er een uitbraak door gebakken ui in een restaurant in Peoria (VS), waarbij 28 mensen in het ziekenhuis zijn opgenomen met klachten gerelateerd aan botulisme. Ui staat bekend om bacteriegroei-remmende componenten te bevatten. Echter, het gebruik van olie of margarine kan de groei van en toxineproductie stimuleren. De sporen kunnen komen uit de bodem waarin de uien zijn geteeld (Solomon & Kautter, 1986). Botulisme komt heel weinig voor. In Nederland waren er in het jaar 2000 drie meldingen van infantiel botulisme, in 2008 een cluster van 7 patiënten met botulisme en in 2012 waren er twee gevallen van infantiel botulisme (RIVM, 2021a). In de Verenigde Staten worden jaarlijks zo'n 10 tot 30 gevallen van botulisme geregistreerd. In 5 tot 10% van de gevallen is de ziekte fataal. Hoewel botulisme niet vaak voorkomt, is het sterftecijfer hoog wanneer het niet behandeld wordt (Food and Drug Administration, 2012).

Risico's voor de processen

Net als *C. perfringens*, kan *C. botulinum* alleen in anaerobe omgevingen groeien. Dus ook het risico op groei van *C. botulinum* zal ook klein zijn tijdens de processen van GI en BRS. Daarmee is ook de kans op toxinevorming klein. Zoals beschreven in Hoofdstuk 9.3, zou dit alleen kunnen als er lokaal anaerobe condities zijn.

Vegetatieve cellen, sporen van non-proteolytische *C. botulinum* en botulinetoxine worden geïnactiveerd door de stoomdestillatie van GI, maar mogelijk kunnen kleine hoeveelheden sporen van proteolytische *C. botulinum* overleven. Indien in de tank lokale anaerobe condities bestaan, is het van belang dat de warme opslag boven de 45 °C blijft of snel wordt gekoeld (<10 °C) om ontkieming van proteolytische sporen te voorkomen (Boerema & Broda, 2004).

De vezelfractie van BRS is niet verhit en zou theoretisch gezien vegetatieve cellen, sporen en toxines kunnen bevatten. Het is onwaarschijnlijk dat de sporen ontkiemen, omdat er geen anaerobe condities zijn. Bij het maken van een vezelpoeder, kunnen vegetatieve cellen niet overleven, maar eventuele toxines en sporen wel. Door de lage a_w -waarde kunnen sporen niet ontkiemen. De pasteurisatie van de eiwitpasta doodt de vegetatieve cellen. Daarnaast is de pH van de pasta de laag voor groei van *C. botulinum*. Wel zou de pasta nog sporen kunnen bevatten van proteolytische en non-proteolytische *C. botulinum*. Hetzelfde geldt wanneer er een eiwitpoeder van gemaakt wordt.

9.5 *Bacillus cereus*

Organisme

Bacillus cereus behoort tot de familie Bacillaceae. Het is een Grampositieve, staafvormige, motiele, facultatief anaerobe bacterie. De bacterie kan sporen vormen en toxines produceren (Food and Drug Administration, 2012; Wallace & Morowitz, 1972). *B. cereus* kan groeien tussen 8-55 °C en heeft een optimumtemperatuur tussen 28-35 °C. Verder groeit de bacterie tussen een pH van 5-9 en tot een zoutconcentratie van 7,5% (Buhnia, 2018; Food and Drug Administration, 2012). De minimale a_w -waarde nodig voor groei is 0,95 (Lanciotti et al., 2001).

De vegetatieve cellen van *B. cereus* zijn gevoelig voor hitte en hebben een D-waarde van 1 minuut bij 60 °C (Byrne et al., 2006). De sporen van *B. cereus* zijn resistent tegen hitte, desinfectiemiddelen en uitdroging. Sporen kunnen een kookstap overleven en daarna ontkiemen, groeien en toxines produceren onder gunstige omstandigheden voor *B. cereus*. De D-waarde van de sporen bij 100 °C varieert tussen de 1,61 en 13,3 minuten afhankelijk van de omstandigheden (Leguerinel et al., 2005). Er zijn verschillende soorten toxines die *B. cereus* kan vormen. Dit zijn onder andere cereulides en enterotoxines. Cereulide is zeer hitte-stabiel (90 minuten bij 121 °C). Daarnaast kan het actief zijn tussen pH 2 en 11, en is het resistent tegen pepsine en trypsine. De enterotoxines zijn wel gevoelig voor hitte (20 minuten bij 55 °C), een zuur milieu (pH 3) en proteolytische enzymen (Buhnia, 2018).

Negatieve gezondheidsgevolgen

B. cereus kan leiden tot twee verschillende soorten voedselvergiftiging: het diarree-type en het emetische type (braakopwekkend). Het diarree-type wordt veroorzaakt door enterotoxines. Dit zijn eiwitten met een hoogmoleculair gewicht. De enterotoxines worden geproduceerd door vegetatieve cellen van *B. cereus* in de dunne darm. Het emetische type wordt veroorzaakt door andere toxines, namelijk cereulides (peptides met laagmoleculair gewicht), die zijn geproduceerd in het voedsel

(Granum & Lund, 1997). Het diarree-type leidt tot diarree, buikkrampe en pijn zo'n 6 tot 15 uur na consumptie, terwijl het emetische type leidt tot misselijkheid en braken zo'n 0,5 tot 6 uur na consumptie. Beide ziekten duren meestal 24 uur en de infectiedosis is minimaal 10^6 kve/g product (Food and Drug Administration, 2012).

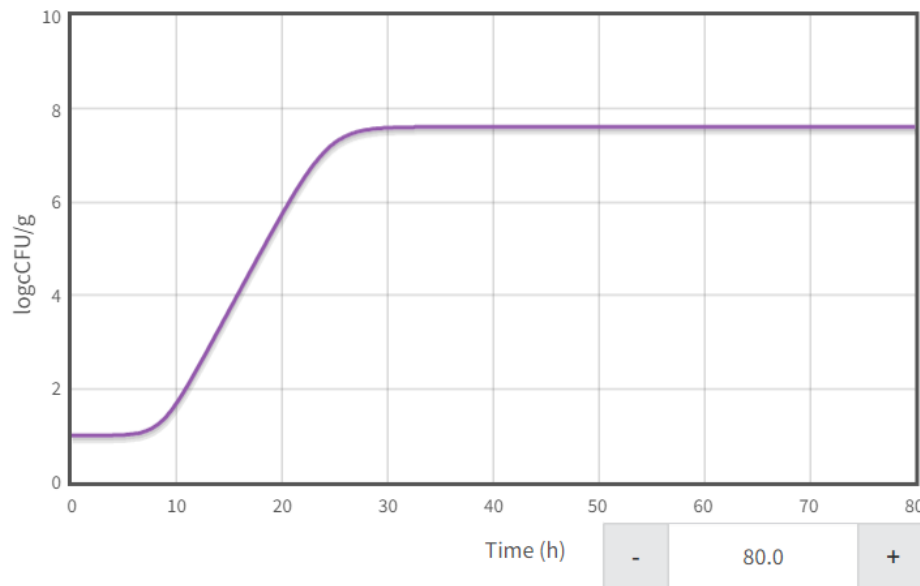
Bronnen en prevalentie

B. cereus bevindt zich in de omgeving zoals bodem, planten, stof en water (Demirci et al., 2020). Voedselvergiftiging door *B. cereus* wordt vaak geassocieerd met producten die zijn verhit, want *B. cereus* is geen competitief micro-organisme (Granum & Lund, 1997). Diarree-type wordt vaak veroorzaakt door voedingsmiddelen, zoals vlees, soepen, puddingen/sauzen en melk/melkproducten. Het emetische type wordt vaak veroorzaakt door gebakken en gekookte rijst, pasta, noedels, gebak, aardappelen en groenten (Buhnia, 2018; Granum & Lund, 1997). McKee (1995) en Mathot et al. (2021) troffen *B. cereus* en sporen aan in uienpoeder. Pezzutti et al. (2005) troffen ook *B. cereus* en sporen aan in gedroogde uien producten, maar dit was niet hoger dan 266 kve/g. Echter, Pafumi (1986) vond *B. cereus* sporen in uienpoeder in een concentratie van $1,0 \times 10^5$ kve/g.

Er wordt geschat dat in Nederland jaarlijks 17.000 tot 310.000 gevallen zijn van het diarree-type en 630.000 tot 3 miljoen gevallen zijn van het emetische type (Wijnands, 2008). Slechts een klein deel hiervan wordt gerapporteerd. Overlijden door *B. cereus* is zeldzaam. Er zijn wel gevallen van leverfalen die leidden tot overlijden gerapporteerd waarbij een infectie met *B. cereus* betrokken was (Food and Drug Administration, 2012).

Risico's voor de processen

Toxines gevormd door *B. cereus* vormen een groot risico. Voornamelijk cereulides, omdat deze hitte-stabiel zijn. Net als *S. aureus*, zou *B. cereus* kunnen gaan groeien en toxines produceren tijdens de ruststap van GI. Cereulide wordt namelijk niet geïnactiveerd tijdens de stoomdestillatie en vormt dus een reëel risico. Daarnaast is het mogelijk dat niet alle sporen worden geïnactiveerd. Deze sporen kunnen ontkiemen wanneer de temperatuur onder de 48 °C komt (Granum & Lund, 1997). Hier moet dus rekening mee gehouden worden tijdens de warme opslag van GI. Deze moet boven de 48 °C blijven of snel worden gekoeld (<8 °C). Vegetatieve cellen van *B. cereus* en de enterotoxines zijn wel hittegevoelig en overleven deze hitte-behandeling niet. Wanneer rekening wordt gehouden met extreme condities tijdens de ruststap van GI, kan *B. cereus* zeer snel gaan groeien en dus ook toxines produceren (Figuur 15). Daarentegen is *B. cereus* geen competitief micro-organisme, dus mogelijk zullen andere pathogenen of non-pathogenen de overhand nemen (Granum & Lund, 1997).



Figuur 15 Voorspellend groeimodel van *B. cereus* tijdens extreme condities van de ruststap van GI gemaakt met ComBase. De ingestelde parameters zijn Initieel niveau 1; Physical state 2,7 e-4; Temp. 30 °C; pH 5,5; Aw 0,99. Tijdsverloop 80 uren (h).

De niet-verhitte vezelfractie van BRS kan nog vegetatieve cellen, sporen en toxines van *B. cereus* bevatten. De pH van 8,5 is hoog en remt de groei, maar stopt dit niet volledig. Indien de stroom nat wordt bewaard is snel koelen belangrijk om ontkieming van sporen te voorkomen. Als de vezelfractie wordt gedroogd, dan worden de vegetatieve cellen gedood. Ook is de a_w -waarde van poeder te laag voor bacteriële groei. Er kunnen zich nog wel sporen in het poeder bevinden. Hetzelfde geldt voor de eiwitpasta na pasteurisatie. Daarnaast is de pH van de eiwitpasta laag genoeg om groei van *B. cereus* te voorkomen. Sporen kunnen een extra risico vormen omdat ze kunnen kleven aan apparatuur die gebruikt wordt voor voedselverwerking. Daarnaast zijn de sporen resistent tegen reiniging en ontsmetting. De juiste ontsmettingsmaatregelen moeten worden genomen om kruisbesmettingen te voorkomen (Buhnia, 2018).

9.6 *Listeria monocytogenes*

Organisme

Listeria behoort tot de familie Listeriaceae. Van *Listeria* is de *L. monocytogenes* het meest gevaarlijk voor de mens. Het is een Grampositie, staafvormige, motiele, facultatief anaerobe bacterie (Farber & Peterkin, 1991). *L. monocytogenes* vormt geen sporen of toxines. De bacterie heeft een groot temperatuurbereik waarbij het kan groeien, namelijk tussen 2 en 45 °C. Dit betekent dat het ook kan groeien in gekoelde voedingsmiddelen (Redfern & Verran, 2017; Stekelenburg & Hoornstra, 2002). De optimum temperatuur ligt tussen 30-35 °C. *L. monocytogenes* kan groeien bij een pH tussen de 4,1 en 9,6 en de minimum a_w -waarde ligt tussen de 0,90 en 0,93 (Demirci et al., 2020). De bacterie is tolerant voor zout tot een concentratie van 10%. Pasteurisatie van 1 minuut bij 71 °C zorgt ervoor dat de bacterie sterft.

Nadelige gezondheidseffecten

Een infectie met *L. monocytogenes* kan leiden tot een ziekte die listeriosis wordt genoemd (Low & Donachie, 1997). Een infectie gaat gepaard met gastro-enteritis, waarbij symptomen horen als koorts, misselijkheid, braken, spierpijn en soms diarree. Bij ouderen of mensen met een verzwakt immuunsysteem kan het leiden tot sepsis (bloedvergiftiging) en kan het verspreiden naar het zenuwstelsel wat kan leiden tot meningitis (hersenvliesontsteking). Daarnaast kan het bij zwangere vrouwen in ernstige gevallen leiden tot een miskraam. De symptomen van listeriosis beginnen een paar uur tot 3 dagen na consumptie van besmet voedsel. Echter, een langere incubatieperiode van 3 dagen tot 3 maanden is ook mogelijk bij een ernstig ziekteverloop (Food and Drug Administration, 2012). De symptomen houden meestal 1 tot 3 dagen aan. De infectiedosis is ligt tussen de 10^2 en 10^5 of meer kve/g (Buhnia, 2018; Ooi & Lorber, 2005).

Bronnen en prevalentie

L. monocytogenes bevindt zich in de omgeving, zoals de bodem, water, riolering en rottende vegetatie. Daarnaast kan het zich bevinden in voedingsmiddelen, als groenten, fruit, vlees, gevogelte, vis en zuivel (Demirci et al., 2020). U kan onder andere besmet raken met *Listeria* door apparatuur die gebruikt wordt tijdens verwerking, zoals het mechanisch snijden van uien (Scollon et al., 2016). In de Verenigde Staten, waren in 2012 en 2018 recalls van uien die besmet waren met *Listeria*. Dit ging respectievelijk om snipperde ui en een klant-en-klare maaltijd waarin besmette ui was verwerkt (Food Safety News, 2012; USDA, 2018).

Bij het RIVM worden jaarlijks zo'n 85 meldingen gedaan van infectie met *Listeria* in Nederland (RIVM, 2019). Van alle pathogenen die zich in voedsel kunnen bevinden, heeft *L. monocytogenes* het hoogste sterftecijfer (Buhnia, 2018). Jaarlijks zijn er in de Verenigde Staten rond de 1600 gevallen van *Listeria* infecties (Scallan et al., 2011). Hiervan overlijden er zo'n 255 mensen. Bij de ernstige vorm van de ziekte overlijdt 15 tot 30%. In het geval van sepsis, overlijdt 50% en in het geval van meningitis, overlijdt 70%. Bij een foetale infectie, kan meer dan 80% leiden tot een miskraam of doodgeboorte (Food and Drug Administration, 2012).

Risico's voor processen

Tijdens het proces van GI, wordt *L. monocytogenes* gedood tijdens de stoomdestillatie en zal dus geen risico vormen. Wel is het belangrijk om kruisbesmetting te voorkomen. De niet-verhitte vezelfractie van BRS kan wel nog *L. monocytogenes* bevatten. Daarnaast is de pH van 8,5 niet hoog genoeg om groei van *L. monocytogenes* te voorkomen. Om de groei te remmen kunnen vezels gekoeld bewaard worden. Echter, *Listeria* staat erom bekend nog te kunnen groeien bij lage temperaturen (tot 2 °C). Het zou dus wenselijk zijn om de natte stroom bevroren te bewaren. Als er een poeder van de vezels wordt gemaakt is dit niet nodig, omdat de *L. monocytogenes* wordt gedood tijdens het drogen en de wateractiviteit van het poeder te laag is. De pasteurisatie van de eiwitpasta is ook voldoende om de bacterie te doden. Daarnaast is de pH te laag voor de groei van *L. monocytogenes*.

9.7 *Escherichia coli*

Organisme

Escherichia coli behoort tot de familie enterobacteriaceae. Het is een Gramnegatieve, staafvormige, motiele, facultatief anaerobe bacterie. De bacterie vormt geen sporen (Allocati et al., 2013; Nataro & Kaper, 1998). *E. coli* is hoofdzakelijk een bacterie die niet pathogeen is en zich van nature bevindt in de darmen van onder andere mensen. Echter zijn er een aantal *E. coli* soorten die wel pathogeen zijn

voor mensen. Pathogene soorten die via voedsel mensen ziek kunnen maken, zijn Enterotoxigene *Escherichia coli* (ETEC), Enteropathogene *Escherichia coli* (EPEC), Enteroinvasieve *Escherichia coli* (EIEC) en Enterohemorragische *Escherichia coli* (EHEC). EHEC is een Shiga toxine-producerende *E. coli* (STEC). Van de pathogene *E. coli* soorten wordt EHEC het vaakst gelinkt aan uitbraken door voedsel. Het meest voorkomende serotype is *E. coli* O157:H7 (Food and Drug Administration, 2012). *E. coli* heeft een minimum groeitemperatuur van 7 °C (Stekelenburg & Hoornstra, 2002). De optimum temperatuur ligt tussen de 35 en 37 °C. EHEC wordt vernietigd bij 64,3 °C voor 9,6 seconde. De bacterie is wel resistent tegen lage pH en kan zelfs onder pH van 4,5 groeien (Buhnia, 2018). De maximum pH ligt rond pH 9 (Demirci et al., 2020). De minimale a_w -waarde nodig voor groei is 0,95 (Stekelenburg & Hoornstra, 2002).

Negatieve gezondheidsgevolgen

EHEC produceert Shiga toxines, waaronder Stx1 en/of Stx2. Daarnaast bevat het intimine, een eiwit waarmee het zich aan de epitheelcellen in de darmen kan hechten. EHEC kan leiden tot hemorragische colitis (HC). Symptomen die hierbij horen zijn ernstige buikkrampen en waterige of bloederige diarree. Daarnaast kan in 2 tot 7% van de gevallen HC overgaan in hemolytisch-uremisch syndroom (HUS). Dit wordt gekenmerkt door hemolytische anemie, acute nierinsufficiëntie en trombocytopenie. Waarschijnlijk wordt HUS veroorzaakt door Stx2 en intimine. HC begint meestal 3 tot 4 dagen na besmetting en HUS zo'n 14 dagen. Vaak duurt de ziekte 2 tot 9 dagen, maar dit kan langer zijn in gecompliceerde gevallen (Food and Drug Administration, 2012; RIVM, n.d.b). EHEC heeft een lage infectiedosis; mensen kunnen al ziek worden van 100 tot 200 cellen (Nataro & Kaper, 1998).

Bronnen en prevalentie

E. coli komt voor in darmen van mensen en warmbloedige dieren, maar kan ook daarbuiten overleven. Via feces komt het terecht in de bodem, drinkwater, irrigatiewater en daardoor ook in verse groenten en fruit (Demirci et al., 2020). Echter, de grootste uitbraken met EHEC zijn gerelateerd aan rauw of onvoldoende verhit gehakt. Dit komt omdat *E. coli* aanwezig is in de darmen en het vlees besmet wordt tijdens het slachten van het dier (Buhnia, 2018). Besmette groenten en fruit kan komen door het gebruik van dierlijke mest, besmet water en wilde dieren (Stichting Food Compass, 2019). *E. coli* kan ook aanwezig zijn op ui. In 2007 was er een recall in Australië, omdat uien *E. coli* bevatten (Product Safety Australia, 2007). Abdullah et al. (2018) vonden dat *E. coli* een van de meest dominante kolonies was op ui. Tevens trof McKee (1995) lage concentraties *E. coli* (<3/g) aan in uienpoeder. In Nederland zijn er jaarlijks circa 1250 gevallen van symptomatische infectie met STEC O157 (RIVM, n.d.). Van de patiënten waarbij de ziekte leidt tot HUS, overlijdt 3 tot 5% (Food and Drug Administration, 2012).

Risico's voor processen

Tijdens de stoomdestillatie van GI wordt *E. coli* gedood. Vanzelfsprekend moet kruisbesmetting worden voorkomen. *E. coli* kan wel een risico vormen in de vezelfractie van BRS. De pH van 8,5 remt de groei, maar zal dit niet volledig stoppen. Daarom is koeling belangrijk (<9 °C), wanneer de stroom nat wordt gebruikt. Wanneer er een poeder van wordt gemaakt, zal *E. coli* niet kunnen overleven en zal ook niet kunnen groeien door de lage wateractiviteit. De pasteurisatie van de eiwitpasta is ook voldoende om *E. coli* te doden. De eiwitpasta kan gesproeidroogd worden om er een poeder van te maken. De lage wateractiviteit zal groei van bacteriën verhinderen. Het is belangrijk om kruisbesmetting na de pasteurisatie te voorkomen, want *E. coli* kan sproeidroogprocessen overleven (Miller et al., 1972).

10 Conclusie

Er bestaan verschillende fysische, chemische en microbiologische gevaren die risico's kunnen vormen voor de voedselveiligheid van de uienreststromen van GI en BRS. Fysische gevaren vormen geen groot risico voor de gezondheid, maar vreemde delen zoals steentjes kunnen wel schade aanrichten aan machines. Om deze delen te verwijderen is een wasstap nodig. BRS heeft nog geen wasstap, maar dit is wel gewenst. GI maakt al gebruik van een wasstap. Lichte vreemde delen zoals plastic uiennetjes of hout worden vernalen met de ui. Dit vormt geen acuut risico, maar is niet gewenst en er is nog veel onduidelijk over het effect van microplastics in het lichaam.

Van de chemische gevaren vormen anti-nutritionele factoren en desinfectiemiddelen geen risico. Er worden geen chemische reinigingsmiddelen gebruikt (wel is het belangrijk dat de omgeving en apparatuur te reinigen om kruisbesmettingen van micro-organismen te voorkomen). Voor pesticiden die zich op ui mogen bevinden is Europese wetgeving, die een MRL geeft per pesticide. In enkele gevallen kan de vastgestelde MRL worden overschreden. Het risico op nadelige gezondheidseffecten lijkt klein, zeker als het gaat over acute gezondheidsproblemen. Wel verandert de EU wetgeving voor pesticiden snel, omdat verschillende pesticiden toxischer blijken dan eerst verondersteld. Zware metalen (cadmium en lood) in de uienreststromen kunnen nadelige gezondheidsgevolgen hebben, maar er is meer onderzoek nodig naar de zware metalen in Nederlandse uien en grond. Momenteel zijn hier onvoldoende recente data over beschikbaar. Specifiek mist er informatie over gehalten aan zware metalen in uienrassen. De hoogste concentraties cadmium zullen zich bevinden in eiwitpasta, omdat dit metaal kan binden aan eiwitten. Voor lood zullen de hoogste concentraties zich mogelijk bevinden in de siroop, omdat lood kan binden aan peptiden met een laag moleculair gewicht. Mycotoxines zoals fumonisins en *Alternaria* mycotoxines kunnen voorkomen op ui. Echter is er geen regelgeving voor gehalten van deze toxines die zich mogen bevinden op ui. Deze mycotoxine-gehalten kunnen schadelijk zijn voor de gezondheid, maar meer onderzoek is nodig om dit te bepalen.

Er zijn verschillende pathogenen die een risico kunnen vormen. Zo zijn de toxines van *S. aureus* en *B. cereus* hittestabiel en kunnen nog actief zijn na de stoomdestillatie van GI en pasteurisatie van eiwitpasta van BRS. Voor GI vormen deze toxines een groter risico, aangezien de pathogenen kunnen gaan groeien en toxines produceren tijdens de ruststap. Ook de sporen van *B. cereus*, *C. perfringens* en proteolytische *C. botulinum* kunnen de hittebehandeling van GI en BRS overleven. Om ontkieming van sporen te voorkomen is het belangrijk om de temperatuur boven de 48 °C te houden of om snel te koelen (<8 °C). Voor GI vormen de sporen van *B. cereus* het grootste risico, omdat *B. cereus* kan gaan groeien tijdens de ruststap. De kans dat *C. perfringens* en *C. botulinum* gaan groeien is veel kleiner, omdat dit anaerobe bacteriën zijn. De sporen van deze drie bacteriën kunnen ook in de vezelrijke stroom en de gepasteuriseerde eiwitpasta van BRS ontluiken. Wel is de pH 4 van de eiwitpasta laag, waardoor de groei van bacteriën geremd wordt. Niettemin is koeling nodig om ontkieming van sporen te voorkomen. Wanneer er een eiwitpoeder van gemaakt wordt is dit daarna niet nodig, omdat de wateractiviteit te laag is voor groei. Vegetatieve pathogenen worden gedood tijdens de stoomdestillatie van GI en de pasteurisatie van BRS en vormen dus geen risico. Wel is het belangrijk om kruisbesmettingen te voorkomen. De verse vezelrijke fractie van BRS wordt niet verhit en kan nog vegetatieve pathogenen bevatten, net als toxines en sporen. De hoge pH van de vezelfractie remt de groei van pathogenen, maar stopt dit niet volledig. Koeling van deze fractie is dus nodig. In de koeling kan *L. monocytogenes* nog groeien, dus om groei van deze bacterie te voorkomen is bevriezing nodig. Wanneer er een poeder van de vezelfractie wordt gemaakt is dit niet relevant, omdat de droogstap de vegetatieve pathogenen doodt en de wateractiviteit van poeder te laag is voor bacteriële groei.

11 Referenties

- Abdullah, R., Farooq, A., Qaiser, H., Iqtedar, M., Kaleem, A., & Naz, S. (2018). Enhancement of Safety and Quality of Allium Cepa by Optimizing Gamma Radiation Dose Enduring Reduction of Pathogenic Microflora. *Fuuast J.Biol.*, 8(1), 95-102. <http://fuuastjb.org/index.php/fuuastjb/article/view/15/15>
- Adams, M. R., & Moss, M. O. (2000). *Food Microbiology* (Second ed.). Royal Society of Chemistry.
- Aladjadiyin, A. (2006). Physical Hazards in the Argi-Food Chain. *Safety in the Agri-Food Chain* (pp. 209-222). Wageningen Academic Publishers.
- Allocati, N., Masulli, M., Alexeyev, M. F., & Di Ilio, C. (2013). Escherichia coli in Europe: An Overview. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 10(12), 6235-6254. <https://www.mdpi.com/1660-4601/10/12/6235/htm>
- Alsehli, B. R. (2020). A Simple Approach for Determining the Maximum Sorption Capacity of Chlorpropham from Aqueous Solution onto Granular Activated Charcoal. *Processes*, 8(4), 398.
- Arena, M., Auteri, D., Barmaz, S., Brancato, A., Brocca, D., Bura, L., Cabrera, L. C., Chiusolo, A., Civitella, C., Marques, D. C., Crivellente, F., Ctverackova, L., Lentdecker, C. D., Egsmose, M., Erdos, Z., Fait, G., Ferreira, L., Greco, L., Ippolito, A., . . . Villamar-Bouza, L. (2018). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance cypermethrin. *EFSA Journal*, 16(8), e05402. 10.2903/j.efsa.2018.5402
- Aslam, R., Alam, M. S., & Kaur, P. (2021). Comparative Study on Efficacy of Sanitizing Potential of Aqueous Ozone and Chlorine on Keeping Quality and Shelf-life of Minimally Processed Onion (Allium Cepa L.). <https://doi.org/10.1080/01919512.2021.1904204>, 10.1080/01919512.2021.1904204
- Baert, L., Uyttendaele, M., Vermeersch, M., Coillie, E. v., & Debevere, J. (2008). Survival and Transfer of Murine Norovirus 1, a Surrogate for Human Noroviruses, during the Production Process of Deep-Frozen Onions and Spinach. *Journal of Food Protection*, 71(8), 1590-1597. 10.4315/0362-028X-71.8.1590
- Ballom, K. F., Tsai, H., Taylor, M., Tang, J., & Zhu, M. (2020). Stability of Listeria monocytogenes in non-fat dry milk powder during isothermal treatment and storage. *Food Microbiology*, 87, 103376. 10.1016/j.fm.2019.103376

- Bamba, B. S. B., Komenan, A. C. A., Kouassi, K. K. P., & Soro, D. (2020). Effects of onion bulb processing conditions on drying characteristics, physicochemical and functional properties profile of onion (*Allium cepa* L.) powder. *Journal of Food Science*, 85(10), 3345-3354. 10.1111/1750-3841.15415
- Barreto, M. R., Aleixo, N. A., Silvestre, R. B., Fregonezi, N. F., Barud, H. d. S., Dias, D. d. S., Ribeiro, C. A., & Resende, F. A. (2020). Genotoxicological safety assessment of puree-only edible films from onion bulb (*Allium cepa* L.) for use in food packaging-related applications. *Journal of Food Science*, 85(1), 201-208. 10.1111/1750-3841.14977
- Beach, C. (2021). *Outbreak patient total approaching 900 as officials continue onion investigation*. Food Safety News. <https://www.foodsafetynews.com/2021/11/outbreak-patient-total-approaching-900-as-officials-continue-onion-investigation/>
- Berno, N. D., Tezotto-Uliana, J. V., dos Santos Dias, Carlos Tadeu, & Kluge, R. A. (2014). Storage temperature and type of cut affect the biochemical and physiological characteristics of fresh-cut purple onions. *Postharvest Biology and Technology*, 93, 91-96. 10.1016/j.postharvbio.2014.02.012
- Bibi, N., Shah, M. H., Khan, N., Mahmood, Q., Aldosari, A. A., & Abbasi, A. M. (2021). Analysis and health risk assessment of heavy metals in some onion varieties. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(10), 103364. 10.1016/j.arabjc.2021.103364
- Boerema, J. A., & Broda, D. M. (2004). Microbiological Safety of Meat | *Clostridium botulinum*. In W. K. Jensen (Ed.), *Encyclopedia of Meat Sciences* (pp. 786-793). Elsevier.
- Boonzaaijer, G., van OssenBruggen, W. A., Kleinnijenhuis, A. J., & van Dongen, W. D. (2008). An exploratory investigation of several mycotoxins and their natural occurrence in flavour ingredients and spices, using a multi-mycotoxin LC-MS/MS method. *World Mycotoxin Journal*, 1(2), 167-174. <https://docserver.ingentaconnect.com/deliver/connect/wagac/18750710/v1n2/s7.pdf?expires=1639404898&id=0000&titleid=72010693&checksum=86CB1F8746332C74BF4098475F26EAC2>
- Buhnia, A. K. (2018). *Foodborne Microbial Pathogens* (Second ed.). Springer.

- Bullerman, L. B., Ryu, D., & Jackson, L. S. (2002). Stability of Fumonisin in Food Processing. In J. W. De Vries, M. W. Trucksess & L. S. Jackson (Eds.), *Mycotoxins and Food Safety* (pp. 195-204). Springer.
- Buurma, J. (2011). Changing the crop protection or pesticide use regime in the Netherlands: an analysis of public debate. *Transformation and sustainability in agriculture* (). Wageningen Academic Publishers.
- Byrne, B., Dunne, G., & Bolton, D. J. (2006). Thermal inactivation of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores in pork luncheon roll. *Food Microbiology*, 23(8), 803-808.
10.1016/j.fm.2006.02.002
- Bystricka, J., Arvay, J., Musilova, J., Vollmannova, A., Toth, T., & Lenkova, M. (2016). The Investigation of Sensitivity of Different Types of Onion To Heavy Metal Intake From Contaminated Soil. *Int. J. Environ. Res.*, 10(3), 427-440.
- CBS. (2018). *Landbouw gebruikt 5,7 miljoen kg chemische middelen*. Centraal Bureau voor de Statistiek. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/30/landbouw-gebruikt-5-7-miljoen-kg-chemische-middelen>
- CDC. (1994). *Lead compounds (as Pb) - Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH)*. <https://www.cdc.gov/niosh/idlh/7439921.html>
- Cebrián, G., Condón, S., & Mañas, P. (2017). Physiology of the Inactivation of Vegetative Bacteria by Thermal Treatments: Mode of Action, Influence of Environmental Factors and Inactivation Kinetics. *Foods*, 6(12)10.3390/foods6120107
- Corzo-Martínez, M., Corzo, N., & Villamiel, M. (2007). Biological properties of onions and garlic. *Trends in Food Science & Technology*, 18(12), 609-625. 10.1016/j.tifs.2007.07.011
- Ctgb.
(n.d.). *Toelatingen*. <https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations>. <https://toelatingen.ctgb.nl/nl/authorisations>
- Demirci, A., Feng, H., & Krishnamurthy, K. (2020). *Food Safety Engineering*. Springer.
- Derksen, H. (2021). *Proces van Biorefinery Solutions*

- Doyle, E. (2002). *Survival and Growth of Clostridium perfringens during the Cooling Step of Thermal Processing of Meat Products*
- Doyle, M. P., Meske, L. M., & Marth, E. H. (1985). Survival of *Listeria monocytogenes* During the Manufacture and Storage of Nonfat Dry Milk. *Journal of Food Protection*, 48(9), 740-742. 10.4315/0362-028X-48.9.740
- Edet, A., Eseyin, O., & Aniebiet, E. (2015). Anti-nutrients composition and mineral analysis of allium cepa (onion) bulbs . *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 9(13), 456-459. <https://pdfs.semanticscholar.org/0387/110b31ba2d11de1855a5117f152f0d31f765.pdf>
- EFSA. (2005). Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance Oxamyl. *EFSA Scientific Report*, 26, 1-78.
- EFSA. (2006). Conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fipronil. *EFSA Scientific Report*, 65, 1-110.
- EFSA. (2009). *Cadmium in food - Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain*. The EFSA Journal. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/980>
- EFSA. (2011). Scientific Opinion on the risks for animal and public health related to the presence of *Alternaria* toxins in feed and food. *EFSA Journal*, 9(10), 2407. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2903/j.efsa.2011.2407>
- EFSA. (2012). Scientific Opinion on the safety and efficacy of sodium hydroxide for dogs, cats and ornamental fish. *EFSA Journal*, 10(10), 2282. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2882>
- EFSA. (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fluopyram. *EFSA Journal*, 11(4), 3052.
- EFSA. (2014a). Reasoned opinion on the modification of the existing MRLs for fluopyram in various crops . *EFSA Journal*, 12(12), 3947.
- EFSA. (2014b). Scientific Opinion on the risk posed by pathogens in food of non-animal origin. Part 2 (Salmonella, Yersinia, Shigella and Norovirus in bulb and stem vegetables, and carrots). *EFSA Journal*, 12(12), 3937. 10.2903/j.efsa.2014.3937

- EFSA. (2016). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance maleic hydrazide. *EFSA Journal*, 14(6), 4492. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4492>
- EFSA. (2017). Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance chlorpropham. *EFSA Journal*,
- EFSA. (2019). The 2017 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*, 17(6), e05743. 10.2903/j.efsa.2019.5743
- El Darra, N., Gambacorta, L., & Solfrizzo, M. (2019). Multimycotoxins occurrence in spices and herbs commercialized in Lebanon. *Food Control*, 95, 63-70. 10.1016/j.foodcont.2018.07.033
- Emmerik, N., Georgina, B. v. d., & Wolterink, G. (2020). *Verslag van de vergadering van Commissiewerkgroep Milieucontaminanten*.
- Eng, S., Pusparajah, P., Mutalib, N. A., Ser, H., Chan, K., & Lee, L. (2015). Salmonella: A review on pathogenesis, epidemiology and antibiotic resistance. *Frontiers in Life Science*, 8(3), 284-293. 10.1080/21553769.2015.1051243
- EPA. (1992). *R.E.D. FACTS Sodium Hydroxide*.
- EPA. (1994). *R.E.D. FACTS Maleic Hydrazide*. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-051501_1-Jun-94.pdf
- Escrivá, L., Oueslati, S., Font, G., & Manyes, L. (2017). Alternaria Mycotoxins in Food and Feed: An Overview. *Journal of Food Quality*, 2017, e1569748. 10.1155/2017/1569748
- EUR-Lex. (2021a). COMMISSION REGULATION (EU) 2021/1317 of 9 August 2021 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of lead in certain foodstuffs. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1317/oj>
- EUR-Lex. (2021b). COMMISSION REGULATION (EU) 2021/1323 of 10 August 2021 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels of cadmium in certain foodstuffs. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1323/oj>

- Eurofins. (n.d.). *The chlorpropham file: soon to be forbidden, but now still in your products?* <https://www.eurofinsfoodtesting.com/news/435/chlorpropham>
- European Commission. (n.d.a). *EU legislation on MRLs*. https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/maximum-residue-levels/eu-legislation-mrls_en
- European Commission. (n.d.b). *EU Pesticides Database*. https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en. https://ec.europa.eu/food/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en
- Europese Commissie. (2013). *UITVOERINGSVERORDENING (EU) Nr. 781/2013 VAN DE COMMISSIE van 14 augustus 2013 tot wijziging van Uitvoeringsverordening (EU) nr. 540/2011, wat de voorwaarden voor goedkeuring van de werkzame stof fipronil betreft, en houdende een verbod op het gebruik en de verkoop van zaden die zijn behandeld met gewasbeschermingsmiddelen die deze werkzame stof bevatten*. Publicatieblad van de Europese Unie.
- Europese commissie. (n.d.). *Microplastics*. https://ec.europa.eu/environment/topics/plastics/microplastics_nl
- Fakhri, Y., Mousavi Khaneghah, A., Oliveri Conti, G., Ferrante, M., Khezri, A., Darvishi, A., Ahmadi, M., Hasanzadeh, V., Rahimizadeh, A., Keramati, H., Moradi, B., & Amanidaz, N. (2018). Probabilistic risk assessment (Monte Carlo simulation method) of Pb and Cd in the onion bulb (*Allium cepa*) and soil of Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(31), 30894-30906.
- FAO. (2008). *FAO Specifications and Evaluations for Agricultural Pesticides - Oxamyl*.
- Farber, J. M., & Peterkin, P. I. (1991). *Listeria monocytogenes*, a food-borne pathogen. *American Society for Microbiology*, , 476-511. 10.1128/mr.55.3.476-511.1991
- FDA. (2021). *GK Foods USA Announces Voluntary Recall of a Batch of La Fe Peppers and Onions*. <https://www.fda.gov/safety/recalls-market-withdrawals-safety-alerts/gk-foods-usa-announces-voluntary-recall-batch-la-fe-peppers-and-onions>
- Fontana, A. J. (2007). Appendix D: Minimum Water Activity Limits for Growth of Microorganisms. *Water Activity in Foods* (pp. 405-405). John Wiley & Sons, Ltd.

Food and Drug Administration. (2012). *Bad Bug Book - Handbook of Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*

Food Safety News. (2012). *Roundup: Recalls Linked to Chopped Onion Listeria*

Risk. <https://www.foodsafetynews.com/2012/08/roundup-recalls-linked-to-chopped-onion-listeria-risk/>

Gambacorta, L., El Darra, N., Fakhoury, R., Logrieco, A. F., & Solfrizzo, M. (2019). Incidence and levels of *Alternaria* mycotoxins in spices and herbs produced worldwide and commercialized in Lebanon. *Food Control*, 106, 106724. 10.1016/j.foodcont.2019.106724

Granum, P. E., & Lund, T. (1997). *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *FEMS Microbiology Letters*, 157(2), 223-228. 10.1111/j.1574-6968.1997.tb12776.x

Gurtler, J. B., Doyle, M. P., & Kornacki, J. L. (2017). *Foodborne Pathogens - Virulence Factors and Host Susceptibility*. Springer.

Hajeb, P., Sloth, J. J., Shakibazadeh, S., Mahyudin, N. A., & Afsah-Hejri, L. (2014). Toxic Elements in Food: Occurrence, Binding, and Reduction Approaches. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 457-472.

Hale, T. L., & Keusch, G. T. (1996). Chapter 22 *Shigella*. In S. Baron (Ed.), *Medical Microbiology* (4th ed.,). University of Texas Medical Branch at Galveston.

Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68(1), 167-182. 10.1093/bmb/ldg032

Keener, L. (2001, Chemical and physical hazards: the “other” food safety risks. *Food Testing and Analysis Magazine*, <https://www.foodsafetyprofessionals.com/www.foodsafetyprofessionals.com/www.foodsafetyprofessionals.com/www.foodsafetyprofessionals.com/keenerhazards.pdf>

Kowalska, B., & Smolińska, U. (2008). The Effect of Selected Plant Materials and Extracts on the Development of Bacterial Diseases on Onion. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 68, 33-45. 10.2478/v10032-008-0003-6

Lanciotti, R., Sinigaglia, M., Gardini, F., Vannini, L., & Guerzoni, M. E. (2001). Growth/no growth interfaces of *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* and *Salmonella enteritidis* in model systems based on water

- activity, pH, temperature and ethanol concentration. *Food Microbiology*, 18(6), 659-668.
- 10.1006/fmic.2001.0429
- Lascaris, R. (2022). *De antimicrobiële werking van specerijen*.
- Lee, C., & Labbé, R. (2018). Distribution of Enterotoxin- and Epsilon-Positive *Clostridium perfringens* Spores in U.S. Retail Spices. *Journal of Food Protection*, 81(3), 394-399. 10.4315/0362-028X.JFP-17-352
- Leguerinel, I., Spegagne, I., Couvert, O., Gaillard, S., & Mafart, P. (2005). Validation of an overall model describing the effect of three environmental factors on the apparent D-value of *Bacillus cereus* spores. *International Journal of Food Microbiology*, 100(1), 223-229. 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.10.018
- Lentza-Rizos, C., & Balokas, A. (2001). Residue Levels of Chlorpropham in Individual Tubers and Composite Samples of Postharvest-Treated Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 710-714. 10.1021/jf000018t
- Low, J. C., & Donachie, W. (1997). A review of *Listeria monocytogenes* and listeriosis. *Review*, 153(1), 9-29. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023397800056>
- Lunn, D. (2010). *Fluopyram*. Wellington, New Zealand.
- Mathot, A. G., Postollec, F., & Leguerinel, I. (2021). Bacterial spores in spices and dried herbs: The risks for processed food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 840-862. 10.1111/1541-4337.12690
- McKee, L. H. (1995). Microbial Contamination of Spices and Herbs: A Review. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol*, 28, 1-11. 10.1016/S0023-6438(95)80004-2
- Meeusen, M., Schroot, J., Mulder, W., & Elbersen, W. (2008). *Verwaarding reststroom uienbewerking*. ().Agrotechnology and Food Sciences Group.
- Miliotis, M. D., & Bier, J. W. (2003). *International Handbook of Foodborne Pathogens*. Marcel Dekker.
- Miller, D. L., Goepfert, J. M., & Amundson, C. H. (1972). Survival of *Salmonellae* and *Escherichia coli* during the Spray Drying of Various Food Products. *Journal of Food Science*, 37(6), 828-831. 10.1111/j.1365-2621.1972.tb03680.x

- Nataro, J. P., & Kaper, J. B. (1998). Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11(1), 142-201. 10.1128/CMR.11.1.142
- Nouri, J., & Toofanian, F. (2001). Extension of storage of onions and potatoes by gamma irradiation. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(10), 1275-1278. [https://old.tums.ac.ir/1394/07/06/7%20\(Toofanian\).pdf-inouri-2015-09-28-05-05.pdf](https://old.tums.ac.ir/1394/07/06/7%20(Toofanian).pdf-inouri-2015-09-28-05-05.pdf)
- NVWA. (2013). *Report of Pesticide Residue Monitoring Results of the Netherlands for 2013*.
- NVWA. (2014). *Residuen van gewasbeschermingsmiddelen op groente en fruit - Overzicht van uitkomsten NVWA-inspecties juli 2012 - juni 2014*. Utrecht.
- NVWA. (2015). *Rapportage Gewasbescherming Controleresultaten Akkerbouw 2013*. Utrecht.
- NVWA. (2017). *Basisinformatiebladen Voedselveiligheid*.
- Oguezi, V. U., Kelle, H. I., Ngbede, E. O., & Ajiwe, V. I. E. (2019). Nutritional, Antinutritional and Food Value of Onion Skin Waste. *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 44(4), 761-768. <http://journals.chemsociety.org.ng/index.php/jcsn/article/view/328>
- Okumura, F., Amaral, R. B., Orestes, E., Silvab, A. B. F., & Mazo, L. H. (2016). Electrochemical and Quantum Chemical Investigations of the Insecticide Fipronil. *J. Braz. Chem*, 27, 925-932.
- Ooi, S. T., & Lorber, B. (2005). Gastroenteritis Due to *Listeria monocytogenes*. *Clinical Infectious Diseases*, 40(9), 1327-1332. 10.1086/429324
- Pafumi, J. (1986). Assessment of the Microbiological Quality of Spices and Herbs. *Journal of Food Protection*, 49(12), 958-963. 10.4315/0362-028X-49.12.958
- Peck, M. W., Stringer, S. C., & Carter, A. T. (2011). *Clostridium botulinum* in the post-genomic era. *Food Microbiology*, 28(2), 183-191. 10.1016/j.fm.2010.03.005
- Pezzutti, A., Marucci, P. L., Sica, M. G., Matzkin, M. R., & Croci, C. A. (2005a). Gamma-ray sanitization of Argentinean dehydrated garlic (*Allium sativum* L.) and onion (*Allium cepa* L.) products. *Food Research International*, 38(7), 797-802. 10.1016/j.foodres.2005.03.007

- Pezzutti, A., Marucci, P. L., Sica, M. G., Matzkin, M. R., & Croci, C. A. (2005b). Gamma-ray sanitization of Argentinean dehydrated garlic (*Allium sativum* L.) and onion (*Allium cepa* L.) products. *Food Research International*, 38(7), 797-802. 10.1016/J.FOODRES.2005.03.007
- Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. (2003). *Teelthandleiding Zaauien*. Wageningen.
- Product Safety Australia. (2007). *Green Sprouts—Pure Onion, Woolworths Onion Sprouts*. <https://www.productsafety.gov.au/recalls/green-sprouts%E2%80%94pure-onion-woolworths-onion-sprouts>. <https://www.productsafety.gov.au/recalls/green-sprouts%E2%80%94pure-onion-woolworths-onion-sprouts>
- PubChem. (2022). *Cypermethrin*. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/2912>
- Redfern, J., & Verran, J. (2017). Effect of humidity and temperature on the survival of *Listeria monocytogenes* on surfaces. *Letters in Applied Microbiology*, 64(4), 276-282. 10.1111/lam.12714
- Riskplaza. (2021). *Voedselveiligheidsgevaren Kent u de verschillen?* <https://www.riskplaza.com/nl/voedselveiligheidsgevaren-kent-u-de-verschillen/>
- RIVM. (2019). *Listeriose (Listeria)*. <https://www.rivm.nl/listeriose>
- RIVM. (2020). *List of Processing Factors to Evaluate Pesticide Residues Measured in The Netherlands*. <https://www.rivm.nl/en/chemkap/fruit-and-vegetables/processing-factors>
- RIVM. (2021a). *Botulisme*. <https://www.rivm.nl/botulisme>.
- RIVM. (2021b). *Salmonella*. <https://www.rivm.nl/salmonella>.
- RIVM. (n.d.a). *NEVO online*. <https://nevo-online.rivm.nl/>
- RIVM. (n.d.b). *Shigatoxineproducerende E.coli (STEC)-infectie*. <https://ici.rivm.nl/richtlijnen/shigatoxineproducerende-ecoli-stec-infectie>
- Sayed, H. S., Hassan, N. M. M., & El Khalek, M. H. Abed. (2014). The Effect of Using Onion Skin Powder as a Source of Dietary Fiber and Antioxidants on Properties of Dried and Fried Noodles. *Current Science International*, 3(4), 468-475.

- Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M., Roy, S. L., Jones, J. L., & Griffin, P. M. (2011). Foodborne Illness Acquired in the United States—Major Pathogens. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7-15. 10.3201/eid1701.P11101
- Schmidt, S. J., & Fontana, A. J. (2007). Appendix E: Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products. *Water Activity in Foods* (pp. 407-420). John Wiley & Sons, Ltd.
- Scollon, A. M., Wang, H., & Ryser, E. T. (2016a). Transfer of *Listeria monocytogenes* during mechanical slicing of onions. *Food Control*, 65, 160-167. 10.1016/j.foodcont.2016.01.021
- Scollon, A. M., Wang, H., & Ryser, E. T. (2016b). Transfer of *Listeria monocytogenes* during mechanical slicing of onions. *Food Control*, 65, 160-167. 10.1016/j.foodcont.2016.01.021
- Shao, Y., Ramaswamy, H. S., Bussey, J., Harris, R., & Austin, J. W. (2022). High pressure destruction kinetics of *Clostridium botulinum* (Group I, strain PA9508B) spores in milk at elevated temperatures. *Lwt*, 154, 112671. 10.1016/j.lwt.2021.112671
- Sharma, K., Mahato, N., Nile, S. H., Lee, E. T., & Lee, Y. R. (2016). Economical and environmentally-friendly approaches for usage of onion (*Allium cepa* L.) waste. *Food & Function*, 7(8), 3354-3369. 10.1039/C6FO00251J
- Siegel, D., Feist, M., Proske, M., Koch, M., & Nehls, I. (2010). Degradation of the *Alternaria* Mycotoxins Alternariol, Alternariol Monomethyl Ether, and Altenuene upon Bread Baking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(17), 9622-9630. 10.1021/jf102156w
- Silva, F. V. M., & Gibbs, P. A. (2010). Non-proteolytic *Clostridium botulinum* spores in low-acid cold-distributed foods and design of pasteurization processes. *Trends in Food Science & Technology*, 21(2), 95-105. 10.1016/j.tifs.2009.10.011
- Skovgaard, M., Renjel Encinas, S., Jensen, O. C., Andersen, J. H., Condarco, G., & Jørs, E. (2017). Pesticide Residues in Commercial Lettuce, Onion, and Potato Samples From Bolivia—A Threat to Public Health? *Environmental Health Insights*, 1110.1177/1178630217704194

- Solomon, H. M., & Kautter, D. A. (1986). Growth and Toxin Production by *Clostridium botulinum* in Sauteed Onions. *Journal of Food Protection*, 49(8), 618-620. 10.4315/0362-028X-49.8.618
- Sridhara Chary, N., Kamala, C. T., & Samuel Suman Raj, D. (2008). Assessing risk of heavy metals from consuming food grown on sewage irrigated soils and food chain transfer. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 69(3), 513-524. 10.1016/j.ecoenv.2007.04.013
- Stankovic, S., Levic, J., Petrovic, T., Logrieco, A., & Moretti, A. (2007). Pathogenicity and mycotoxin production by *Fusarium proliferatum* isolated from onion and garlic in Serbia. *European Journal of Plant Pathology*, 118, 165-172. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10658-007-9126-8>
- Steenland, K., & Boffetta, P. (2000). Lead and cancer in humans: Where are we now? *American Journal of Industrial Medicine*, 38(3), 295-299. 10.1002/1097-0274(200009)38:3<295::AID-AJIM8>3.0.CO;2-L
- Stekelenburg, F. K., & Hoornstra, E. (2002). *Microbiologische risico-bepaling van verschillende typen vleesproducten bereid zonder nitriet*.
- Stichting Food Compass. (2019). *Microbiologisch onderzoeksprogramma Verse en Onbewerkte Groenten en Fruit*.
- Stockmann-Juvala, H., & Savolainen, K. (2008). A review of the toxic effects and mechanisms of action of fumonisin B1. *Human & Experimental Toxicology*, 27, 799-809. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0960327108099525>
- Strikwold, M. (2022). *Chemische gevaren van uienreststromen*
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, K., & Sutton, J. (2012). Heavy Metal Toxicity and the Environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133-164.
- USDA. (a). *Bakkavor Foods USA, Inc. Recalls Meat and Poultry Products due to Possible Salmonella and Listeria monocytogenes Contamination In Onions | Food Safety and Inspection Service*
- USDA. (b). *Ruiz Food Products, Inc. Recalls Beef and Poultry Products due to Possible Salmonella and Listeria monocytogenes Contamination in Onion Ingredient | Food Safety and Inspection Service*

- USDA. (2018). *Bakkavor Foods USA, Inc. Recalls Meat and Poultry Products due to Possible Salmonella and Listeria monocytogenes Contamination In Onions*. <https://www.fsis.usda.gov/recalls-alerts/bakkavor-foods-usa-inc.-recalls-meat-and-poultry-products-due-possible-salmonella>
- van Bavel, J. (2016, Sept.). Gewasbescherming in de Uienteelt. *Boerenbond Management&Techniek* 15, , 40-42.
- Van de Perre, E., Deschuyffeleer, N., Jaxsens, L., Vekeman, F., Van Der Hauwaert, W., Asam, S., Rychlik, M., Devlieghere, F., & De Meulenaer, B. (2014). Screening of moulds and mycotoxins in tomatoes, bell peppers, onions, soft red fruits and derived tomato products. *Food Control*, 37, 165-170.
10.1016/j.foodcont.2013.09.034
- van Zanten, J. (2021). *Microbiologische gevaren van uienreststromen*.
- Vila, J., Sáez-López, E., Johnson, J. R., Römling, U., Dobrindt, U., Cantón, R., Giske, C. G., Naas, T., Carattoli, A., Martínez-Medina, M., Bosch, J., Retamar, P., Rodríguez-Baño, J., Baquero, F., & Soto, S. M. (2016). *Escherichia coli*: an old friend with new tidings. *FEMS Microbiology Reviews*, 40(4), 437-463.
10.1093/femsre/fuw005
- Voedingscentrum. (n.d.). *Hoe gevaarlijk is het als ik iets met ethyleenoxide heb gegeten?* <https://www.voedingscentrum.nl/nl/service/vraag-en-antwoord/veilig-eten-en-e-nummers/hoe-gevaarlijk-is-het-als-ik-iets-met-ethyleenoxide-heb-gegeten.aspx>.
- Wallace, D. C., & Morowitz, H. J. (1972). Genome size and evolution. *Chromosoma*, 40, 121-126.
- Wheeler, C., Vogt, T. M., Armstrong, G. L., Vaughan, G., Weltman, A., Nainan, O. V., Dato, V., Xia, G., Waller, K., Amon, J., Lee, T. M., Highbaugh-Battle, A., Hembree, C., Evenson, S., Ruta, M. A., Williams, I. T., Fiore, A. E., & Bell, B. P. (2005). An Outbreak of Hepatitis A Associated with Green Onions. *New England Journal of Medicine*, 353(9), 890-897. 10.1056/NEJMoa050855
- WHO. (1989). Cypermethrin. *Environmental Health Criteria* 82. World Health Organization.
- Wiersma, D., van Goor, B. J., & van der Veen, Nicolaas G. (1986). Cadmium, Lead, Mercury, and Arsenic Concentrations in Crops and Corresponding Soils in The Netherlands . *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(6), 1067-1074.

- Wijnands, L. M. (2008). *Bacillus cereus associated food borne disease quantitative aspects of exposure assessment and hazard characterization*
- Wijnands, L. M., Meij-Florijn, A. v. d., Delfgou-van Asch, E. H. M., & Leusden, F. M. v. (2009). *Heat sensitivity of Clostridium perfringens*. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/330371004.pdf>
- World Health Organization. (2018,). Fumonisin - Fumonisin is a significant health risk to livestock, and potentially also to humans *Food Safety Digest* https://www.who.int/foodsafety/FSDigest_Fumonisin_EN.pdf
- Wright, P. J., Falloon, R. E., & Hedderley, D. (2017). A long-term vegetable crop rotation study to determine effects on soil microbial communities and soilborne diseases of potato and onion. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 45(1), 29-54. 10.1080/01140671.2016.1229345
- Yang, C. Y., Chao, P. D. L., Hou, Y. C., Tsai, S. Y., Wen, K. C., & Hsiu, S. L. (2006). Marked decrease of cyclosporin bioavailability caused by coadministration of ginkgo and onion in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 44(9), 1572-1578. 10.1016/j.fct.2006.04.008
- Yong, C. Q. Y., Valiyaveetil, S., & Tang, B. L. (2020). Toxicity of Microplastics and Nanoplastics in Mammalian Systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(5), 1509. 10.3390/ijerph17051509
- Yurgel, S. N., Abbey, L., Loomer, N., Gillis-Madden, R., & Mammoliti, M. (2018a). Microbial communities associated with storage onion. *Phytobiomes Journal*, 2(1), 35-41. 10.1094/PBIOMES-12-17-0052-R/ASSET/IMAGES/LARGE/PBIOMES-12-17-0052-R_F3.JPEG
- Yurgel, S. N., Abbey, L., Loomer, N., Gillis-Madden, R., & Mammoliti, M. (2018b). Microbial Communities Associated with Storage Onion. *Phytobiomes Journal*, 2(1), 35-41. 10.1094/PBIOMES-12-17-0052-R
- Zhao, X., Lin, F., Li, H., Li, H., Wu, D., Geng, F., Ma, W., Wang, Y., Miao, B., & Gan, R. (2021). Recent Advances in Bioactive Compounds, Health Functions, and Safety Concerns of Onion (*Allium cepa* L.). *Frontiers in Nutrition*, 810.3389/fnut.2021.669805

Foto voorpagina

<https://dailyhive.com/vancouver/red-yellow-white-sweet-onions-recall-salmonella-canada>