



Potentieel van micro-aardappelen voor consumptie: Voedselveiligheid en commerciële kansen in Europa.

Robin J. Vink, Justus J.H. Dijker, Justin L. Büscher & Björn M. Gorter

*Food Commerce and Technology
Inholland Amsterdam*

Begeleider: Dr. Feike R. van der Leij



Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
Voorwoord	2
1.0 Inleiding	3
2.0 Algemene Informatie over Alkaloïden.....	4
3.0 Eigenschappen van Alkaloïden in Micro-Aardappelen met Betrekking tot Gezondheid	6
<i>3.1 Specifieke Alkaloïden in Micro-Aardappelen en Hun Gezondheidseffecten</i>	<i>6</i>
<i>3.2 Stappen om de Aanwezigheid van Alkaloïden te Beheren en te Benutten.....</i>	<i>7</i>
4.0 Factoren die het alkaloïdegehalte beïnvloeden en hoe alkaloïden te voorkomen zijn	8
5.0 Marktpotentieel Europese markt.....	9
6.0 De wetgeving rondom alkaloïden.	10
7.0 Eindoverweging	11
Referenties	12

* GEBRUIKSRECHT

CC BY-SA - Naamsvermelding-GelijkDelen

Samenvatting

Dit artikel gaat over de mogelijke introductie van micro-aardappelen, ofwel microtubers, op de Europese markt en de uitdagingen met betrekking tot alkaloiden. Aardappelen zijn wereldwijd essentieel voor voedselzekerheid, maar microtubers, kleine aardappelknollen, blijven relatief onbekend. Nederlandse producenten overwegen deze kleine knollen te gebruiken voor voedselproducten, maar de aanwezigheid van alkaloiden is een belangrijk aandachtspunt.

Alkaloiden zijn natuurlijke stikstofhoudende verbindingen die in veel planten voorkomen, waaronder aardappelen (*Solanum tuberosum* L.). Sommige alkaloiden, zoals solanine en chaconine, kunnen schadelijk zijn bij inname in grote hoeveelheden, terwijl andere gunstige effecten kunnen hebben, zoals antioxidanten-eigenschappen. De regulering en etikettering van alkaloiden in voedsel variëren, wat de uitdagingen voor producenten benadrukt.

Hoewel er interesse lijkt te zijn in microtubers in de Europese fine dining sector, zijn er momenteel weinig aanwijzingen voor een aanzienlijke markt voor consumptie van deze kleine aardappelen in Europa. In Oost-Aziatische landen worden microtubers voornamelijk gebruikt als pootgoed, wat de huidige beperkte kennis over het marktpotentieel in Europa benadrukt.

Dit artikel benadrukt het belang van zorgvuldige teeltpraktijken en marktonderzoek voordat er grootschalige investeringen worden gedaan in de commerciële teelt van microtubers voor consumptie in Europa. De wetgeving met betrekking tot alkaloiden is momenteel nog niet concreet, en verder onderzoek is nodig om de gezondheidseffecten en mogelijke risico's beter te begrijpen.

Samengevat, dit artikel biedt inzichten in de potentie van microtubers op de Europese markt, waarbij rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van alkaloiden en hun impact op gezondheid en voeding. Het stimuleert producenten en onderzoekers om de mogelijkheden van microtubers verder te verkennen en te benutten.

Voorwoord

Met trots presenteren wij dit advies- en informatiedocument, voortgekomen uit onze opleiding Food Commerce and Technology en specifiek de minor Food Challenge Ondernemen. Binnen deze minor hebben wij, als studenten van de keuzerichting Voeding & Gezondheid, ons gericht op het schrijven van dit artikel over micro-aardappelen.

Deze tekst biedt waardevolle inzichten en advies met betrekking tot de mogelijke introductie van micro-aardappel op de Europese markt, met bijzondere aandacht voor de uitdagingen rond alkaloiden.

Onze dank gaat uit naar onze docenten Feike van der Leij en Vera van Stokkom. Hun expertise heeft ons geholpen om dit document te verfijnen en relevante inzichten te verzamelen.

We hopen dat u waardevolle informatie uit dit document zult halen.

Met vriendelijke groeten,

Robin J. Vink, Justus J.H. Dijker, Justin L. Büscher & Björn M. Gorter

1.0 Inleiding

Aardappelen behoren tot de belangrijkste voedselgewassen ter wereld en zijn van vitaal belang voor de voedselzekerheid van miljoenen mensen. Terwijl aardappelen doorgaans worden geassocieerd met de karakteristieke knollen die we in supermarkten vinden, zijn er variëteiten en afgeleide producten die minder bekend zijn, maar toch potentieel bieden voor diverse toepassingen. Een van deze minder bekende producten zijn micro-aardappelen, ook wel bekend als microtubers, die voornamelijk in Oost-Azië worden geteeld en verhandeld.

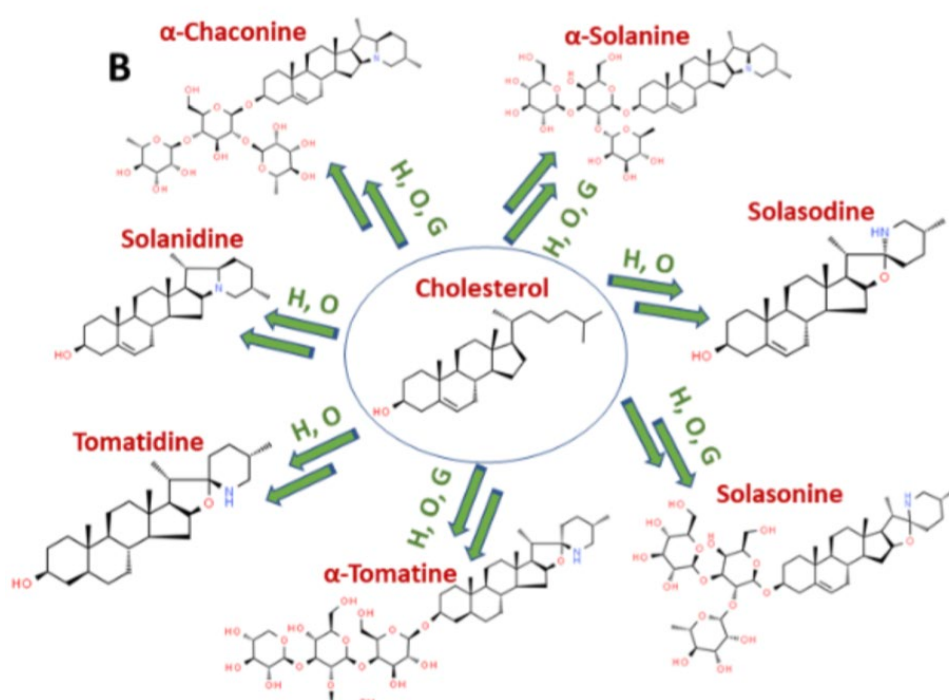
Microtubers zijn kleine knollen die worden geproduceerd door aardappelplanten. Hoewel hun omvang bescheiden is in vergelijking met de gebruikelijke aardappelknollen, hebben microtubers de aandacht getrokken van potentiële ondernemers, waaronder Nederlandse producenten, die overwegen om deze kleine knollen te benutten als grondstof voor verschillende voedselproducten. Het potentieel van microtubers als bron van voeding en grondstof voor de voedselindustrie heeft geleid tot een groeiende interesse in hun eigenschappen en samenstelling.

Dit artikel is bedoeld om specifiek in te gaan op de aanwezigheid van alkaloiden in microtubers en om te onderzoeken of deze micro-aardappelen een levensvatbare zakelijke kans kunnen zijn voor Nederlandse producenten. Het artikel is bedoeld als informatieve gids voor Nederlandse ondernemers die geïnteresseerd zijn in het verkennen van de mogelijkheden van microtubers met betrekking tot alkaloiden en biedt tevens aanbevelingen voor de omgang met alkaloiden in deze knollen.

Als er rekening gehouden wordt met de voedselveiligheid van microtubers, specifiek de aanwezige alkaloiden in *Solanum tuberosum*, is het interessant om microtubers te introduceren op de Europese markt en deze commercieel beschikbaar te stellen. Om hier meer informatie over te bieden zal er eerst een overzicht gegeven worden over de eigenschappen van microtubers, gevolgd door een analyse van de aanwezigheid van alkaloiden in deze knollen en de implicaties daarvan voor potentiële commerciële exploitatie.

2.0 Algemene Informatie over Alkaloïden

Alkaloïden zijn natuurlijke organische verbindingen die stikstofatomen bevatten en vaak stikstofhoudende basen zijn. Ze komen voor in veel planten en dieren en hebben vaak krachtige biologische activiteiten. Alkaloïden hebben diverse functies in planten, waaronder bescherming tegen herbivoren, bestuiving door insecten, en de regulering van plantengroei. Alkaloïden kunnen verschillen in chemische structuren, biologische eigenschappen en voor komen in verschillende plantenfamilies. In totaal zijn er wel meer dan 500 verschillende alkaloïden die kunnen voorkomen in meer dan 6000 plantensoorten (Pyrrolizidine alkaloïden, 2023).



Figuur 1. Steroïdale alkaloïden. Enkele van cholesterol afgeleide alkaloïden worden getoond. H= hydroxyatie, O=oxidatie, G= glycosylatie. (Bhambhani et al., 2021).

In de bovenstaande figuur zijn de steroïdale alkaloïden weergegeven. Hierbij is de cholesterol groep die in het midden te zien is, de basis voor bovenstaande alkaloïden. Deze alkaloïden kunnen worden gevonden in plantenfamilies zoals *Solanaceae* (nachtschadefamilie), waarin planten zoals tomaten, aardappelen, aubergines en tabak voorkomen. Een bekend voorbeeld van een steroïdale alkaloïde is solanine, die voorkomt in aardappelen die groen zijn geworden doordat ze te veel licht hebben gekregen. Solanine kan giftig zijn als het in grote hoeveelheden wordt geconsumeerd (Bhambhani et al., 2021). Deze alkaloïden worden geproduceerd in verschillende delen van planten en getransporteerd naar de benodigde weefsels als reactie op verschillende stresssignalen die uit de omgeving worden waargenomen.

Als we het specifiek hebben over de functionaliteit van alkaloïden in nachtschade groenten, fungeren ze als reservoirs voor stikstofopslag en ter verdediging, door zich aan te passen aan verschillende omgevingsstressfactoren. Binnen het afweersysteem van planten spelen gespecialiseerde metabolieten een essentiële rol bij de respons op stressoren. Deze gespecialiseerde

metabolieten komen voor in variërende concentraties in verschillende plantweefsels, waaronder bladeren, stengels, wortels, bloemen, zaden, fruit en opslagorganen. Ze bieden bescherming tegen een breed scala aan plagen, roofdieren en herbivoren (Bhambhani et al., 2021).

Alkaloïden die zijn afgeleid van aromatische aminozuren staan bekend om hun antiherbivore activiteiten. Veel alkaloïden beïnvloeden verschillende enzymen bij roofdieren om hun fysiologische processen te verstoren. Een veel voorkomend probleem in de veehouderij is intoxicatie bij vee wanneer deze planten worden geconsumeerd. Andere alkaloïden, zoals morfine en cafeïne kunnen het centrale zenuwstelsel beïnvloeden, wat verlamming kan veroorzaken. Over het algemeen vertonen alkaloïden verschillende mechanismen om planten te beschermen (de Wit et al., 2014).

3.0 Eigenschappen van alkaloiden in micro-aardappelen met betrekking tot gezondheid

Alkaloiden kunnen diverse effecten op de gezondheid van mens en dier hebben. In het geval van microtubers, kleine knollen afkomstig van aardappelplanten, is het essentieel om de eigenschappen van alkaloiden te begrijpen. Deze stoffen kunnen mogelijk aanwezig zijn en invloed hebben op de gezondheidsaspecten van voedselproducten op basis van microtubers.

1. Toxiciteit en veiligheid

Een belangrijk aspect van alkaloiden is hun potentiële toxische aard. Verschillende alkaloiden, zoals solanine en chaconine, worden in aardappelen aangetroffen, vooral in de schil en groene delen. Het is algemeen bekend dat de inname van aanzienlijke hoeveelheden van deze alkaloiden schadelijk kan zijn voor de gezondheid, met symptomen variërend van misselijkheid en braken tot ernstigere gevallen van vergiftiging (Friedman, 2006). Bij het overwegen van microtubers als grondstof voor voedselproducten is het essentieel om de aanwezigheid van potentieel schadelijke alkaloiden te kwantificeren en te controleren. Het minimaliseren van het gehalte aan toxische alkaloiden is van cruciaal belang om de veiligheid van de consument te waarborgen en kan worden bereikt door zorgvuldige teelt- en verwerkingstechnieken (Cooke et al., 2012).

2. Gezondheidsvoordelen

Alkaloiden kunnen verschillende gezondheidsvoordelen bieden, hoewel dit afhankelijk is van het specifieke type alkaloid en de concentratie ervan. Onderzoek suggereert dat bepaalde alkaloiden in planten antioxidante en antimicrobiële eigenschappen hebben, wat bijdraagt aan hun potentiële gezondheidsvoordelen. Een studie uit 2012 benadrukt het antioxidantpotentieel van bepaalde alkaloiden. Deze verbindingen kunnen vrije radicalen neutraliseren, wat celbeschadiging kan helpen voorkomen en bescherming kan bieden tegen verschillende ziekten, waaronder kanker en hart- en vaatziekten (Dias et al., 2012). Bovendien tonen onderzoeken, zoals die beschreven in het "Journal of Ethnopharmacology", aan dat sommige alkaloiden antibacteriële eigenschappen hebben. Dit suggereert dat ze kunnen helpen bij het bestrijden van bacteriële infecties en mogelijk kunnen worden gebruikt als natuurlijke antimicrobiële middelen (Cowen et al., 2019).

3. Regelgeving en etikettering

Het regelgevingskader met betrekking tot alkaloiden in voedselproducten varieert soms van land tot land. Het is van belang om op de hoogte te zijn van de wettelijke vereisten en normen met betrekking tot de aanwezigheid en concentraties van alkaloiden in voedselproducten die microtubers bevatten, vooral voor producenten die overwegen deze knollen als ingrediënt te gebruiken en op de markt te brengen. Om potentiële gezondheidsproblemen te voorkomen en te voldoen aan de voorschriften, moeten producenten zorgvuldig de inhoud van alkaloiden in hun producten monitoren en voldoen aan de vereisten voor etikettering en informatieverstrekking aan consumenten (Koch & Brown, 2003).

3.1 Specifieke alkaloiden in micro-aardappelen en hun gezondheidseffecten

Microtubers, als mogelijke grondstof voor voedselproducten, kunnen een verscheidenheid aan alkaloiden bevatten, waarvan sommige potentiële effecten op de gezondheid kunnen hebben. Het is van essentieel belang om deze alkaloiden nader te onderzoeken om te begrijpen welke specifieke verbindingen aanwezig zijn en hoe ze het menselijk lichaam kunnen beïnvloeden.

Een van de meest voorkomende alkaloiden die in aardappelen, waaronder microtubers, voorkomen, zijn solanine en chaconine. Deze alkaloiden hebben voornamelijk betrekking op de toxische eigenschappen van aardappelen. Ze kunnen negatieve gezondheidseffecten veroorzaken wanneer ze in aanzienlijke hoeveelheden worden geconsumeerd, waaronder maagklachten, misselijkheid, braken, en in ernstige gevallen zelfs vergiftiging (Friedman, 2006).

Tegelijkertijd kunnen andere alkaloiden in microtubers gunstige effecten op de gezondheid hebben. Er zijn voorbeelden van alkaloiden met antioxidante eigenschappen die kunnen bijdragen aan de bescherming van cellen tegen schadelijke vrije radicalen (Mamani-Matsuda et al., 2006). Dit opent de mogelijkheid voor het ontwikkelen van voedselproducten op basis van microtubers die niet alleen veilig zijn voor consumptie, maar ook gezondheidsvoordelen bieden.

3.2 Stappen om de aanwezigheid van alkaloiden te beheren en te benutten

Om de potentiële zakelijke kansen en gezondheidsvoordelen van microtubers volledig te realiseren, zijn er bepaalde stappen die moeten worden ondernomen:

1. **Teelt- en verwerkingspraktijken:** Het is essentieel om zorgvuldige teelt- en verwerkingspraktijken toe te passen om de gehaltes aan schadelijke alkaloiden, zoals solanine en chaconine, in microtubers te minimaliseren. Dit omvat onder andere de juiste oogsttijdstippen, opslagcondities en de verwijdering van groene delen van de knollen.
2. **Analyse en monitoring:** Het regelmatig analyseren en monitoren van de alkaloidenconcentraties. Dit gebeurt vaak doormiddel van High Performance Liquid Chromatography (HPLC), simpel gezegd een methode die gefocust is op het scheiden van componenten (Kodamatani et al., 2005). Grote bedrijven zoals Measurelabs, Eurofins en Neutron bieden deze analyses aan.

4.0 Factoren die het alkaloidgehalte beïnvloeden en hoe alkaloiden te voorkomen zijn

Het voorkomen van een schadelijke dosis aan alkaloiden in aardappel knolletjes is lastig, maar zeker wel mogelijk. Daarnaast kan je in plaats van het voorkomen, het ook op veel verschillende manieren bestrijden bij eventuele aanwezigheid. Hier gaan we in dit gedeelte verder op in. Een belangrijk iets om te benoemen is dat zowel het voorkomen als verwijderen van alkaloiden goed te doen is. Voorkomen van alkaloiden als volgt.

1. De selectie van het aardappelras. De selectie van een aardappelras is erg belangrijk, aangezien er veel verschil kan zitten in hoeveel alkaloiden er aanwezig zijn bij verschillende soorten. Een voorbeeld hiervan is de Russet Burbank (Wei et al., 2018). Een paar andere aardappelsoorten met weinig alkaloiden zijn bijvoorbeeld de Yukon Gold (Yukon Gold: characteristics, 2019), Red Norland, de Kennebec en de goldrush (Friedman et al., 2003). Dit heeft vooral te maken met de genetische opmaak.
2. Groeiomstandigheden. Groeiomstandigheden spelen ook een erg grote rol bij de hoeveelheid aanwezige alkaloiden. Hierbij moet je denken aan het bodemtype, het klimaat, stress en nog andere factoren. Dit geldt voor alle soorten stress. Denk aan een te zoute voedingsbodem, een niet optimale lichtopvang, blootstelling aan zware metalen en nog veel meer (Ramakrishna & Ravishankar, 2011).
3. Het tijdstip van oogst. Voor aardappelen is het erg belangrijk dat ze volledig rijp zijn. Als een aardappel (of andere oogstproducten) te vroeg geoogst worden, zullen ze meer alkaloiden aanmaken. Bij een volgroeide aardappelplant zullen minder alkaloiden aanwezig zijn.
4. Teeltpraktijken. Hierbij staat stikstof vooral centraal. Als de aardappelplant door overbemesting te veel wordt blootgesteld aan stikstof kan dit zorgen voor hogere gehalten aan alkaloiden. Deze overbemesting kan op meerdere manieren alkaloiden aanmaak bevorderen (Zhang et al., 2022). Zo kan het stikstofmetabolisme verstoord worden, wat de opslag en de afgifte van stikstof beïnvloedt. Daarnaast wordt eiwitsynthese verhoogd door een verhoogde hoeveelheid aanwezig stikstof, waardoor er meer enzymen aangemaakt worden die nodig zijn bij de synthese van alkaloiden. Ook kan dit nog de stressrespons verhogen en genexpressie veranderen in aardappelen.
5. Opslag. Opslag is een erg zorgvuldig proces, aangezien blootstelling aan zonlicht de productie van alkaloiden kan stimuleren. Het is daarom belangrijk om aardappelen na oogst onder de juiste omstandigheden op te slaan.
Ook speelt temperatuur een grote rol. Uit onderzoek van Machado et al. (2007) blijkt dat aardappelen beter gedijen bij een kamertemperatuur van rond de 21 graden dan bij een koele temperatuur van 4 tot 6 graden. Bij hogere temperaturen was een lagere alkaloiden inhoud gevonden.

5.0 Marktpotentieel Europese markt

Beschrijving van micro-aardappeltjes

Micro-aardappelen zijn kleine aardappelen die worden geoogst voor hun uiterlijke kenmerken en intense smaak. Ze worden vaak gekweekt met als doel hun kleine formaat te behouden en worden gewaardeerd in de culinaire wereld vanwege hun unieke kenmerken. Deze micro-aardappelen zijn een intrigerend en tevens gewaardeerd ingrediënt in de huidige gastronomie. Deze kleine en verfijnde versie van de alom bekende aardappel beschikt over een verfijnde smaak en biedt de mogelijkheid tot toepassing in fine dining. Met fine dining worden de culinaire toepassingen van deze micro-aardappelen in het hogere segment bedoeld.

Micro-aardappelen worden tegenwoordig met name gebruikt als pootgoed (E Green Global, 2023) (Schoemaker, Burriel, Dibner, Yukawa, & Yuan, 1991). Echter bestaat er mogelijk vraag naar deze aardappelen in de fine dining segmenten. Hierna zullen de mogelijkheden van de verkoop van deze micro-aardappelen verder beschreven worden.

Er zijn in Europa op dit moment 1968 restaurants met een Michelin ster (Michellin, 2023). Deze restaurants zijn dus mogelijke potentiële afnemers van deze micro-aardappelen.

Om de vergelijking te leggen met huidige producenten en afnemers van micro-aardappelen wordt er gekeken naar Zuid-Korea. Korea is een voorloper op het produceren van micro-aardappelen. In Korea worden echter het overgrote deel van de micro-aardappelen gebruikt als pootgoed. Egg tuber is een voorloper in Korea op het gebied van productie en verkoop van micro-aardappelen (E Green Global, 2023). Dit bedrijf houdt echter geen rekening met de concentraties aan alkaloiden in het product. Ook in Japan zijn biotechnologische bedrijven druk bezig met het ontwikkelen en produceren van micro-aardappelen. Echter blijkt ook hieruit dat zij zich enkel richten op de productie van pootgoed (Schoemaker, Burriel, Dibner, Yukawa, & Yuan, 1991).

Tabel 1. Productiemethoden vergeleken. Verschil in conventionele minituber productiemethode en de EGG microtuber (MCT) methode (E Green Global, 2023).

EGG Tuber	Conventioneel	EGG MCT
GO Productiemethoden	Minituber Methode	Microvoortplanting
GO Grammage	5-30gr	1g
Voortplantings Proces	5-7 keer (5-7 Jaar)	2 keer (2 jaar)
Teelt in Kassen	Ja	Nee
Productie snelheid	160 Stuks	25.000 Stuks
Productie	1-2 keer per jaar	Gedurende het hele jaar

Uit tabel 1 blijkt dat er uit de Oost-Aziatische ervaringen geen aanknopingspunten zijn dat het op grote schaal produceren van micro-aardappelen, geschikt voor consumptie en gebruik in fine dining restaurants, mogelijkheden biedt op de Europese markt. Wel blijkt er uit de Oost-Aziatische ervaringen dat er kansen zijn voor het produceren van micro-aardappelen als pootgoed.

6.0 De wetgeving rondom alkaloiden

Aangezien de groep alkaloiden stoffen zijn waar nog een relatief vaag begrip van is als het gaat over de veiligheid, is de wetgeving er ook niet heel concreet over. Zo is de wetgeving in Nederland hetzelfde als Europese wetgeving. In het kort; voor Nederlandse inname van glycoalkaloiden geldt geen maximum voor de aanbevolen dagelijkse inname (ADI). Ook voor de Europese normen gelden geen maxima. De European Food Safety Authority (EFSA) adviseert om consumptie onder de 1mg/kg lichaamsgewicht te houden (European Food Safety Authority, 2020), dit is gebaseerd op een risicobeoordelingsdocument uit 2020, waarbij gekeken wordt naar diverse bronnen over glycoalkaloiden in zowel aardappelen als andere nachtschade groenten zoals tomaten en aubergines (Schrenk et al., 2020). Dit was de limiet waarop geen nadelige gevolgen werden opgemerkt, maar het kan best dat het onder de 1mg/kg lichaamsgewicht wel nadelige gevolgen heeft, maar dat dit simpelweg niet op te merken is. Verder is vastgesteld dat een lethale dosis ergens tussen de 3 en 6 mg glycoalkaloiden ligt (*Glykoalkaloïde*, z.d.). Volgens dezelfde webpagina van het Oostenrijks Agentschap voor Gezondheid en VoedingsZekerheid (AGES) kan er bij niet nader genoemde concentraties van alkaloiden sprake zijn van verlamming, ademhalingsproblemen, hartproblemen en, in ernstige gevallen, coma.

Als we vervolgens kijken naar de richtlijnen in de Verenigde Staten voor glycoalkaloiden in aardappelen, zien we dat deze exact hetzelfde zijn. Zo wordt er gesproken over richtlijnen van 20mg/100g gram, oftewel 200 mg per kg. Dit komt waarschijnlijk doordat het bewijs dat enigszins waarde houdt door de EFSA gepubliceerd is, een Europees overheidsorgaan.

Verder is er voor andere landen niet echt veel te vinden over richtlijnen en dus ook niet of er naar bestaand onderzoek gekeken wordt. Dit maakt het erg lastig om hierover een duidelijke conclusie te schrijven. Een taalbarrière speelt hier bijvoorbeeld in Aziatische landen een grote rol. Dit blijkt uit het gebrek aan zoekresultaten als gezocht wordt naar limieten van glycoalkaloïdegehaltes in aardappelen in Aziatische landen zoals China, India, Japan, de Filipijnen, etc.

7.0 Eindoverweging

De aanwezigheid van alkaloiden in micro-aardappelen is een essentieel aandachtspunt, aangezien sommige alkaloiden schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid bij inname in aanzienlijke hoeveelheden, terwijl andere mogelijk positieve effecten kunnen hebben. Het beheer van alkaloiden in micro-aardappelen vereist zorgvuldige teeltpraktijken, oogsttijdstip, opslagcondities en genetische selectie van aardappelrassen. De regulering van alkaloiden in voedselproducten varieert, en het is belangrijk voor producenten om op de hoogte te zijn van de wettelijke vereisten en normen in hun regio.

Het potentieel van microtubers op de Europese markt is tot op heden nog niet duidelijk vastgesteld. Terwijl er interesse zou zijn vanuit hoogwaardige restaurants in Europa vanwege de unieke eigenschappen van microtubers, is er momenteel onvoldoende bewijs om te suggereren dat er een aanzienlijke markt bestaat voor de verkoop van deze kleine aardappelen voor consumptie in Europa. Dit wordt ondersteund doordat in Oost-Aziatische landen, zoals Korea, microtubers voornamelijk als pootgoed worden gebruikt. Hierdoor lijkt er in Europa op dit moment weinig duidelijk potentieel voor de commerciële teelt van microtubers voor consumptie. Deze situatie benadrukt de noodzaak van verder marktonderzoek en de ontwikkeling van een strategie om de mogelijke vraag naar microtubers in Europa beter te begrijpen voordat er grootschalige investeringen worden gedaan.

De wetgeving met betrekking tot alkaloiden in aardappelen en andere voedselproducten is momenteel nog niet volledig concreet. Er zijn advieslimieten, maar verder onderzoek is nodig om een dieper inzicht te krijgen in de gezondheidseffecten van verschillende alkaloiden en om mogelijke risico's beter te begrijpen.

In het algemeen biedt dit artikel een basis voor verdere verkenning van de mogelijkheden van micro-aardappelen op de Europese markt, waarbij rekening wordt gehouden met de aanwezigheid van alkaloiden en hun impact op gezondheid en voeding. Het stimuleert producenten en onderzoekers om de potentie van deze kleine knollen te blijven verkennen en te benutten.

Referenties

- Bhambhani, S., Kondhare, K. R., & Giri, A. P. (2021). Diversity in chemical structures and biological properties of plant alkaloids. *Molecules*, 26(11), 3374. DOI: 10.3390/molecules26113374
- Cooke, L. R., Wehner, T. C., & Peloquin, S. J. (2012). "Guidelines for growing potato plants in the field and greenhouse." NC State University, Extension Plant Pathology Publications.
- Cowan, M.M. (1999). "Plant products as antimicrobial agents." *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564-582.
- de Wit, L., Geraets, L., Bokkers, B., & Jeurissen, S. (2014). Pyrrolizidine alkaloiden in kruidenpreparaten. RIVM. Geraadpleegd op 23 oktober 1AD, van <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/090437001.pdf>
- Dias, M.I., Barros, L., Dueñas, M., Pereira, E., Carvalho, A.M., Alves, R.C., Oliveira, M.B., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I.C. (2012). "Chemical composition of wild and commercial *Achillea millefolium* L. and bioactivity of the methanolic extract, infusion and decoction." *Molecules*, 17(11), 14461-14479.
- EGREEN GLOBAL. (z.d.). Egg tuber 2. <https://www.eggtuber.com/>
- European Food Safety authority [EFSA]. (2022). COMMISSION RECOMMENDATION (EU) 2022/561 on monitoring the presence of glycoalkaloids in potatoes and potato-derived products. Official journal of the European Union, L108(66). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022H0561>
- European Food Safety Authority. (2020, 11 augustus). Glycoalkaloids in potatoes: Public health risks assessed. European Food Safety Authority. <https://www.efsa.europa.eu/en/news/glycoalkaloids-potatoes-public-health-risks-assessed>
- Friedman, M., Roitman, J. N., & Kozukue, N. (2003). Glycoalkaloid and calystegine contents of eight potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(10), 2964–2973. DOI: 10.1021/jf021146f
- Friedman, M. (2006). "Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23), 8655-8681. DOI: 10.1021/jf060822j
- Glykoalkaloide. (z.d.). AGES. <https://www.ages.at/en/human/nutrition-food/residues-contaminants-from-a-to-z/glycoalkaloids#:~:text=Other%20poisoning%20symptoms%20such%20as,failure%2C%20heart%20failure%20and%20coma.>
- Koch, W. R., & Brown, R. F. (2003). "Food labeling: opportunities for better health." Institute of Medicine (US) Committee on Examination of Front-of-Package Nutrition Rating Systems and Symbols, 1-7.
- Machado, R. E., De Figueiredo Toledo, M. C., & Garcia, L. C. (2007). Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers. *Food Control*, 18(5), 503–508. DOI: 10.1016/j.foodcont.2005.12.008

Machado, R. E., De Figueiredo Toledo, M. C., & Garcia, L. C. (2007). "Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers." *Food Control*, 18(5), 503–508. DOI: 10.1016/j.foodcont.2005.12.008

Pyrrolizidine alkaloiden. (2023a, maart 17). AMNorman.
<https://www.amnorman.be/nl/blog/pyrrolizidine-alkaloiden>

Ramakrishna, A., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 6(11), 1720–1731. DOI: 10.4161/psb.6.11.17613

Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J., Del Mazo, J., Höglstrand, C., Hoogenboom, L., Leblanc, J., Nebbia, C., Nielsen, E., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Schwerdtle, T., Vleminckx, C., Wallace, H. M., Brimer, L., Cottrill, B., Dusemund, B., . . . Grasl-Kraupp, B. (2020). Risk assessment of glycoalkaloids in feed and food, in particular in potatoes and potato-derived products. *EFSA Journal*, 18(8). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6222>

U.S.-Japan technology linkages in biotechnology. Schoemaker, Hubert; Burril, Steve; Dibner, Mark; Yukawa, Hideaei; Yuan, Robert (1992). In National Academies Press eBooks.
<https://doi.org/10.17226/1981>

ViaMichelin: Routes, kaarten, verkeersinformatie, hotels. (z.d.).
<https://www.viamichelin.nl/web/Restaurants-Zoeken?geoboundaries=17.2017827,-39.624256;61.5416295,48.0070011&stars=1&sort=bookable>

Wei, H., Hong, L., Xu, D., Zeng, F., Zhao, Y., Hai, Z., & Liu, G. (2018). Glycoalkaloids and phenolic compounds in three commercial potato cultivars grown in Hebei, China. *Food Science and Human Wellness*, 7(2), 156–162. DOI: 10.1016/j.fshw.2018.02.001

Yukon Gold: characteristics. (2019, 22 juli). CropWatch.
https://cropwatch.unl.edu/potato/yukongold_characteristics

Zhang, H., Li, X., Nie, B., Song, B., Du, P., Liu, S., Li, L., & Zhao, Z. (2022). Nitrogen management can inhibit or induce the sprouting of potato tubers: Consequences of Regulation Tuberization. *Postharvest Biology and Technology*, 183, 111722. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2021.111722

Machado, R. E., De Figueiredo Toledo, M. C., & Garcia, L. C. (2007). "Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers." *Food Control*, 18(5), 503–508. DOI: 10.1016/j.foodcont.2005.12.008