

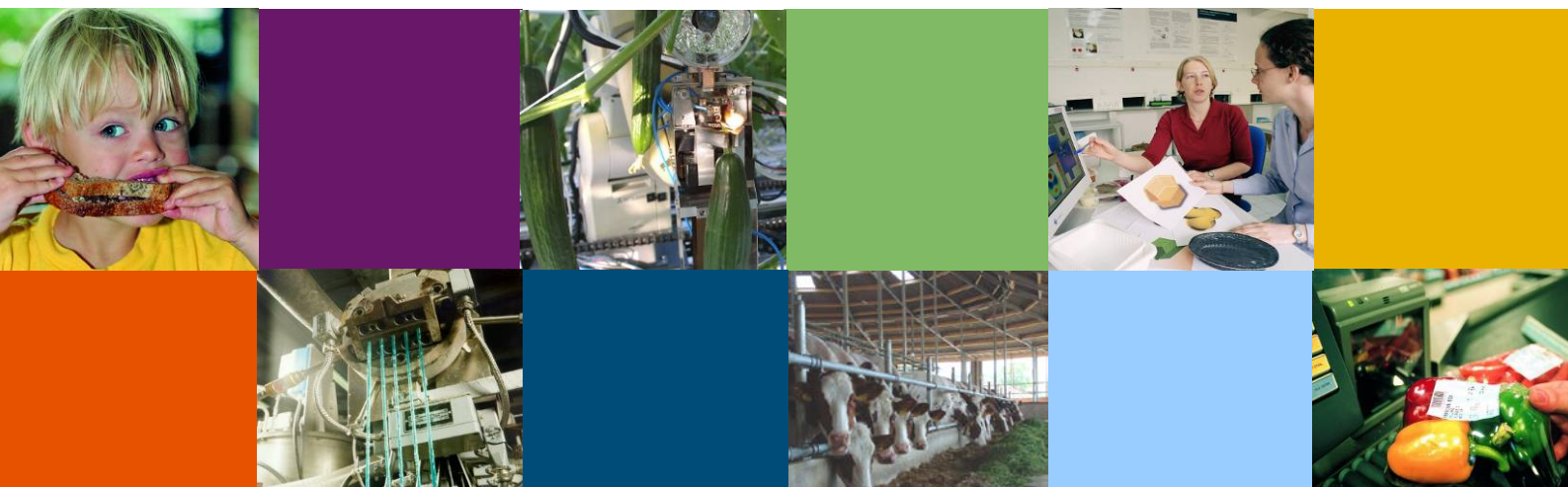


# Microbiologische gevaren gerelateerd aan consumptie van aardappelproducten

Een literatuurstudie

Hasmik Hayrapetyan  
Hermien van Bokhorst-van de Veen  
Marcel Zwietering  
Bas Janssens  
Masja Nierop Groot

Rapport 1758



## Colofon

Titel	Microbiologische gevaren gerelateerd aan consumptie van aardappelproducten
Auteur(s)	Hasmik Hayrapetyan (Wageningen Food & Biobased Research), Hermien van Bokhorst-van de Veen (WFBR), Bas Janssens (Wageningen Economic Research), Marcel Zwietering (Wageningen University), Masja Nierop Groot (WFBR)
Nummer	1758
Publicatiedatum	06 april 2018
Versie	Definitief
Vertrouwelijk	Ja, tot 1 dag na advies BuRO aan IG-NVWA
Goedgekeurd door	Ben Langelaan
Review	Extern
Naam reviewer	Rob de Jonge (RIVM)
Financier	Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit, Bureau Risicobeoordeling & onderzoeksprogrammering (BuRO)
Opdrachtgever	Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit, Bureau Risicobeoordeling & onderzoeksprogrammering (BuRO)

Wageningen Food & Biobased Research  
P.O. Box 17  
NL-6700 AA Wageningen  
Tel: +31 (0)317 480 084  
E-mail: [info.fbr@wur.nl](mailto:info.fbr@wur.nl)  
Internet: [www.wur.nl/foodandbiobased-research](http://www.wur.nl/foodandbiobased-research)

© Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research  
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.*

## Samenvatting

De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) ziet toe op veilig voedsel, veilige producten, gezonde dieren en gezonde planten. Door Bureau Risicobeoordeling en Onderzoeksprogrammering (BuRO) worden momenteel ketengerichte risicobeoordelingen uitgevoerd die tot doel hebben het toezicht van de NVWA risicogerichter te maken. Er zijn daarvoor 12 grote productieketens geïdentificeerd op het werkterrein van de NVWA. De risico's, die per keten beoordeeld worden, zijn die risico's die de publieke waarden volksgezondheid (voedselveiligheid en productveiligheid), diergezondheid, dierenwelzijn, plantgezondheid en -in beperkte mate- natuur bedreigen. De risicobeoordeling van BuRO moet leiden tot een openbaar advies, voorzien van aanbevelingen aan toezicht en eventueel beleid om risicoreducties te bewerkstelligen.

In opdracht van NVWA heeft Wageningen Food & Biobased Research (WFBR) een onafhankelijke, wetenschappelijke inventarisatie gemaakt van de microbiologische gevaren die zich in de verschillende schakels van de aardappelketen kunnen voordoen en die mogelijk een gezondheidsrisico kunnen vormen voor de mens. De inventarisatie is gebaseerd op een deskstudie van beschikbare wetenschappelijke literatuur en daarnaast is er gebruik gemaakt van expert input. De resultaten van deze studie staan beschreven in dit onderzoeksrapport en deze resultaten zijn vertrouwelijk totdat BuRO de ketenrisicobeoordelingen openbaar heeft gemaakt. De volgende onderwerpen zijn in het onderzoek meegenomen en worden in dit rapport beschreven:

- Een beschrijving van de belangrijkste schakels in de Nederlandse aardappelketen.
- Een beschrijving van de microbiologische gevaren die zich in de aardappelketen kunnen voordoen.
- Een schatting van de attributie aan de Nederlandse ziektelast die zich bij de mens voordoet als gevolg van consumptie van aardappelproducten voor de belangrijkste gevaren.
- Een overzicht van de meest effectieve beheersmomenten en mogelijkheden voor interventies in de aardappelketen.
- Een inventarisatie van de ontwikkelingen in de aardappelketen die de voedselveiligheid kunnen beïnvloeden tot 2025.

Voor dit onderzoeksproject is de volgende afbakening in de aardappelketen gehanteerd:

Voor de microbiologische analyse is de keten vanaf de teelt van consumptieaardappelen (tafel- en industrieaardappelen) en zetmeelaardappelen tot en met de handel van het eindproduct onderzocht. Pootaardappelen blijven buiten beschouwing in deze microbiologische gevarenanalyse evenals gesteriliseerde aardappelproducten. Mogelijke gevaren geïntroduceerd in de schakel consumptie maken geen onderdeel uit van deze analyse. Verder zijn in dit project alleen microbiologische gevaren die een mogelijk risico voor de volksgezondheid vormen meegenomen, risico's voor de diergezondheid en fytosanitaire aspecten blijven buiten

beschouwing. Chemische en fysische gevaren, waaronder ook metaboliëten van schimmels, zijn relevant voor de aardappelketen maar vallen buiten de scope van dit onderzoeksproject en worden besproken in een apart project.

De aardappelsector in Nederland is omvangrijk en omvat de productie van consumptieaardappelen (tafelaardappelen en aardappelen voor verwerking tot o.a. frites en chips), zetmeelaardappelen en pootaardappelen. Nederland is een grote producent van zetmeel- en consumptieaardappelen. Daarnaast importeert Nederland ook zetmeel- en consumptieaardappelen, hoofdzakelijk uit landen binnen de EU. Nederland is met name een exporterend land voor verwerkte aardappelproducten, zoals frites en snacks.

Microbiologische gevaren worden voornamelijk geïntroduceerd tijdens de aardappelteelt door overdracht van pathogenen aanwezig in grond, water en meststoffen die in contact komen met de aardappelen. De uiteindelijke overleving of uitgroei van pathogenen aanwezig op verse aardappelen is afhankelijk van de condities in de aardappel be- en verwerkende industrie en tijdens bereiding van aardappelen in restaurants en foodservice kanalen. Omdat deze producten vaak nog één of meerdere verhittingsstappen ondergaan (blancheren, koken, frituren) vormen met name de sporenvormers hier een gevaar, in het bijzonder *Bacillus cereus*, en voor vacuümverpakte aardappelproducten ook *Clostridium botulinum*. Eventuele nieuwe gevaren die tijdens verwerking geïntroduceerd kunnen worden zijn met name *Salmonella* en ook weer *B. cereus* via toevoeging van besmette kruiden en specerijen.

Voor de sporenvormer *B. cereus* als belangrijk microbiologisch gevaar in de aardappelketen is een schatting gemaakt van de attributie aan de Nederlandse ziektelast. Echter, door gebrek aan gegevens is de geschatte incidentie door consumptie van aardappelen voor *B. cereus* een overschatting en moet als “worst case” scenario gezien worden. Voor *C. botulinum* zijn niet voldoende gegevens beschikbaar om een vergelijkbare schatting te doen. De geschatte incidentie in deze “worst-case” scenario ligt voor *B. cereus* en voor het totaal van 14 voedselpathogenen tussen de 0.5-1.5% van de totale incidentie veroorzaakt door consumptie van voedsel. Dit geeft aan dat de aardappelketen een relatief zeer kleine bijdrage levert aan de Nederlandse ziektelast.

Op basis van de beschikbare informatie in de wetenschappelijke literatuur kan geconcludeerd worden dat de belangrijkste interventies om microbiologische gevaren in de aardappelketen te voorkomen bestaan uit het beperken van besmetting tijdens de teelt van aardappelen, beheersing van de verhittingstappen tijdens verwerking, voorkomen van uitgroei door goede beheersing van afkoeling en de bewaartemperatuur en hygiënisch werken, met name in de ‘out-of-home’ kanalen.

Belangrijke ontwikkelingen in de aardappelketen die impact kunnen hebben op de microbiologische gevaren zijn met name te verwachten in de consumententrends waaronder een toename in consumptie van koelverse aardappelen en van gekruide en gemarineerde aardappelproducten.

# Inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>8</b>
1.1 Afbakening	9
1.2 Methode	10
1.3 Definitielijst	12
<b>2 De Nederlandse aardappelketen</b>	<b>14</b>
2.1 Veredeling en selectie	16
2.2 Teelt pootaardappelen	17
2.2.1 Pootaardappelen in cijfers	18
2.2.2 Export/uitvoer en import/invoer	19
2.3 Teelt aardappelen	20
2.3.1 Zetmeelaardappelen	20
2.3.2 Consumptieaardappelen	22
2.3.3 Handel en transport eindproduct	28
2.4 Be- en verwerking aardappelen	28
2.4.1 Aardappelzetmeel fabrieken	28
2.4.2 Consumptieaardappelverwerkende fabrieken	29
2.4.2.1 Tafelaardappelen	29
2.4.2.2 Gedroogde aardappelproducten	30
2.4.2.3 Koelverse aardappelproducten	30
2.4.2.4 Voorgebakken, bevroren aardappelproducten	31
2.4.2.5 Overige producten	31
2.5 Handel aardappelproducten	31
2.6 Consumptie	31
<b>3 Microbiologische gevaren in de aardappelketen</b>	<b>32</b>
3.1 Microbiologische besmettingen in de aardappelketen wereldwijd	32
3.2 Teelt verse aardappelen	34
3.2.1 Bacteriën	34
3.2.2 Parasieten en virussen	35
3.3 Bewerking en verwerking van aardappelen	36
3.3.1 Tafelaardappelen	37
3.3.2 Gedroogde aardappelproducten en aardappelzetmeel	38
3.3.3 Koelverse aardappelen en aardappelproducten	40
3.3.3.1 Koelverse, gestoomschilde aardappelen	42
3.3.3.2 Gekookte en/of voorgebakken koelverse aardappelproducten	43
3.3.4 Voorgebakken, bevroren aardappelproducten	45
3.3.5 Overige producten	45
3.4 Handel eindproduct	46
3.5 Retail en out-of-home	46

3.6	Samenvatting microbiologische gevaren in aardappelproducten (intermediaire lijst)	49
<b>4</b>	<b>Uitbraken, notificaties en terugroepacties</b>	<b>51</b>
4.1	Voedselgerelateerde uitbraken door aardappel(producten) – wereldwijd	51
4.2	RASFF notificaties en terugroepacties van aardappel(producten) vanwege een volksgezondheidsrisico	54
4.2.1	RASFF notificaties	54
4.2.2	Terugroepacties ('recalls')	55
<b>5</b>	<b>Microbiologische risico's voor de Nederlandse bevolking, gekoppeld aan de aardappelketen</b>	<b>56</b>
5.1	Meest relevante microbiologische gevaren in de aardappelketen	56
5.2	Attributie microbiologische gevaren via de aardappelketen aan de Nederlandse ziektelast	61
<b>6</b>	<b>Interventiemogelijkheden in de aardappelketen</b>	<b>63</b>
6.1	Teelt aardappelen	63
6.2	Be- en verwerkte aardappelen	64
6.2.1	Preventie	64
6.2.2	Eliminatie/reductie	64
6.3	Verwerkte aardappelen	65
6.3.1	Temperatuur	65
6.3.1.1	Verhitten	65
6.3.1.2	Opslag bij lage temperatuur	65
6.3.2	MAP en vacuüm verpakken	66
6.3.3	Conserveringsmiddelen	67
6.4	De out-of-home sector	67
<b>7</b>	<b>Ontwikkelingen in de aardappelketen en impact op microbiologische gevaren</b>	<b>68</b>
7.1	Globalisering, internationale ontwikkelingen	68
7.2	Veredeling	69
7.3	Consumententrends	70
7.4	Nieuwe proces- en conserveringstechnieken	71
7.5	Schaalvergroting en intensivering in teelt, bedrijven en keten	72
7.6	Klimaatverandering	73
<b>8</b>	<b>Conclusies</b>	<b>74</b>
	<b>Literatuur</b>	<b>76</b>
	<b>Dankbetuiging</b>	<b>87</b>
	<b>Bijlage 1</b>	<b>88</b>
	<b>Bijlage 2</b>	<b>89</b>
	<b>Bijlage 3</b>	<b>90</b>

# 1 Inleiding

De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) bewaakt de veiligheid van voedsel en consumentenproducten, de gezondheid van dieren en planten, het dierenwelzijn en handhaaft de natuurwetgeving. De drie kerntaken van de NVWA zijn:

- 1) Handhaving (zowel toezicht als opsporing) - De NVWA houdt toezicht op de naleving van wet- en regelgeving door bedrijven en instellingen.
- 2) Risicobeoordeling - Bureau Risicobeoordeling en Onderzoeksprogrammering (BuRO) van de NVWA coördineert de risicobeoordeling. Hiertoe beoordeelt BuRO gevaren voor de voedsel- en productveiligheid, dier- en plantgezondheid en de natuur vanuit de vraag of deze gevaren
- 3) zich ook in de Nederlandse situatie kunnen voordoen en zo ja, wat de impact daarvan dan kan zijn
- 4) Risicocommunicatie - Met de uitkomsten van de risicobeoordeling informeert de NVWA de samenleving over de risico's en (mogelijke) gevolgen voor de voedsel- en productveiligheid, dier- en plantgezondheid en de natuur.

In opdracht van BuRO van de NVWA brengt Wageningen Food & Biobased Research (WFBR), de Nederlandse aardappelketen in kaart en wordt een inventarisatie gemaakt van de microbiologische gevaren in deze keten op basis van informatie beschikbaar in de literatuur en onderzoeksrapporten (onder andere van RIVM en EFSA). De beschrijving van de Nederlandse aardappelketen (Hoofdstuk 2) betreft een inhoudelijke bijdrage van Wageningen Economic Research, onderdeel van Wageningen Research. Hoofdstuk 7 dat gaat over ontwikkelingen in de toekomst en is tot stand gekomen in samenwerking met Wageningen Economic Research en RIKILT. In dit hoofdstuk zijn ook opinies verwerkt uit een expertmeeting gehouden op 3 februari 2017 bij het RIKILT in Wageningen. Bij deze workshop waren experts aanwezig zowel uit de aardappelindustrie, kennisinstellingen als ook uit de retail sector. De attributiegegevens betreffende de microbiologische gevaren via de aardappelketen aan de ziektelast (sectie 5.2) zijn een inhoudelijke bijdrage van het RIVM.

De rapportage zal door de NVWA gebruikt worden om een risicomatrix op te stellen op basis waarvan haar activiteiten geprioriteerd zullen worden.

Het resultaat van dit project is een rapport met daarin:

- Een beschrijving van de belangrijkste schakels in de Nederlandse aardappelketen.
- Een beschrijving van de microbiologische gevaren die zich in de aardappelketen kunnen voordoen, nationaal en internationaal.
- Een overzicht van aardappelgerelateerde uitbraken, notificaties en terugroepacties.
- Een schatting van de attributie aan de Nederlandse ziektelast die zich bij de mens voordoet als gevolg van consumptie van aardappelproducten voor de belangrijkste gevaren.



- Een overzicht van de meest effectieve beheersmomenten en mogelijkheden voor interventies in de aardappelketen.
- Een inventarisatie van de ontwikkelingen in de aardappelketen die de voedselveiligheid kunnen beïnvloeden tot 2025.

## 1.1 Afbakening

Dit rapport beschrijft de microbiologische gevaren in de aardappelketen die van belang zijn voor de volksgezondheid in Nederland. Fytosanitaire gevaren en gevaren voor diergezondheid vallen buiten de scope van het rapport. Naast microbiologische gevaren zijn ook chemische en fysische gevaren relevant in de aardappelketen maar deze vallen buiten de scope van het onderzoeksproject. Voor dit onderzoeksproject zijn de volgende afbakeningen in de aardappelketen gehanteerd:

- Voor de microbiologische analyse start de keten vanaf de teelt van tafel-, industrie- en zetmeelaardappelen (pootaardappelen blijven buiten beschouwing voor de microbiologische gevarenanalyse) tot en met de handel van het eindproduct.
- De schakel “consumptie” maakt primair geen onderdeel uit van de analyse maar in hoofdstuk 3 zijn wel microbiologische gevaren in de out-of-home kanalen voor de aardappelketen benoemd.
- Voor de schakels “veredeling- en teeltuitgangsmaterialen” in de aardappelketen worden wel volumes van productstromen gegeven, maar deze schakels worden niet meegenomen in de microbiologische analyse.
- Samengestelde producten met aardappel (zoals salades met aardappel als ingrediënt) vallen niet onder de aardappelketen, maar zijn onderdeel van een aparte keten en zijn binnen dit rapport niet meegenomen.
- Een uitzondering op bovenstaand punt betreft de analyse van uitbraken van voedselinfecties, notificaties of terugroepacties (‘recall’). Alleen daarvoor zijn aardappelsalades en andere samengestelde producten met aardappelen wel meegenomen (zie secties 4.1 en 4.2).
- Indien de informatie beschikbaar is, wordt er ook een getal voor alle uitstroom van aardappelproducten richting samengestelde producten gegeven, maar voor de microbiologische gevarenanalyse van de Nederlandse aardappelketen is alleen import/invoer van producten meegenomen.
- Producten met kleine toevoegingen, zoals paprika op chips, vallen wel onder de aardappelketen, net als bewerkte/gesneden aardappelproducten, zoals verpakte aardappelschijfjes en ready-to-cook aardappelen.
- Schimmels en mycotoxines vallen buiten dit project en worden meegenomen in de analyse van de fysisch/chemische gevaren uitgevoerd door het RIKILT.

## 1.2 Methode

Er is op systematische wijze gezocht in de Scopus database naar wetenschappelijke literatuur met betrekking tot microbiologische gevaren in de aardappelketen. De gebruikte zoekcriteria zijn weergegeven in Tabel 1. De resulterende referenties zijn eerst gescreend op keywords in de titel en in de samenvatting. Relevante referenties zijn vervolgens inhoudelijk bestudeerd.

Tabel 1: Gebruikte zoekcriteria in Scopus.

Scopus zoekcriteria	Aantal hits	Doel van de zoekopdracht
TITLE-ABS-KEY (potato) AND TITLE-ABS-KEY (microb* OR pathogen* OR bacteri*) AND NOT (acrylamide OR diet* OR starch OR rot OR plant OR spoilage OR waste* OR film OR dextrin* OR coating OR enzym* OR *fung* OR scab OR breed* OR cultivar OR *degrad* OR protein OR antibacterial) AND NOT ("sweet potato" OR "sweet-potato")	296	Microbiologische gevaren
TITLE-ABS-KEY (potato) AND TITLE-ABS-KEY (microb* OR pathogen* OR bacteri*) AND TITLE-ABS-KEY (outbreak) AND NOT ("sweet potato" OR "sweet-potato")	155	Uitbraken
TITLE-ABS-KEY ("dehydrated potato" OR "potato powder" OR "potato flakes" OR "potato granules") AND TITLE-ABS-KEY (microb* OR pathogen* OR bacteri*) AND NOT ("sweet potato" OR "sweet-potato")	29	Microbiologische gevaren van gedroogde aardappelproducten
TITLE-ABS-KEY ("potato starch") AND TITLE-ABS-KEY (microb* OR pathogen* OR bacteri*) AND NOT ("sweet potato" OR "sweet-potato") AND NOT (antibacterial OR antimicrobial OR film OR cellulose OR "resistant starch" OR gut OR probiotic OR waste OR *dextrin* OR fermentation OR polymer OR enzyme)	40	Microbiologische gevaren van aardappelzetmeel
TITLE-ABS-KEY (potato) AND TITLE-ABS-KEY (microb* OR pathogen* OR bacteri*) AND TITLE-ABS-KEY (frozen) AND NOT ("sweet potato" OR "sweet-potato")	47	Microbiologische gevaren van bevroren aardappelproducten
TITLE-ABS-KEY ("French fries" OR "fried potato" OR "potato chips" OR "potato crisps") AND TITLE-ABS-KEY (microb* OR pathogen* OR bacteri*) AND NOT (acrylamide OR diet*) AND NOT ("sweet potato" OR "sweet-potato")	41	Microbiologische gevaren voor gefrituurde en/of verhitte producten

Scopus zoekcriteria	Aantal hits	Doel van de zoekopdracht
TITLE-ABS-KEY (potato) AND TITLE-ABS-KEY (microb* OR pathogen* OR bacteri*) AND (netherlands) AND NOT (acrylamide OR diet* OR starch OR rot OR plant OR spoilage) AND NOT ("sweet potato" OR "sweet-potato")	38	Microbiologische gevaren voor de Nederlandse bevolking
TITLE-ABS-KEY (potato AND (microb* OR pathogen* OR bacteri*)) AND (netherlands OR dutch) AND (safety OR illness OR poisoning OR outbreak OR foodborne))	7	Microbiologische gevaren voor de Nederlandse bevolking
TITLE-ABS-KEY (potato AND (listeria OR clostridium OR bacillus OR norovirus OR salmonella OR aureus OR shigella OR vibrio OR coli) AND (netherlands OR dutch OR holland))	10	Microbiologische gevaren voor de Nederlandse bevolking (met specifieke microben)
TITLE-ABS-KEY (potato AND ("human parasite" OR "cryptosporidium parvum" OR "toxoplasma gondii" OR "cyclospora cayatenensis" OR "giardia lamblia" OR "entamoeba histolytica" OR anisakis OR echinococcus OR fasciola OR taenia OR trichinella) AND NOT ("sweet potato"))	65	Humane parasieten relevant voor levensmiddelen

Daarnaast zijn de zoekcriteria uit Tabel 1 gebruikt om via GoogleScholar additionele informatie te vinden. De eerste 30 zoekresultaten zijn inhoudelijk gescreend. Er is in Google Scholar specifiek gezocht met de zoektermen “microbiological risk assessment potato” en “parasite potato foodborne”, maar dit leverde geen relevante documenten op.

Verder is ook algemeen op internet gezocht om andere relevante bronnen te vinden, zoals rapporten van het RIVM, de European Food Safety Authority (EFSA) en het Amerikaanse Centers for Disease Control and Prevention (CDC).

Het Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) systeem is gebruikt om notificaties te vinden met betrekking tot micro-organismen in aardappel (producten) binnen de EU in de periode 1990-2016. The Foodborne Outbreak Online Database (FOOD Tool) is gebruikt om uitbraken geassocieerd met aardappel(producten) in de Verenigde Staten te vinden (<https://wwwn.cdc.gov/foodborneoutbreaks/>).

De volgende Nederlandse zoektermen zijn gebruikt om relevante informatie te vinden via Google en GoogleScholar: aardappel ziekteverwekker, aardappel humane pathogeen, aardappel humaan pathogeen, aardappel humane ziekteverwekkende bacterie, aardappel humaan ziekteverwekkende bacterie, aardappel menselijk pathogeen, aardappel voedselvergiftiging, aardappel *Listeria*, aardappel *Clostridium*, aardappel *Bacillus*, aardappel norovirus, bodem humane pathogenen, bodem humaan pathogenen, bodem humane ziekteverwekkende bacterie.

### 1.3 Definitielijst

**Bewerking:** behandeling van het product zonder dit noemenswaardig te veranderen. Hieronder vallen wassen en verpakken.

**Chips:** dunne plakjes gemaakt van gefrituurde aardappelen of van aardappelpuree die als snack gegeten wordt, in Engels “crisp”.

**Consumptieaardappelen:** verzamelnaam voor industrieaardappelen en tafelaardappelen, maar geen zetmeelaardappelen.

**Dierlijke mest:** de als bemesting gebruikte uitwerpselen van dieren.

**Export:** betreft producten die naar niet-EU landen gaan.

**Frites:** ook wel friet of patat genoemd, reepjes gefrituurde aardappelen of gefrituurde aardappelpuree.

**Import:** betreft producten die uit niet-EU landen Nederland binnenkomen. Wanneer Europa in dit rapport wordt aangegeven kan dit grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

**Invoer:** betreft producten die uit EU landen Nederland binnenkomen. Wanneer Europa in dit rapport wordt aangegeven kan dit grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

**Industrieaardappelen:** aardappelen die geteeld worden voor verdere verwerking in aardappelverwerkende fabrieken tot o.a. koelverse, geschilde en/of gesneden aardappelen, frites, chips, aardappelkroketten en aardappelpuree.

**Koelverse aardappelen:** industrieaardappelen die geschild en/of gesneden zijn, geblancheerd of voorgedookt en verpakt bewaard moeten worden in de koeling voor verdere verwerking door de consument thuis of in out-of-home kanalen.

**Meststoffen:** alle stoffen die als groeibevorderaar worden gebruikt inclusief kunstmest, dierlijke mest, compost en afvalwater.

**Out-of-home/commerciële instellingen:** consumptie van aardappelen door consument buitenshuis. Hieronder vallen horeca, pompstations, ziekenhuis restaurants, kerk keukens (in VS), kinderopvang keukens, etc. Beide termen worden in dit rapport gehanteerd.

**Pathogene *E. coli*:** alle *E. coli* stammen die ziekteverwekkend voor de mens zijn. Dit omvat alle Shiga-toxine (STEC), ook wel verotoxine (VTEC) genoemd, producerende groepen en subgroepen daarin, maar ook andere soorten ziekteverwekkers (zoals EPEC, EIEC, EaggEC).

**Pootaardappel:** kleine aardappelknollen gekweekt voor de teelt van zetmeel of consumptieaardappelen.

**Retail:** verzamelnaam voor bedrijven die goederen (in dit geval aardappelen en aardappelproducten) direct aan de consument verkopen m.u.v. de out-of-home kanalen.

**Samengestelde aardappelproducten:** aardappel bevattende producten bestaande uit meerdere ingrediënten. Voorbeelden hiervan zijn aardappelsalades en kant-en-klare maaltijden die aardappel bevatten.

**Snacks:** aardappelproducten die als tussendoortje gegeten worden. Hieronder vallen ook chips.

**Tafelaardappelen:** verse aardappelen bestemd voor de directe consumptie, verkocht via handelaren, supermarkten, of direct bij de boer. Tafelaardappelen zijn ongeschild maar kunnen zowel ongewassen als ook gewassen en verpakt zijn.

**Uitvoer:** betreft producten die vanuit Nederland naar andere EU landen gaan.

**Verse aardappelen:** alle aardappelen die geoogst zijn en (nog) geen andere bewerking dan wassen hebben ondergaan.

**Verwerking:** handeling die het oorspronkelijke product ingrijpend wijzigt. Hieronder vallen onder andere schillen, snijden, drogen, blancheren, verhitten, frituren en invriezen van aardappelen.

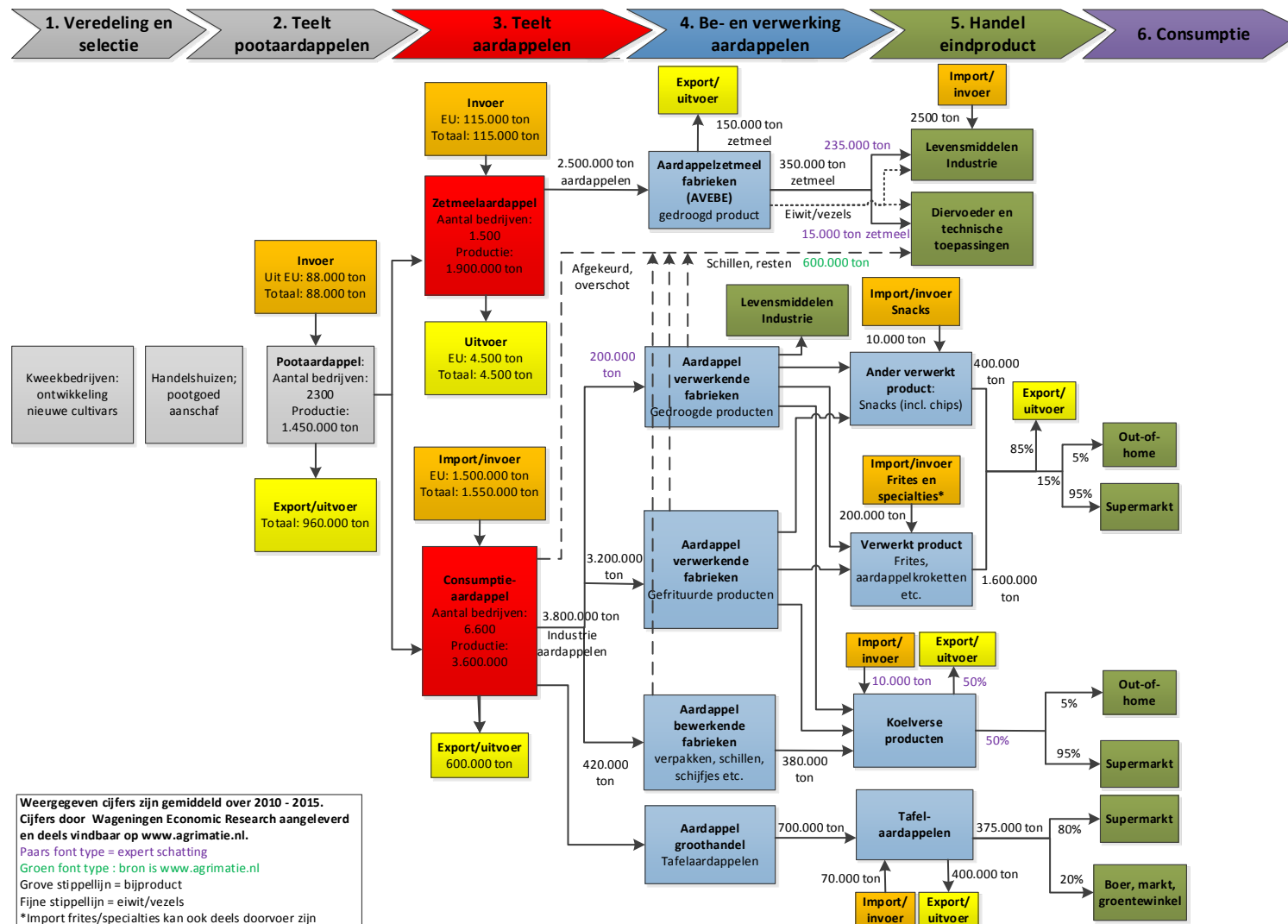
**Vloeibare mest:** drijfmest of gier.

**Zetmeelaardappelen:** aardappelen die geteeld worden voor de productie van aardappelzetmeel en -eiwit.

## 2 De Nederlandse aardappelketen

(Dit hoofdstuk is tot stand gekomen op basis van een inhoudelijk bijdrage van Wageningen Economic Research)

De aardappelsector in Nederland omvat consumptieaardappelen (tafel- en industrie-aardappelen) zetmeelaardappelen en pootaardappelen. De belangrijkste teeltgebieden van consumptieaardappelen in Nederland zijn Zuidwest Nederland, Noord-Brabant, en Flevoland. In de Veenkoloniën (Drenthe en Groningen) worden veelal zetmeelaardappelen geteeld. De pootaardappelteelt is vooral geconcentreerd in het noorden van Friesland en Groningen, Noord-Holland en de Noordoostpolder. Dit vanwege verminderde aanwezigheid van luizen en daarmee van virusziekten. In Figuur 1 is de Nederlandse aardappelketen schematisch weergegeven.



Figuur 1: Schematische weergave van de aardappelketen met nadruk op de teelt eindproduct (schakel 3), bewerking eindproduct (schakel 4) en handel eindproduct (schakel 5). Producten die uitsluitend vanuit Europa de keten binnenkomen vallen onder invoer, wanneer producten ook uit landen buiten Europa kunnen komen staat dit als invoer/import aangegeven. Idem voor onderscheid tussen uitvoer en export. Europa kan grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

## 2.1 Veredeling en selectie

De productie van consumptie- en zetmeelaardappelen begint op de kweek-, stammenteelt- en pootaardappelvermeerderingsbedrijven. Nederland is marktleider op het gebied van veredeling, teelt en export van pootaardappelen. De geografische ligging van Nederland, met een laag risico op virale ziekten, in combinatie met de vruchtbare bodem en de samenwerking tussen alle partners in de keten maakt Nederland gunstig voor de teelt van aardappelen. Ondanks dat de aardappel oorspronkelijk uit Zuid-Amerika komt, heeft Nederland veel gedaan aan de veredeling van aardappelrassen. De basis voor de succesvolle Nederlandse aardappelsector ligt in de veredeling en selectie.

Er wordt in Nederland veel onderzoek gedaan naar nieuwe rassen, bijvoorbeeld voor de verbetering van de kwaliteit van de aardappelen, voor de verkleining van ziektegevoeligheid of voor nieuwe verwerkingseisen en consumentenwensen. De veredeling en selectie van nieuwe rassen ligt in handen van Nederlandse kweekbedrijven en kwekers. Een kleine 200 kwekers houden zich in Nederland bezig met het veredelen van aardappelen (2), te verdelen in circa 150 kleine 'hobbykwekers' en kleine 30 (26 NAO erkende) kweekbedrijven die gelieerd zijn aan handelshuizen (3). Zij produceren samen jaarlijks meer dan 1,5 miljoen zaailingen, die elk apart beoordeeld worden. Ongeveer 90% van de jaarlijks uitgezaaide klonen wordt niet geselecteerd voor een volgende kweekronde. De kans dat een kloon een marktwaardig ras wordt is 0,01-0,3% (3). Vanaf zaad tot ras duurt het in principe 8 à 10 jaar. Kweekbedrijven investeren in ontwikkeling van innovatieve veredelingstechnieken, zoals genomic selection en hybridisatie, die nodig zijn om toonaangevend te blijven in een competitieve markt (HZPC jaarverslag 2015/2016).

Op een aantal rassen rust een kwekersrecht, een bescherming van 30 jaar (voor aardappelen), dat de houder het recht geeft het nieuwe ras exclusief te kunnen commercialiseren, om zo de investeringen terug te kunnen winnen (Bron: website Raad voor de Plantenrassen). Slechts enkele handelaren mogen een dergelijk ras in stand houden en vermeerderen, en deze mogen zij aan een beperkt aantal bedrijven leveren. Daarnaast bestaan ook de vrije rassen, hierop is geen kwekersrecht meer van toepassing. Deze rassen, zoals Bintje of Nicola, zijn vrij vermarktbaar. De meeste kwekers zijn aan handelshuizen verbonden. De vrije kwekers, die niet aangesloten zijn bij een kweekbedrijf van een handelshuis, zoeken voor ieder potentieel ras een samenwerking met een pootaardappelhandelshuis (3).

Boeren- of hobbykwekers spelen een belangrijke rol binnen de Nederlandse aardappelveredeling. De eerste 3 jaar van het kweektraject liggen bij de hobbykweker. Deze reduceert de bulk aan zaden tot een handvol succesvol ogende klonen. Dat is een systeem waar de Nederlandse aardappelveredeling groot mee is geworden. Het scheelt de kweekbedrijven veel werk en geld omdat het op een no-cure, no-pay-basis geschiedt. De hobbykweker ontvangt pas geld (in de vorm van gedeelde royalty's) voor zijn/ haar inspanningen als de aangeleverde kloon een geregistreerd ras is en vermarkt wordt.



## 2.2 Teelt pootaardappelen

Als een kweekbedrijf een nieuw, perspectiefrijk aardappelras heeft ontwikkeld, is het zaak voldoende pootgoed van dit ras te produceren, zodat het op grotere arealen voor de consumptieteelt kan worden uitgezet. Het areaal pootaardappelen van een ras wordt jaarlijks bijgesteld om aan de verwachte vraag voor consumptieaardappelteelt te kunnen voldoen (4). In Nederland geldt strenge regelgeving voor de aardappelteelt van pootgoed. De Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaadgoed en pootgoed van landbouwgewassen (NAK) voert keuringen uit op basis van de Zaaizaad- en Plantgoedwet 2005 (5) en de Regeling Verhandeling Teeltmateriaal [Ministerie Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit (LNV)]. Iedereen die zaaizaad en/of pootgoed teelt en bewerkt moet bij de NAK zijn aangesloten. Tevens mag in Nederland alleen gecertificeerd pootgoed gebruikt en verhandeld worden.

De productie van pootaardappelen verloopt volgens een voorgeschreven classificatieschema (afkapsysteem) dat start via stamselectie of *in vitro* productie (miniknollen). Dit systeem van een jaarlijkse ‘automatische’ klasse verlaging bevordert een regelmatige ‘instroom’ van gezond pootgoed. Dit voorkomt degeneratie (vermindering van productiviteit). Een perceel pootgoed kan alleen in de maximaal te behalen klasse worden goedgekeurd als aan alle normen wordt voldaan (o.a. gezondheid en vermenging) die voor deze klasse gelden. Zo niet, dan vindt klasse verlaging of zelfs afkeuring plaats (6). Tabel 2 geeft een overzicht van de huidige klasse-indeling van de veldgeneraties (een veldgeneratie komt overeen met 1 jaar of seizoen). Per klasse gelden vastgestelde normen.

Tabel 2: Klasse-indeling van veldgeneraties pootaardappelen. Bron: NAK, 2016.

Kwekersmateriaal	Uitgangsstam of <i>in vitro</i> materiaal
Pre-basispootgoed	Pb1 t/m Pb4
Basispootgoed	S, SE, E
Gecertificeerd pootgoed	A, B

Vermeerdering van pootgoed via *in vitro* plantjes, microknollen en miniknollen is steeds belangrijker geworden. Bij de keuringsdienst staat 60 tot 70 procent van de pootaardappeltelers geregistreerd als stamselecteur. Een steeds kleiner deel hiervan heeft traditionele stammenteelt. Een steeds groter deel koopt als eerste uitgangsmateriaal microknollen of miniknollen aan en vermeerdert dat op het eigen bedrijf tot handelspootgoed.

Nadat een teler een partij heeft aangemeld voert de Stichting Nederlandse Algemene Keuringsdienst (NAK) gedurende de teelt, bewaring en aflevering van de pootaardappelen veldkeuringen, nacontroles en partijkeuringen uit op bijna 500 aardappelrassen. Om virusinfecties te voorkomen dient tijdige loofvernietiging plaats te vinden overeenkomstig door de NAK opgegeven data. De NAK ziet erop toe dat de aardappelen die als pootgoed worden aangeboden aan de fytosanitaire en kwaliteitseisen voldoen. De NAK-keuringen zijn gericht op de fysiologische gesteldheid, voornamelijk op voorkomen van aardappelziekten, van de aardappel.

Voordat een partij pootgoed afgeleverd wordt, vindt er een visuele inspectie, op onder andere knolziekten, gebreken, gewicht en maatsortering, plaats (partijkeuring). Na goedkeuring van de keurmeester wordt de partij vrijgegeven.

Van de 500 rassen die in Nederland worden vermeerderd worden er in Nederland 90 geconsumeerd; de meeste rassen gaan naar de exportmarkten waar consumenten andere producteisen/wensen hebben wat betreft schilkleur, wit of geelvezelig, kookeigenschappen, of waar de productieomstandigheden anders zijn dan in Nederland. Voor onverkoopbare rassen, ongeschikte/afgekeurde partijen, bovenmaatse poters etc. worden alternatieve afzetbestemmingen gezocht: consumptie-, voeraardappelen of industrie (vlokken).

### 2.2.1 Pootaardappelen in cijfers

Het areaal pootaardappelen is sinds 2010 geleidelijk uitgebreid tot 42.000 ha in 2015 (zie Tabel 3) met een gemiddelde productie van 36 (34-38) ton per ha. Door de uitbreiding van het areaal is de bruto-productie van pootaardappelen de laatste jaren toegenomen.

De pootaardappelteelt in Nederland vindt plaats op circa 2.400 bedrijven. Gemiddeld wordt per bedrijf 18 ha pootaardappelen geteeld (<http://statline.cbs.nl/Statweb/>). Vaak hebben de bedrijven 1 tot 9 verschillende rassen pootaardappelen vanwege spreiding van risico en werkzaamheden; de teler kiest de rassen in overleg met zijn handelshuis (7).

**Tabel 3: Productie pootaardappelen in Nederland. Bronnen: CBS en NAK.**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aantal bedrijven met pootaardappelen	2.096	2.047	2.398	2.532	2.321	2.419
Areaal (ha)	38.537	37.911	39.159	40.223	39.874	41.848
Productie (ton)	1.452.331	1.312.815	1.478.515	1.400.455	1.474.953	1.516.965
Waarvan gecertificeerd (ton)	1.039.763	956.816	1.060.168	1.082.745	1.054.426	1.116.474

Na de oogst worden pootaardappelen in gekoelde bewaarplaatsen in kisten of bulk opgeslagen. Op aangeven van het handelshuis of afnemer worden partijen door de teler of op een centrale locatie door het handelshuis gesorteerd, verpakt en gereed gemaakt voor verzending.

Tabel 4 geeft een overzicht van de verdeling van de hoeveelheid gecertificeerde pootaardappelen per klasse.

Tabel 4: Gecertificeerde hoeveelheden pootaardappelen (ton). Bronnen: NAK; PB (pré-basis) omvat de PB1 t/m PB4 uitgangsplant (traditioneel) en PBTC (miniknollen). Zie Tabel 2 voor codes.

Type	2011	2012	2013	2014	2015
PB	140	53	64	192	158
S	41.223	42.764	45.893	49.253	58.877
SE	27.969	30.676	28.913	26.184	29.500
E	268.676	273.162	305.948	334.879	313.960
A	572.218	663.226	648.574	580.547	655.972
C	28.813	29.972	35.655	34.498	40.041
UG (union grade) / EC1	94	289	575	415	539
BS (basic seed)	5.414	7.820	6.855	8.407	6.591
CS (certified seed)	11.661	11.942	9.999	19.784	10.590
GW (kwekersmateriaal)	607	265	268	268	246
<b>Totaal</b>	<b>956.816</b>	<b>1.060.168</b>	<b>1.082.745</b>	<b>1.054.426</b>	<b>1.116.474</b>

Van de bruto-productie wordt een gedeelte niet als gecertificeerd pootgoed afgezet: o.a. bovenmaatse poters, afgekeurde of onverkochte pootaardappelen. Ook vinden bewaarverliezen plaats. Uiteindelijk is ruim 70% van de bruto-productie door de NAK geplombeerd pootgoed afgezet via export of op de binnenlandse markt. De verdeling van de overige 30% richting consumptie, veevoer en co-vergisting is afhankelijk van de situatie op de aardappelmarkt die per jaar verschilt. Co-vergisting is hierin de sluitpost.

### 2.2.2 Export/uitvoer en import/invoer

De export van pootaardappelen ligt de laatste jaren rond de 900.000 ton per jaar (Tabel 5). Voor de gevarenanalyse wordt invoer van aardappelen als een belangrijke (fyto)sanitaire bedreiging beschouwd. Nederland voert jaarlijks een beperkte hoeveelheid van ca. 80.000 ton pootaardappelen in (Tabel 6). Bij hoge uitzondering komen de pootaardappelen niet uit Europa. De belangrijke Europese herkomstlanden zijn: Frankrijk, Denemarken, België en het Verenigd Koninkrijk. Daarnaast zijn er diverse Europese landen van waaruit minder regelmatig kleinere hoeveelheden pootaardappelen worden ingevoerd.

Tabel 5: Nederlandse export/uitvoer van pootaardappelen (in ton). Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

Werelddeel	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Wereldwijd	916.262	897.668	850.585	956.651	1.039.906	975.082

Tabel 6: Herkomst Nederlandse import/invoer van pootaardappelen (in ton). Bron: CBS, bewerking Wageningen Economic Research.

Werelddeel	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Totaal Afrika	112	0	0	0	0	0
Totaal Amerika	0	0	0	0	0	0
Totaal Azië	0	0	0	0	0	0
Totaal Europa*	76.663	67.282	141.067	76.400	82.149	83.774
Totaal Oceanië	0	0	0	0	0	0
Totaal overige	0	0	0	0	0	0
<b>Wereld</b>	<b>76.775</b>	<b>67.282</b>	<b>141.067</b>	<b>76.400</b>	<b>82.149</b>	<b>83.774</b>

\* Europa kan grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

## 2.3 Teelt aardappelen

### 2.3.1 Zetmeelaardappelen

Zetmeelaardappelen worden overwegend op contractbasis geteeld voor de productie van aardappelzetmeel en –eiwit. Deze aardappelen worden verwerkt door AVEBE U.A. en gebruikt voor diverse voedingsmiddelen en technische toepassingen. Bij zetmeelaardappelen wordt gestreefd naar een zo laag mogelijk gehalte aan suikers. Deze suikers ontstaan ten koste van zetmeel. Veel factoren hebben invloed op het suikergehalte van aardappelknollen: ras, rijpheid, bemesting, weersomstandigheden en bewaarduur en -omstandigheden. Voor de uitbetaling is naast het volume o.a. het uitbetalingsgewicht (zetmeelgehalte) en eiwitgehalte bepalend. Telers leveren zetmeelaardappelen aan AVEBE op basis van de aandelen die ze bezitten: telers met aandelen zijn verplicht te leveren. Om te zorgen dat de hoeveelheid geleverde aardappelen zo goed mogelijk wordt afgestemd op de marktvraag hanteert AVEBE een ABC-systeem. Ieder lid committeert zich aan het leveren van het A-volume. Dit is een door het lid zelf te bepalen volume tussen 4 (leverplicht) en 5 ton (leverrecht) aardappelzetmeel per aandeel. Tot 5 ton per aandeel is vervolgens het B-volume en alles boven dit volume is C-volume (8).

Er waren in 2015 1.510 bedrijven die zetmeelaardappelen telen (Tabel 7). Het areaal zetmeelaardappelen toont een geleidelijk dalende tendens. Het bedroeg in 2005 ruim 51.000 ha, tegen 42.000 ha in 2015. Desondanks bleef de productie op peil. Naast de telers in Noordoost Nederland worden aardappelen geleverd door telers uit het aangrenzende Weser Ems gebied in Duitsland.

De wijzigingen in het Europese marktordeningsbeleid (ontkoppeling steun) zijn met name debet aan de areaalafname. De gekoppelde productie- en hectarepremies zijn in 2012 overgegaan naar bedrijfstoelagen, die vanaf 2015 convergeren naar een gelijk bedrag per ha in heel Nederland, ongeacht de voorgeschiedenis (zoals gekoppelde steun; (9)). Zetmeelaardappelbedrijven ontvingen in 2014 gemiddeld € 699 per ha aan bedrijfstoelag, in 2019 zal dat hooguit € 399 zijn.

Tabel 7: Productie zetmeelaardappelen in Nederland. Bron: CBS.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aantal bedrijven met zetmeelaardappelen	1.601	1.563	1.475	1.459	1.409	1.508
Areaal (ha)	46.667	49.168	43.321	44.031	41.560	42.077
Productie (ton)	1.845.149	2.163.374	1.903.501	1.695.193	1.753.847	1.809.329

De campagne van zetmeelaardappelen wordt onderscheiden in voormalers (eerste 3 weken campagne), hoofdcampagne (begin september tot eind december) en namalers (begin januari tot einde campagne). Voor niet directe leveringen worden de aardappelen na oogst tijdelijk opgeslagen in kuilen op het veld, sleufsilos (buitenbewaring, afgedekt met stro of vliesdoek) of in een bewaarschuur (beschermen tegen de weersinvloeden en voorkomen van verlies van zetmeel in aardappelen). Meer dan de helft van de te verwerken zetmeelaardappelen wordt gedurende enige weken tot meer dan vijf maanden bewaard. Van de namalers wordt ongeveer tweederde in schuren bewaard en de rest in kuilen en sleufsilos ([www.kennisakker.nl](http://www.kennisakker.nl)).

#### *TBM-regeling*

In het zetmeelaardappeltelend gebied bestaat een eigen pootgoedvermeerderingsregeling waarvan de uitvoering is ondergebracht in de stichting Teeltbeschermende Maatregelen Zetmeelaardappelen (TBM). De TBM-regeling is bedoeld voor de teelt van zetmeelaardappellrassen voor de aardappelzetmeelindustrie. Na opheffing van het Productschap Akkerbouw is de regelgeving ondergebracht in de regelgeving van EZ. De pootgoedvermeerdering vindt plaats volgens de regels van TBM en mag alleen TBM gekeurd worden (veld- en partijkeuring door de NAK/TBM keurmeester) als dat uitsluitend gebruikt wordt voor de zetmeelaardappelteelt waarvan de geogoste knollen bestemd zijn om te worden verwerkt tot aardappelzetmeel. Ongeveer tien procent van het zetmeelareaal, ofwel enkele hectares per bedrijf, wordt bestemd voor de pootgoedvermeerdering voor eigen gebruik (farm saved seed). Om zelf te vermeerderen (o.a. interessant vanuit kostenoverwegingen) wordt regelmatig een hoeveelheid basis- of gecertificeerd pootgoed aangeschaft, dat vervolgens één of meerdere keren wordt vermeerderd.

#### *Import/Invoer zetmeelaardappelen*

De Nederlandse aardappel invoer voor de productie van zetmeel komt uitsluitend uit Europa (Tabel 8). De belangrijkste herkomstlanden van waaruit jaarlijks aardappelen voor de zetmeelproductie worden ingevoerd zijn Duitsland en België.

Tabel 8: Herkomst Nederlandse invoer/import van verse aardappelen voor productie van zetmeel (in ton). Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

Werelddeel	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Totaal Afrika	0	0	0	0	0	0
Totaal Amerika	0	0	0	0	0	0
Totaal Azië	0	0	0	0	0	0
Totaal Europa*	243.58	150.124	137.741	66.889	33.559	48.241
Totaal Oceanië	0	0	0	0	0	0
Totaal overige	0	0	0	0	0	0
<b>Wereld</b>	<b>243.358</b>	<b>150.124</b>	<b>137.741</b>	<b>66.889</b>	<b>33.559</b>	<b>48.241</b>

\* Europa kan grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

### *Export/ uitvoer zetmeelaardappelen*

De hoeveelheid verse zetmeelaardappelen die vanuit Nederland wordt uitgevoerd is beperkt (Tabel 9).

Tabel 9: Nederlandse uitvoer van verse aardappelen voor productie van zetmeel (in ton). Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Europa*	1.230	9.752	666	1.932	9.574	3.683

\* Europa kan grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

### 2.3.2 *Consumptieaardappelen*

Consumptieaardappelen zijn te onderscheiden in tafel- of industrieaardappelen.

Tafelaardappelen zijn bestemd voor directe consumptie, en worden verkocht via de supermarkten, ambulante handel of direct via de boer. De industrieaardappelen worden geteeld voor de verwerking tot onder andere frites, chips, aardappelkroketjes, rösti, aardappelpuree en koelverse verwerkte producten. Ongeschikte consumptiepartijen worden afhankelijk van kwaliteit gebruikt als veevoer of vergisting (10).

In 2015 waren er 6.740 bedrijven met teelt van consumptieaardappelen (Tabel 10). Bij consumptieaardappelen is het areaal het laatste decennium redelijk stabiel en schommelt het rond de 70.000 ha. Het areaal tafelaardappelen wordt geschat op circa 7.000 ha.

Tabel 10: Productie consumptieaardappelen in Nederland. Bron: CBS.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Aantal bedrijven met consumptie aardappelen	6.666	6.720	6.268	6.585	6.779	6.742
Areaal (ha)	73.035	72.607	67.452	71.568	74.068	71.736
Productie (ton)	3.546.049	3.857.284	3.383.603	3.481.212	3.871.458	3.325.398

Van augustus tot oktober worden de aardappels geoogst en in bulk of kisten (tafelaardappelen) opgeslagen in gekoelde bewaarschuren tot het moment van afleveren. Bewaring leidt wel tot gewichts- en kwaliteitsverliezen. Geschikte rassen kunnen onder de juiste omstandigheden tot een jaar opgeslagen blijven. Elke partij en/of ras aardappelen moet apart worden opgeslagen. Een gelijktijdige bewerking van poot- en consumptieaardappelen in dezelfde ruimte is niet toegestaan (NAK, 2015). Gedurende de eerste periode van opslag wordt de temperatuur op circa 15°C gehouden voor het nadrogen en om wondheling te bevorderen. Daarna wordt de temperatuur, afhankelijk van het ras, verlaagd tot 4-7°C. Bij lage temperatuur blijft de kiemvorming beperkt, maar wordt er meer zetmeel omgezet in reducerende suikers. Aardappelen bestemd voor chips en frites worden daarom bewaard bij relatief hoge temperaturen (circa 10°C).

Ongeveer 80-85% van de aardappelen worden geteeld op basis van een contract tussen de teler en handelaar/verwerkers of via een coöperatie. Een jaarlijks contract tussen de teler en de afnemer of verwerkende industrie houdt in dat de industrie de teler voorziet van pootgoed en de gehele of gedeeltelijke oogst van de teler koopt. Fritesfabrieken hebben zodoende een belangrijk deel van de pootgoedvoorziening in handen waarbij teruglevering van de totale opbrengst contractueel verplicht is. In een coöperatie koopt de teler in overleg pootgoed in en verkoopt de oogst aan de coöperatie, die het verder verkoopt. In beide situaties is de teler gegarandeerd van verkoop van de oogst. Er bestaan diverse contractvormen (11).

In de vrije sector (10-15% van de aardappelen) kan de teler zijn pootgoed direct van een handelshuis of pootgoedteler kopen, zelf beslissen welk ras geschikt is en verkopen op het juiste moment. De meeste telers in de vrije sector telen vrije rassen. De teler is niet gegarandeerd van inkomsten, bijvoorbeeld bij een overvloed aan aanbod (12).

#### *ATR-regeling (vermeerdering van pootgoed voor eigen consumptieteelt)*

Voor de consumptieaardappelteelt mag onder bepaalde voorwaarden ook eigen vermeerderd pootgoed worden gebruikt ('ATR'). Voor vermeerdering van ATR-pootgoed gelden regels zoals:

- Aangekocht pootgoed mag één keer worden vermeerderd voor consumptieteelt op het eigen bedrijf.
- Deze regeling is niet toegestaan in combinatie met reguliere pootgoedteelt op het eigen bedrijf.

- Daarnaast gelden voor de ATR-regeling diverse andere regels zoals de aangifte van de ATR-teelt bij de NAK (<http://www.nak.nl/aardappelen/aangifte/atr-regeling>).

### *Biologische aardappelteelt*

Sinds 2011 is er een kleine toename in het aantal biologische aardappeltelers, al blijft het percentage bedrijven ten opzichte van de totale landbouw gelijk op circa 2,5% voor zowel poot- als consumptieaardappelen (CBS statline 2016). Dit komt neer op 1% van het areaal van de akkerbouw bestemd voor de aardappelteelt. De opbrengst van per ha van biologisch geteelde aardappelen is 12-20% lager dan bij de gangbare teelt (2008) (13). In 2011 waren 11 kleine biologische kwekers actief in de veredeling van de aardappel (3).

### *Import en invoer consumptieaardappelen*

Hoewel Nederland zelf veel consumptieaardappelen produceert, worden er ook veel verse consumptieaardappelen ingevoerd en geïmporteerd (Tabel 11).

**Tabel 11: Herkomst Nederlandse import/invoer van verse aardappelen inclusief primeurs (exclusief pootaardappelen en aardappelen voor productie van zetmeel; in ton). Bron: CBS statline; bewerking Wageningen Economic Research.**

Werelddeel	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Totaal Afrika	18.253	13.505	24.383	9.639	9.331	4.789
Totaal Amerika	0	0	0	0	0	11
Totaal Azië	20.364	18.441	20.459	27.815	40.002	28.630
Totaal Europa*	1.115.751	1.619.579	1.675.508	1.557.894	1.509.862	1.572.734
Totaal Oceanië	0	0	0	0	0	1
Totaal overige	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal wereld</b>	<b>1.154.369</b>	<b>1.651.525</b>	<b>1.720.350</b>	<b>1.595.348</b>	<b>1.559.194</b>	<b>1.606.165</b>

\* Europa kan grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

Import en invoer in Nederland bedraagt jaarlijks circa 1,6 miljoen ton verse aardappelen voor de industriële verwerking (o.a. frites, koelvers, chips) en tafelaardappel, inclusief primeurs. Primeurs zijn verse aardappelen die verhandeld worden tussen 1 januari en 30 juni. Het grootste deel van de totale Nederlandse invoer en import komt uit Europa; kleinere hoeveelheden komen uit Afrika en Azië.

De import uit Afrika en Azië bestaat voor het grootste deel uit nieuwe tafelaardappelen: primeurs (Tabel 12). De herkomstlanden van de primeuraardappelen in Afrika zijn Egypte, Marokko en Tunesië. De importen uit Azië komen uit Israël. Binnen Europa is Duitsland de belangrijkste leverancier van verse aardappelen, gevolgd door België en Frankrijk. Primeuraardappelen worden uit Zuid-Europese landen betrokken zoals Spanje, Italië en Malta.



Tabel 12: Import/invoer nieuwe aardappelen "primeurs", vers of gekoeld, van 1 januari tot en met 30 juni. Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

Werelddeel	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Totaal Afrika	18.167	13.457	24.017	8.987	9.201	3.876
Totaal Amerika	0	0	0	0	0	0
Totaal Azië	12.780	17.852	19.546	24.416	36.871	27.131
Totaal Europa*	15.858	41.452	23.644	49.884	36.228	42.071
Totaal Oceanië	0	0	0	0	0	0
Totaal overige	0	0	0	0	0	0
<b>Totaal</b>	<b>46.806</b>	<b>72.762</b>	<b>67.207</b>	<b>83.288</b>	<b>82.299</b>	<b>73.079</b>

\* Europa kan grotendeels gelezen worden als Europese Unie (EU), bij uitzondering kan dit een Europees land omvatten dat geen EU lid is.

Ook is er beperkte import van verwerkte aardappelen. De import komt met name uit buurlanden en voor vroege aardappelen voor de versmarkt (tafelaardappel) uit landen rond de Middellandse Zee.

#### *Export/uitvoer consumptieaardappelen*

Jaarlijks wordt een forse hoeveelheid verse aardappelen vanuit Nederland geëxporteerd (Tabel 13).

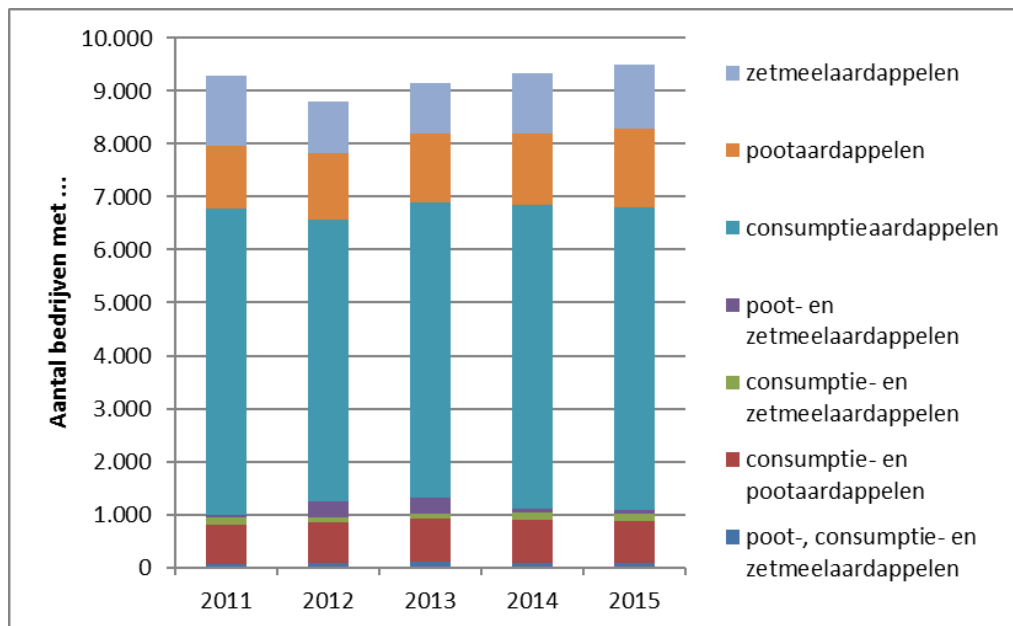
Tabel 13: Nederlandse export van verse aardappelen; inclusief primeurs (in ton). Bron: CBS Statline; bewerking Wageningen Economic Research.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Totaal verse aardappelen	1.197.528	1.181.792	963.129	1.105.755	1.040.808	888.394
waarvan primeur aardappelen	46.398	31.946	27.125	42.116	22.363	49.963

#### *Bedrijven met meerdere soorten aardappelen*

Het bij elkaar brengen van verschillende partijen pootgoed vergroot het risico op verspreiding van schadelijke organismen en kan aanleiding zijn om extra beschermende maatregelen toe te passen. Ook op bedrijven met combinaties van poot- met consumptie- of zetmeelaardappel kan een risico zijn voor overdracht van schadelijke organismen naar (hoogwaardiger) pootaardappelen.

Figuur 2 toont het aantal bedrijven die één type aardappelen of combinaties van aardappelen telen.



Figuur 2: Aantal bedrijven met aardappelen verdeeld naar type (consumptie, poot en zetmeel) of combinaties. Bron: NIVAP.

De meeste bedrijven met aardappelen telen enkel consumptieaardappelen. Het grootste deel van de gecombineerde bedrijven betreft de combinatie consumptie- en pootaardappelen (Tabel 14).

Tabel 14: Areaal en productie van bedrijven met een of meerdere typen aardappelen (2011-2015). Bron: CBS, bewerking Wageningen Economic Research.

Bedrijven met:	Areaal					Productie			
	Totaal (ha)	Per bedrijf (ha)	% Consumptie	% Poot	% Zetmeel	Totaal (ton)	% Consumptie	% Poot	% Zetmeel
poot-, consumptie- en zetmeelaardappelen	7.219	88,7	38%	17%	45%	310.839	42%	14%	44%
consumptie- en poot aardappelen	25.237	32,1	46%	54%		1.072.805	54%	46%	
consumptie- en zetmeelaardappelen	7.173	57,5	27%		73%	314.552	29%		71%
poot- en zetmeelaardappelen	5.643	35,8		19%	81%	224.825		16%	84%
consumptie aardappel en	55.242	9,8	100%			2.783.452	100%		
poot aardappelen	23.872	18,1		100%		862.202		100%	
zetmeelaardappelen	31.255	27,9			100%	1.328.455			100%
<b>Totaal</b>	<b>155.641</b>	<b>16,9</b>	<b>46%</b>	<b>26%</b>	<b>28%</b>	<b>6.897.130</b>	<b>52%</b>	<b>21%</b>	<b>27%</b>

Uit de tabel blijkt dat bedrijven met combinaties van aardappelteelten gemiddeld een groter areaal aardappelen telen dan bedrijven die gespecialiseerd zijn in één type aardappel. De 12,5% bedrijven met combinatieteelten zijn goed voor 40% van de totale productie van pootaardappelen, 22% van de consumptieaardappelen en 30% van de zetmeelaardappelen (gemiddeld 2011-2015). Nadere informatie over hoeveel van welke aardappelen op het eigen en anderen bedrijven of voor derden in bewaarplaatsen wordt opgeslagen is niet voorhanden.

### 2.3.3 *Handel en transport eindproduct*

Vanuit de bewaarschuur of vanaf het land worden de aardappelen voor de verwerking naar de fabrieken of voor verpakking naar verpakkingsbedrijven getransporteerd. Afhankelijk van de aardappelteler wordt de tarragrond, de aanhangende grond van het oogsten, op de boerderij of fabriek van de aardappelen geschud en gespoeld. Voor het vervoer buiten het eigen bedrijf is een transportdocument nodig. Er zijn in Nederland enkele grote transportbedrijven (o.a. AB Texel, Farmtrans) gespecialiseerd in het nationale en internationale transport van agrarische producten zoals aardappelen. Bulktransport van aardappelen vindt veelal plaats met speciale opleggers, de zogenaamde bandlossers. Ter voorkoming van verspreiding van ringrot hanteert de Nederlandse aardappelsector het PCC Hygiëneprotocol Ringrot. De richtlijnen zijn per schakel (handel, transport, wasplaats, centraal verwerker en pootgoedteler) geformuleerd en sluiten aan bij bestaande certificeringsschema's ([www.NAO.nl](http://www.NAO.nl)). De Nederlandse aardappelproductie is sinds 2000 afgenomen van 8 miljoen ton naar 6,5 miljoen ton in 2015 (CBS statline 2016). De Nederlandse zelfvoorzieningsgraad voor alle aardappelen was in 2003 181% (14). De helft van de totale opbrengst bestaat uit consumptieaardappelen, verse en industrieaardappelen, 20% zijn pootaardappelen en 30% zetmeelaardappelen.

## 2.4 **Be- en verwerking aardappelen**

### 2.4.1 *Aardappelzetmeel fabrieken*

In Nederland zijn drie zetmeelfabrieken actief, die onderdeel zijn van de coöperatie AVEBE. Hier worden zetmeelaardappelen verwerkt tot aardappelzetmeel, -eiwit en -vezels voor toepassingen in voeding, non-food industrie en diervoeder. In Nederland verwerkt AVEBE jaarlijks 2,5 miljoen ton aardappelen tot ongeveer 500.000 ton zetmeel. Mondiaal gezien is AVEBE een bepalende speler met 1/3 deel van de wereldzetmeelproductie. Aardappelzetmeel wordt vooral gebruikt als bindmiddel in een scala aan producten waaronder noedels, winegums, worst, room, (instant)soep en sauzen. Ook in producten als lijm, verf, luiers, omhulsels van medicatie of biologisch afbreekbaar plastic wordt zetmeel gebruikt. Aardappeleiwit en -vezels worden gebruikt voor menselijke en dierlijke consumptie (8). AVEBE wil de omzet vergroten door extra toegevoegde waarde te creëren met de producten die ze uit de aardappel winnen (toegevoegde-waarde-strategie). Ze is daarin al succesvol o.a. met het winnen en vermarkten van

aardappeliwit (Solanic). Innovaties zijn gericht op het verbeteren van de prestatieprijs per ton zetmeelaardappelen. Ook het verbeteren van de hectare-opbrengst is een belangrijk actiepunt.

#### 2.4.2 *Consumptieaardappelverwerkende fabrieken*

Nederland kent een omvangrijke aardappelverwerkende industrie. De verwerkende industrie sluit voor de aanvang van het teeltseizoen (december-januari) contracten af met de telers en handelaren. De industrie stemt de inkoop af met de retailers gecontracteerde hoeveelheid, hierdoor wordt 75-90% van de benodigde grondstof vooraf gecontracteerd, de overige aardappelen worden op de vrije markt ingekocht (12). In 2015 verwerkte de aardappelverwerkende industrie (incl. industriële schilbedrijven) 3,8 miljoen ton consumptieaardappelen tot 1,6 miljoen ton verwerkt product (frites e.d.) en 0,4 miljoen ton tot ander verwerkt product (o.a. snacks). Van de 2 miljoen ton verwerkt product wordt 85% geëxporteerd/uitgevoerd, 80% binnen de EU en 20% naar derde landen. De aardappelverwerkende industrie investeert om de productie te optimaliseren en steeds duurzamer te produceren. Reductie van energieverbruik, hergebruik van proceswater en mogelijkheden voor het opwaarderen en verwaarden van bijproducten maken dat de verwerking voortdurend efficiënter wordt.

##### 2.4.2.1 Tafelaardappelen

Tafelaardappelen worden op basis van raseigenschappen onderscheiden naar kooktype, variërend van vastkokend tot zeer kruimig. Het aantal bedrijven dat verse aardappelen voor de tafelaardappelmarkt verwerkt (sorteren, wassen, verpakken) ligt op een kleine 80 (NAO, 2016). Een beperkt deel van hen verpakt en levert aardappelen voor de binnenlandse retailmarkt (serviceprovider); andere bedrijven leggen zich meer toe op de export. De 5-8 grotere verpakkingsbedrijven hebben een belangrijk deel van de binnenlandse handel in handen; ze beleveren de Nederlandse supermarkten voor 80-90% (schatting). Aardappelen worden afgezet in kleinverpakking (veelal plastic), jute zakken (50 kg; verre exportmarkten) en big bags (15). De verpakkers beleveren rechtstreeks of via zogenaamde inkooporganisaties zoals Superunie en Bakker Barendrecht de distributiecentra van supermarktketens met tafelaardappelen in binnen- en buitenland.

In Nederland zelf wordt jaarlijks circa 375.000 ton tafelaardappelen verkocht, circa 80% via de supermarkt. Naast de binnenlandse consumptie wordt bijna 400.000 ton tafelaardappelen geëxporteerd waarvan de helft buiten de EU.

#### 2.4.2.2 Gedroogde aardappelproducten

Gedehydrateerde aardappelproducten zijn populair vanwege het gemak bij transport, opslag en de lange houdbaarheid buiten de koelketen. Daarnaast neemt de vraag naar gemakkelijk te bereiden producten ook toe (16, 17). Aardappelpoeder is een voorbeeld van een gedehydrateerd product en populair in de markt als ‘gemaksproduct’. Het wordt verkocht als ingrediënt voor andere levensmiddelen, halffabricaat of als eindproduct (instant puree), zowel voor gebruik door andere levensmiddelenverwerkers, voor de out-of-home en/of de retail markt. Aardappelpoeder kan toegevoegd worden aan voeding voor mensen met een speciaal dieet, baby’s en/of ouderen (16). Aardappelproducten worden ook gebruikt in de vorm van gedroogde vlokken of korrels en kunnen toegepast worden voor industriële bereiding van snacks, aardappelkroketten of aardappelpuree door de consument thuis (instant puree).

Bij het snijden van aardappelen in de verwerkende fabrieken ontstaan ook aardappelsnippers die tot vlokken worden gedroogd. Deze vlokken worden verwerkt tot bijvoorbeeld aardappelkroketten of –puree. De activiteiten van Cosun dochter Aviko Rixona in Venray (productielocaties te Venray en Warffum) richten zich op de ontwikkeling, productie en verkoop van gedroogde aardappelproducten (o.a. raspatat): granulaat, vlokken en andere producten op basis van aardappel voor retail, food service en ingrediënten voor de levensmiddelenindustrie. 90% is export/uitvoer. Novidon verzamelt Europawijd bij de aardappelverwerking vrijkomend zetmeel en verwerkt dit tot producten voor o.a. olieboor-industrie, pet food en bioplastics.

#### 2.4.2.3 Koelverse aardappelproducten

Industriaardappelen worden ook verwerkt tot koelverse producten en aardappelsalades (15). Industriële schilbedrijven verwerken per jaar circa 420.000 ton. Voor koelverse aardappelproducten wordt 95% via supermarkten afgezet. Koelverse producten kunnen onderverdeeld worden in zogenaamde “ready-to-cook” producten, die een milde verhitting hebben ondergaan en nog verder gegaard dienen te worden voor consumptie, en “ready-to-eat” producten die alleen nog opgewarmd hoeven te worden voor consumptie, maar die ook koud geconsumeerd kunnen worden. Koelverse “ready-to-cook” producten (zoals geschilde aardappelen) krijgen een milde hitte behandeling om de kwaliteit te behouden en om micro-organismen deels te inactiveren (18). In de literatuur is weinig informatie te vinden over deze specifieke categorie

#### 2.4.2.4 Voorgebakken, bevroren aardappelproducten

Er zijn vier bedrijven in Nederland die 90% van de aardappelen verwerken tot voorgebakken, bevroren producten: Aviko, Farm Frites, McCain en Lamb Weston/Meijer. Door de Nederlandse productie en het importaanbod te combineren, kunnen deze fabrieken de productiecapaciteit optimaal gebruiken en voldoen aan de nog steeds groeiende exportvraag (15, 19). Door gebruik te maken van stoom met hoge druk en temperatuur wordt de schil van de aardappel verwijderd. Daarna worden de aardappelen gesneden. De schillen en de resten zetmeel die ontstaan na het snijden worden gebruikt als diervoeder of zetmeel voor technische toepassingen (Duyne). Bij de bereiding van friet worden de aardappelen na het snijden geblancheerd, voorgebakken tot 170°C, geschud om vet te verwijderen, ingevroren tot -20°C en verpakt. Ook is voorgebakken friet koelvers verkrijgbaar. Bij de bereiding van chips wordt de aardappel na het snijden en blancheren eenmaal gebakken en verpakt.

#### 2.4.2.5 Overige producten

Naast bovengenoemde producten worden aardappelen verwerkt tot chips, en andere snacks op basis van aardappelen of aardappelpoeder.

## 2.5 Handel aardappelproducten

Retailorganisaties, zoals Superunie en Albert Heijn, en food service organisaties, bijvoorbeeld de Makro en Sodexo, sluiten contracten met verwerkers af in augustus-september voorafgaand aan het komende kalenderjaar. Producten worden verzameld en gedistribueerd vanuit distributiecentra.

Naast eigen vrieshuizen van verwerkers zijn er logistieke dienstverleners/transporteurs die vriesruimte verhuren voor tijdelijke opslag van ingevroren product eventueel in combinatie met het ompakken daarvan van bulk naar consumentenverpakking.

## 2.6 Consumptie

Ongeveer 35% van de aardappelconsumptie per Nederlander bestaat uit producten als friet en chips. De consument koopt aardappelen, aardappelproducten en maaltijden en salades waarin aardappelen verwerkt zijn. Verkoopkanalen voor thuisgebruik zijn ambulante handel, groentewinkels en vooral supermarkten. Van de verwerkte producten gaat ongeveer 1/3 via de out-of-home kanalen en 2/3 via de supermarkten (15). Belangrijke Nederlandse out-of-home kanalen zijn snackbars (inclusief zelfbakkers en mobiele wagens), quick service restaurants en (hotel-)restaurants.

### 3 Microbiologische gevaren in de aardappelketen

In dit hoofdstuk worden de microbiologische gevaren beschreven die kunnen voorkomen in de aardappelketen vanaf de teelt (zie schakel 3 in Figuur 3 en Figuur 6) tot en met de eindproducten die in de handel worden gebracht (schakel 5 in Figuur 3 en Figuur 6).

In een eerste benadering is gekeken naar alle microbiologische gevaren die zich wereldwijd in de aardappelketen kunnen voordoen. Een deel van deze gevaren kan zich ook voordoen in de Nederlandse aardappelketen of door import/invoer geïntroduceerd worden in Nederland. In Hoofdstuk 5 worden vervolgens de microbiologische gevaren die meest relevant zijn voor de Nederlandse aardappelketen besproken.

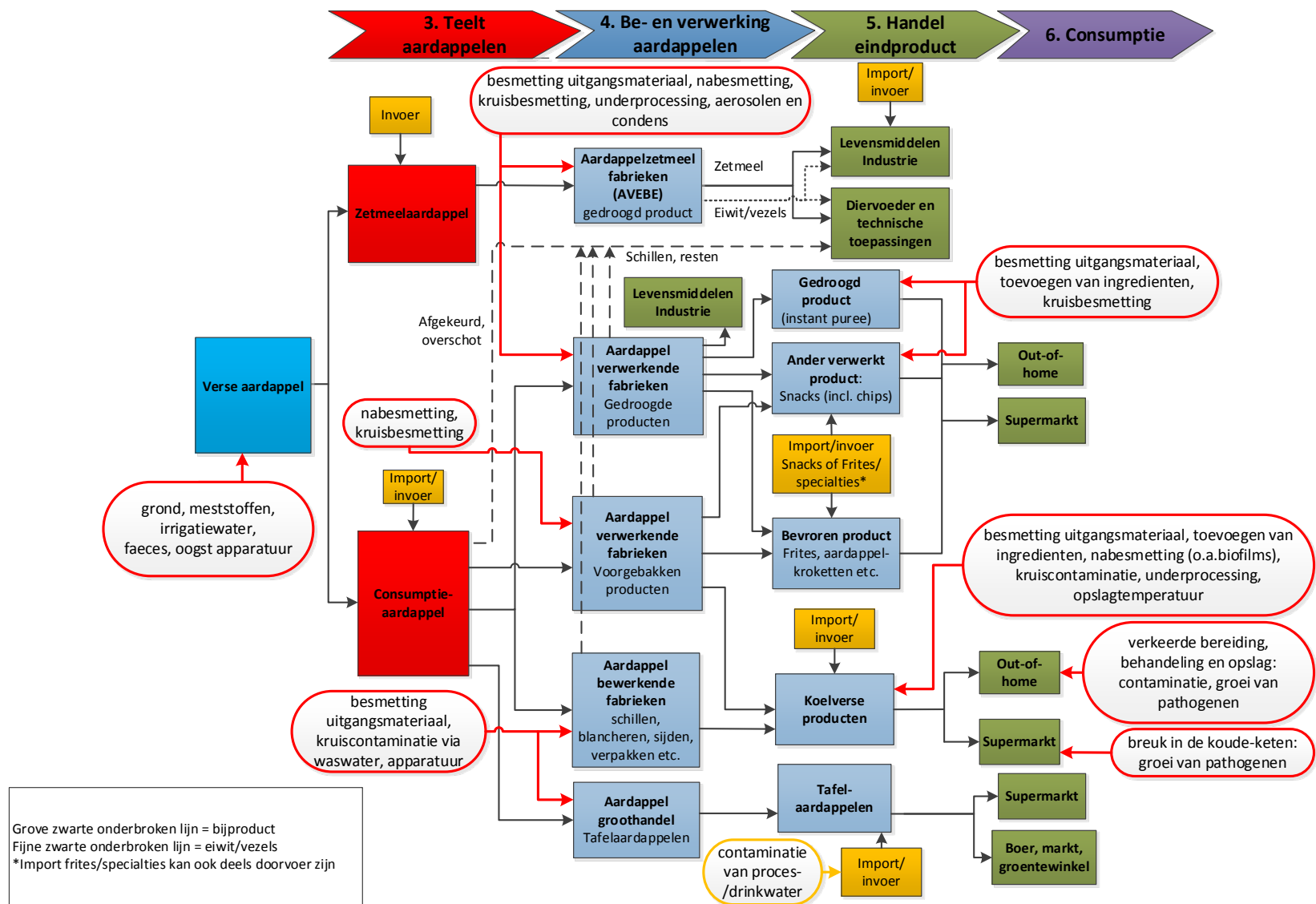
#### 3.1 Microbiologische besmettingen in de aardappelketen wereldwijd

Een verscheidenheid aan aardappelproducten is verkrijgbaar op de Nederlandse markt zoals:

- verse aardappelen,
- koelverse aardappelproducten waaronder geschilde en gesneden, vacuüm verpakte aardappelen en aardappelpuree,
- verwerkte, bevroren aardappelproducten waaronder friet, aardappelpuree en aardappelkroketten,
- verschillende soorten chips,
- aardappelzetmeel en andere gedroogde aardappelproducten,
- Italiaanse gnocchi en
- gesteriliseerde aardappelproducten (deze zijn niet meegenomen in de gevarenanalyse).

De microbiële populatie op aardappel(producten) is divers. Deze is afhankelijk van de omgevingsfactoren waaraan de aardappel(producten) zijn blootgesteld over de gehele keten, vanaf teelt, oogst, opslag, verwerking tot aan distributie. Factoren die de microbiologische populaties op verse en verwerkte aardappelen beïnvloeden zijn samengevat in Figuur 3 (20, 21). Deze omvatten grond, meststoffen, faeces, oogstapparatuur en irrigatiewater gebruikt in de teeltfase; toevoeging van ingrediënten, nabesmetting (o.a. via biofilms), opslagtemperatuur voor de bewerkte aardappelproducten; verkeerde bereiding, behandeling en opslag in de “out-of home” sector.





Figuur 3: Overzicht van potentiële besmettingsbronnen en condities in de aardappelketen die de aanwezigheid van pathogenen op aardappel(producten) beïnvloeden. Gebaseerd op expert opinie (WFBR) en literatuur.

### 3.2 Teelt verse aardappelen

Een groot aantal verschillende humaan pathogene micro-organismen zijn geïsoleerd van verse aardappelen (Tabel 15). Grond, irrigatiewater, klimaat en dierlijke mest die gebruikt wordt als groeibevorderaar zijn mogelijke van invloed op aantal en soorten ziekteverwekkers op de verse aardappelen (22-24).

De toepassing van onbewerkte dierlijke mest als groeibevorderaar is binnen Global G.A.P (Good Agricultural Practice) toegestaan waarbij ook een eerder aangekondigde minimum interval tussen aanwending en oogst van het gewas van drie of zes maanden niet gehanteerd hoeft te worden (<http://www.lto.nl/actueel/Nieuws/10867162/Global-GAP-draait-na-overleg-nieuwe-bemestingsregels-terug>).

#### 3.2.1 Bacteriën

Een aantal soorten pathogenen zijn algemeen voorkomend in de grond. Hieronder vallen *Listeria* en de sporenvormers *Clostridium* en *Bacillus* spp. Bacteriële sporenvormers in de grond vormen het grootste probleem, omdat deze sporen zeer robuust zijn en voor de inactivatie van sporen zijn temperaturen van 100°C of hoger nodig.

*Clostridium botulinum* kan onderverdeeld worden in twee groepen op basis van proteolytische capaciteit en groeitemperatuur. Groep I omvat proteolytische stammen (A, B en F) en groep II omvat niet-proteolytische stammen (E, B en F). Beide groepen zijn bewezen in relatie gebracht met voedselvergiftiging (111, 112, 114). Proteolytische *C. botulinum* stammen zijn mesofiel, hebben een minimum groeitemperatuur van 10-12°C en de gevormde sporen hebben een hoge hitteresistentie (114). *Clostridium botulinum* Type E, een sporenvormer wijdverspreid in de Baltische Zee en aanliggende gebieden inclusief Zweden, werd geïsoleerd uit 68% van de aardappelen die na de oogst opgeslagen waren in verschillende regio's in Zweden tijdens twee verschillende seizoenen (25). *C. botulinum* werd ook geïsoleerd uit de grond en zandmonsters genomen in de omgeving van de teeltakkers en de auteurs concluderen daarom dat dit waarschijnlijk de besmettingsbron was (25).

*B. cereus* is aanwezig in de grond en kan potentieel wortelgewassen besmetten. De sporenvormer *B. cereus* is in verscheidene studies aangetoond op verse aardappelen (Tabel 15) maar ook in gezonde, onbeschadigde aardappelknollen (26), [(27) geciteerd in (28)]. Daarnaast zijn *Bacillus* spp. (geen specificatie op soort niveau vermeld) aangetroffen in de aardappelplanten zelf (29). *Bacillus*-sporen die via deze route in de aardappelketen terecht komen zullen alleen met intensief verhitten geïnactiveerd kunnen worden.

*B. cereus* behoort tot een groep met dezelfde naam (*B. cereus* groep) welke zeven verwante soorten omvat: *Bacillus anthracis*, *B. thuringiensis*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides*, *B. weihenstephanensis*, *B. cytotoxicus* en *B. cereus* (sensu stricto) (30).

Er zijn meerdere studies uitgevoerd naar de mogelijke overdracht van humaan pathogenen via besmette grond naar de verse aardappel. Eén studie (31) onderzocht de overdracht van bacteriën (*Enterobacteriaceae* inclusief *Salmonella* en *Escherichia coli*) van met rioolslib bemeste grond naar aardappelen. Hoewel *Salmonella* en *E. coli* aanwezig waren in deze grond, werden deze bacteriën niet gedetecteerd op de aardappelen direct na de oogst (31). In een andere studie werd *Listeria monocytogenes* geïntroduceerd in grond die verrijkt was met vloeibare mest van melkkoeien. Binnen 10 weken was *L. monocytogenes* niet meer detecteerbaar in de grond en op de aardappels die daaropvolgend geoogst werden uit deze grond (32). Referentie (33) heeft een schatting gemaakt van het gezondheidsrisico voor het gebruik van bewerkt stadsafvalwater voor de irrigatie van aardappelvelden in Italië en Servië. *E. coli*, het micro-organisme dat gebruikt werd als indicator voor fecale besmetting, werd niet of slechts in zeer lage aantallen gedetecteerd op de aardappelen geoogst uit deze grond.

Selma *et al.* (2007) vonden hoge aantallen *Listeria* spp. (5-5.5 log KVE/g) in grondmonsters uit Spanje. Dit gold voor zowel de grondmonsters genomen van een traditioneel bedrijf dat geen gebruik maakt van organische bemesting, als een intensief bedrijf welke niet gecomposteerde pluimveemest gebruikte voor bemesting (34). Op de aardappelen die groeiden op deze velden werd rond 3 log KVE/g *Listeria* spp. gedetecteerd, ongeacht het verschil in bemesting. Dit suggereert dat bemesting niet de enige oorzaak voor aanwezigheid van *Listeria* spp. op de aardappelen is (34).

*E. coli* O157 is een ander pathogeen dat potentieel verse en minimaal bewerkte aardappelen (zoals tafelaardappelen) kan besmetten wanneer het in de grond aanwezig is. *E. coli* O157 wordt meestal geassocieerd met (rund)vee en rundvlees, maar door het gebruik van besmette dierlijke mest als groeibevorderaar van groenten kunnen pathogene *E. coli* ook aanwezig zijn op verse groenten (35). Een voorbeeld hiervan is een grote uitbraak in 2007 veroorzaakt door vers gesneden sla geproduceerd in Nederland waarbij 41 personen betrokken waren (36). Daarnaast zijn er twee uitbraken beschreven, beiden in het Verenigd Koninkrijk, waarbij personen ziek werden door de behandeling van verse aardappelen besmet met Shiga-toxine producerende *E. coli* (STEC; zie sectie 4.1 en Tabel 18 voor meer details).

### 3.2.2 Parasieten en virussen

Er zijn geen rapporten gevonden waarbij humaan-pathogene parasieten en virussen direct in relatie gebracht werden met verse aardappelen. Er zijn enkele uitbraken beschreven voor norovirussen in aardappelproducten (zie sectie 4.1), echter hier ligt de oorzaak vermoedelijk in onhygiënische condities tijdens bereiding.

Enkele publicaties rapporteren een potentieel risico voor mensen (of vee) met betrekking tot parasieten uit aardappelen die waarschijnlijk besmet waren met fecaal humaan afval. Veldexperimenten in Marokko toonden aan dat aardappelen besmet kunnen raken met *Giardia* cysten en *Ascaris* eitjes wanneer onbehandeld rioolwater wordt gebruikt voor irrigatie (37). Andere studies rapporteren een epidemiologisch verband tussen het voeren van (rund)vee met aardappel bijproducten en de aanwezigheid van parasitaire lintworm *Taenia saginata* in het vee [in Noordwest Amerika, 1983-1984 (38-40)]. Vee is in dit scenario een intermediaire gastheer en overdracht van deze humaan pathogene parasiet door consumptie van besmet vlees zou ziekte bij de mens kunnen veroorzaken.

Tabel 15: Humaan pathogenen geïsoleerd van verse aardappelen en tafelaardappelen. Bron: (21) en bewerkt door Wageningen Food & Biobased Research.

Pathogeen	Referentie
Sporenvormers uit de <i>B. cereus</i> groep (inclusief <i>B. cytotoxicus</i> )	(26, 28, 41, 42)
<i>C. botulinum</i> type E	(25)
<i>C. botulinum</i> type A	(43) geciteerd in (21)
STEC O157:H7	(44-46)
<i>L. monocytogenes</i>	(34, 47-49)

### 3.3 Bewerking en verwerking van aardappelen

Be- en verwerkingsprocessen zoals wassen, schillen en verhitten kunnen het aantal micro-organismen aanwezig op de onbewerkte aardappelen reduceren of zelfs helemaal inactiveren. Tegelijkertijd kunnen handelingen tijdens en na deze verwerking ook leiden tot kruisbesmetting van besmette naar onbesmette producten (50) of er kan nabesmetting (vanuit de omgeving: apparatuur; personen) optreden.

De bewerking en verwerking van verse aardappelen kan bestaan uit wassen, schillen, snijden en verpakken.

Ongeveer 80% van de aardappelproducten voor consumptie bestaat uit voorgebakken producten (o.a. frites, blokjes, schijfjes) die vervolgens bevroren of als koelvers product op de markt gebracht worden (Duurzaamheidsrapport aardappelverwerkende industrie 2014). Daarnaast worden gedroogde producten (zetmeel, granulaat, vlokken), snacks (chips, sticks) en specialiteiten, zoals rösti en aardappelkroketten, geproduceerd voor consumptie. Gedroogde producten zijn halffabricaten die als grondstof dienen voor de voedings- en genotmiddelenindustrie bijvoorbeeld als verdikkingsmiddel (zetmeel) of voor de productie van aardappelpuree, -kroketten en -snacks. Aardappelen worden ook ingeblikt (sterilisatie) maar dit is een kleine productstroom (51) en zeker in Nederland geen gebruikelijk product en is daarom niet meegenomen in dit overzicht.

Soms wordt een middel tegen bruinkleuring toegevoegd, zoals sulfiet, ascorbinezuur of citroenzuur (52). Vooral sulfieten zijn effectief tegen bruinkleuring en hebben ook een antimicrobiële werking (53). Echter, sulfieten worden steeds vaker vervangen door alternatieven vanwege de nadelige effecten hiervan voor mensen met astma (53). Het gebruik van sulfieten op verse aardappelen en ander vers fruit en groente is aan banden gelegd in de VS in 1986 (52). Echter, als gevolg van een rechtszaak aangespannen door de verse aardappelindustrie in de VS is een uitzondering gemaakt voor toepassing op aardappelen. (54). In Europa is het gebruik van sulfiet toegestaan voor aardappelproducten, maar er moet op de verpakking vermeld worden indien concentraties hoger dan 10 mg/ml worden toegevoegd (EU Verordening 1333/2008) (55). De EFSA heeft de veiligheid van het gebruik van sulfieten recentelijk opnieuw geëvalueerd en concludeert dat het consumeren van de huidige niveaus als veilig beschouwd kan worden (56) met als kanttekening dat deze conclusie opnieuw geëvalueerd zal worden zodra nieuwe resultaten beschikbaar zijn (56). De vervangers van sulfiet (ascorbinezuur, citroenzuur en een aantal zouten daarvan) zijn in de EU toegestaan op geschilde aardappelen (55).

### 3.3.1 Tafelaardappelen

De meeste microbiologische besmettingen op tafelaardappelen kunnen uiteindelijk herleid worden tot bronnen die toegepast worden voor de oogst (bijvoorbeeld irrigatiewater, bemesting, et cetera). Hierdoor is er een overlap in microbiologische gevaren voor de aardappelen direct na oogst (de verse aardappelen) en de tafelaardappelen die alleen een minimale bewerking ondergaan (zoals alleen wassen en verpakken). De gevaren beschreven in sectie 3.2 zijn daarom ook relevant voor tafelaardappelen en *vice versa*.

Er zijn diverse publicaties in de literatuur te vinden over aanwezigheid van sporenvormers op tafelaardappelen. Sporenvormers behorend tot het *Bacillus* geslacht waaronder ook de pathogeen *B. cereus* werden aangetoond op alle verse aardappelen verkregen bij retail locaties in Argentinië (41). Op 80% van de onderzochte tafelaardappelen werd *B. cereus* aangetroffen. *B. cytotoxicus*, een ander pathogeen lid van de *B. cereus* groep was aanwezig in 1 van de in totaal 10 monsters van tafelaardappelen afkomstig uit de retail sector in Duitsland (42).

*Clostridium butyricum* is een sporenvormende, pectine-afbrekende bacterie die aardappelrot kan veroorzaken (57) en van nature voorkomt op de aardappelschil, maar ook in het weefsel (57, 58). Bij uitzondering kunnen een aantal stammen botuline toxine type E produceren en er zijn een aantal ziektegevallen gerapporteerd veroorzaakt door *C. butyricum* waaronder ook een voedselgerelateerde uitbraak die veroorzaakt was door chips gemaakt van kikkererwtenmeel (58). Echter, geen van de 93 isolaten afkomstig van diverse levensmiddelen en verse groente, waaronder ook aardappelen van lokale boerenmarkten in het Verenigd Koninkrijk (VK), kon toxine produceren (58). *C. butyricum* is daarom niet opgenomen in Tabel 15 waarin een overzicht wordt gegeven van humaan pathogenen die van verse aardappelen zijn geïsoleerd.

Er is in de literatuur geen informatie gevonden over aanwezigheid van *C. botulinum* op tafelaardappelen, echter gezien het voorkomen van deze sporenvormer in de grond en ook de aanwezigheid op verse aardappelen (sectie 3.2) kunnen sporen van deze pathogeen aanwezig zijn op tafelaardappelen.

*Listeria* spp., inclusief *L. monocytogenes*, zijn alom aanwezig in de grond en worden ook geassocieerd met afbrekend plantmateriaal en dierlijke faeces (59, 60).

### 3.3.2 Gedroogde aardappelproducten en aardappelzetmeel

Onder deze categorie vallen gedroogde producten die als ingrediënt voor andere levensmiddelen, halffabricaat of als eindproduct (instant puree) toegepast worden, zowel voor gebruik door andere levensmiddelenverwerkers, voor de out-of-home en/of de retail markt. Het wordt gemaakt uit consumptieaardappelen of aardappelsnippers die ontstaan bij het snijden van aardappelen in de verwerkende fabrieken en die tot vlokken worden gedroogd.

Aardappelzetmeel vormt een aparte productstroom die gemaakt wordt uit zetmeelaardappelen. Aardappelzetmeel wordt gebruikt als verdikkingsmiddel in een breed scala aan producten (o.a. soepen en sauzen) en als ingrediënt voor verwerkte producten, zoals aardappelkroketten en snacks.

De procescondities tijdens de verwerking tot gedroogde aardappelproducten hebben een groot effect op de aanwezige micro-organismen (61). Om aardappelpoeder te produceren, worden gewassen, geschilde en gesneden aardappelen eerst geblancheerd (typisch 3 minuten bij 100°C), vervolgens gemengd en dan gedroogd. Dit drogen kan gedaan worden door een dunne laag aardappelmengsel door een oppervlakte- of trommeldroger te laten gaan. De droger wordt verhit door stoom die van onderen komt (16). Micro-organismen die resistent zijn tegen hitte en uitdroging, zoals sporenvormende *Bacillus* en *Clostridium* soorten, kunnen het dehydratieproces overleven en daarom zijn dit typische microbiologische gevaren voor gedroogde aardappelproducten (

Tabel 16). De aanwezigheid van hitte gevoelige micro-organismen zoals coliformen en *Staphylococcus aureus* op het gedroogde product komt waarschijnlijk door besmetting na het drogingsproces.

Het watergehalte van aardappelvlokken ligt typisch tussen 5 en 8%, hetgeen overeenkomt met een wateractiviteit van 0,3, welke geen groei van micro-organismen toelaat (62, 63). Overleving is echter wel mogelijk waardoor deze gedroogde producten nog steeds een microbiologisch risico kunnen vormen (64). Onder droge, gedehydrateerde omstandigheden zijn bacteriën metabool gezien niet tot zeer gering actief. Hierdoor groeien ze niet, maar sommige vegetatieve bacteriën en/of sporen kunnen wel enkele maanden tot jaren overleven in de producten onder deze condities. Voor een aantal pathogenen, zoals *E. coli* O157:H7 en *Salmonella*, geldt dat slechts enkele overlevende cellen al ziekte kunnen veroorzaken en daarmee een gezondheidsrisico opleveren. *S. aureus* is een ander micro-organisme dat goed is aangepast aan droge omstandigheden en nog kan groeien bij een  $a_w$  van 0,83 (65). Uit 4 van de 15 monsters genomen uit de procesomgeving van een aardappelmeelfabriek kon *Cronobacter* spp. (voorheen bekend als *Enterobacter sakazakii*.) worden geïsoleerd. Dit is een gevaar wanneer het besmette aardappelmeel gebruikt wordt voor producten die bedoeld zijn voor kwetsbare consumenten, zoals zuigelingen (via flesvoeding) (66).

Wanneer de gedroogde producten gehydrateerd worden, kunnen de aanwezige micro-organismen weer gaan groeien, vooral als dit gebeurt bij kamertemperatuur. Bijvoorbeeld *B. cereus* kan in gehydrateerde aardappelpuree binnen enkele uren uitgroeien tot aantallen die een gevaar vormen voor de gezondheid (groter dan 4-5 log KVE/g) wanneer de temperatuur tussen de 10 en 60°C ligt (63, 67). Dat dit een realistisch gevaar is, bevestigt een uitbraak veroorzaakt door een ‘Tafeltje-dek-je’ lunch bestaande uit aardappelpuree die tijdens de rit warm werd gehouden (68).

*B. cereus* kon worden geïsoleerd uit gedehydrateerde aardappelproducten in Argentinië (10% van de onderzochte producten) en de VS (40%) [beschreven in (63)]. Een recenter onderzoek toont aan dat 88% van de gedehydrateerde aardappelmonsters (poeders, vlokken en granules) genomen uit de retail sector in Duitsland de thermotolerante sporenvormer *B. cytotoxicus* bevatte (42). In dezelfde studie werden ook andere aardappelproducten getest waarbij *B. cytotoxicus* relatief vaker werd aangetroffen op gedroogde producten of producten gemaakt van gerehydrateerde aardappelproducten in vergelijking met producten die gemaakt werden van de verse aardappel (42). Dit geeft aan dat *B. cytotoxicus* een microbiologisch gevaar kan zijn voor dit type product.

In de VS is een groot microbiologisch onderzoek uitgevoerd met aardappelproducten, waaronder meer dan 1.500 gedroogde aardappelpuree monsters. De meeste monsters (97,6-100 %) van deze gedroogde aardappelpuree bevatten minder dan 10 KVE/g *E. coli*, coliformen en *S. aureus* (69). Er is in de wetenschappelijke literatuur of andere gebruikte bronnen geen informatie over aanwezigheid van *Salmonella* op gedroogde aardappelproducten gevonden.

Tabel 16: Humaan pathogenen of hygiëne indicator organismen geïsoleerd uit verwerkte, gedroogde aardappelproducten. Bron: (21) bewerkt door Wageningen Food & Biobased Research.

Aardappelproduct	Micro-organisme	Referentie
Gedroogde aardappel	<i>B. cereus</i>	(70)
Gedehydrateerde aardappel mix	<i>B. cereus</i>	(68)
Gedehydrateerde vlokken	<i>B. cereus</i>	(63, 67)
Gedehydrateerd poeder	<i>B. cytotoxicus</i>	(42)
Gedroogde puree	Coliformen, <i>S. aureus</i>	(69)
Gedroogde geraspte en gebakken aardappelen	Coliformen, <i>S. aureus</i>	(69)
Gedroogde korrels, gesneden, in dobbelsteentjes en vlokken	Coliformen, <i>E. coli</i> , Coagulase-positieve staphylococci	(71)

Er is geen specifieke informatie gevonden over de microbiologische gevaren in aardappelzetmeel. Omdat zetmeel een gedehydrateerd product is, kunnen dezelfde microbiologische gevaren relevant zijn als benoemd voor andere gedehydrateerde producten.

### 3.3.3 Koelverse aardappelen en aardappelproducten

Onder koelverse aardappelproducten wordt verstaan: aardappelen die ontdaan zijn van de schil en afhankelijk van het type product een aantal bewerkingen hebben ondergaan waardoor de consument het product thuis alleen nog hoeft te garen (ready-to-cook) of op te warmen (ready-to-eat). Dit type aardappelproducten heeft een milde verhitting ondergaan die alleen vegetatieve micro-organismen afdoodt. Eventueel aanwezige sporenvormers overleven deze verhitting. Bovendien kan er na koken/frituren nog nabesmetting optreden. Deze producten moeten daarom gekoeld bewaard worden tot consumptie.

In grote lijnen doorlopen deze producten onderstaande stappen (72, 73) (Figuur 4 en Figuur 5):

- Sorteren op grootte en verwijderen van grond
- Voorbewerkingen: wassen, schillen, wassen
- Snijden
- Hittebehandeling: blancheren (o.a. krieltjes, friet) of koken (koelverse aardappelpuree)
- Koelen
- Drogen

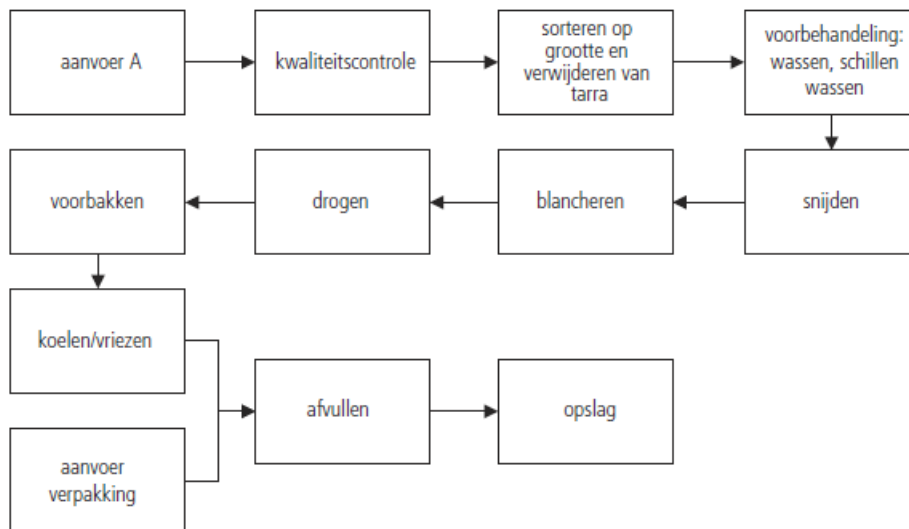


- Voorbakken (voor gekoelde gefrituurde producten, zie ook 2.4.2.1)
- Verpakken
- Eventueel napasteurisatie in de verpakking (74)
- Opslag bij 2-7°C

Schillen gebeurt op basis van een stoomschilproces (72). Hierbij wordt stoom onder hoge druk (1500-2000 kPa) toegevoegd aan de aardappelen. Door de druk en de temperatuur zal de buitenste laag van de aardappel binnen 15-30 seconden gekookt zijn. Door aflatens van de druk komt de schil los van de aardappel (72). Blancheren gebeurt door de aardappel kort te dompelen in water van 85-100°C of door middel van stoom (73).

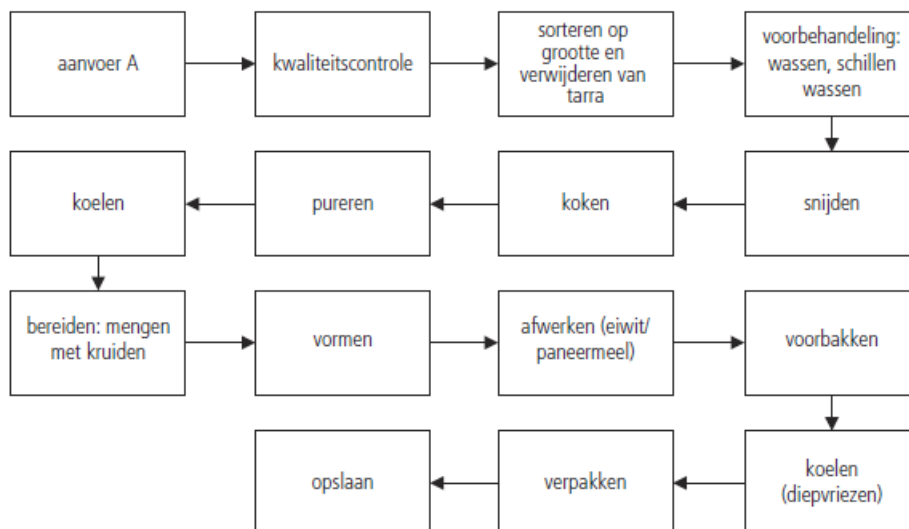
Afhankelijk van het type aardappelproduct worden deze verpakt onder atmosferische condities of onder aangepaste atmosfeer [“modified atmosphere packaging” (MAP)] of vacuüm en ondergaan een napasteurisatie in de verpakking, met name als een relatief lange houdbaarheidstermijn gewenst is (tot 3 maanden). Dit proces wordt uitgevoerd in stoomkasten of in een autoclaaf bij kerntemperaturen van 80-85°C (74).

*Friten (gekoeld/diepvries)*



**Figuur 4: Globaal overzicht van de processtappen van koelverse en diepvries frites. Bron: (72).**

#### Aardappelproducten (puree producten)



Figuur 5: Globaal overzicht van de processtappen voor aardappelpuree. Bron: (72).

#### 3.3.3.1 Koelverse, gestoomschilde aardappelen

De aanwezigheid van pathogenen is onderzocht op aardappelproducten die een handmatig schillen snijproces ondergaan hadden in een laboratorium setting in Argentinië (75).

Micro-organismen geïsoleerd uit deze onverhitte, geschilde aardappelen omvatten *B. cereus*, *S. aureus*, pathogene soorten behorend tot de *Enterobacteriaceae* (75). Dit geeft aan dat *B. cereus* aanwezig op de verse aardappel ook overgedragen kan worden op geschilde aardappelen. Voor *S. aureus*, die ook werd aangetroffen (75), is het aannemelijker dat deze door fysiek contact en onvoldoende hygiëne op de aardappel terecht is gekomen, omdat dit geen pathogeen is die op verse aardappelen wordt aangetroffen (zie 2.3). In de praktijk zal een geschilde aardappel nog een verhittingsstap ondergaan om te garen en zullen deze pathogenen niet overleven.

Een tweede studie in een pilot plant in de VS (76) rapporteert aanwezigheid van *Vibrio fluvialis*. De aanwezigheid van *Vibrio* spp. is opmerkelijk omdat deze bacteriën voorkomen in zeewater en een typische besmetting zijn voor vis en schelpdieren, de aanwezigheid van *Vibrio* spp. is een mogelijke indicatie voor besmetting van het proces- of irrigatiewater. In sommige delen van Europa worden aardappelen traditioneel in zeewater gekookt, hierbij zou kruisbesmetting op kunnen treden. Voor aardappelen geteeld in Nederland is deze besmetting niet aannemelijk, want *Vibrio*' spp. komen voor in zeewater met een temperatuur van 15°C of hoger en komen in Nederland nagenoeg niet voor (informatie website RIVM en Voedingscentrum, laatst bezocht op 5 juli 2017) en is vooral een import organisme.

Industriële schilprocessen maken gebruik van stoom waardoor bij de gebruikte tijd/temperatuur condities de vegetatieve pathogenen geïnactiveerd zullen worden en alleen sporenvormers een gevaar vormen voor de industrieel bereide koelverse aardappelen. De inactivatie of beheersing van de sporenvormers op de geschildte producten hangt af van de verdere verwerking door de consument (koken) of in de out-of-home kanalen.

### 3.3.3.2 Gekookte en/of voorgebakken koelverse aardappelproducten

Tegenwoordig neemt de vraag naar kant-en-klare producten nog steeds toe. Convenience producten, zoals gekoelde verwerkte producten met verlengde houdbaarheid [in het Engels: “refrigerated processed foods of extended durability (REFPEDs)” genaamd] worden steeds populairder. Deze producten ondergaan een milde verhittingsstap, zoals een pasteurisatiestap, om de sensorische kwaliteit en nutriënten te behouden. De veiligheid van zulke producten hangt vaak af van koude opslag in combinatie met andere ‘hordes’, zoals verpakt onder MAP condities en/of toevoeging van conserveringsmiddelen. Producten die binnen deze categorie vallen omvatten aardappelpuree, gekookte (vacuüm)verpakte krieltjes, voorgekookte aardappelschijfjes en voorgebakken friet uit het koelvak van de supermarkt en ook aardappelgnocci, deze laatste zijn ook wel te vinden als gesteriliseerd product buiten de koeling.

Voor deze productcategorie geldt dat sporenvormers de verhittingsstap zullen overleven en het belangrijkste microbiologisch gevaar vormen.

Van Gerwen *et al.* (1997) beschrijft een systematische gevarenanalyse van vacuüm verpakte, gekookte, gekoelde aardappelen (88). Een gedetailleerde gevarenanalyse, waarbij expliciet naar de gevaren gerelateerd aan de ingrediënten (in dit geval aardappelen en water) werd gekeken, resulteerde in een lijst van 25 micro-organismen (Tabel 24 in Bijlage 1). Voor vacuüm verpakte, gekookte aardappelen zijn *B. cereus*, *C. botulinum* type E, en *C. botulinum* type F de belangrijkste gevaren volgens deze analyse. Deze drie pathogenen kunnen aanwezig zijn, overleven en groeien tijdens de productie in een gekookt of voorgebakken koelvers aardappelproduct. Nabesmetting (na koken van de aardappelen) door onvoldoende hygiëne in het proces en/of persoonlijke hygiëne is in deze analyse niet meegenomen als route. Dit zou van toepassing zijn wanneer een napasteurisatie in de verpakking uitgevoerd wordt waardoor eventuele nabesmetting geëlimineerd wordt.

Naast aanwezigheid in de grondstoffen kan *B. cereus* ook in biofilms aanwezig zijn op oppervlakken in voedselproductie omgevingen (119) en leiden tot besmetting na verwerking. In een studie die aardappelpuree onderzocht bevatte een aantal batches vacuüm verpakte aardappelpuree tot 4-5 Log KVE/g *B. cereus* aan het einde van de houdbaarheidstermijn terwijl *B. cereus* niet aantoonbaar was in de grondstoffen (100). Deze batches waren visueel niet afwijkend en toonden geen sporen van bederf. Nadat de productielijn een reiniging en desinfectie had ondergaan was de aardappelpuree niet meer hoog-besmet hetgeen suggereert dat de *B. cereus* besmetting afkomstig was uit de procesomgeving van de aardappelpuree (100).

Uit modelvoorspellingen bleken Gnocchi-achtige aardappelproducten geen risico-product te zijn voor neurotoxine productie door niet-proteolytische *C. botulinum* wanneer gekoeld bewaard (77). De thermische processtap en twee conserveringshordes (lage bewaartemperatuur en de aanwezigheid van sorbinezuur) bleken een veilig product op te leveren (77). Een challenge test, uitgevoerd in een ander onderzoek liet zien dat het toxine niet aangetoond kon worden wanneer het product goed gekoeld werd (8°C of 12°C) of wanneer sorbinezuur was toegevoegd (78). Toevoeging van 0.09% sorbinezuur bleek toxinevorming te voorkomen wanneer bewaard bij 20 °C. Echter, wanneer het product bij 20°C bewaard werd zonder sorbinezuur werd toxine gevormd in de gnocchi (78).

Andere challenge testen toonden aan dat gekookte aardappelen [inclusief producten die in de verpakking verhit waren (95°C/40 min)] in vacuüm of folie verpakt, een hoog risico vormen wanneer deze bewaard worden bij temperaturen  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ . Bij een temperatuur van  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  konden sporen van zowel proteolytische als niet-proteolytische *C. botulinum* die geïnoculeerd waren in het product de verhittingsstap overleven en vervolgens ontkiemen, uitgroeien en toxine produceren (79-82). Vanwege zijn anaerobe groei wordt *C. botulinum* beschouwd als een belangrijk gevaar voor kant-en-klare, vacuüm-verpakte producten. Wanneer deze producten bij kamertemperatuur bewaard worden, kunnen *Clostridium*-sporen ontkiemen en uitgroeien en de vegetatieve cellen kunnen mogelijk toxinen produceren.

Boter, melk(poeder), room, en water worden vaak toegediend als ingrediënten in bepaalde verwerkte aardappelproducten, zoals aardappelpuree. De voornaamste microbiologische gevaren gerapporteerd voor boter omvatten *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, en *S. aureus* (83). Room is geassocieerd met uitbraken veroorzaakt door *Salmonella* en *S. aureus*. Hierbij moet vermeld worden dat in de meeste gevallen de uitbraken gelinkt werden aan desserts of maaltijden die bereid waren met room. Dit geeft aan dat de besmetting plaatsvond tijdens de bereiding en niet via de room geïntroduceerd hoeven zijn (84).

Gepasteuriseerde of lang-houdbare melk wordt vaak gebruikt in levensmiddelen. Lang-houdbare melk, wanneer deze goed verwerkt is, levert geen microbiologisch gevaar op (84).

Een aantal pathogenen, waaronder bacteriën, zoals *Campylobacter jejuni*, *E. coli* O157, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, virussen en parasieten, kunnen mogelijk via water in het product komen (85). Echter, gezien het feit dat zeer zeldzaam uitbraken of ziekte wordt veroorzaakt door consumptie van Nederlands drinkwater (86) is dit een zeer gering gevaar. Bakolie dat gebruikt wordt om aardappelproducten te bakken heeft een zeer laag watergehalte (<0.5%) waardoor er geen micro-organismen in kunnen groeien (87).

#### 3.3.4 *Voorgebakken, bevroren aardappelproducten*

Diverse aardappelproducten worden bewerkt en bevroren aangeleverd aan retail en out-of-home kanalen. Hieronder vallen bijvoorbeeld friet, aardappelkroketten, aardappelpuree (“pommes duchesse”) en rösti. Deze worden soms bevroren geleverd (zie bijvoorbeeld de website van Aviko: [www.aviko.nl](http://www.aviko.nl)) en ondergaan tijdens verwerking een verhittingsstap als garing en om enzymatisch bederf te voorkomen en zijn voorgebakken. Verder kunnen nog ingrediënten zoals melk, boter, room en water toegevoegd zijn voor specifieke aardappelproducten.

Voor de productie van voorgebakken friet worden rauwe aardappelrepen geblancheerd in heet water, gedroogd met warme lucht en vervolgens gebakken in olie bij 170-190°C (89). Tijdens dit proces worden alle micro-organismen op het product geïnactiveerd. Echter, nabesmetting kan nog wel plaatsvinden wanneer het product verder verwerkt, opgeslagen en/of geserveerd wordt onder onhygiënische omstandigheden. Een inventarisatie van 101 uitbraken in de VS welke gerelateerd worden met aardappelproducten, laat zien dat 5 hiervan in de categorie gebakken aardappelproducten vallen (zie sectie 4.1 over uitbraken voor meer informatie).

Er zijn weinig gegevens te vinden over microbiële besmetting van diepgevroren aardappelproducten die op de markt zijn. Pathogene micro-organismen die geïsoleerd zijn uit bevroren aardappelproducten zoals friet en aardappelkroketten zijn *S. aureus* (69, 71, 90) en *Vibrio* spp. (90). Een kanttekening die hierbij gemaakt moet worden is dat twee van de drie bronnen dateren uit de jaren '60 (71) en '80 (69) in de VS en dat de geïsoleerde micro-organismen volgens de onderzoekers gerelateerd konden worden aan slechte hygiënische omstandigheden op de productielocaties (71). De derde studie was uitgevoerd in Botswana (90). Deze data zijn niet representatief voor bevroren aardappelproducten die nu op de Nederlandse markt zijn. Gegevens over de aanwezigheid van *L. monocytogenes* op aardappelproducten, indicatief voor onvoldoende hygiëne tijdens het proces, ontbreken. De aanwezigheid van *L. monocytogenes* kan niet uitgesloten worden, maar eventuele aanwezigheid veroorzaakt geen ziektegevallen omdat de producten voor consumptie verhit worden.

#### 3.3.5 *Overige producten*

In deze productcategorie vallen aardappelproducten die als tussendoortje gegeten worden zoals chips in smaken naturel of met verschillende soorten kruiden als toevoeging. *B. cytotoxicus*, een thermotolerante soort binnen de *B. cereus* groep, werd geïsoleerd van aardappelchips/crisps (15% prevalentie in 13 retail monsters) in Duitsland (42). Alle positieve monsters waren zogenaamde gevormde chips, waarschijnlijk gemaakt van gedroogd aardappelproducten. Uit dezelfde studie bleek een hoge prevalentie van *B. cytotoxicus* op gedehydrateerde aardappelproducten uit de retail. Alle chipsmonsters (7 monsters totaal) gemaakt van gesneden aardappel waren negatief (42). Er werd in deze studie niet aangegeven of de chips ook toevoegingen zoals kruiden bevatte; kruiden kunnen een besmetting introduceren, zoals in het geval van een grote *Salmonella* -uitbraak veroorzaakt door de paprika op aardappelchips in Duitsland (zie verder secties 3.3.2 en 4.1).

### 3.4 Handel eindproduct

De meeste microbiologische gevaren in aardappel(producten) zijn geïntroduceerd voordat de producten in de retail sector komen. Omdat bijna alle producten verpakt aangeleverd worden is de kans op introductie van nieuwe besmettingen zeer gering. Pathogene sporenvormers als belangrijke microbiologische besmetting zullen bij opslag van tafelaardappelen goed overleven, mogelijk dat vegetatieve pathogenen iets in aantal afnemen tijdens bewaren en/of opslag. Voor gedehydrateerde aardappelproducten vormen sporenvormers het belangrijkste gevaar. Deze zullen eenmaal aanwezig in het product ook goed overleven tijdens opslag. Voor koelverse en bevroren producten is het belangrijk dat de temperatuur goed beheerst wordt om daarmee de uitgroei van pathogenen, met name *B. cereus* en *C. botulinum* onder controle te houden.

### 3.5 Retail en out-of-home

De verwerking, bereiding en opslag van voedsel voordat het geconsumeerd wordt zijn kritieke stappen ten aanzien van mogelijke introductie en uitgroei tot gevaarlijke niveaus van pathogene micro-organismen. Deze handelingen moeten onder hygiënische omstandigheden uitgevoerd worden, waarbij contact van het voedsel met de mens zo veel mogelijk vermeden moet worden. Idealiter wordt het bereide voedsel direct geserveerd en geconsumeerd of onder geschikte condities opgeslagen (gekoeld) om de uitgroei van micro-organismen zo veel mogelijk te beperken.

Voor 68% van de aardappel gerelateerde uitbraken (315 in totaal) in de VS was het voedsel bereid in een restaurant of door een catering service (tussen 1998-2015) (92). Een verklaring kan zijn dat bij uitbraken in restaurants het aannemelijker is dat een groot aantal personen geïnfecteerd raakt, in vergelijking met bijvoorbeeld thuis bereid voedsel of voedsel verkregen via andere commerciële kanalen, en hierdoor eerder gerapporteerd wordt aan de autoriteiten.

*C. botulinum* Type A was de veroorzaker van twee uitbraken die geassocieerd werden met aardappelsalade die gemaakt was met in aluminiumfolie gewikkelde, gebakken aardappelen (“jacket potato”) die enkele dagen bij kamertemperatuur bewaard waren (43) (zie ook sectie 4.1). Verder onderzoek toonde aan dat het toxine inderdaad binnen 3 tot 7 dagen gevormd werd op gebakken aardappelen gewikkeld in aluminiumfolie die beënt waren met sporen van *C. botulinum* Type A en bewaard bij kamertemperatuur (43).

Er zijn verschillende uitbraken gerapporteerd van aardappelproducten in relatie tot voedsel dat bereid werd in commerciële instellingen. De pathogene micro-organismen die hierbij betrokken waren, zijn *C. botulinum* type A, *Salmonella*, *B. cereus* en *S. aureus* (zie Tabel 18 en sectie 4.1). Epidemiologisch onderzoek toont aan dat norovirus betrokken was bij voedselgerelateerde uitbraken waaronder ook aardappelproducten (18, 92). Volgens de meest recente rapporten was norovirus in 2014 de grootste veroorzaker van voedselgerelateerde uitbraken in Nederland (93) en de VS (94). Bovendien veroorzaakte norovirus het hoogste aantal aardappelgerelateerde uitbraken (24 van de 101) in de VS (Tabel 19). Norovirus wordt over het algemeen geassocieerd

met besmetting via contact tussen mensen (bijvoorbeeld door handcontact), mens-voedseltransmissie of via producten met schelpdieren (93, 95). Het virus kan via kruisbesmetting met andere besmette producten geïntroduceerd worden op het aardappelproduct of via een geïnfecteerd persoon die in contact komt met het voedsel. Deze twee mogelijkheden worden gezien als de twee meest voorkomende oorzaken van uitbraken met norovirus (95). Norovirus is geen gevaar specifiek voor aardappelen en aardappelproducten en is daarom ook niet meegenomen als gevaar in de aardappelketen. Tabel 17 geeft een totaaloverzicht (longlist) van pathogene micro-organismen die van aardappelproducten geïsoleerd zijn of geassocieerd zijn met voedseluitbraken veroorzaakt door consumptie van een aardappelproduct.

Tabel 17: Voedselgerelateerde pathogenen die uit aardappel(producten) geïsoleerd zijn of geassocieerd zijn met voedselgerelateerde uitbraken door aardappel(producten). Deze longlist beschrijft alle aardappelproducten inclusief de bewerkte producten, maar exclusief samengestelde producten die aardappel bevatten.

Pathogeen micro-organisme	Geassocieerd met uitbraak door een aardappelproduct	Geïsoleerd van aardappelproducten*	Referentie
<b>Sporenvormende bacteriën</b>			
<i>B. cereus</i> (groep, inclusief <i>B. cytotoxicus</i> en <i>B. mycoides</i> )	ja	ja	(26, 28, 41, 42, 67, 68, 70, 74, 75, 96-100)
<i>B. licheniformis</i> ****	nee	ja	(28, 41)
<i>C. botulinum</i> types A, E	ja	ja	(25, 101-104) (105)
<i>C. perfringens</i>	ja	nee	(106)
<b>Andere bacteriën</b>			
<i>S. aureus</i>	ja	ja	(69, 75, 90, 107)
<i>L. monocytogenes</i>	nee	ja	(34, 47, 48)
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	ja	nee	(44-46)
<i>Salmonella</i>	ja	ja**	(18, 108-110)
<i>Shigella</i>	ja	nee	(92)
<i>V. fluvialis</i>	nee	ja	(76)
<i>Enterobacter cloacae</i>	nee	ja	(75)
<i>Hafnia alvei</i> *****	nee	ja	(75)
<i>Klebsiella oxytoca</i>	nee	ja	(75)
<i>Campylobacter</i>	ja	nee	(92)
<b>Virussen</b>			
norovirus	ja	nee***	(18)

\* Gerapporteerd in de literatuur of in een recall betreffende een aardappelproduct.

\*\*recalls van chips in VS plus uitbraak Duitsland

\*\*\*norovirus is niet specifiek voor aardappel maar meestal een besmetting van mens op voedsel

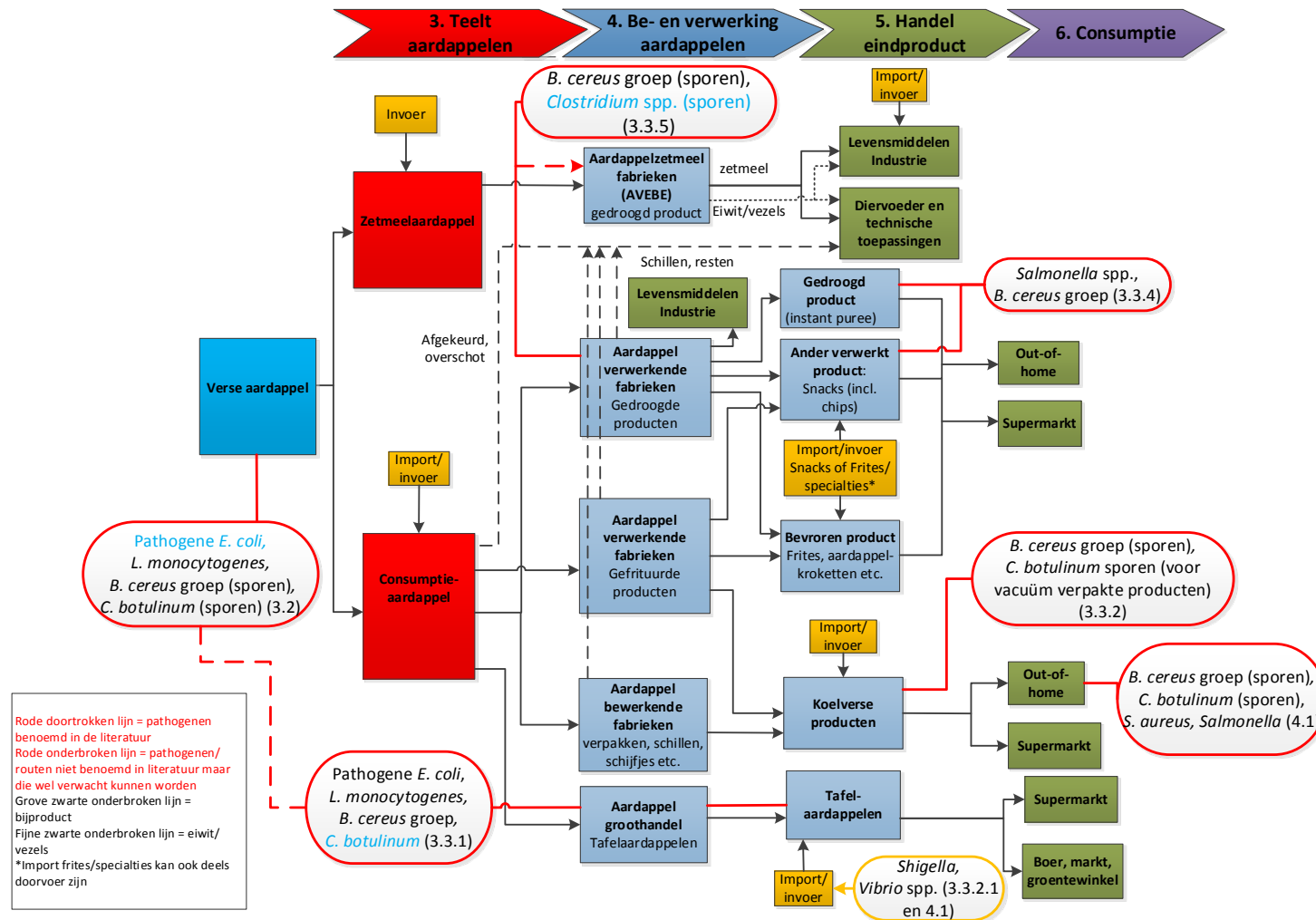
\*\*\*\**Bacillus licheniformis* is sporadisch opportunistisch pathogeen

\*\*\*\*\**Hafnia alvei* wordt beschouwd als opportunistisch pathogeen; geïsoleerd uit diverse klinische monsters en mogelijke rol als veroorzaker van gastro-enteritis in de mens staat nog ter discussie (111, 112).



### 3.6 Samenvatting microbiologische gevaren in aardappelproducten (intermediaire lijst)

Figuur 6 geeft een overzicht van microbiologische gevaren in de aardappelketen die gerapporteerd zijn in de literatuur en plaatsen in de keten waar deze gevaren zich kunnen voordoen. Dit schema geeft een intermediaire lijst van microbiologische gevaren in de aardappelketen. In deze lijst zijn een aantal pathogenen uit Tabel 17 die gerelateerd kunnen worden aan slechte hygiëne op de productielocatie, door manuele handeling of kruiscontaminatie, zoals verschillende *Enterobacteriaceae*, norovirus en *Campylobacter* verwijderd. Soorten die zelden pathogeen zijn (*C. butyricum*, *B. licheniformis*) zijn ook weggelaten uit de intermediaire lijst.



Figuur 6: Overzicht van de microbiologische gevaren die geïdentificeerd zijn in de aardappelketen en in de literatuur gerapporteerd zijn (intermediaire lijst). De stappen “veredeling en selectie” en “teelt uitgangsmaterialen” van de aardappelketen zijn in dit overzicht niet meegenomen. De gevaren in licht blauw font zijn potentiële gevaren die niet aangetoond zijn op producten, maar wel kunnen worden verwacht.

## 4 Uitbraken, notificaties en terugroepacties

In dit hoofdstuk over uitbraken, notificaties en terugroepacties ('recalls') zijn samengestelde producten die aardappel bevatten in sommige gevallen wel meegenomen. Deze samengestelde producten vallen buiten de afbakening van de aardappelketen, maar zijn meegenomen omdat niet altijd te achterhalen is welk ingrediënt verantwoordelijk is (zie ook sectie 1.1). Voor Nederland is informatie betreffende recalls of uitbraken die verband houden met aardappel(producten) niet beschikbaar.

### 4.1 Voedselgerelateerde uitbraken door aardappel(producten) – wereldwijd

De oorzaken van voedselgerelateerde uitbraken door aardappel(producten) kunnen verdeeld worden in drie categorieën:

- 1) pathogene micro-organismen die geassocieerd worden met verse aardappelen
- 2) besmetting door het gebruik van andere ingrediënten dan aardappelen
- 3) onhygiënische werkwijze tijdens de bereiding en/of temperatuurmisbruik tijdens opslag

Deze laatste categorie is de meest frequente oorzaak van uitbraken en wordt vaak gelinkt aan out-of-home kanalen.

Uitbraken die gerelateerd zijn aan besmettingen op verse aardappelen zijn zeldzaam, maar indien deze zich voordoen betreft het vaak relatief grote aantallen (groter dan 2 personen die per definitie minimaal betrokken zijn bij een uitbraak) ziektegevallen (Tabel 18). Er is een grote uitbraak gerapporteerd met STEC (type O157) in het VK met 252 ziektegevallen gerapporteerd bij gezondheidscentra in Engeland, Schotland en Wales die waarschijnlijk veroorzaakt werd door besmetting van verse aardappelen en prei, mogelijk via de grond (46). Een vergelijkbare uitbraak vond eerder plaats in 1988, ook in het VK (44) (Tabel 18).

In een recente data-analyse van de EFSA met betrekking tot uitbraken, worden *Salmonella*, *B. cereus* en norovirus gelinkt aan aardappelproducten (18).

Uitbraken gerelateerd aan aardappelproducten zijn relatief vaak indirect veroorzaakt door toevoeging van besmette ingrediënten (Tabel 18). Zo is er bijvoorbeeld een salmonellose uitbraak geweest die veroorzaakt werd door toevoeging van besmet paprikapoeder op de chips (108). Het is bekend dat *Salmonella* al in zeer lage aantallen (4 tot 45 KVE per 100 g) op droge producten, zoals chips, ziekte kan veroorzaken (108).

In een ander voorval was de melk, welke gebruikt werd bij de productie van aardappelpuree, besmet met *S. aureus* en het enterotoxine H dat geproduceerd werd, leidde tot een uitbraak in een kinderopvang in Noorwegen (110).

Zoals ook in hoofdstuk 3 (sectie 3.5) beschreven is, worden uitbraken waarbij aardappelproducten betrokken zijn vaak geassocieerd met het onhygiënisch behandelen en/of onjuiste opslag van voedsel in de out-of-home kanalen en bij consumenten thuis (Tabel 18).

Er zijn twee gevallen van botulisme (type A) gerapporteerd voor restaurants in de VS waarbij gebakken aardappelen in aluminiumfolie verpakt werden (“jacked potato”) en na meerdere dagen bewaring op kamertemperatuur verder verwerkt werden als ingrediënt in een dip (105) of aardappelsalade (103). In Canada waren in folie verpakte, gebakken aardappelen betrokken bij een ernstige uitbraak van botulisme (type A) (104) en in België waren commercieel geproduceerde, vacuüm verpakte, gekookte aardappelen de oorzaak van een botulisme-uitbraak waarbij één persoon overleed. Hoewel de exacte oorzaak niet bekend is werd temperatuurmisbruik tijdens de opslag van het product thuis bij de consument als vermoedelijke oorzaak genoemd (102). Van de 6 gerapporteerde grote *C. botulinum* uitbraken (waarbij meer dan 10 personen betrokken waren) die plaatsvonden tussen 1973 en 2015 in de VS, werden 3 uitbraken in de VS gelinkt aan producten die aardappelen bevatten (113). De grootste uitbraak werd veroorzaakt door thuis ingeblikte aardappelen die vervolgens gebruikt werden in een salade die geserveerd werd in een kerk (113).

Een andere uitbraak van voedselvergiftiging werd gelinkt aan aardappelpuree die gemaakt was onder onhygiënische omstandigheden en vervolgens gedurende enkele uren bewaard werd bij kamertemperatuur in een restaurant van een hotel in Oostenrijk (107). Uit het product konden hoge aantallen van enterotoxine producerende *B. cereus* en *S. aureus* geïsoleerd worden (107). Deze twee pathogenen worden vaak samen geïsoleerd uit voedselproducten die betrokken zijn bij uitbraken (93) en kunnen een indicatie zijn voor het onhygiënisch behandelen (*S. aureus*) en verkeerd opslaan (onvoldoende koeling, *B. cereus*) van het voedsel. In een militair kamp in Singapore was aardappelpuree zeer waarschijnlijk de oorzaak van een uitbraak waarbij *Salmonella* betrokken was (109). Ook dit duidt op onhygiënisch handelen.

Er is één uitbraak gerapporteerd welke veroorzaakt was door *C. perfringens* in aardappelpuree (106) (Tabel 18). Echter *C. perfringens* wordt typisch geassocieerd met onvoldoende verhit en teruggekoeld vlees en de link naar aardappelpuree is opmerkelijk en waarschijnlijk het gevolg van kruisbesmetting. Ook een uitbraak veroorzaakt door *Campylobacter* in een aardappelproduct in de VS (Tabel 19) is waarschijnlijk veroorzaakt door kruisbesmetting met product van dierlijke oorsprong (114).

Tabel 18: Uitbraken gerapporteerd in de wetenschappelijke literatuur die gerelateerd zijn aan aardappel(producten).

Micro-organisme gelinkt aan de uitbraak	Betrokken product	Land en jaar van de uitbraak	Aantal ziektegevallen	Locatie	Referentie
<i>E. coli</i> O157(STEC)	Verwerking van tafelaardappelen (en/of prei)	Verenigd Koninkrijk, 2011	250	Bij de consument thuis	(46)
<i>E. coli</i> O157(STEC)	Verwerking van tafelaardappelen	Verenigd Koninkrijk, 1988	24	Bij de consument thuis	(44)
<i>Salmonella</i> serovars Saintpaul, Rubislaw en Javiana	Aardappelchips (door de toegevoegde paprika)	Duitsland, 1993	1000 (geschat)	Verkregen via supermarkt	(108)
<i>Salmonella</i> (niet-tyfeuze)	Aardappelpuree	Singapore, 2007	55	Militaire basis	(109)
<i>S. Enteritidis</i>	Aardappelpuree	Letland, 2008	35	Onbekend	(18)
<i>S. aureus</i> (Enterotoxine H)	Aardappelpuree (door de toegevoegde melk)	Noorwegen, 2005	8	Kinderopvang	(110)
<i>S. aureus</i>	Aardappelpuree	VS, 1995	9	Restaurant	(115)
<i>S. aureus</i> en <i>B. cereus</i>	Aardappelpuree	Oostenrijk, 2013	14	Restaurant	(107)
<i>B. cereus</i>	Gekookte aardappelpuree	Finland, 2008	5	Onbekend	(18)
<i>C. botulinum</i> Type A	Gebakken aardappelen (in folie en verder verwerkt in een dip)	VS, 1994	23	Restaurant	(105)
<i>C. botulinum</i> Type A	Gebakken aardappelen (in folie en verder verwerkt in een salade)	VS, 1978	7	Restaurant	(103)
<i>C. botulinum</i> Type A	Thuis ingeblikte aardappelen (en verwerkt in een salade)	VS, 2015	29	Kerk	(113)
norovirus	Gekookte en geschilde aardappelen	Duitsland, 2010	41	Onbekend	(18)
<i>C. perfringens</i>	Aardappelpuree	VS, 1996	34	Onbekend	(106)

In de VS werden tussen 1998 en 2015 in totaal 315 uitbraken (wat overeenkomt met 1,6% van alle voedselgerelateerde uitbraken) gerapporteerd door het CDC waarbij aardappel(producten), inclusief samengestelde producten (zoals salades), betrokken waren (92). Wanneer samengestelde producten niet meegerekend worden, dan blijven er 101 uitbraken (0,5%) over die geassocieerd konden worden met een pathogeen micro-organisme (zie Tabel 19 voor een overzicht).

**Tabel 19: Uitbraken gerapporteerd door CDC gerelateerd met aardappel(producten), exclusief samengestelde producten, in de VS, verkregen via het online FOOD Portal Tool (92).**

Zoektermen op product niveau	Betrokken micro-organisme	Aantal uitbraken
mashed potatoes; potato chips; potato skins; potato, au gratin; potato, baked; potato, boiled; potato, fried; potato, scalloped; potato, whipped; potatoes; potatoes, roasted	Norovirus	24
	Clostridium	9
	Salmonella	9
	Staphylococcus	9
	Bacillus	7
	Campylobacter	1
	Shigella	1
	Andere bacteriën	2
	Andere toxinen	1
	Niet gespecificeerd	38
	Totaal	101

## 4.2 RASFF notificaties en terugroepacties van aardappel(producten) vanwege een volksgezondheidsrisico

### 4.2.1 RASFF notificaties

Het Europese RASFF systeem ('the Rapid Alert System for Food and Feed') is een waarschuwingssysteem waarin informatie te vinden is over de gedetecteerde gevaren in levensmiddelen, van en voor elk EU land, die verhandeld (geïmporteerd en geëxporteerd) worden. Dit systeem geeft alleen vermelding van positieve resultaten (aanwezigheid van pathogenen) en geen negatieve.

In de periode 1990-2016 is er slechts 1 veiligheidsnotificatie te vinden welke betrekking had op een aardappelproduct. Deze notificatie werd gemeld door Italië waarbij hoge aantallen (geen specifieke getallen vermeld) *E. coli* en coliformen, indicatoren voor onvoldoende hygiëne, in aardappelchips werden aangetroffen.

#### 4.2.2 *Terugroepacties ('recalls')*

De FDA rapporteerde voor de VS 17 terugroepacties van aardappelproducten in de periode 2011-2016 door (vermoedelijke) besmetting van *Salmonella* waarbij het ging om 14 chips producten, 2 samengestelde producten en 1 bevroren aardappelproduct. De overige terugroepacties (21) hadden betrekking op *L. monocytogenes* en samengestelde aardappelproducten, zoals salades. Bron: <http://www.fda.gov/Safety/Recalls/ArchiveRecalls/default.htm>

## 5 Microbiologische risico's voor de Nederlandse bevolking, gekoppeld aan de aardappelketen

Dit hoofdstuk beschrijft de attributie van meest relevante microbiologische gevaren in aardappel(producten) gerapporteerd in de literatuur (sectie 3.6) aan de Nederlandse ziektelast is.

### 5.1 Meest relevante microbiologische gevaren in de aardappelketen

Op basis van de data gerapporteerd in de voorgaande hoofdstukken en de intermediaire lijst (sectie 3.6) is een korte lijst gemaakt van de meest relevante microbiologische gevaren in de aardappelketen (Tabel 20). Pathogenen die tot deze selectie behoren voldoen aan onderstaande criteria:

- Het micro-organisme is geïsoleerd uit een aardappel(product) (hoofdstuk 3 en Tabel 17).
- Er zijn uitbraken gerapporteerd met dit micro-organisme gerelateerd aan aardappelproducten (sectie 4.1 en Tabel 17).
- Het product moet uitgroeï tot voldoende hoge aantallen voor toxinevormende organismen toelaten (bijvoorbeeld *B. cereus* en *S. aureus*), of al zodanig virulent zijn dat aanwezigheid zonder groei al niet acceptabel is (zoals bij *Salmonella*).

Tabel 20: De korte lijst met de meest relevante microbiologische gevaren in de aardappelketen.

Pathogene micro-organismen	Geassocieerd met uitbraak door een aardappelproduct	Geïsoleerd van aardappelproducten*
<b>Sporevormende bacteriën</b>		
<i>B. cereus</i> (groep)	ja	ja
<i>C. botulinum</i> types A, E	ja	ja
<b>Niet-sporevormende pathogenen</b>		
<i>S. aureus</i>	ja	ja
<i>Salmonella</i> spp.	ja	ja**

\*Gerapporteerd in de literatuur of in een recall betreffende een aardappelproduct.

\*\*Recalls van chips in VS, vermoedelijk veroorzaakt door de kruiden gebruikt op het product.



*Salmonella* spp. en *S. aureus* zijn betrokken geweest bij uitbraken veroorzaakt door consumptie van aardappelproducten en zijn opgenomen in de korte lijst van microbiologische gevaren (Tabel 20). Echter, de aanwezigheid van deze pathogenen op aardappelproducten heeft een indirecte oorzaak ofwel door onhygiënische bereiding of door gebruik van besmette ingrediënten zoals kruiden. De sporevormers *B. cereus* en *C. botulinum* zijn echter een direct gevaar in de aardappelketen, omdat deze al op de verse aardappel aanwezig kunnen zijn en de be- en verwerkingsstappen in de keten kunnen overleven. In Tabel 21 geeft een overzicht van prevalentiegegevens van *B. cereus* groep leden in diverse aardappelproducten.

Hoewel *L. monocytogenes* frequent aangetoond wordt op verse aardappelen (Tabel 15), in koelverse kant-en-klaar producten als gevaar gezien wordt (116) en kan groeien op aardappel zonder effectieve controlemaatregelen (temperatuur niet hoger dan 4°C en toevoeging van sulfiet) (117, 118) is deze pathogeen niet toegevoegd aan de shortlist met belangrijkste gevaren voor de aardappelketen.

Er zijn met genoemde zoekcriteria geen meldingen van uitbraken van listeriose gerelateerd aan aardappelproducten (aardappelsalades niet meegenomen) in de wetenschappelijke literatuur. In de CDC Foodborne Outbreak Online Database (FOOD Tool) (92), wordt slechts één listeriose uitbraak gerapporteerd betreffende een aardappelsalade in de VS gedurende 1998-2015. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat *L. monocytogenes* niet goed kan groeien op aardappelen, omdat de bacterie het zetmeel niet/niet goed kan gebruiken en snel overgroeit wordt door andere, bederf-veroorzakende bacteriën (zoals melkzuurbacteriën, *Pseudomonas*) die de pH verlagen of bacteriocines produceren. Eén studie laat zien dat groei van *L. monocytogenes* op rauwe aardappelschijfjes geremd werd door aanwezigheid van *Pseudomonas* door productie van ijzerbindende componenten waardoor ijzer niet beschikbaar was voor groei van *Listeria* (118).

Tabel 21: Prevalentie van *B. cereus* groep leden in verschillende aardappelproducten en aantallen.

Micro-organisme ( <i>B. cereus</i> groep)	Product type	Prevalentie % (totaal aantal monsters geanalyseerd)	Niveaus (indien bekend)	Land	Referentie
<b>Tafelaardappel</b>		<b>Gemiddeld: 45 % (10-80)</b>			
<i>B. cytotoxicus</i>	Tafelaardappel	10 % (10)	NB	Duitsland	(42)
<i>B. cereus</i>	Tafelaardappel	80 % (9)	2-2.8 Log CFU/g	Argentinië	(41)
<b>Koelverse producten</b>		<b>Gemiddeld: 75 % (33-100)</b>			
<i>B. cytotoxicus</i>	Aardappelpuree van gekookte aardappelen (bereid in out-of-home sector)	100 % (9)	NB	Duitsland	(42)
<i>B. cereus</i>	Gnocchi (koelvers product)	33 % (110)	1-2 Log	Italië	(99)
<i>B. cereus</i>	Vacuüm-verpakte aardappelpuree (commercieel bereid op productielocatie)	67 % (6)	1.7-3.2 Log CFU/g bij aanvang van de houdbaarheid	België	(100)
<i>B. cereus</i>	Aardappelpuree (horeca)	100 % (10)	NB	VS	(96)

Micro-organisme ( <i>B. cereus</i> groep)	Product type	Prevalentie % (totaal aantal monsters geanalyseerd)	Niveaus (indien bekend)	Land	Referentie
<b>Gedroogde aardappelproducten</b>		<b>Gemiddeld: 64 % (40-88)</b>			
<i>B. cereus</i>	Gedroogde aardappel	40 % (20)	2-3 Log CFU/g	VS	(70)
<i>B. cereus</i>	Aardappelvlokken (droog)	74 % (50)	1-2.5 Log CFU/g	Nieuw Zeeland	(67)
<i>B. cytotoxicus</i>	Aardappelpuree (op basis van aardappelpoeder, - vlokken, -granulen)	88 % (17)	NB	Duitsland	(42)
<i>B. cytotoxicus</i>	Andere gedroogde aardappelproducten (bijv. gebruikt voor aardappel dumplings)	67 % (12)	NB	Duitsland	(42)
<i>B. cytotoxicus</i>	Andere producten bereid met gedroogde aardappelproducten	50 % (24)	NB	Duitsland	(42)
<b>Chips/snacks</b>		<b>Gemiddeld: 15 %</b>			
<i>B. cytotoxicus</i>	Chips/crisps	15 % (13)	NB	Duitsland	(42)

Micro-organisme ( <i>B. cereus</i> groep)	Product type	Prevalentie % (totaal aantal monsters geanalyseerd)	Niveaus (indien bekend)	Land	Referentie
<b>Gefrituurde producten</b>		<b>Gemiddeld: 0 %</b>			
<i>B. cytotoxicus</i>	Voorgekookte producten gemaakt van de hele aardappel (bijv. frites)	0 % (21)	NB	Duitsland	(42)

NB: niet bepaald

## 5.2 Attributie microbiologische gevaren via de aardappelketen aan de Nederlandse ziektelast

(Deze sectie betreft een inhoudelijke bijdrage van RIVM)

Sporenvormers vormen het belangrijkste microbiologisch gevaar dat direct gerelateerd kan worden aan tafelaardappelen en aardappelproducten (zie Tabel 20). Om een risico-inschatting te maken dat gekoppeld is aan consumptie van aardappelproducten ontbreken veel gegevens. Ook zijn er geen tot weinig epidemiologische gegevens beschikbaar voor de Nederlandse situatie. Om toch een inschatting te maken van de risico's verbonden aan consumptie van aardappelproducten is er gebruik gemaakt van bestaande expertschattingen (121) en de Voedsel Consumptie Peilingsdata (122).

In Tabel 22 staat de geschatte incidentie en attributie aan de Nederlandse ziektelast door consumptie van tafelaardappelen en aardappelproducten weergegeven voor sporenvormers als belangrijkste microbiologisch gevaar.

### Aannames en randvoorwaarden:

- Voor de berekening is uitgegaan van de 'Groente en Fruit'-productgroep waarbij de fractie aardappelen in deze categorie geschat is op basis van de Voedsel Consumptie Peilings data (leeftijd 7-69).
- Voor elk vers product item (groente, fruit, aardappel) is de waarschijnlijkheid van besmetting met sporenvormers gelijk.
- De effecten van verschillende manieren van verwerking, bereiding en bewaarcondities van producten zijn niet meegenomen.
- De incidentie (uitgedrukt in aantal gevallen per jaar) is gebaseerd op expert opinie zoals gepubliceerd in 2008 (121). In deze studie is *C. botulinum*, een belangrijk microbiologisch gevaar in de aardappelketen, niet meegenomen. Daarom is het niet mogelijk schattingen voor deze pathogene sporenvormer te geven.
- Alleen sporenvormers zijn in deze schatting meegenomen, omdat dit de belangrijkste groep van microbiologische gevaren in aardappelproducten omvat (wetenschappelijke literatuur gerapporteerd in dit rapport).

### Beperkingen:

Bovenstaande aannames resulteren in een overschatting van de incidentie en ziektelast van de genoemde pathogenen op aardappelproducten, omdat voor de meeste incidenten in de productgroep ‘Groenten en Fruit’ geldt dat ze meest waarschijnlijk veroorzaakt worden door consumptie van rauwe producten (zoals kiemgroente en bladgroenten). De resultaten moeten daarom met grote voorzichtigheid beschouwd worden en gezien worden als een “worst-case” scenario. Tabel 22 laat zien dat geschatte incidentie in deze worst-case scenario voor *B. cereus* en voor het totaal van 14 voedselpathogenen tussen de 0.5-1.5% ligt van de totale incidentie veroorzaakt door consumptie van voedsel. Dit geeft aan dat de aardappelketen relatief weinig bijdraagt aan de Nederlandse ziektelast.

Tabel 22: Geschatte jaarlijkse incidentie en attributie aan de Nederlandse ziektelast (uitgedrukt in DALYs) van voedselgerelateerde pathogenen relevant voor de aardappelketen. De schattingen staan weergegeven voor het totaal aantal incidenten en DALYs en uitgesplitst naar verschillende productgroepen. Bronnen: (121-123).

Pathoogeen	Voedsel	Plantaardig**	Groente en fruit	Aardappel (producten)***
<b>Geschatte incidentie</b>				
<i>B. cereus</i>	45.001	900	639	261
Totaal 14 voedselpathogenen*	703.302	39.871	28.325	11.546
<b>Geschatte DALYs</b>				
<i>B. cereus</i>	102	3	2	1
Totaal 14 voedselpathogenen*	6.543	368	261	107

\*Totaal van 14 relevante pathogenen zoals beschreven in (121).

\*\*Plantaardig omvat groenten en fruit, en aardappel(producten).

\*\*\*Voor een schatting van de incidentie en ziektelast voor de aardappelketen is gebruik gemaakt van de Voedselconsumptiepeiling (122). Voor een uitgebreider overzicht en gebruikte getallen zie Bijlage 3. De getallen voor *C. perfringens* zijn niet in de tabel opgenomen omdat deze sporenvormer geen aannemelijk gevaar is voor aardappelen/aardappelproducten.

## 6 Interventiemogelijkheden in de aardappelketen

Voedselproducerende bedrijven zijn primair verantwoordelijk voor de veiligheid van producten die op de markt gezet worden (General food law regulation (EC) No 178/2002 – art. 17). Hiertoe dienen producenten te borgen dat productiefaciliteiten goed ontworpen zijn en dat gewerkt wordt volgens de principes van Good Agricultural Practices (GAP), Good Manufacturing Practices (GMP), Good Hygiene Practices (GHP) en dat een Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)-Systeem geïmplementeerd is in de verwerkende bedrijven.

De verschillende interventiemogelijkheden in de aardappelketen worden in dit hoofdstuk beschreven, beginnend bij de primaire productie (3.2), tijdens bewerking en verwerking (6.2 en 6.3) en in de out-of-home sector (6.4).

### 6.1 Teelt aardappelen

Telers van aardappelen voor verdere verwerking tot aardappelproducten kunnen het “Voedselveiligheid certificaat aardappelen verwerkende industrie” (VVA-certificaat) verkrijgen via de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie (VAVI 2016). Uitgangspunt bij het VVA-Certificaat is dat de productie van aardappelen door de aardappelteler als grondstof voor de verwerkende industrie onder zodanige voorwaarden plaatsvindt, dat een optimale voedselveiligheid gewaarborgd is. Alle stappen in het aardappelteelt-, oogst-, transport- en bewaringsproces worden gecontroleerd op de voorwaarden voor een optimale voedselveiligheid. Daarnaast is traceerbaarheid in de keten van aardappelteler tot afnemer een wettelijke vereiste. De jaarlijkse, fysieke controle stelt vast of de noodzakelijke preventieve beheersmaatregelen zijn genomen en of registraties van gebruikte gewasbeschermingsmiddelen, meststoffen en kiemremmingsmiddelen accuraat zijn. Ter ondersteuning worden monsters van gewas of aardappelen geanalyseerd op mogelijke aanwezigheid van residuen (VAVI 2016). Om te mogen leveren aan de aardappelverwerkende industrie, is het VVA certificaat noodzakelijk. Bij verkoop aan de retailsector is het Global G.A.P. certificaat essentieel (Smit 2008). Global G.A.P. omvat Europese retail richtlijnen voor de primaire producent van agrarische producten. Global G.A.P. beschrijft richtlijnen op het gebied van voedselveiligheid, duurzaamheid en kwaliteit van agrarische producten uitgewerkt door supermarktorganisaties en adviseurs en certificeerders uit de landbouwsector binnen Europa. De Global G.A.P. richtlijnen omvatten zowel verplichtingen als aanbevelingen.

Telers dienen zich te houden aan de wettelijke eisen van hun land voor onder andere het gebruik van mest en gewasbeschermingsmiddelen. De telers die exporteren moeten daarnaast voldoen aan de eventueel additionele wettelijke residu restricties van de exportmarkten. De controle wordt uitgevoerd door een onafhankelijke, door Global G.A.P. goedgekeurde, organisatie (Global G.A.P. 2016).

Voor handelaren in en (klein)verpakkers van ongeschilde aardappelen is de NAO Hygiëncode (HACCP en GMP) voor ongeschilde aardappelen essentieel. Een voedselveiligheidsplan volgens

HACCP principes is verplicht voor bedrijven die levensmiddelen op de markt brengen krachtens de “Warenwetbesluit hygiëne van levensmiddelen”.

Om het gevaar van infectie van aardappelen te minimaliseren, is het essentieel om besmettingen in de primaire keten te voorkomen, in plaats van decontaminatie later in de keten (124). In de primaire productie, bij de teelt van verse aardappelen zijn bemesting en irrigatiewater belangrijke factoren die microbiologische contaminatie introduceren (124-126). Het gebruik van dierlijke mest en bewerkt rioolslib (dat als biologische groeibevorderaar gebruikt kan worden) moet voldoen aan specifieke voorwaarden {Global G.A.P}. Voorgeschreven praktijken omvatten onder andere de bewerking van dierlijke mest om pathogeen aantallen te verminderen en het maximaliseren van de tijd tussen bemesting en de oogst. In de nieuwste versie van Global G.A.P. (versie 5) worden water en mest niet als microbiologisch gevaar voor aardappelen beschouwd omdat aardappelen nog gekookt worden voor consumptie. Voor VVA certificering is het gebruik van rioolslib als organische bemesting echter niet toegestaan (127).

Mestbewerking kan onderverdeeld worden in actieve en passieve bewerking. Het laten verouderen van slib is een vorm van passieve bewerking. Pasteurisatie, drogen met behulp van hitte, (an)aerobe fermentatie, alkalische stabilisatie (toevoeging van een base), composteren en combinaties hiervan zijn voorbeelden van actieve bewerking. Bij composteren wordt verse mest onder gecontroleerde omstandigheden ‘bewerkt’ (gefermenteerd) door micro-organismen.

Tijdens de fermentatie ontstaat er veel hitte welke de aanwezige pathogene micro-organismen inactieveert en zo het risico op besmetting van de groente, inclusief aardappelen, verkleint (128).

## 6.2 Be- en verwerkte aardappelen

### 6.2.1 *Preventie*

Factoren die van belang zijn om de introductie van nieuwe gevaren te voorkomen zijn de kwaliteit van het proceswater en de hygiëne van de werknemer en van de werkomgeving tijdens het sorteren, verpakken en transport (128). Toevoegingen die aan aardappelproducten worden gedaan zoals kruiden op chips en koelverse aardappelen zouden vrij van *Salmonella* en *B. cereus* moeten zijn.

### 6.2.2 *Eliminatie/reductie*

Decontaminatie kan als interventie toegepast worden om aantallen micro-organismen op verse onbehandelde (en bewerkte) aardappelen te reduceren, en wordt toegepast in verschillende landen. In een aantal wetenschappelijke studies wordt het gebruik van chloor, chloordioxide, ozon en doorstralen als desinfectiemiddelen voor verse groenten en fruit beschreven [review in(129)]. Echter in Nederland, net als in een aantal andere Europese landen, mogen verse groenten en fruit, inclusief aardappelen, niet gedesinfecteerd worden met desinfectiemiddelen (130). Sommige landen beschouwen aanwezigheid van desinfectiemiddelen in het waswater als technische hulpstof, waardoor gebruik van



bijvoorbeeld chloor wel toegepast wordt in de industrie, maar in Nederland worden deze middelen niet als technische hulpstof beschouwd.

Daarnaast zijn er nieuwe methoden voor decontaminatie in ontwikkeling waaronder het gebruik van bacteriofagen of bacteriocines, pulserend licht en 'electrolysed water' (129) maar die worden voor zover bekend nog niet toegepast in Nederland.

### 6.3 Verwerkte aardappelen

Verwerkte aardappelproducten worden ingevroren of gekoeld bewaard, al dan niet in combinatie met verpakken onder gemodificeerde atmosfeer (MAP) of vacuüm en/of toevoeging van conserveringsmiddelen. Vaak wordt een combinatie van verschillende interventiemogelijkheden toegepast, hetgeen ook wel 'hurdle technology' genoemd wordt. Temperatuur, MAP/vacuüm verpakken en toevoegen van conserveringsmiddelen worden hieronder besproken.

#### 6.3.1 *Temperatuur*

##### 6.3.1.1 Verhitten

Aardappelproducten die verwerkt worden ondergaan altijd een hittebehandeling. Hierdoor worden alle vegetatieve pathogenen geïnactiveerd maar sporenvormers kunnen het pasteurisatieproces overleven. Het is dus vooral belangrijk om na-besmetting te voorkomen en om uitgroei van sporenvormers die het verhittingsproces overleven voor gepasteuriseerde producten te voorkomen. Wanneer er een na-pasteurisatie in de verpakking plaatsvindt vormt na-besmetting geen gevaar meer.

##### 6.3.1.2 Opslag bij lage temperatuur

Bewaring bij lage temperatuur (4-7°C) wordt vaak toegepast om microbiologische groei van verwerkte aardappelproducten onder controle te houden. Meerdere studies tonen het belang aan van gekoelde bewaring om groei van pathogene micro-organismen in aardappelproducten te beheersen (79, 98, 99, 117, 131). Ook *B. cereus* kan uitgroeien op aardappelproducten bij te hoge bewaartemperatuur, aantallen hoger dan  $10^5$  kve/g werden op gestoomde, vacuüm verpakte aardappelen gemeten in 3 dagen, wanneer bewaard bij 14°C. Bij deze aantallen kan ook toxine geproduceerd worden. Wanneer bewaard bij 5°C was de uitgroei van *B. cereus* op dit product aanzienlijk vertraagd ( $<10^3$  kve/g op dag 22) (98).

In de out-of-home kanalen kan *S. aureus* een gevaar vormen wanneer er niet onder hygiënische omstandigheden gewerkt wordt. *S. aureus* kan uitgroeien op gekookte aardappelen tot hoge celdichtheden ( $> 10^5$  kve/g) wanneer deze bewaard worden tussen 8-47°C (132). Hoewel in deze studie de productie van enterotoxine niet onderzocht was, zijn de bereikte *S. aureus* niveaus wel voldoende hoog voor enterotoxineproductie. De geschatte minimale groeitemperatuur op aardappelblokjes bedroeg 6,1°C waardoor bewaring bij 6°C of lager nodig is om uitgroei te voorkomen (132).

Een aantal pathogenen kan bij koelkasttemperaturen groeien, zoals *L. monocytogenes*, niet-proteolytische *C. botulinum* stammen en psychrotrofe (koude minnende) soorten die behoren tot de *B. cereus* groep. Om ook deze groep pathogenen onder controle te houden moeten additionele 'hordes' ingebouwd worden, zoals verlaagde pH, verlaagde wateractiviteit, MAP verpakken en/of toevoeging van conserveringsmiddelen. Echter, *L. monocytogenes* is voor gekoelde aardappelproducten geen groot gevaar.

Voorgebakken aardappelproducten (zoals friet, aardappelkroketten en snacks), maar ook aardappelpuree worden vaak in de vriezer bewaard (-18°C tot -20°C). Voor deze producten is uitgroei van pathogenen geen gevaar.

### 6.3.2 MAP en vacuüm verpakken

MAP en verpakken onder vacuüm worden vaak toegepast om de groei van micro-organismen in levensmiddelen te beheersen. Verpakken onder vacuüm kan de groei van strikt aerobe micro-organismen verhinderen, maar de groei van anaerobe micro-organismen zal juist gestimuleerd worden. Vacuüm verpakken van aardappelproducten kan de groei van *C. botulinum* bevorderen (78). *C. botulinum* kan groeien en toxine produceren op verse en verhitte aardappelproducten, vooral als deze niet goed gekoeld worden (79, 80, 98, 131, 135, 136). In de literatuur zijn aanbevelingen beschreven voor proces- en bewaarcondities voor producten die minimaal verhit zijn en gekoeld bewaard dienen te worden (137) (zie ook de Bijlage 2). Verlaging van de wateractiviteit door toevoeging van zout tot 0,955 bij gekookte, vacuüm verpakte aardappelen remde de productie van toxinen door *C. botulinum* gedurende 60 dagen opslag, zelfs bij 25°C (135).

Bij MAP verpakking wordt de gassenstelling aangepast, meestal een mengsel van zuurstof, stikstof en CO<sub>2</sub>. MAP verpakking gebeurt altijd in combinatie met verlaagde temperatuur. Naast het feit dat lage temperatuur zelf al de microbiële groei remt, verhoogt het ook de effectiviteit van MAP doordat CO<sub>2</sub> beter oplost (133).

Er zijn enkele studies die een effect van MAP op groei van pathogenen in aardappelproducten beschrijven. Verlaagde zuurstofconcentraties (in de kopruimte van de verpakking of opgelost in het product) remde de uitgroei van *B. weihenstephanensis* in aardappelpuree (134). Groei en toxineproductie van deze sporenvormer kon ook onderdrukt worden door verhoging van de CO<sub>2</sub> concentratie naar 40% en opslag bij 7°C. Dit effect was onafhankelijk van de zuurstofconcentratie (134).

### 6.3.3 Conserveringsmiddelen

Conserveringsmiddelen worden vaak toegepast in combinatie met verlaagde temperatuur. De aanwezigheid van 0,09% w/w sorbinezuur in gnocchi en opslag bij te hoge temperatuur (20°C) voor 75 dagen (anderhalf keer de houdbaarheid) kon de productie van het botulisme toxine voorkomen (78). Sorbinezuur was ook effectief tegen *B. cereus* groei wanneer dit gecombineerd werd door pH verlaging met citroenzuur of melkzuur (pH 5,0); zelfs wanneer de temperatuur te hoog was tijdens bewaren (12 of 20°C) (99). Melkzuur alleen (pH 5,0) kon ook de groei van *B. cereus* remmen, maar alleen wanneer de temperatuur 8°C of lager was (99).

Het bacteriocine nisine (6,25 µg/g) kon de groei van *Clostridium sporogenes* en *Clostridium tyrobutyricum* (gecombineerd) onderdrukken in vacuüm verpakte aardappelpuree tijdens opslag bij 8°C voor 39 dagen (138). Groei van *B. cereus* en *B. subtilis* werd ook geremd door nisine in hetzelfde product (zonder vacuüm verpakking). Hierdoor kon de houdbaarheid potentieel verlengd worden met 27 dagen bij 8°C (138).

## 6.4 De out-of-home sector

Relatief veel voedselgerelateerde uitbraken zijn te herleiden tot de out-of-home sector (waaronder cateringdiensten en restaurants) (zie sectie uitbraken 4.1). In de meeste gevallen is dit te verklaren door onhygiënische bereiding of bewaring van aardappelproducten. Tabel 23 geeft een overzicht van interventiemogelijkheden in de out-of-home sector.

Tabel 23: Interventiemogelijkheden voor de out-of-home sector.

Onderdeel van de keten	Interventie	Referentie
Horeca/consument	Educatie van personeel over de uitgroeimogelijkheden van <i>C. botulinum</i> in verwerkte vacuüm verpakte aardappelen of gebakken aardappelen die verpakt zijn in folie (zogenaamde “jacket potato”).	Auteurs WFBR
Horeca	Bewaring en transport van kant-en-klare producten, zoals aardappelpuree, moet bij <5°C of >60°C zijn.	(139)
Horeca/consument	Educatie van personeel over het niet steriel zijn van gedehydrateerde producten. Producten bereid hiermee (zoals bijv. aardappelpuree) dienen gekoeld bewaard te worden.	(64)
Horeca/MKB (midden- en kleinbedrijf)	(Microbiologische) monitoring, zoals monsters nemen van een oppervlak of monitoring van de temperatuur in de koelkast, om de bewustwording bij medewerkers en de voedselveiligheid te vergroten.	(140)

## 7 Ontwikkelingen in de aardappelketen en impact op microbiologische gevaren

In deze paragraaf worden de te verwachten ontwikkelingen in de aardappelketen tot 2025 beschreven en mogelijke invloed daarvan op de microbiologische gevaren in de keten. In dit hoofdstuk zijn ook opinies verwerkt uit een expertmeeting gehouden op 3 februari 2017 bij het RIKILT in Wageningen. Bij deze workshop waren experts aanwezig zowel uit de aardappelindustrie, kennisinstellingen als ook uit de retail sector. Ontwikkelingen benoemd door de experts tijdens deze workshop zijn hieronder expliciet aangegeven. Waar mogelijk zijn verwachte ontwikkelingen onderbouwd met onderzoeksrapporten en wetenschappelijke publicaties.

### 7.1 Globalisering, internationale ontwikkelingen

De consumptie van en vraag naar frites en andere aardappelproducten neemt toe, met name ook vanuit Azië en Zuid-Amerika. Dit hangt samen met de verbetering van de levensstandaard en de opkomst en groei van fast food ketens in deze regio's. De toenemende vraag leidt tot meer export van ingevroren aardappelproducten vanuit Nederland naar deze regio's, maar vergroot ook de vraag naar pootgoed voor de lokale teelt en verwerking (Rabobank).

De groeiende vraag betekent dat het volume in de aardappelverwerkende industrie verder toeneemt. De aardappelverwerkende industrie in Noordwest-Europa (m.n. in Nederland en België) anticipeert komende jaren op de verwachte toenemende export via uitbreiding en vervanging van hun bestaande productiecapaciteit. Niet alle productielijnen worden meteen volledig benut, maar deze ontwikkeling leidt op termijn tot een grotere grondstofbehoefte (141, 142).

De industrie dekt een groot deel van haar grondstofbehoefte in via contracten. De verwachting is dat contractteelt verder zal toenemen met nieuwe contractvormen: naast éénjarige contracten zullen ook meerjarige contracten tussen verwerker en teler afgesloten worden. In deze contracten worden meerjarige afspraken gemaakt over te leveren hoeveelheid gecombineerd met jaarlijkse prijsafspraken inclusief de mogelijkheid voor het afdekken van prijsrisico's (143).

#### **Globalisering en microbiologische gevaren in de aardappelketen**

De internationalisering en toename in handelsstromen kan leiden tot import uit landen met minder strenge controles en daarmee de microbiologische gevaren vergroten (expert opinie workshop). Dit zou met name een rol spelen voor consumptie van aardappelproducten die een minimale bewerking ondergaan zoals tafelaardappelen (expertopinie WFBR)

## 7.2 Veredeling

Telers of hobbykwekers spelen een belangrijke rol binnen de Nederlandse aardappelveredeling (zie ook 2.1). Het aantal hobbykwekers neemt af en de aanwas van nieuwe kwekers is zeer beperkt. Hierdoor bestaat er een toenemende behoefte bij stakeholders in de sector aan de wettelijke toelating van beschikbare moderne veredelings technieken die ook bijdragen aan veredeling (o.a. CRISPR-CAS, cisgenese). De veredeling van een nieuw aardappelras kan sneller doorlopen worden wanneer gebruik gemaakt kan worden van technieken als cisgenese (door genetische modificatie overbrengen van een eigenschap binnen een soort of binnen kruisbare soorten van de ene plant naar een andere plant), transgenese of CRISPR-CAS technologie (een techniek berustend op een methode die van nature gebruikt wordt door bacteriën om zich te verdedigen tegen virussen) in vergelijking met de traditionele verdelingsmethoden. Deze nieuwe veredelings technieken zijn kostbaar, maar maken efficiëntere, snelle vermeerdering mogelijk. De toepassing hiervan vereist een aanpassing in de wetgeving genetisch gemodificeerd organisme (GMO) en stakeholders in de sector betwijfelen of dit binnen nu en 10 jaar zal gebeuren (expertopinie workshop). Andere mogelijkheden om het aantal generaties te reduceren is het gebruik van miniknollen en aardappelzaad. De verdere ontwikkeling van resistente rassen draagt onder andere bij aan minder gebruik van pesticiden.

Er zijn in de Europese Unie (EU) twee varianten van een GMO gewas toegelaten die ook geteeld mogen worden door Europese boeren. Naast het maïshybride MON810 die is ontwikkeld door het Amerikaanse veredelingsbedrijf Monsanto is het aardappelras Amflora, ontwikkeld door het Duitse chemieconcern BASF, toegelaten. Amflora is een zetmeelaardappelras waarvan de genetische eigenschappen zodanig gewijzigd zijn dat de aardappel alleen zetmeel in de vorm van amylopectine aanmaakt en geen amylose. Amylopectine wordt gebruikt in diverse industriële toepassingen. Het scheiden van amylopectine en amylose is kostbaar en belast het milieu. BASF kreeg in 2010 een toelating voor de teelt van Amflora voor toepassing buiten de voedingsmiddelenindustrie maar heeft haar activiteiten in de Europese Unie stopgezet (AgriHolland, versie mei 2016, <https://www.agriholland.nl/dossiers/gmo/home.html>).

Buiten de EU zijn GMO aardappelen in verschillende landen toegestaan, een voorbeeld is de toelating van phytophthora-resistente aardappelen in de VS (144) en (145). In Nederland wordt een 'ja, mits' beleid gehanteerd voor genetische modificatie bij planten. Dit betekent dat handelingen met genetisch gemodificeerde planten toegestaan kunnen worden als uit een zorgvuldige wetenschappelijke risicobeoordeling blijkt dat de eventuele risico's voor mens, dier en milieu verwaarloosbaar klein zijn. Hierdoor is de verwachting dat deze ontwikkeling op termijn in Europa zal volgen (AgriHolland, versie mei 2016, <https://www.agriholland.nl/dossiers/gmo/home.html>).

### **Veredeling en microbiologische gevaren**

De introductie van nieuwe GMO gewassen kan consequenties hebben voor de bodemecologie\*. In hoeverre dit positieve of negatieve gevolgen heeft voor de prevalentie van humaan pathogenen op aardappelen zou voor nieuwe GMO gewassen geëvalueerd moeten worden.

\*Bruinsma et al., 2003. *Biology and Fertility of Soils* 37-6.

landen (o.a. Duitsland, België, Frankrijk) (persoonlijke mededeling NAO).

De omvang van een gemiddeld huishouden is kleiner geworden en het patroon van boodschappen doen, verandert waarbij geen wekelijkse boodschappen maar meer last minute aankopen gedaan worden met een voorkeur voor kant-en-klare producten. Dit leidt tot andere aankooppatronen en consumentenvoorkeuren, zoals kleinere verpakkingseenheden, een voorkeur voor kleinere knollen (een kriel is gemakkelijker te bereiden), complete verse maaltijden die snel (aardappelen hoeven door de consument niet meer geschild te worden) thuis bereid kunnen worden, minder standaardproducten maar meer 'specialties' met extra 'added value', zoals gekruide en gemarineerde producten en ambachtelijke chips. Daarnaast worden aardappelen thuis bij de consument vaker in de magnetron bereid (expert opinie workshop). De consument wil, met betrekking tot aardappelproducten, een 'clean label' én langer houdbare producten én liefst op een milde manier geconserveerd (expert opinie workshop).

De consumptie van aardappelen en aardappelproducten met schil stijgt (expert opinie workshop). Door verschillende soorten aardappelen van diverse schilkleuren en liefst kleine sortering te combineren, krijgen gerechten meer kleurvariatie.

Daarnaast stijgt de consumptie van biologische producten, waaronder ook van biologische aardappelen (146), tijdens de workshop werd benoemd dat dit aandacht vraagt voor de microbiologische aspecten en de beheersbaarheid daarvan. Er zijn echter geen wetenschappelijke studies naar de microbiologische veiligheid van biologische aardappelen/aardappelproducten gevonden in de literatuur die dit onderbouwen.

Er zijn diverse initiatieven rondom verse frites. Bijvoorbeeld de Nederlandse chef-kok Sergio Hermans stopte zijn sterrenrestaurant en opende het Fritesateliers op meerdere plaatsen in Nederland. Ook de horeca in Nederland verkoopt 50% van de frites op basis van verse aardappelen. Dit betekent dat de bereiding van frites zich verplaatst van de fritesfabriek naar verkooppunten en snackbars welke verse frites inkopen of zelf bereiden.

Schakels verderop in de keten (supermarkten, fastfoodketens) zullen in de komende jaren hogere eisen stellen op het gebied van duurzaamheid en gezond- en veiligheid. Afnemereisen worden steeds strenger voorafgaande aan afzet/levering (expert opinie workshop).

#### **Consumenten trends en microbiologische gevaren:**

Microbiologisch gezien zal een toename in consumptie van koelverse aardappelproducten een hoger risico kunnen opleveren voor de sporevormers *B. cereus* en in vacuüm verpakte producten ook *C. botulinum* (expert opinie WFBR).

Een toename van consumptie van ongeschilde aardappelproducten zal met name effect kunnen hebben op het gevaar op sporevormers die aanwezig zijn op de aardappel (zie sectie 3.3.1). Dit kan verwacht worden wanneer ongeschilde, gekookte producten niet direct geconsumeerd worden maar zijn bewaard onder condities waarbij uitgroei kan plaatsvinden, zoals een te hoge bewaar temperatuur. Vegetatieve pathogenen zoals *L. monocytogenes* en *E. coli* zullen, ervan uitgaande dat de aardappelen gekookt worden voor consumptie, niet meer aanwezig zijn (expert opinie WFBR).

De verhitting van producten in de magnetron is niet homogeen verdeeld, hetgeen tot microbiologische gevaren kan leiden (expert opinie WFBR).

De hogere eisen die door afnemers gesteld worden aan de veiligheid zal de veiligheid van aardappelproducten verhogen. Tegelijkertijd zou een toename van gekruide en gemarineerde aardappelproducten het microbiologisch risico kunnen verhogen doordat kruiden besmet kunnen zijn met sporevormers en *Salmonella* (expert opinie WFBR).

#### **7.4 Nieuwe proces- en conserveringstechnieken**

Met het oog op verbetering van productkwaliteit en procesefficiëntie is de aardappelverwerkende industrie (in samenwerking met technologie-leveranciers) op zoek naar nieuwe technologieën die gangbare processen (in het bijzonder blancheren en voorbakken) gedeeltelijk of geheel vervangen. Een voorbeeld (al enkele jaren gangbaar in frites-industrie) is PEF (Pulsed Electric Field) voorbehandeling waarmee de verblijftijd in traditionele thermische blancheerprocessen beperkt kan worden. Eventuele effecten van nieuwe technieken zullen in de toekomst gevolgd moeten worden.

Toenemende valorisatie van de inhoudstoffen van aardappelen, zoals plantaardige eiwitten uit zetmeelaardappelen, leidt tot introductie van nieuwe processen waarvoor naar mogelijke nieuwe gevaren voor voedselveiligheid gekeken moet worden (expert opinie workshop).

Om verspilling te reduceren wordt gewerkt aan verlenging van de houdbaarheid van koelverse producten via nieuwe (pasteurisatie) technieken.

Door investeringen in nieuwe apparatuur (zoals bakstraten) met moderne technieken neemt de efficiëntie van de verwerkende industrie steeds verder toe: meer product uit een eenheid grondstof, hergebruik van water en energiebesparing.

#### **Nieuwe technieken en microbiologische gevaren**

Vanuit microbiologisch oogpunt zal met name de verlenging van de houdbaarheid van invloed kunnen zijn op de veiligheid van koelverse producten. Een langere houdbaarheid zal de kans op uitgroei van pathogenen verhogen (expert opinie WFBR).

### **7.5 Schaalvergroting en intensivering in teelt, bedrijven en keten**

De kostprijs en hoge grondprijs stimuleren om te zoeken naar grotere productie-eenheden en als gevolg hiervan zal de ingezette trend in ontwikkeling van grotere bedrijven met meer hectare aardappelen per bedrijf, grotere machines en bewaareenheden, zich voortzetten (147) (expert opinie workshop).

Er zal naar verwachting meer gewerkt worden volgens 'smart farming': toepassing van precisielandbouw, big data, agrorobotica en ICT neemt toe (expert opinie workshop). Ook het gebruik van o.a. GPS, drones, systemen voor ziekte- en onkruidherkenning neemt toe en leidt tot nauwkeuriger toediening en minder gebruik van pesticiden en dus minder residuen (expert opinie workshop). Ook de mogelijkheden voor de geautomatiseerde informatievastlegging worden steeds groter. De behoefte aan een data business model gericht op betere en eenvoudiger informatie-uitwisseling tussen ketenschakels groeit.

De vraag naar grondstof blijft groot en de teeltintensiteit in Nederland zal hoog blijven wat resulteert in een toenemende aandacht voor de bodem, inclusief bodemgezondheid. Het gebruik van dierlijke mest is voor de akkerbouw financieel interessant, maar wordt gezien als risico op aanwezigheid van residuen van geneesmiddelen en microbiologische gevaren (expert opinie workshop).

#### **Schaalvergroting en microbiologische gevaren**

Schaalvergroting en intensivering zal met name van invloed zijn op de chemische gevaren in de aardappelketen.

De verwachte ontwikkeling op smart farming gebied in combinatie met schaalvergroting zal mogelijk de tracerbaarheid van aardappelproducten in de keten vergroten. Schaalvergroting kan de beheersbaarheid van de keten verhogen en daarmee gevaren verkleinen, tegelijkertijd zullen eventuele gevaren in de keten een groter gevolg hebben (expert opinie WFBR).



## 7.6 Klimaatverandering

Een verandering van klimaat waarbij het weer extremer wordt (zowel natter als droger) leidt tot grotere uitdagingen met betrekking tot ziektebeheersing (Havelaar et al. 2010). En hoge neerslag kan leiden tot overstroming van riolen en rivieren met mogelijke gevaren voor landbouwgrond waaronder aanwezigheid van ziekteverwekkers, drugs en medicatie (expert opinie workshop). De verandering van klimaat zal naar verwachting voor 2025 niet leiden tot tweemaal oogsten (expert opinie workshop).

De wisselende weersomstandigheden beïnvloeden het groeiseizoen en de omvang en kwaliteit van de oogst. In combinatie met groeiende vraag naar grondstoffen leidt dit tot een steeds volatielere markt en hogere prijzen ([www.agrimatie.nl](http://www.agrimatie.nl); laatste update 8 mei 2017). In seizoenen met zeer lage opbrengsten zal de industrie haar grondstofbehoefte moeten afdekken met import uit het landen waar men normaliter geen aardappelen koopt.

### **Klimaatverandering en microbiologische gevaren**

Klimaatverandering wordt gezien als een belangrijke factor die van invloed is op de toekomstige voedselveiligheid\*. Verwachte veranderingen als gevolg van klimaat die gerapporteerd worden in de literatuur omvatten invloed op microbiële ecologie (waaronder ook ziekteverwekkers), handhaving van de koude keten en een hogere luchtvochtigheid welke de productie van mycotoxines beïnvloeden\*.

Extremere weersomstandigheden kunnen ertoe leiden dat tijdens droogteperiodes vaker wordt beregend met oppervlakte- of grondwater. In de aardappelketen is transport een onmisbare schakel: door toenemende filedruk en ver gelegen locaties is (gekoeld) product langer onderweg (expert opinie workshop/WFBR). Daarnaast kan klimaatverandering van invloed zijn op de bodemecologie\*\* en daarmee ook van invloed op micro-organismen aanwezig op de verse aardappelen.

\* Havelaar *et al.*, 2010. Future challenges to microbial food safety. International Journal of Food Microbiology, 2010. 139, Supplement(0): p. S79-S94.

\*\* Castro *et al.*, 2010. Applied and Environmental Microbiology 76-4.

## 8 Conclusies

### *De Nederlandse aardappelketen*

De aardappelteelt en aardappelverwerkende industrie in Nederland is omvangrijk. De aardappelsector in Nederland omvat productie van consumptieaardappelen (tafelaardappelen en aardappelen voor verwerking tot o.a. frites en chips), zetmeelaardappelen en pootaardappelen. Nederland is een grote producent van zetmeel en consumptieaardappelen. Daarnaast importeert Nederland ook zetmeel- en consumptieaardappelen, hoofdzakelijk uit landen binnen de EU. Nederland is met name een exporterend land voor verwerkte aardappelproducten zoals frites, en snacks.

### *Microbiologische gevaren in de (Nederlandse) aardappelketen*

Als gekeken wordt waar microbiologische gevaren voor de mens zich voordoen in de aardappelketen dan worden deze voornamelijk geïntroduceerd tijdens de aardappelteelt door overdracht van pathogenen aanwezig in grond, water en meststoffen op aardappelen. De uiteindelijke overleving of uitgroei van pathogenen aanwezig op verse aardappelen is afhankelijk van de condities in de aardappelbe- en verwerkende industrie en tijdens bereiding van aardappelen in restaurants en foodservice kanalen. Omdat deze producten nog één of meerdere verhittingsstappen ondergaan (blancheren, koken, frituren) vormen met name de sporenvormers hier een gevaar, in het bijzonder *B. cereus* en voor vacuümverpakte aardappelproducten ook *C. botulinum*.

Eventuele andere gevaren die tijdens verdere verwerking geïntroduceerd kunnen worden zijn met name *Salmonella* en ook weer *B. cereus* via toevoeging van besmette kruiden en specerijen. *S. aureus* is regelmatig geassocieerd met uitbraken veroorzaakt door consumptie van verwerkte aardappelproducten. Echter, primaire besmetting wordt hier veroorzaakt door slechte hygiëne en is dus niet direct specifiek gekoppeld aan het aardappelproduct.

### *Uitbraken, notificaties, terugroepacties*

Gerapporteerde ziekte-uitbraken door consumptie van (vermoedelijk) besmette aardappelproducten zijn relatief vaak gekoppeld aan out-of home kanalen of bereiding bij de consument thuis. Er zijn geen terugroepacties voor aardappelproducten in Europa bekend en in de RASFF database is slechts 1 notificatie te vinden door bacteriële contaminatie in de periode 1990-2016.

### *Geschatte attributie Nederlandse ziektelast*

Voor sporenvormers als belangrijkste microbiologisch gevaar in de aardappelketen is de attributie aan de Nederlandse ziektelast geschat. Echter, door gebrek aan gegevens zijn de geschatte incidentie van 261 ziektegevallen en 1 DALY per jaar door consumptie van aardappelen voor *B. cereus* een overschatting en moet als “worst case” scenario gezien worden. Daarbij is 1 DALY een zeer kleine bijdrage aan de in totaal 6543 DALYs die in totaal per jaar aan de consumptie van voedsel worden toegeschreven.

### *Interventiemogelijkheden in de aardappelketen*

De belangrijkste interventies om microbiologische gevaren gekoppeld aan de aardappelketen te minimaliseren liggen op beperken van besmetting tijdens de teelt van aardappelen, beheersing van de verhittingstappen tijdens verwerking, gebruik van pathogeen-vrije additieven, het voorkomen van uitgroei door goede beheersing van de bewaartemperatuur en hygiënisch werken, met name in de out-of-home kanalen.

### *Ontwikkelingen in de aardappelketen en impact op microbiologische gevaren*

Ontwikkelingen die impact kunnen hebben op de microbiologische gevaren in de aardappelketen zijn toe te schrijven aan consumententrends waaronder een toename in consumptie van koelverse aardappelen en van “specialties” zoals gekruide en gemarineerde aardappelproducten. Ook een trend naar langer houdbare, koelverse producten kan de kans op uitgroei van pathogenen verhogen.

## Literatuur

1. **Van Kreijl C, Knaap A.** 2004. Ons eten gemeten: Gezonde voeding en veilig voedsel in Nederland. Bohn Stafleu van Loghum.
2. **NIVAP.** 2016. Kruisingen: 1,5 miljoen zaailingen per jaar. Nederlands Instituut voor de Afzetbevordering van Pootaardappelen.
3. **Lammerts van Bueren ET, van Loon JP.** 2011. De praktijk van kleine kwekers in de aardappelveredeling in Nederland. Louis Bolk Instituut en COGEM (Commissie Genetische Modificatie).
4. **Baltussen WHM, Kornelis M, Galen MAV, Logatcheva K, Horne PLMV, Smit AB, Janssens SRM, Smet Ad, Zelst NF, Immink VM, Oosterkamp EB, Gerbrandy A, Bockel WBv, Pham TML.** 2014. Prijsvorming van voedsel; Ontwikkelingen van prijzen in acht Nederlandse ketens van versproducten. LEI Wageningen UR.
5. **ZPW.** 2005. Zaaizaad- en plantgoedwet 2005.
6. **NAK.** 2011. De keuring van Pootaardappelen. Stichting Nederlandse Algemene Keuringsdienst voor zaaizaad en pootgoed van landbouwgewassen.
7. **Bont de CJAM, A.F. van Gaasbeek, J.H. Jager, G.M.L. Tacken.** 1997. Effecten van de STOPA-regeling voor teelt en afzet van pootaardappelen. Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO).
8. **Avebe.** 2016. Avebe September 2016. Available from: AVEBE U.A. 2016. Jaarverslag 2015/2016.
9. **Terluin IJ, Jager, J.H. , Jongeneel, R.A.** 2014. Convergentie toeslagen eerste pijler GLB in Nederland, 2014-2019. Den Haag : LEI Wageningen UR
10. **Baltussen WHM, Dolman MA, Hoste R, Janssens SRM, Reijs JW, Smit AB.** 2016. Grondstoffefficiëntie in de zuivel-, varkensvlees-, aardappel- en suikerketen. LEI Wageningen UR.
11. **Janssens SRM, Hoste R, Baltussen WHM, Bunte FHJ.** 2012. Handelsrelaties in de aardappel- en varkenssector; de relatie tussen aanbieder en afnemer. LEI-rapport.
12. **Berkhout P, Marcel van Asseldonk, Jan Benninga, Lan Gé, Robert Hoste, Smit B.** 2015. De kracht van het agrocluster. Het belang van de primaire landbouw voor het totale agrocomplex. Wageningen, LEI Wageningen UR (University & Research centre).
13. **CBS.** 2009. Opbrengsten biologische akkerbouw lager dan bij gangbare teelt.
14. **Terluin IJ, Kamphuis, B.M. , Oudendag, D.A. , Leeuwen, M.G.A. van.** 2013. Voedselvoorziening in Nederland onder buitengewone crisismomstandigheden. Den Haag, LEI-rapport 2013-012.
15. **Janssens SRM, A. Netjes en Verdouw C.N.** 2006. Visie op de aardappelkolom. Wetenschapswinkel Wageningen UR.
16. **Carillo P, Cacace D, De Rosa M, De Martino E, Cozzolino C, Nacca F, D'Antonio R, Fuggi A.** 2009. Process optimisation and physicochemical characterisation of potato powder. International Journal of Food Science and Technology **44**:145-151.

17. **Kortbech-Olesen R.** 1994. Dehydrated vegetables: A market to watch in the future. *International Trade Forum* **1**.
18. **EFSA, (BIOHAZ) PoBH.** 2013. Scientific Opinion on the risk posed by pathogens in food of non-animal origin. Part 1 (outbreak data analysis and risk ranking of food/pathogen combinations). EFSA (European Food Safety Authority).
19. **WUR, research) WURCE.** 2016. De aardappelketen in beeld, Agrimatie - informatie over de agrosector.
20. **Brckett R.** 1999. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. *Postharvest Biology and Technology* **15**:305-311.
21. **Doan CH, Davidson PM.** 2000. Microbiology of potatoes and potato products: A review. *Journal of Food Protection* **63**:668-683.
22. **Park S, Szonyi B, Gautam R, Nightingale K, Anciso J, Ivanek R.** 2012. Risk factors for microbial contamination in fruits and vegetables at the preharvest level: A systematic review. *Journal of Food Protection* **75**:2055-2081.
23. **Oliver SP, Jayarao BM, Almeida RA.** 2005. Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment: food safety and public health implications. *Foodborne pathogens and disease* **2**:115-129.
24. **Fremaux B, Prigent-Combaret C, Vernozy-Rozand C.** 2008. Long-term survival of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* in cattle effluents and environment: An updated review. *Veterinary Microbiology* **132**:1-18.
25. **Johannsen A.** 1963. *Clostridium botulinum* in Sweden and the Adjacent Waters. *Journal of Applied Bacteriology* **26**:43-47.
26. **Hoornstra D, Andersson MA, Teplova VV, Mikkola R, Uotila LM, Andersson LC, Roivainen M, Gahmberg CG, Salkinoja-Salonen MS.** 2013. Potato Crop as a Source of Emetic *Bacillus cereus* and Cereulide-Induced Mammalian Cell Toxicity. *Applied and Environmental Microbiology* **79**:3534-3543.
27. **Montuelle B, Beerens H.** 1964. Les bacteries des organes tuberises de divers vegetaux. Etude et evolution. *Ann. Inst. Pasteur Lille* **15**:131-136.
28. **Hayward AC.** 1974. Latent infections by bacteria. *Annual Reviews in Phytopathology* **12**:87-97.
29. **Garbeva P, van Overbeek LS, van Vuurde JW, van Elsas JD.** 2001. Analysis of endophytic bacterial communities of potato by plating and denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) of 16S rDNA based PCR fragments. *Microbial Ecology* **41**:369-383.
30. **Guinebretière MH, Thompson FL, Sorokin A, Normand P, Dawyndt P, Ehling-Schulz M, Svensson B, Sanchis V, Nguyen-The C, Heyndrickx M, De Vos P.** 2008. Ecological diversification in the *Bacillus cereus* Group. *Environmental Microbiology* **10**:851-865.

31. **Chale-Matsau JRB, Snyman HG.** 2006. The survival of pathogens in soil treated with wastewater sludge and in potatoes grown in such soil, p. 163-168, *Water Science and Technology*, vol. 54.
32. **Liao C-H, Honeycutt, C. Wayne , Griffin, Tim S. , Jemison, John M. .** 2003. Occurrence of gastrointestinal pathogens in soil of potato field treated with liquid dairy manure. *Journal of food, agriculture & environment* **1**:224-228.
33. **Forslund A, Ensink JHJ, Battilani A, Kljujev I, Gola S, Raicevic V, Jovanovic Z, Stikic R, Sandei L, Fletcher T, Dalsgaard A.** 2010. Faecal contamination and hygiene aspect associated with the use of treated wastewater and canal water for irrigation of potatoes (*Solanum tuberosum*). *Agricultural Water Management* **98**:440-450.
34. **Selma MV, Allende A, López-Gálvez F, Elizaquível P, Aznar R, Gil MI.** 2007. Potential microbial risk factors related to soil amendments and irrigation water of potato crops. *Journal of Applied Microbiology* **103**:2542-2549.
35. **Franz E, Goot JAvd, Wal FJvd, Döpfer D.** 2009. Verocytotoxine-producerende *E.coli*, risicofactoren en update Nederland. RIKILT Wageningen UR.
36. **Friesema I, Sigmundsdottir G, van der Zwaluw K, Heuvelink A, Schimmer B, de Jager C, Rump B, Briem H, Hardardottir H, Atladottir A, Gudmundsdottir E, van Pelt W.** 2008. An international outbreak of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157 infection due to lettuce, September-October 2007. *Euro surveillance : bulletin européen sur les maladies transmissibles = European communicable disease bulletin* **13**.
37. **Amahmid O, Asmama S, Bouhoum K.** 1999. The effect of waste water reuse in irrigation on the contamination level of food crops by *Giardia* cysts and *Ascaris* eggs. *International Journal of Food Microbiology* **49**:19-26.
38. **Hancock DD, Wikse SE, Lichtenwalner AB, Wescott RB, Gay CC.** 1989. Distribution of bovine cysticercosis in Washington. *American Journal of Veterinary Research* **50**:564-570.
39. **Yoder DR, Ebel ED, Hancock DD, Combs BA.** 1994. Epidemiologic findings from an outbreak of cysticercosis in feedlot cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association* **205**:45-50.
40. **Buttar BS, Nelson ML, Busboom JR, Hancock DD, Walsh DB, Jasmer DP.** 2013. Effect of ensilation of potato on viability of *Taenia hydatigena* eggs. *Experimental Parasitology* **133**:483-486.
41. **Fangio MF, Roura SI, Fritz R.** 2010. Isolation and identification of *Bacillus* spp. and related genera from different starchy foods. *Journal of Food Science* **75**:M218-M221.
42. **Contzen M, Hailer M, Rau J.** 2014. Isolation of *Bacillus cytotoxicus* from various commercial potato products. *International Journal of Food Microbiology* **174**:19-22.
43. **Sugiyama H.** 1982. Botulism hazards from nonprocessed foods. *Food Technology* **36**:113-115.
44. **Morgan GM, Newman C, Palmer SR, Allen JB, Shepherd W, Rampling AM, Warren RE, Gross RJ, Scotland SM, Smith HR.** 1988. First recognized community

- outbreak of haemorrhagic colitis due to verotoxin-producing *Escherichia coli* O 157:H7 in the UK. *Epidemiology and Infection* **101**:83-91.
45. **Griffin PM, Tauxe RV.** 1991. The Epidemiology of Infections Caused by *Escherichia coli* O157: H7, Other Enterohemorrhagic *E. coli* , and the Associated Hemolytic Uremic Syndrome. *Epidemiologic Reviews* **13**:60-98.
  46. **Launders N, Locking ME, Hanson M, Willshaw G, Charlett A, Salmon R, Cowden J, Adak GK.** 2016. A large Great Britain-wide outbreak of STEC O157 phage type 8 linked to handling of raw leeks and potatoes. *Epidemiology and Infection* **144**:171-181.
  47. **Heisick JE, Wagner DE, Nierman ML, Peeler JT.** 1989. *Listeria* spp. found on fresh market produce. *Applied and Environmental Microbiology* **55**:1925-1927.
  48. **de Simón M, Tarragó C, Ferrer MD.** 1992. Incidence of *Listeria monocytogenes* in fresh foods in Barcelona (Spain). *International Journal of Food Microbiology* **16**:153-156.
  49. **Szymczak B, Sawicki W, Bogusławskawas E, Koronkiewicz A, Dabrowski W.** 2011. Occurrence of *L. monocytogenes* in fresh fruits and vegetables from organic farms in west pomeranian region. *Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc/Food. Science Technology. Quality* **18**:67-76.
  50. **Lopez-Velasco G, Davis M, Boyer RR, Williams RC, Ponder MA.** 2010. Alterations of the phylloepiphytic bacterial community associated with interactions of *Escherichia coli* O157:H7 during storage of packaged spinach at refrigeration temperatures. *Food Microbiology* **27**:476-486.
  51. **Bradshaw JE, Ramsay G.** 2009. Chapter 1 - Potato Origin and Production, p. 1-26, *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Academic Press, San Diego.
  52. **Sapers GM, Miller RL.** 1992. Enzymatic Browning Control in Potato with Ascorbic Acid-2-Phosphates. *Journal of Food Science* **57**:1132-1135.
  53. **Laurila EK, Hurme EU, Ahvenainen RT.** 1998. Shelf Life of Sliced Raw Potatoes of Various Cultivar Varieties—Substitution of Bisulfites. *Journal of Food Protection* **61**:1363-1371.
  54. **FDA, Administration) FaD.** 1990. Sulfiting Agents; Withdrawal of Regulation Revoking Gras Status for Use on "Fresh" Potatoes Served or Sold Unpackaged and Unlabeled to Consumers.
  55. **EU.** 2011. COMMISSION REGULATION (EU) No 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives. *Official Journal of the European Union* **L 295/1**.
  56. **EFSA.** 2016. Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food. Scientific Opinion on the re-evaluation of sulfur dioxide (E 220), sodium sulfite (E 221), sodium bisulfite (E 222), sodium metabisulfite (E 223), potassium metabisulfite (E 224), calcium sulfite (E 226), calcium bisulfite (E 227) and potassium bisulfite (E 228) as food

57. **Lund BM.** 1972. Isolation of Pectolytic clostridia from Potatoes. *Journal of Applied Bacteriology* **35**:609-614.
58. **Ghoddusi HB, Sherburn R.** 2010. Preliminary study on the isolation of *Clostridium butyricum* strains from natural sources in the UK and screening the isolates for presence of the type E botulinum toxin gene. *International Journal of Food Microbiology* **142**:202-206.
59. **Weis J, Seeliger HPR.** 1975. Incidence of *Listeria monocytogenes* in Nature. *Applied Microbiology* **30**:29-32.
60. **Dowe MJ, Jackson ED, Mori JG, Bell CR.** 1997. *Listeria monocytogenes* survival in soil and incidence in agricultural soils. *Journal of Food Protection* **60**:1201-1207.
61. **Postollec F, Mathot A-G, Bernard M, Divanac'h M-L, Pavan S, Sohier D.** 2012. Tracking spore-forming bacteria in food: From natural biodiversity to selection by processes. *International Journal of Food Microbiology* **158**:1-8.
62. **Troller J, Scott V.** 1992. Measurement of water activity (aw) and acidity. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods*. Vanderzant, C. and DF Splittstoesser (ed.) American Public Health Association, Washington, DC:135-151.
63. **King NJ, Whyte R, Hudson JA.** 2007. Presence and significance of *Bacillus cereus* in dehydrated potato products. *Journal of Food Protection* **70**:514-520.
64. **Beuchat LR, Komitopoulou E, Beckers H, Betts RP, Bourdichon F, Fanning S, Joosten HM, Kuile BHT.** 2013. Low-Water Activity Foods: Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection* **76**:150-172.
65. **ICMSF.** 1996. *Microorganisms in foods 5: Microbiological specifications of food pathogens*. Chapman & Hall.
66. **Kandhai MC, Reij MW, Gorris LGM, Guillaume-Gentil O, van Schothorst M.** 2004. Occurrence of *Enterobacter sakazakii* in food production environments and households. *The Lancet* **363**:39-40.
67. **Turner NJ, Whyte R, Hudson JA, Kaltovei SL.** 2006. Presence and growth of *Bacillus cereus* in dehydrated potato flakes and hot-held, ready-to-eat potato products purchased in New Zealand. *Journal of Food Protection* **69**:1173-1177.
68. **Jephcott AE, Barton BW, Gilbert RJ, Shearer CW.** 1977. An unusual outbreak of food-poisoning associated with meals on wheels. *The Lancet* **310**:129-130.
69. **Duran AP, Swartzentruber A, Lanier JM, Wentz BA, Schwab AH, Barnard RJ, Read RB.** 1982. Microbiological quality of five potato products obtained at retail markets. *Applied and Environmental Microbiology* **44**:1076-1080.
70. **Kim HU, Goepfert JM.** 1971. Occurrence of *Bacillus cereus* in selected dry food products. *Journal of Milk and Food Technology* **34**:12-15.
71. **Surkiewicz BF, Groomes RJ, Padron AP.** 1967. Bacteriological Survey of the Frozen Prepared Foods Industry: III. Potato Products. *Applied Microbiology* **15**:1324-1331.
72. **Van den Abeele L, Vanassche S, Weltens R, Huybrechts D.** 2015. Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor aardappel-, groente- en fruitverwerkende nijverheid (AGF).



- ‘Vlaams kenniscentrum voor de Beste Beschikbare Technieken en bijhorend Energie en Milieu Informatie Systeem’ (BBT/EMIS) van het Vlaams Gewest.
73. **Torres MDÁ, Parreño WC.** 2009. Chapter 7 - Thermal Processing and Quality Optimization, p. 163-219, *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Academic Press, San Diego.
  74. **Carlin F, Guinebretiere MH, Choma C, Pasqualini R, Braconnier A, Nguyen-The C.** 2000. Spore-forming bacteria in commercial cooked, pasteurised and chilled vegetable purees. *Food Microbiology* **17**:153-165.
  75. **Giannuzzi L, Zaritzky N.** 1990. Effect of sulphur dioxide on microbial growth in refrigerated pre-peeled potatoes packaged in plastic films. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **51**:369-379.
  76. **Gunes G, Splittstoesser DF, Lee CY.** 1997. Microbial Quality of Fresh Potatoes: Effect of Minimal Processing. *Journal of Food Protection* **60**:863-866.
  77. **Barker GC, Malakar PK, Del Torre M, Stecchini ML, Peck MW.** 2005. Probabilistic representation of the exposure of consumers to *Clostridium botulinum* neurotoxin in a minimally processed potato product. *International Journal of Food Microbiology* **100**:345-357.
  78. **Del Torre M, Stecchini ML, Braconnier A, Peck MW.** 2004. Prevalence of *Clostridium* species and behaviour of *Clostridium botulinum* in gnocchi, a REPFED of italian origin. *Int J Food Microbiol* **96**:115-131.
  79. **Notermans S, Dufrenne J, Keijbets MJH.** 1981. Vacuum-Packed Cooked Potatoes: Toxin Production by *Clostridium botulinum* and Shelf Life. *Journal of Food Protection* **44**:572-575.
  80. **Lund BM, Graham AF, George SM.** 1988. Growth and formation of toxin by *Clostridium botulinum* in peeled, inoculated, vacuum-packed potatoes after a double pasteurization and storage at 25°C. *Journal of Applied Bacteriology* **64**:241-246.
  81. **Lund BM.** 1992. Ecosystems in vegetable foods. *Journal of Applied Bacteriology* **73**:115s-126s.
  82. **Sugiyama H, Woodburn M, Yang KH, Movroydis C.** 1981. Production of Botulinum Toxin in Inoculated Pack Studies of Foil-Wrapped Baked Potatoes. *Journal of Food Protection* **44**:896-898.
  83. **Roberts TA, Cordier J-L, Gram L, Tompkin RB, Pitt JI, Gorris LGM, Swanson KMJ.** 2005. Oil- and fat-based foods, p. 480-521. *In* Roberts TA, Cordier JL, Gram L, Tompkin RB, Pitt JI, Gorris LGM, Swanson KMJ (ed.), *Micro-Organisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. Springer US, Boston, MA.
  84. **ICMSF.** 2005. Milk and dairy products. *In* *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. 657-716.
  85. **ICMSF.** 2005. Water. *In* *Microorganisms in Foods 6: Microbial ecology of food commodities*. Springer.

86. **Smeets P, Medema G, Van Dijk J.** 2009. The Dutch secret: how to provide safe drinking water without chlorine in the Netherlands. *Drinking Water Engineering and Science* **2**:1-14.
87. **ICMSF.** 2005. Oil- and fat-based foods. In *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. Springer.
88. **Van Gerwen SJC, de Wit JC, Notermans S, Zwietering MH.** 1997. An identification procedure for foodborne microbial hazards. *International Journal of Food Microbiology* **38**:1-15.
89. **Moyano PC, Rioseco VK, González PA.** 2002. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated french fries. *Journal of Food Engineering* **54**:249-255.
90. **Manani TA, Collison EK, Mpuchane S.** 2006. Microflora of minimally processed frozen vegetables sold in Gaborone, Botswana. *Journal of Food Protection* **69**:2581-2586.
91. **FAO/WHO.** 2014. Summary Report: The joints FAO/WHO expert meeting on microbiological hazards in spices and dried aromatic herbs.
92. **CDC.** 2017. Foodborne Outbreak Online Database (FOOD Tool) Centre for Disease Control and Prevention.
93. **Friesema IHM, Tijtsma ASL, Wit B, Van Pelt W.** 2015. Registratie voedselinfecties en -vergiftigingen in Nederland, 2014. RIVM.
94. **CDC.** 2016. Surveillance for Foodborne Disease Outbreaks United States 2014. Centers for Disease Control and Prevention.
95. **Noda M, Fukuda S, Nishio O.** 2008. Statistical analysis of attack rate in norovirus foodborne outbreaks. *International Journal of Food Microbiology* **122**:216-220.
96. **Harmon SM, Kautter DA.** 1991. Incidence and growth potential of *Bacillus cereus* in ready-to-serve foods. *Journal of Food Protection* **54**:372-374.
97. **Mossel DAA, Koopman MJ, Jongerius E.** 1967. Enumeration of *Bacillus cereus* in Foods. *Applied Microbiology* **15**:650-653.
98. **Tamminga SK, Beumer RR, Keijbets MJH, Kampelmacher EH.** 1978. Microbial spoilage and development of food poisoning bacteria in peeled, completely or partly cooked vacuum-packed potatoes. *Archiv fur Lebensmittelhygiene* **29**:215-219.
99. **Del Torre M, Della Corte M, Stecchini ML.** 2001. Prevalence and behaviour of *Bacillus cereus* in a REPFED of Italian origin. *International Journal of Food Microbiology* **63**:199-207.
100. **Rajkovic A, Uyttendaele M, Courtens T, Heyndrickx M, Debevere J.** 2006. Prevalence and characterisation of *Bacillus cereus* in vacuum packed potato puree. *International Journal of Food Science and Technology* **41**:878-884.
101. **CDC.** 1994. MMWR Summary of Notifiable Diseases, United States, 1993
102. **de Boer E.** 1996. Botulisme gerelateerd aan een aardappelproduct. *Nieuwsbrief VoedselVeiligheid* **1**:4.

103. **Seals JE, Snyder JD, Edell TA, Hatheway CL, Johnson CJ, Swanson RC, Hughes JM.** 1981. Restaurant-associated type A botulism: transmission by potato salad. *American Journal of Epidemiology* **113**:436-444.
104. **Bhutani M, Ralph E, Sharpe MD.** 2005. Acute paralysis following "a bad potato": A case of botulism. *Canadian Journal of Anesthesia* **52**:433-436.
105. **Angulo FJ, Getz J, Taylor JP, Hendricks KA, Hatheway CL, Barth SS, Solomon HM, Larson AE, Johnson EA, Nickey LN, Ries AA.** 1998. A Large Outbreak of Botulism: The Hazardous Baked Potato. *Journal of Infectious Diseases* **178**:172-177.
106. **CDC.** 1996. 1996 Foodborne Disease Outbreak Line Listing.
107. **Schmid D, Rademacher C, Kanitz EE, Frenzel E, Simons E, Allerberger F, Ehling-Schulz M.** 2016. Elucidation of enterotoxigenic *Bacillus cereus* outbreaks in Austria by complementary epidemiological and microbiological investigations, 2013. *International Journal of Food Microbiology* **232**:80-86.
108. **Lehmacher A, Bockemühl J, Aleksic S.** 1995. Nationwide outbreak of human salmonellosis in Germany due to contaminated paprika and paprika-powdered potato chips. *Epidemiology and Infection* **115**:501-511.
109. **Lee VJ, Ong AES, Auw M.** 2009. An outbreak of salmonella gastrointestinal illness in a military camp. *Annals of the Academy of Medicine Singapore* **38**:207-211.
110. **Jørgensen HJ, Mathisen T, Løvseth A, Omoe K, Qvale KS, Loncarevic S.** 2005. An outbreak of staphylococcal food poisoning caused by enterotoxin H in mashed potato made with raw milk. *FEMS Microbiology Letters* **252**:267-272.
111. **Abbott SL, Moler S, Green N, Tran RK, Wainwright K, Janda JM.** 2011. Clinical and laboratory diagnostic characteristics and cytotoxigenic potential of *Hafnia alvei* and *Hafnia paralvei* strains. *Journal of clinical microbiology* **49**:3122-3126.
112. **Janda JM, Abbott SL.** 2006. The genus *Hafnia*: from soup to nuts. *Clinical microbiology reviews* **19**:12-18.
113. **CDC.** 2015. Notes from the Field: Large Outbreak of Botulism Associated with a Church Potluck Meal — Ohio, 2015. CDC (Centers for Disease Control and Prevention).
114. **Heaton JC, Jones K.** 2008. Microbial contamination of fruit and vegetables and the behaviour of enteropathogens in the phyllosphere: A review. *Journal of Applied Microbiology* **104**:613-626.
115. **CDC.** 1995. 1995 Foodborne Disease Outbreak Line Listing.
116. **WHO/FAO.** 2004. Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods : technical report. *Microbiological risk assessment series* **5**:1-307.
117. **Juneja VK, Martin ST, Sapers GM.** 1998. Control of *Listeria monocytogenes* in vacuum-packaged pre-peeled potatoes. *Journal of Food Science* **63**:911-914.
118. **Liao C-H, Sapers GM.** 1999. Influence of Soft Rot Bacteria on Growth of *Listeria monocytogenes* on Potato Tuber Slices. *Journal of Food Protection* **62**:343-348.

119. **Wijman JGE, de Leeuw PPLA, Moezelaar R, Zwietering MH, Abec T.** 2007. Air-Liquid Interface Biofilms of *Bacillus cereus*: Formation, Sporulation, and Dispersion. *Applied and Environmental Microbiology* **73**:1481-1488.
120. **Lowy FD.** 1998. *Staphylococcus aureus* Infections. *New England Journal of Medicine* **339**:520-532.
121. **Havelaar AH, Galindo AV, Kurowicka D, Cooke RM.** 2008. Attribution of foodborne pathogens using structured expert elicitation. *Foodborne Pathogens and Disease* **5**:649-659.
122. **Van Rossum C, Fransen H, Verkaik-Kloosterman J, Buurma-Rethans E, Ocké M.** 2011. Dutch National Food Consumption Survey 2007-2010. Diet of children and adults aged 7 to 69 years.
123. **Bouwknegt M, Mangen M, Friesema I, Van Pelt W, Havelaar A.** 2014. Disease burden of food-related pathogens in the Netherlands, 2012. RIVM Letter Report 2014-0069
124. **Beuchat LR.** 2006. Vectors and conditions for preharvest contamination of fruits and vegetables with pathogens capable of causing enteric diseases. *British Food Journal* **108**:38-53.
125. **Nicholson FA, Hutchison ML, Smith KA, Keevil CW, Chambers BJ, Moore A.** 2000. A study on farm manure applications to agricultural land and an assessment of the risks of pathogen transfer into the food chain. A report to the Ministry of Agricultural Fisheries and Food, January 2000, p. xvii + 194 pp. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF), London.
126. **Hanning IB, Nutt J, Ricke SC.** 2009. Salmonellosis outbreaks in the United States due to fresh produce: sources and potential intervention measures. *Foodborne pathogens and disease* **6**:635-648.
127. **VAVI.** 2016. Handboek Voedselveiligheid certificaat aardappelen verwerkende industrie-Teelt en Bewaar-seizoen 2016/2017. Vereniging voor de Aardappel verwerkende industrie
128. **FDA.** 1998. Guidance for Industry. Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards For Fresh Fruits And Vegetables.
129. **Goodburn C, Wallace CA.** 2013. The microbiological efficacy of decontamination methodologies for fresh produce: A review. *Food Control* **32**:418-427.
130. **Van Haute S, Sampers I, Holvoet K, Uyttendaele M.** 2013. Physicochemical quality and chemical safety of chlorine as a reconditioning agent and wash water disinfectant for fresh-cut lettuce washing. *Applied and Environmental Microbiology* **79**:2850-2861.
131. **Carlin F, Peck MW.** 1996. Growth of and toxin production by nonproteolytic *Clostridium botulinum* in cooked pureed vegetables at refrigeration temperatures. *Applied and Environmental Microbiology* **62**:3069-3072.
132. **Huang L.** 2015. Growth of *Staphylococcus aureus* in Cooked Potato and Potato Salad--A One-Step Kinetic Analysis. *Journal of Food Science* **80**:M2837-M2844.

133. **Gil MI, Selma MV.** 2005. Overview of Hazards in Fresh-Cut Produce Production: Control and Management of Food Safety Hazards, p. 155-219, Medical Care of the Liver Transplant Patient, Third Edition.
134. **Samapundo S, Everaert H, Wandutu JN, Rajkovic A, Uyttendaele M, Devlieghere F.** 2011. The influence of headspace and dissolved oxygen level on growth and haemolytic BL enterotoxin production of a psychrotolerant *Bacillus weihenstephanensis* isolate on potato based ready-to-eat food products. *Food Microbiology* **28**:298-304.
135. **Dodds KL.** 1989. Combined effect of water activity and pH on inhibition of toxin production by *Clostridium botulinum* in cooked, vacuum-packed potatoes. *Applied and Environmental Microbiology* **55**:656-660.
136. **Solomon HM, Rhodehamel EJ, Kautter DA.** 1998. Growth and toxin production by *Clostridium botulinum* on sliced raw potatoes in a modified atmosphere with and without sulfite. *Journal of Food Protection* **61**:126-128.
137. **Peck MW.** 2006. *Clostridium botulinum* and the safety of minimally heated, chilled foods: An emerging issue? *Journal of Applied Microbiology* **101**:556-570.
138. **Thomas LV, Ingram RE, Bevis HE, Davies EA, Milne CF, Delves-Broughton J.** 2002. Effective use of nisin to control *Bacillus* and *Clostridium* spoilage of a pasteurized mashed potato product. *Journal of Food Protection* **65**:1580-1585.
139. **ICMSF.** 2005. Vegetables and vegetable products. In Swanson KM (ed.), *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*, International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF).
140. **Mossel DAA, Jansen JT, Struijk CB.** 1999. Microbiological safety assurance applied to smaller catering operations world-wide.: From angst through ardour to assistance and achievement – the facts<sup>1</sup>. *Food Control* **10**:195-211.
141. **Verbeek J.** 2017. Fritesfabrikant Aviko gaat miljoenen investeren in extra capaciteit, *Financieel Dagblad*
142. **Anoniem** 11 November 2016 2016, posting date. Investering 120 miljoen: LambWeston/Meijer verdubbelt capaciteit. *Redactie Boerenbusiness*. [Online.]
143. **Janssens SRM, Hoste R, Baltussen WHM, Bunte FHJ.** Handelsrelaties in de aardappel- en varkenssector; De relatie tussen aanbieder en afnemer 422641.
144. **Boonekamp P, Haverkort A, Hutten R, Jakobsen E, Lotz B, Kessel G, Visser R, Vossen Evd.** 2008. Duurzame resistentie tegen Phytophthora in aardappel door cisgene merkervrije modificatie (DuRPh). In *Plant Research International WU* (ed.).
145. **Engwerda J** 2017, posting date. VS laat phytophthora-resistente GMO aardappel toe. [Online.]
146. **Logatcheva K, Van den Puttelaar J.** 2015. Monitor Duurzaam Voedsel 2015. Consumentenbestedingen. Wageningen Economic Research, onderdeel van Wageningen University and Research.
147. **Berkhout PB, T.; Baltussen, W.H.M.; Blokland, P.W.; Bondt, N.; Bont, C.J.A.M. de; Helming, J.F.M.; Hietbrink, O.; Horne, P.L.M. van; Janssens, S.R.M.; Knijff,**

- A. van der; Leeuwen, M.G.A. van; Linderhof, V.G.M.; Smit, A.B.; Solano, G.; Tabeau, A.A. .** 2011. In perspectief; Over de toekomst van de Nederlandse agrosector. LEI onderdeel van Wageningen University and Research.
148. **Foods) AACotMSo.** 1992. Report on Vacuum Packaging and Associated. London: Her Majesty's Stationery Office.
149. **Foods) AACotMSo.** 1995. Annual Report 1995. London: Her Majesty's Stationery Office.
150. **Graham AF, Mason DR, Maxwell FJ, Peck MW.** 1997. Effect of pH and NaCl on growth from spores of non-proteolytic *Clostridium botulinum* at chill temperature. Lett Appl Microbiol **24**:95-100.
151. **Federation) EECF.** 2006. Recommendations for the production of prepackaged chilled food.

## **Dankbetuiging**

Wij willen de experts die aan de workshops hebben deelgenomen bedanken voor hun bijdrage.

Jan Broeze en Jacqueline Berghout willen wij bedanken voor hun bijdrage aan de beschrijving van de aardappelketen en becommentariëren van delen van dit rapport.

Eveneens bedanken we Rob de Jonge van het RIVM, voor het becommentariëren van het rapport.

## Bijlage 1

Tabel 24: Selectie van microbiologische gevaren die een gevaar vormen voor vacuüm verpakte, gekookte aardappelen. De toegepaste selectiecriteria zijn op basis van de drie type kennisregels (zie tekst voor uitleg). Bron: (88).

Grove gevarenanalyse	Gedetailleerde gevarenanalyse*	Selectiecriteria			
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 1, 2 en 3
<i>Clostridium botulinum</i> type A	<i>Aeromonas</i> spp.			X	
	<i>Alcaligenes</i> spp.		X		
	<i>Bacillus</i> spp.	X	X		
	<i>Bacillus anthracis</i>	X		X	
	<b><i>Bacillus cereus</i></b>	X	X	X	X
	<i>Chromobacterium</i> spp.		X		
	<i>Clostridium</i> spp.	X	X		
	<i>Clostridium botulinum</i> type A	X	X		
	<i>Clostridium botulinum</i> type B	X	X		
	<b><i>Clostridium botulinum</i> type E</b>	X	X	X	X
	<b><i>Clostridium botulinum</i> type F</b>	X	X	X	X
	<i>Clostridium perfringens</i>	X	X		
	<i>Corynebacterium</i> spp.		X		
	<i>Enterococcus</i> spp.		X		
	<i>Escherichia coli</i>		X	X	
	<i>Flavobacterium</i> spp.		X		
	<i>Fusarium</i> spp.		X		
	<i>Klebsiella</i> spp.				
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>				
	<i>Listeria monocytogenes</i>		X	X	
	<i>Nocardia</i> spp.		X		
	<i>Pasteurella multocida</i>		X		
	<i>Plesiomonas shigelloides</i>				
	<i>Pseudomonas</i> spp.		X		
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>			X	
	<i>Pseudomonas pseudomallei</i>				
	<i>Salmonella</i> spp.		X	X	
	<i>Serratia</i> spp.		X		
	<i>Shigella</i> spp.		X	X	
	<i>Staphylococcus</i> spp.		X	X	
<i>Streptococcus</i> spp.		X			
<i>Vibrio cholerae</i>					
<i>Yersinia enterocolitica</i>		X	X		

\* In vetgedrukt lettertype staan pathogenen aangegeven die na toepassing van de 3 selectiecriteria op de shortlist staan.



## Bijlage 2

Recommended procedures to ensure the safety of minimally heated, chilled foods with respect to nonproteolytic *Clostridium botulinum* [Bron: (137), based on ACMSF (Advisory Committee on the Microbiological Safety of Foods) reports (148, 149)].

Storage at  $< 3.0^{\circ}\text{C}$ \*

Storage at  $\leq 5^{\circ}\text{C}$  and a shelf life of  $\leq 10$  days

Storage at  $5\text{--}10^{\circ}\text{C}$  and a shelf life of  $\leq 5$  days

Storage at chill temperature\*\* ( $8^{\circ}\text{C}$ ) combined with heat treatment of  $90^{\circ}\text{C}$  for 10 min or equivalent lethality (e.g.  $70^{\circ}\text{C}$  for 1675 min,  $75^{\circ}\text{C}$  for 464 min,  $80^{\circ}\text{C}$  for 129 min,  $85^{\circ}\text{C}$  for 36 min)\*\*\*

Storage at chill temperature combined with  $\leq \text{pH } 5.0$  throughout the food

Storage at chill temperature combined with a salt concentration  $\geq 3.5\%$  throughout the food

Storage at chill temperature combined with  $\leq a_w 0.97$  throughout the food

Storage at chill temperature combined with combinations of heat treatment and other preservative factors, which can be shown consistently to prevent the growth and toxin production by *Cl. botulinum*.

\*Originally  $3.3^{\circ}\text{C}$  but growth has now been demonstrated at  $3.0^{\circ}\text{C}$  (150).

\*\*Chill temperature is specified as  $8^{\circ}\text{C}$  in the United Kingdom.

\*\*\*Alternative heat treatments of  $80^{\circ}\text{C}$  for 270 min,  $85^{\circ}\text{C}$  for 52 min are recommended by the European Chilled Food Federation (151).

### Bijlage 3

Attributie microbiologische gevaren via de aardappelketen aan de Nederlandse ziektelast per jaar. (Berekeningen uitgevoerd en aangeleverd door RIVM)

	Produce item	gr/day	consumption fraction						
Consumption data (VCP 7-69 jaar)	legumes	2.8	0.9						
	vegetables	120.9	38.0						
	fruit	102.5	32.2						
	potatoes	92.2	29.0						
	total	318.4							
	total	produce, incl. potatoes	potatoes	total	produce, incl. potatoes	potatoes	total	produce, incl. potatoes	potatoes
Strain/toxin	B. cereus	B. cereus	B. cereus	Cl. perfringens	Cl. perfringens	Cl. perfringens	Cl. botulinum	Cl. botulinum	Cl. botulinum
Incidence	45001	900	261	153533	10594	3068	?	?	?
DALY	102	2	1	487	34	10	?	?	?
	Incidence	DALY							
total for food	703302	6543							
total for produce	39871	368							
total for fruit and vegetables	28325	261							
total for potatoes (Bouwknegt et al 2014)	11546	107							

**Assumptions and limitations:**

- \* every produce item (legume, vegetable, fruit, potato) has the same probability of being contaminated with any of the 14 relevant foodborne pathogens.
- \* The effects of different types of processing, food preparation and storage conditions of items are not considered.
- \* Incidence (number of cases) is based on expert opinion (Havelaar et al, 2008)
- \* in case of potatoes, only sporeforming species are relevant (literature)

Consequently, the level of exposure to most pathogens via potatoes is most probably over-estimated because most of the incidences are most likely linked to the consumption of raw items (like sprouting seeds, leafy greens). This is illustrated by the number of cases of Toxoplasma and Campylobacter, both higher than B. cereus and Cl perfringens (not shown), two types of pathogens not identified as hazards in potatoes or potato products. The results presented are a kind of worst-case scenario.