

Mikrobiologiska faror i grönsakskedjan under primärproduktion

Beatrix Alsanus

Biosystem och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2014:12

ISBN 978-91-87117-73-2

Alnarp 2014

Landskapsarkitektur, Trädgård, Växtproduktionsvetenskap –
Rapportserie
Rapport 2014:12

Författarens namn och adress: Beatrix W. Alsanius, SLU, Institutionen för
Biosystem och Teknologi, Enhet Hortikulturell Mikrobiologi, Box 103, SE-
230 53 Alnarp; Email: beatrix.alsanius@slu.se; URL: www.slu.se

Titelsida: Illustration och samtliga foto: Beatrix Alsanius

© Beatrix Alsanius
Tryckort: Repro Alnarp

ISBN: 978-91-87117-73-2



LANDSKAPSARKITEKTUR
TRÄDGÅRD VÄXTPRODUKTIONSVETENSKAP
Rapportserie

Mikrobiologiska faror i grönsakskedjan under primärproduktion

Beatrix Alsanus

Biosystem och Teknologi

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Rapport 2014:12

ISBN 978-91-87117-73-2

Alnarp 2014

Innehåll

Sammanfattning	5
Summary	6
1 Förord.....	7
2 Humanpatogener på frukt och grönsaker	12
2.1 Tarmsmittor relaterade till frukt och grönsaker	12
2.1.1 Bakterier.....	12
2.1.2 Tarmvirus.....	15
2.1.3 Protozoa	16
2.2 Överlevnaden på växten.....	16
2.3 Överlevnaden i växten	18
3 Källor för kontaminering	20
3.1 Personalens hygien och hälsa.....	21
3.1.1 Mikrobiologiska faktorer	22
3.1.2 Kulturbetingade faktorer.....	24
3.1.3 Ekonomiska faktorer	25
3.1.4 Insikt och handlande	26
3.2 Mark och odlingssubstrat.....	28
3.2.1 Mark.....	28
3.2.2 Odlingssubstrat	30
3.3 Gödsel och gödsling.....	32
3.3.1 Gödselform och gödslingssätt.....	33
3.3.2 Gödselspridning	33
3.3.3 Organiska gödselmedel.....	35
3.3.4 Samspel mellan tarmsmittor och organiska gödselmedel	36
3.4 Vatten.....	39
3.4.1 Vatten i primärproduktion.....	40
3.4.2 Åtgärder	43
3.5 Sjukdomsalstrare och skadegörare.....	48
3.6 Hantering och skörd.....	49
4 Produktionsinriktning (ekologisk vs konventionell/ integrerad odling)	50
4.1 Mikroorganismer på ekologiskt odlade grönsaker	51
4.2 Särskilda spridningsvägar i ekologiskt odlade grönsakskulturer och begränsande strategier.....	52
4.2.1 Växtföljd	52
4.2.2 Gödsel och komposter.....	53
4.2.3 Förekomst djur i odlingsystemet	56

5 Ledarskap.....	57
6 God odlingsсед.....	57
7 Diskussion.....	60
8 Referenser	63

Sammanfattning

Under de senaste åren har utbrott av magsjukor relaterade till frukt och grönsaker ökat globalt. Kontaminering kan ske i hela det komplexa produktionsnätverket. Då många frukter och grönsaker konsumeras direkt, d.v.s. rå utan uppvärmningssteg och kontaminering som skett i ett tidigare i produktionskedjan inte kan tvunget kan åtgärdas i ett senare skede, är förebyggande åtgärder under primärproduktionen väsentliga.

Föreliggande litteratursammanställning är ett led i att säkra hygien under primärproduktion av frukt och grönsaker och har delfinansierats av Jordbruksverket inom ramen för stöd till insatser på livsmedelsområdet (Diarienummer 19-666/12). Avsikten med denna skrift är

- att beskriva sambandet mellan odlingsresurser samt –åtgärder och mikrobiologiska faror under primärproduktion utifrån vetenskaplig litteratur
- att identifiera kritiska moment samt
- att identifiera kunskapsluckor.

Sammanställningen väljer en dubbel ansats då den å ena sidan utgår ifrån mikrobiologiska faror (bakterier, virus, protozoa) av betydelse för primära produktionssystem för frukt, bär och grönsaker (inkl. örter och groddar) och å andra sidan belyser växten som ett habitat för mikroorganismer. Det är mikrobiologiska faror som står i första rummet när enskilda odlingsresurser (personal, mark/odlingssubstrat, organiskt gödsel, vatten), åtgärder (hygien, gödslning, bevattning, kulturens hälsostatus/växtskydd) och odlingssätt presenteras. I och med att rapporten är skriven för en bred målgrupp över hela produktionsnätverket för frukt och grönt (inkl. distribution och handel), har det getts ett större utrymme åt vissa grundläggande odlingsresurser och –åtgärder.

Nyckelord: frukt, friland, grönsaker, internalisering, livsmedelshygien, odling, primärproduktion, tarmsmitta, trädgårdskulturer, växtens mikrobiologi, växthus

Summary

During recent years, outbreak of food illnesses related to fruit and vegetables have globally increased. Contamination may occur during the entire production network and hazards at an earlier stage may not necessarily be counteracted at a later stage of the farm-to-fork chain. As many fruit and vegetables are consumed directly without heating, it is necessary to take preventive actions during pre-harvest.

This literature study deals with pre-harvest measures to ensure microbially safe fruit and vegetables and has partly been funded by the Swedish Board of Agriculture within the framework of support to initiatives within food production (Dnr 19-666/12). Its objective is

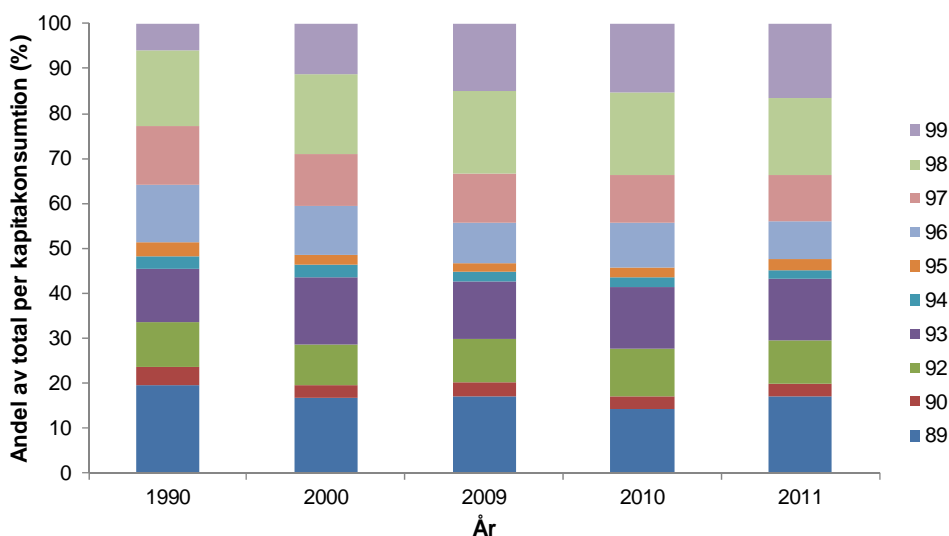
- to describe interactions between resources and measures within the cropping system and microbial risks during pre-harvest from a scientific perspective
- to identify critical points and
- to identify knowledge gaps.

It uses a bi-angular approach and initially describes microbiological risks (bacteria, virus, protozoa) of importance for fruit and vegetable cropping systems (incl. herbs, sprouts and sprouted shoots) as well as plants as a microbial habitat. Individual resources (staff, soil/growing medium, organic manure, water), cultural management (hygiene, fertilization, irrigation, crop health/plant diseases) and approaches are displayed in the light of microbial risks. In this context, leadership committed to safe fruit and vegetable products is essential. As the report is written for a broad spectrum of readers along the production network for fruit and vegetables –from production to trade and distribution -, more space has been given to some basic, but decisive resources and cultural management practices.

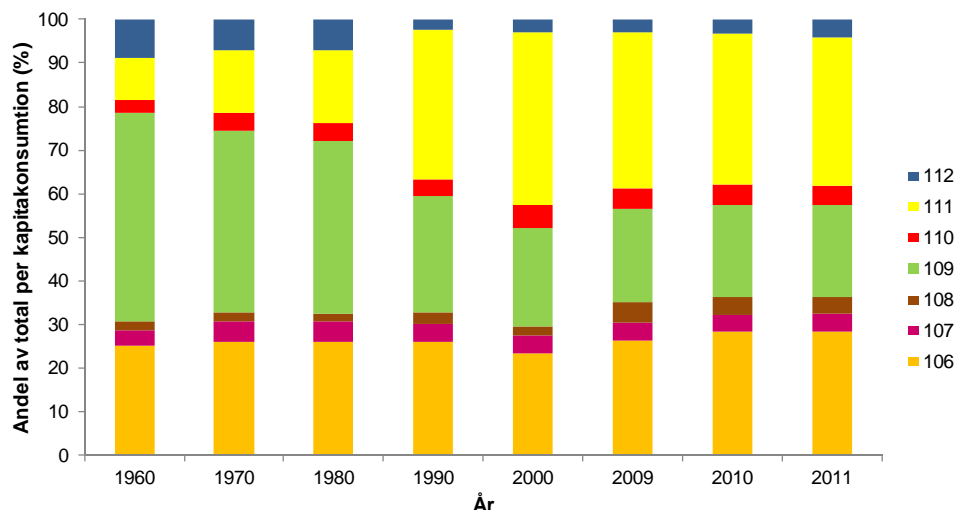
Keywords: crop production, enteric bacteria, fruit, field cropping systems, food safety, greenhouse, horticulture, internalization, plant-microbe interactions, pre-harvest, vegetables

1 Förord

Frukt och grönsaker är viktiga ingredienser för en hälsosam kost och en hälsosam livsstil. Vegetabiliska födoämnen innehåller fiber, mineraler, vitaminer och andra bioaktiva ämnen. Många studier undersöker effekten av frukt och grönsaker på förekomsten av några av våra stora folksjukdomar (25, 67, 105, 130, 143, 159), såsom övervikt och diabetes (91), hjärt-kärlsjukdomar (27, 67) samt vissa cancerformer (12, 67, 144). Dietister och företrädare för hälsosektorn rekommenderar en ökad konsumtion av frukt och grönsaker. Konsumtionen av grönsaker har ökat avsevärt. I USA ökade, exempelvis under åren 1970-2007 den årliga per capita-konsumtionen av grönsaker med 68% från 49 till 82 kg och av frukt med 19 % från 38.2 till 45.5 kg. Enligt Jordbruksverkets statistik har konsumtionen av färska grönsaker i Sverige nästan tredubblats under åren 1960 till 2011 (14.3 kg/capita och år till 46.8 kg/capita och år). Konsumtion av färska frukter och bär förändrades mindre drastiskt under samma period (1960: 52.3 kg/capita och år; 2011: 66.4 kg/capita och år) (80). Konsumtion av frysta bär ökar stadigt och utgjorde 2011 drygt 40 % av den totala per capita konsumtionen (80). Fördelningen mellan grönsaker respektive frukt- och bärslagen visas i figur 1 respektive 2. Värdet av en ökad konsumtion av vegetabilier är inte bara en folkhälsoaspekt utan rekommenderas också av miljöskäl (116).



Figur 1. Andel av olika färska grönsaker (morötter, 89; övriga rotfrukter, 90; gurkor, 92; lök, 93; purjölök, 94; blomkål, 95; vitkål, rödkål, brysselkål, grönkål och broccoli, 96; sallad, 97; tomat, 98; övriga färska köksväxter, 99) av den totala konsumtionen per capita och år (baserad på Jordbruksverkets statistik (80)).



Figur 2. Andel av olika färska frukt- och bärslag (apelsiner, citroner och övriga citrusfrukter, 106; vindruvor, 107; mandel och nötter, färska eller beredda, 108; äpple och päron, 109; körsbär, persikor, plommon och liknande stenfrukter, 110; bananer, meloner och övriga färska frukter, 111; jordgubbar, hallon, svarta vinbär, blåbär, lingon och andra färska bär, 112) av den totala konsumtionen per kapita och år (baserad på Jordbruksverkets statistik (80)).

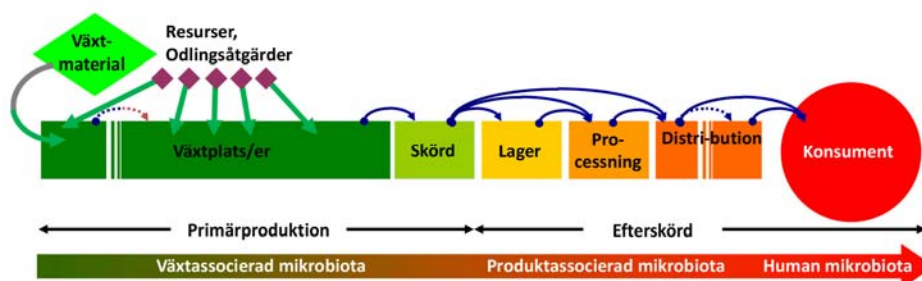
Tyvär är just dessa produkter, som vi förknippar med en sund livsstil, under senare tid satts i samband med markanta utbrott av magsjukor. Fram till 2004 klassade Livsmedelsverket risken för till exempel *Salmonella*-utbrott relaterade till svenskproducerad frukt och grönsaker som ringa (119), även om samma svensk studie visade på ett samband för importerade frukt och grönsaker och även amerikansk statistik vid det tillfället såg samband mellan utbrott av magsjuka och olika frukter och grönsaker samt vidareförädlade vegetabiliska produkter (142). Utbrott relaterade till frukt och grönsaker har blivit allt vanligare enligt Smittskyddsinstitutet (72). Frågan aktualiserades i samtliga led av produktionskedjan hösten 2005 då svenskt odlad isbergsallad sattes i samband med ett EHEC-utbrott i Halland. Trots alla dessa utbrott har risken för utbrott inte tagits på sådant allvar i primärproduktion eller efterskörd och distribution, relaterade organisationer eller myndigheter att det lett till en grundläggande attitydförändringar eller åtgärder på vetenskaplig grund. Det stora EHEC utbrottet i Tyskland i maj/juni 2011 har varit en väckarklocka i branschens alla delar, samt hos konsumenterna.

Hur kommer det sig att tarmsmittor sprids i ökande omfattning med frukt och grönsaker? Tauxe et al. (150) besvarar denna fråga genom fem huvudsakliga anledningar:

- 1) Ändringar i tillverkningsindustrin, inkl. intensifiering och centralisering av produktionen

- 2) Ändrade matvanor, inkl. ökad direktkonsumtion av frukt och grönt eller konsumtion efter minimal tillredning
- 3) Demografiska förändringar och ökat antal individer i riskzonen
 - a. Äldre personer
 - b. Personer med nedsatt immunförsvar
- 4) Ökad epidemiologisk övervakning
- 5) Ökad förekomst av patogener med låg infektiös dos

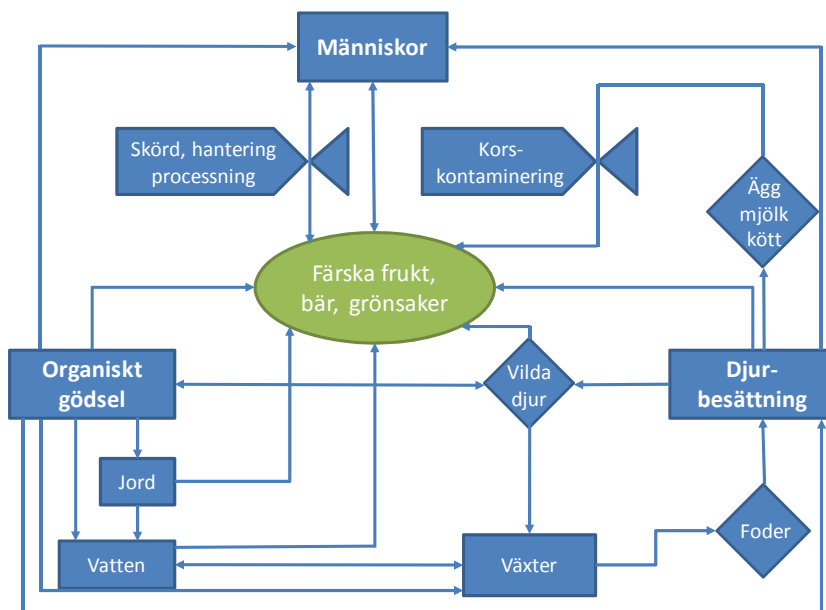
I figur 3 presenteras den hortikulturella värdekedjan. Alla olika steg kan försiggå på en och samma plats, i ett företag; men det vanliga är att kedjan är sammansatt av många olika – i bästa fall regionala, men oftast globala – aktörer. Detta är inte bara ett resultat av allt större specialisering inom företagen utan också en konsekvens av årstidsberoende konsumtionsmönster.



Figur 3. Den hortikulturella värdekedjan från jord till bord (illustration: B. Alsanius)

Föreliggande skrift beskriver spridningsvägar av tarmsmittor vid odling av hortikulturella kulturer. Produkten – frukt eller grönsaker som förtärs rå - är i detta sammanhang dock inte orsak utan bara en vektor för spridning av smittan. De flesta tarmsmittorna klassas inte ens som växtassocierade i klassisk bemärkelse. I grund och botten är spridning av tarmsmittor via frukt och grönsaker ett resultat av ett större kretslopp som omfattar både djurhållning, växtproduktion och människan. Flöden mellan olika poolar vid produktion av frukt och grönsaker presenteras i figur 4.

Hortikulturella värdekedjor är mångfacetterade. Det är omöjligt att täcka samtliga produktionssystem. Därför har jag i samråd med referensgruppen begränsat mig till sådana växtslag och produkter som ofta förekommer i statistiken, nämligen groddar och skott (alfalfa, böngroddar, vitlöksgroddar, rädisgroddar, ärtskott, solrosskott), bladgrönt (ruccola, babyspenat, mangold, babysallat, maché), sallat, samt örter (persilja, dill, gräslök). I skriftens generella huvuddel om humanpatogener som sprids med grönsaker och källor för kontaminering och åtgärder åtföljs av kulturspecifika sammanfattningar.



Figur 4. Poolar, flöden och smittvägar vid produktion av frukt och grönsaker (enligt Beuchat (22) och Köpke et al. (86), modifierad). Grafiken återges från *Handbook of organic food safety and quality*, J. Cooper, U. Niggli, C. Leifert (eds), kapitel 19 "Pre-harvest strategies to ensure the microbiological safety of fruit and vegetables from manure-based production systems" (U. Köpke, J. Krämer, C. Leifert), fig. 19.1, s. 415 (2007) med tillstånd av copyright-innehavaren Elsevier Limited, Oxford.

Sammanställningen riktar sig till en mycket bred målgrupp med varierande insikter i primärproduktion av frukt och grönsaker. Den kan därför uppfattas styckevis av vissa läsare för basal. Detta har jag försökt kompensera genom att före och efter varje stycke inom primärproduktion foga in avsnittet "i korthet" och "frågor kring kritiska moment". Definitioner till återkommande facktermer ges på sammanställningens första sidor.

Det finns många vetenskapliga skrifter i ämnet. Jag anser att det är viktigt att läsaren har möjlighet att söka upp dessa undersökningar. För att bibehålla en någorlunda lättläst text, har jag valt att referera till dessa skrifter genom siffror (i parantes), i stället för att uppge författarnas namn och årtal i löpande text.

Föreliggande rapport har sammanställts delfinansierad av Jordbruksverket inom ramen för stöd till insatser på livsmedelsområdet (Diariumnummer 19-666/12). Parallellt med denna rapport sammanställdes även skriften "Hygien och

bevattning”¹ som togs fram inom ramen av projektet ”Vatten som smittkälla till djur och människor” på Statens veterinärmedicinska anstalt, finansierat av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (projektledare: Kaisa Sörén). Dessa två rapporter som riktar sig till olika målgrupper berör samma problematik och har på så sätt gemensamma beröringspunkter och vissa överlappningar, men skiljer sig i fokus.

Ett stort tack till Pernilla Arinder (SIK) för att få möjlighet att vara med i och bidra till projektet samt värdefulla diskussioner och kommentarer på manuskriptet och till Lars Mogren (SLU Alnarp) för värdefulla kommentarer och språkgranskning.

Alnarp, i september 2013

Beatrix Alsanius

¹ B. Alsanius, 2014, Hygien och bevattningsvatten. Landskapsarkitektur Trädgård Växtproduktionsvetenskap Rapport 2014:10. ISBN 978-91-87117-71-8.

2 Humanpatogener på frukt och grönsaker

2.1 Tarmsmittor relaterade till frukt och grönsaker

Protozoa (*Cryptosporidium parvum*, *Giardia* spp.), bakterier (*Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 och andra shigatoxin producerande *E.coli*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Shigella* sp., *Yersinia enterocolitica*) samt virus (norovirus, hepatitis A) har alstrat utbrott av magsjukor relaterade till frukt och grönsaker avsedda för direktkonsumtion. I Sverige har norovirus ansvarat för majoriteteten av utbrott relaterade till frukt och grönsaker under tiden 1997-2009, följt av *Salmonella* spp. och *E. coli* O157:H7 (L. P. Forshell, muntligt meddelande., 2010).

2.1.1 Bakterier

Tarmbakterier av betydelse för magsjukor relaterade till frukt och grönt som konsumeras rå eller efter minimal tillredning kan grupperas med hänsyn till deras spridningsväg i

- 1) Fekala smittor (*Salmonella* spp., patogena *Escherichia coli* bland dessa shigatoxin producerande *E. coli*, *Campylobacter* spp., *Shigella* spp.) och
- 2) Smittor som också kan överföras på andra sätt än genom fekala föroreningar, t.ex. mark, vatten, vegetation (*Listeria* spp., *Aeromonas* spp., *Bacillus cereus*).

I detta avsnitt beskrivs dessa organismer kortfattat.

1. *Salmonella* spp. *Salmonella* spp. är den mest identifierade bakterien i samband med magsjukor relaterade till färsk frukt och grönsaker. Släktet *Salmonella* är en stor och komplex taxonomisk grupp med ca 2500 serovarer. Släktet *Salmonella* består av två species, *S. enterica* och *S. bongori*. *S. enterica* är indelad i sex subspecies: *enterica* (I), *salmae* (II), *arizonae* (IIIa), *diarizonae* (IIIb), *houtenae* (IV), och *indica* (VI). Subspecies *enterica* omfattar serovareorna Typhi, Typhimurium, Enteritidis som är mycket patogena för människan. *Salmonella* har isolerats från färsk frukt och grönsaksprodukter, såsom sallat, rucola, tomat, blomkål, spenat, svamp (41, 104, 120, 137, 152).

2. *Escherichia coli*. *Escherichia coli* är en vanlig tarmbakterie som är fakultativt patogen (*opportunistiskt*). Den orsakar infektioner då det naturliga immunförsvaret är nedsatt. Vanliga infektioner som kan framkallas av *E. coli* är exempelvis urinvägsinfektioner, kirurgiska sårinfektioner, inflammation i gallgångar, menigit, bukhinneinflammationer, lunginflammation, blodförgiftning (*sepsis*). Det finns dock ett antal patogena patotyper (88), nämligen

- 1) enteroinvasiv *E. coli* (EIEC) som framkallar shigella-liknande diarré. Den tränger in i tunntarmens slemhinneceller, där den orsakar inflammationer

och celldöd. Virulens är plasmidberoende; filamentösa fimbriae är viktiga för vidhäftningen vid värdcellen.

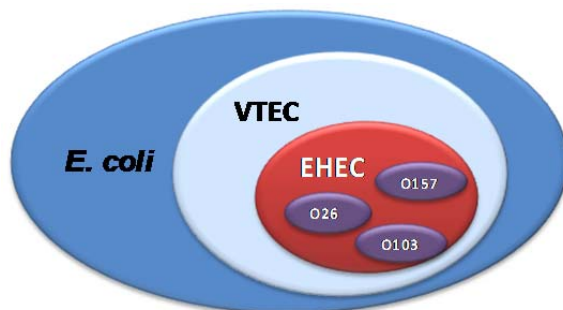
- 2) Enterotoxisk *E. coli* (ETEC) producerar värmelabila och värmestabila toxiner. Denna stam framkallar vanligen vattniga diarréer som kommer med låggradigt feber och illamående. I allvarliga fall kan den ge koleraliknande diarréer med kraftig uttorkning. Förutsättning för toxisk verkan är bildning av plasmidkodade fimbriae som först vidhäftar vid tunntarmens mucosa och sedan koloniserar den. ETEC förmår inte att invadera värdcellerna.
- 3) Enteropatogen *E. coli* (EPEC) orsakar diarréer utan att producera toxiner eller att vara invasiv. Den utmärker sig genom typiska vävnadsskador.
- 4) Enteroaggregativ *E. coli* (EAEC, EAaggEC) koloniserar och skadar tjocktarmen. EAEC-stammar bildar 1) enterotoxin, 2) toxin som immunologiskt motsvarar haemolysin samt (3) ett toxin som ansvarar för akut tarminflammation. Stammen bakom utbrottet relaterat till bokhornsklöver i Tyskland i maj/juni 2011 och i Frankrike i juli 2011 var den enteroaggregative *E. coli* stammen O104:H4 (81).
- 5) Enterohaemoragisk *E. coli* (EHEC) producerar fagkoderade vävnadsskadliga cytotoxiner (shigatoxiner stx1, stx2 resp. verotoxiner vtx1, vtx2), har (2) kromosomalt kodade adherensfaktorer (eae; ”*E. coli* attaching and effecting”) samt (3) plasmidkodade EHEC haemolysiner. Sådana stammar förekommer i tarmen av nötkreaturer, rådjur, fåglar, gnagare, grisar, men också husdjur och insekter. Vissa djur kan bära på och utsöndra smittan utan att visa symptom själv. Hos människan kan man observera tre sjukdomsstadier,
 - (1) blodiga diarréer (hemoragisk kolit),
 - (2) hämolytiskt uremisk syndrom (HUS), d.v.s. blodiga diarréer följt av njursvikt och
 - (3) påverkan av det centrala nervsystemet (21).

Då shigatoxin producerande *E. coli*-stammar isoleras från djur, kallas den för STEC (shigatoxin producerande *E. coli*; eller verotoxin producerande *E. coli*, VTEC). Först när en shigatoxin producerande stam isoleras från en insjuknad person, kallas den för EHEC.

Det finns många olika serovarer. De fem mest vanliga kallas för ”the gang of five” (O157, O26, O103, O145, O111) (23) (se figur 5). *E. coli* O157:H7 är mest vanligt förekommande i samband med utbrott av EHEC; det är också den serovaren som oftast orsakar HUS. Nio fylotyper har identifierats hos serotypen O157:H7; av dessa är clade 8 överrepresenterat i utbrottsstatistiken.

EHEC utgör ett särskilt problem i och med att den orsakar infektioner redan då den förekommer i mycket lågt antal (10-100 celler) och i och med att den har en utomordentlig god förmåga att överleva kärva miljöbetingelser, såsom lågt pH (3.5), låg temperatur och låg vattentillgänglighet (a_w).

Shigatoxin producerande *E. coli* har satts i samband med utbrott relaterade till äpple (cider), krasse, bladgrönt, sallad, persilja, rädisa, spenat, tomat och groddar.



Figur 5. Den gram-negativa bakterien *Escherichia coli* (*E. coli*) är en naturlig kolonisatör av tarmen hos varmblodiga djur. En del *E. coli*-stammar bildar shigatoxin och kallas för shigatoxin bildande *E. coli* (STEC). En del shigatoxin producerande *E. coli* framkallar blodiga diarréer hos människan; de kallas enterohämorragisk *E. coli* (EHEC). Det finns olika serotyper, t. ex. O157:H7, O26, O103. Fem serotyper förekommer ofta i samband med EHEC-utbrott: O157, O26, O103, O145, O111; de kallas också "The gang of five"(23). Begreppet "The big six" omfattar också serotypen O121.

3. *Campylobacter* spp. Den mikroaerofila bakterien, *Campylobacter* spp., är en mycket vanlig orsak för utbrott av vattenburna sjukdomar (13, 78) och är globalt den främsta orsaken för magsjukor (43). I synnerhet fåglar, men också husdjur och gagnar, är en stor reservoar för denna smitta (161) där den även kan förekomma asymptomatiskt. *C. fetus* orsakar systemiska infektioner hos människan, medan *C. jejuni*, *C. coli* och *C. lari* leder till magsjuka. *C. jejuni* tål ett brett spektrum av miljöbetingelser (pH: 4.9-8.0, optimum: 6.5-7.5; temperaturoptimum: 42-45 °C). Men bakterien klarar också av låga temperaturer i flera veckor, vilket är viktigt för överlevnad i vatten, avföring eller på växter. *C. jejuni* har blivit isolerat från bokhornsklöver, vårlök, sallad, svamp, persilja, potatis, rädisa samt spenat. Den har också identifierats som orsak för utbrott av matförgiftningar relaterade till gurka, sallad, melon, jordgubbar och sötpotatis (29, 128).

4. *Shigella* spp. *Shigella* spp. är ett mycket invasivt släkte. Det består av fyra arter, nämligen: (1) *Shigella dysenteriae* (serogrupp A omfattar 13 serovarer), *S. flexneri* (serogrupp B, omfattar 6 serovarer), *S. boydii* (serogrupp C, med 18 serovarer) och *S. sonnei* (serogrupp D). Dessa fyra arter har en hög DNA-homologi till *E. coli*. De skiljer sig från *E. coli* genom motilitet (ej motila), laktosanvändning (ingen eller mycket låg laktosanvändning) och fermentering av glukos. *Shigella* sp. överförs genom fekala föroreningar.

5. *Listeria monocytogenes*. *Listeria monocytogenes* är en vanlig kolonisatör av mark, vatten, vegetation och djur. Denna psykrofila organism anpassar sig väl till kärva miljöbetingelser, bland annat på grund av sin breda tolerans för temperatur

(0-44 °C; temperaturoptimum: 30-37 °C) och tillgängligt vatten (a_w) (88, 167). *L. monocytogenes* har isolerats från många olika grönsaker, såsom broccoli, kål, gurka, groddar och skott, bladgrönt, potatis, rädis, paprika, sallat (14, 39, 121) och misstänks vara vanliga? på rotgrönsaker (59). Generellt sett är utbrott orsakade genom denna bakterie relativt ovanliga på frukt och grönsaker som konsumeras rå, vilket möjligen kan bero på den relativt höga dosen som krävs för att framkalla sjukdom (ca 10000 celler (88)). Under senare tid har det dock förekommit ett antal uppmärksammade fall relaterade till fältodlade meloner (nätmelon).

6. *Aeromonas* spp. Också den psykrofila bakterien *Aeromonas* spp., som vanligt förekommer i vatten, mark, avföring och vegetation, har ett brett temperatur- (0-28 °C) och pH-spektrum. *Aeromonas* sp. har isolerats från många olika grönsaker (107) och verkar vara vanligare på ekologiskt odlade än konventionellt/integrerat odlade grönsakskulturer (106, 118).

7. *Bacillus cereus*. *B. cereus* är en sporbildande bakterie, som är vanligt förekommande i naturen och finns i miljöer resp. resurser som används vid produktion av frukt och grönsaker, såsom jord och vatten. Bakterien bildar två typer av enterotoxiner som framkallar matförgiftningar. Av dessa är den ena känslig och det andra tålig för värme. Den nära kopplingen till jord och vatten gör den extra intressant då den förekommer på frukt och grönsaker som konsumeras råa. Krav på miljö (temperatur, pH) kan variera mellan olika stammar; vissa växer till vid låga temperaturer (4-5 °C), medan andra förökas mellan 15–50 °C (69).

De två enterotoxintyperna orsakar matförgiftningar med två olika symptombilder, nämligen diarré inom 6-15 h efter intag av kontaminerade livsmedel. Dessa symptom orsakas av det värmekänsliga toxinet. Det värmeståliga toxinet kan framkalla illamående och kräkningar efter en mycket kort inkubationstid (0.5-6 h) (46).

2.1.2 Tarmvirus

Virus är strikt biotrofa, de måste infektera en värdcell för att kunna föröka sig. Jämfört med bakterier har virus mycket resistentare ytstruktur. De kan på så sätt motstå kärva miljöbetingelser. Tarmvirus kan utsöndras genom avföring av infekterade personer eller djur. Vanligtvis krävs enbart små doser för att framkalla sjukdom. Norovirus (vinterkräksjuka) som orsakar akut gastroenteritit och kräkningar kan överföras mellan människor, genom vatten, livsmedel eller ytor. Vattnets betydelse för utbrott av norovirus ökar stadigt (13). Hepatit A virus har liknande fekala smittvägar som norovirus, men kan också överföras via blod. I motsats till norovirus (12-48 h), har hepatit A virus en förhållandevis lång inkubationstid (15-50 dagar). Norovirus har orsakat flera utbrott av magsjuka i samband med intag av hallon, grönsaker och dricksvatten, medan hepatit A har satts i samband med utbrott relaterat till sallad och rucola (100).

2.1.3 Protozoa

Protozoa är encelliga parasitiska organismer som har komplexa livscyklar. De förökar sig i tarmen av vilda djur och husdjur. Cystor resp. oocystor som är mycket motståndskraftiga mot kärva miljöbetingelser utsöndras genom avföring från infekterade djur. *Cryptosporidium* sp. och *Giardia* sp. är två mycket spridda vattenburna protozoa som orsakar självbegränsande diarésjukdomar. Livshotande situationer kan dock uppstå på grund av stora vatten- och saltförluster. Dessa kan bli i synnerhet allvarliga för personer med nedsatt inimmunförsvar (137).

Cryptosporidium sp. är speciellt bekymmersam av två anledningar:

- 1) organismen är resistent mot de flesta av de vanligaste vattenreningsmetoderna, såsom klorering eller UV-behandlingar och
- 2) den infektiösa dosen är extremt låg (enbart några få oocyster).

2.2 Överlevnaden på växten

Växtytor är boplatser för (*koloniserar av*) mikroorganismer. Koloniseringsmönstret och de mikrobiella samhällens sammansättning är beroende av ytans fysikaliska, kemiska och biologiska egenskaper samt av de fysikaliska, kemiska och biologiska faktorerna som råder i den kringliggande miljön. Ur ett ekologiskt-mikrobiologiskt perspektiv indelas växter i ett antal sfärer, nämligen

- sfären som omger roten, *rhizosfären*,
- sfären som omger de ovanjordiska delar, *fyllosfären* samt
- växtens inre, *endosfären*.

Ett särskilt habitat inom fyllosfären är frukt; sfären som omger frukten kallas för *karposfären*. Antalet bakterier på olika växtytor varierar; uppgifter i litteraturen varierar också med hänsyn till växtegenskaper och miljöfaktorer. Antalet bakterier och svampar skattas i rhizosfären till ca 10^8 - 10^{10} cfu/g respektive 10^4 - 10^6 cfu/g. Antalet bakterier och svampar i fyllosfären skattas till 10^6 - 10^8 cfu/g respektive 10^3 - 10^5 g/cfu (153). Dessa sfärer har beskrivits i ett stort antal böcker och vetenskapliga artiklar (97, 101, 160). Samspelet inom dessa sfärer är mycket komplext. Inom ramen för denna sammanställning försöker jag att framställa de väsentliga kännetecknen av dessa habitat på ett populärvetenskapligt sätt. Kortfattat kan grundansatsen till mikrobiell kolonisering av växtytor beskrivas som tillgång till näring och till utrymme. Begränsningarna i förmågan att inta ett utrymme på växtytor och att använda den där tillgängliga näringen ligger i egenskaperna hos

- värden (växten)
- mikroorganismen
- de mikrobiella samspelarna
- miljön.

Rhizosfären präglas av växtrötternas förmåga att utsöndra (*exsuderar*) organiska ämnen. Upp till 7-14 % av ämnen som produceras genom fotosyntesen avges aktivt

genom rotexsudation eller genom passiva processer (101). Rotexsudatens sammansättning och mängd skiljer sig mellan olika växtslag och växtens ålder samt miljö betingelserna som rötterna utsätts för. I detta sammanhang spelar odlingsbetingelserna en viktig roll. Denna näringsrika miljö blir på så sätt en plats för hög mikrobiell aktivitet.

Då växter odlas i jord eller i odlingssubstrat, är deras rötter nära sammanvävda med markpartiklar och substratets fibrer. Rotexsudatens koncentration avtar snabbt från rotytan till den kringliggande jorden. På så sätt avtar också stegvis mikroorganismernas förekomst från rotytan (*rhizoplane*) till den omgivande jorden eller det omgivande odlingssubstratet. Rotexsudaten avtar dock inte bara i mängd utan också sammansättning av kemiska substanser kring roten förändras med tilltagande avstånd från rotytan. Detta för med sig dels en förändring i den mikrobiella samhällsstrukturen och på ett funktionellt plan (17). Också då växter odlas i odlingsystem utan jord eller odlingssubstrat (t. ex. i NFT-system) finns en gradient mellan rotytan och den omgivande miljön; i och med att roten stadigt sköljs över med näringslösning i sådana system, ser denna gradient och därmed också den mikrobiella strukturen annorlunda ut.

Fyllofären skiljer sig ifrån rhizofären på många sätt. Växtens yttersta skikt mot atmosfären är kutikulan som täcker epidermiscellerna och som ger skydd mot uttorkning. Detta lager består av polymera substanser såsom kutin, vaxer och polysackarider. Bladytan (*fylloplan*) är ingen slätt yta utan liknar ett landskap med sprickor och glipor. Bladytor av vissa växter täcks av en ”matta” av körtelhår (*trikomer*), t.ex. tomatblad. Till sin natur är bladytan vattenfrånstötande (*hydrofob*). Detta försvårar vidhäftningen av mikroorganismer och ställer särskilda krav på mikroorganismer som vill inmuta detta habitat.

I motsats till rhizofären är fyllofären en mycket kargare miljö. Också denna miljö styrs av mikroorganismernas tillgång till näring. I och med att frisättning av organiska ämnen över bladytan är mindre ymnig, påverkas också den mikrobiella koloniseringen, både vad gäller mönstret, platserna och samhällsstrukturen. Istället för en jämn mikrobiell biofilm återfinns mikroorganismerna på bladytan i mikrobiella ansamlingar (*aggregat*) vid näringsrika platser. Bladnerv, klyvöppningar, trikomer och hydatoder förändrar tillgång till näring på bladytan och favoriseras därför av mikroorganismerna. Utöver detta är sår, som uppstår antingen genom mekanisk skada eller genom skadegörare, en mycket näringsrik miljö som inbjuder till kolonisering. Den mikrobiella samhällsstrukturen i fyllofären är beroende av växtslaget och ålder (73, 149). Utöver de näringsfattiga betingelserna präglas fyllofären av varierande miljöbetingelser (97), såsom svängningar i temperatur (t.ex. mellan dag och natt), ljusintensitet och ljusspektrum samt vattenaktivitet och är utsatt för UV-strålning.

Mikroorganismer som framgångsrikt ska kolonisera bladytan måste dels ha förmågan att minska bladytans ytspänning, dels vara mycket motståndskraftiga respektive anpassliga till varierande miljöbetingelser (*abiotisk stress*) och dels vara

motståndskraftiga mot metaboliter (antibiotiska substanser) som utsöndras av andra mikroorganismer eller växten (*biotisk stress*). Samtidigt är förmågan att bilda antibiotiska substanser ett vapen mot andra organismer och för att skydda den inmutade nischen. En enskild bakterie vore allt för utsatt i denna miljö.

Mikroorganismer återfinns därför ofta som aggregat med upp till 1000 celler (112) i skyddade lägen på bladytan, t.ex. sprickor eller ”dalar”, inbäddade i mikrobiella polysackarider, s.k. *exopolysackarider* (EPS) som ger skydd mot uttorkning. Vanligtvis består dessa aggregat av ett flertal arter, d.v.s. de är heterogena.

Sammansättning av mikroorganismer i de olika habitaten på växtytor varierar utifrån växten, växtåldern och miljöbetingelserna. De sistnämnda omfattar även odlingsbetingelserna. Habitatens mikrobiella sammansättning är dock inte statistisk. Majoriteten utgörs av bakterier. Olika ekologiska strategier kan användas i samband med att förklara förekomsten av bakterier i fyllosfären, såsom

- tolerans, d.v.s. att bakterier är motståndskraftiga mot rådande biotisk och abiotisk stress
- påverkan, d.v.s. att bakterierna lokalt förändrar livsvillkoren, t.ex. i form av ökad näringsläckage över bladytan och
- undanflykt, d.v.s. att bakterier uppsöker betingelser som ger skydd, i form av EPS eller i form av invasion under bladytan (18).

Dessa strategier kan direkt tillämpas på humanpatogener om de är primära kolonisatörer, d.v.s. om humanpatogenen finns med från allra första början, exempelvis på fröet, och sprider sig därifrån på växtytorna allteftersom växten utvecklas. Ett vanligare scenario är dock att humanpatogenen inte finns med från början utan sprids under odlingen vilket betyder att växtytorna *per se* för det mesta redan är koloniserade innan humanpatogenen sprids. Vidhäftning av humansmittor på växtytan måste alltså ske i samspel med de redan etablerade aggregaten. Olika studier visar att mikroorganismer kan häfta vid växtytor inom kort tid samtidigt som de inte kunde helt tas bort genom tvätt. Växt-, växtorgan- och organismspecifika skillnader har beskrivits. Det finns också indikationer på att vissa mikroorganismer kan stödja etableringen respektive förökningen av *E. coli* O157:H7 i fyllosfären (34). Samma undersökning visade att antagonistiska bakteriestammar kan motverka etablering av *E. coli* O157:H7 på roten. Det saknas tillräckligt underlag för att dra generella slutsatser; men de befintliga observationerna tyder på att den mikrobiella samhällsstrukturen på växtytan och biofilmens respektive aggregatens mikrobiella sammansättning är avgörande.

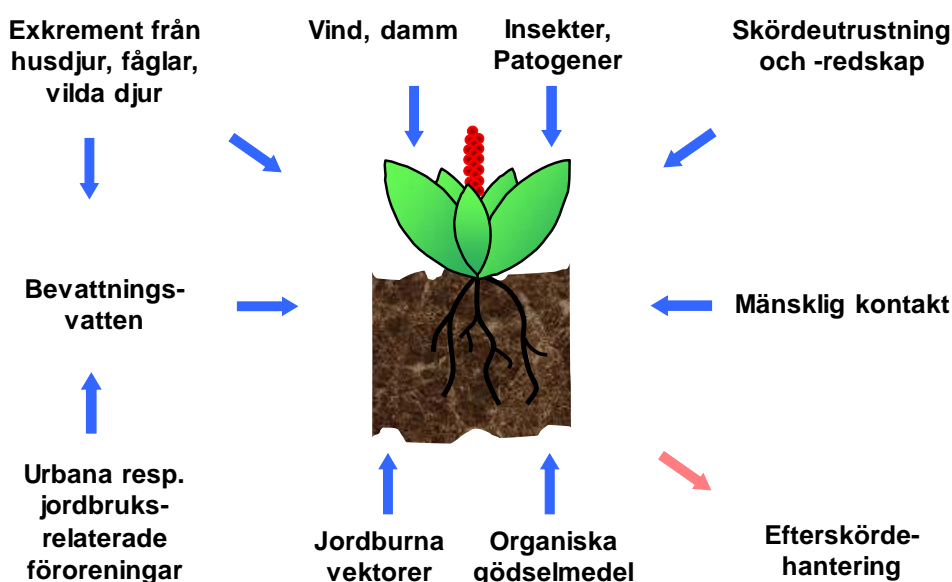
2.3 Överlevnaden i växten

Som ovannämnd finns en naturlig kolonisering med mikroorganismer i växtens inre (*endofären*). Dessa organismer kallas för *endofyter* och livsstilen för *endofytisk* i motsats till kolonisering av växtens ytskikt, som kallas för *epifytisk* kolonisering. Den endofytiska livsstilen skyddar mikroorganismerna dels från miljömässiga påfrestningar (18), den medför dock också andra fördelar i form av

tillgång till en näringsrikare miljö. Att mikroorganismer är kapabla att tränga in i växtvävnad är ett välkänt växtpatologiskt fenomen. De flesta humanpatogena bakterier besitter inga mekanismer för att aktivt tränga in i växtceller. Däremot fungerar naturliga öppningar, såsom klyvöppningar, trikomer, lenticeller, blommor, men också groddens rötter och sidorötter som inkörsporier. Mekaniska skador, sjukdomsangrepp eller rötter under nedbrytning är vägar för internalisering av humanpatogener. Detta innebär att humanpatogener skulle kunna invadera växten (*internaliserar*) under hela primärproduktionen och överlever endofytiskt. Internalisering av humanpatogener har påvisats för flera växtslag och utvecklingsstadier (65, 83, 164). Efter internalisering är ytlig tvätt av frukt och grönsaker, inte tillräckligt effektiv för att ta bort humansmittor från produkten, även vid tillsats av antimikrobiella substanser (klorin, H₂O₂, O₃). Det är därför viktigt att vara en hög hygienstatus under hela primärproduktionsledet.

3 Källor för kontaminering

Spridning av tarmsmittor med frukt och grönsaker är ett väletablerat faktum. Det kan ske under hela kedjan, från jord till bord. I och med att kontamination som skett i ett tidigt skede av värdekedjan (t.ex. odlingen) inte säkert kan åtgärdas i ett senare skede (t.ex. processning), måste hygieniska aspekter på processer och produkt finnas med i hela kedjan. I synnerhet är detta viktigt för sådana produkter som förtärs i rått tillstånd eller efter minimal tillredning, t.ex. bladgrönt. Livsmedel som smittats under en tidig odlingsfas kan inte tvunget dekontamineras i ett senare skede, t.ex. genom sköljning. Det finns inte *en enskild* faktor som orsakar låg hygienisk kvalitet i slutet av värdekedjan, utan det kan finnas *många olika* anledningar att tarmsmittor hamnar på frukt och grönsaker. Men det vanliga är att det finns fekala föroreningar i systemet. Dessa kan vara relaterade till vatten, gödsel eller dålig hygien. Utöver detta kan de introduceras i värdekedjan genom flyttfåglar, betande vilda djur eller skadedjur, betande boskap, men också överförs genom insekter. I figur 5 presenteras några avgörande faktorer som främjar smittspridning i primärproduktionen.



Figur 5. Möjliga smittkällor och spridningsvägar för tarmsmittor under primärproduktion av frukt och grönsaker (enligt Bach och Delaquis (16), modifierat; grafiken återges med tillstånd av Wiley & Sons)

Produktionssystemen för frukt och grönsaker kan vara förlagda på olika odlingsplatser och har olika specialiseringsgrad och därmed förknippat också olika nivå av tekniska hjälpmedel och mekanisering. Vissa spridningsvägar kan vara mycket dominant i vissa produktionssystem, medan de är helt obefintliga eller frånvarande i andra. Produktionssystemet kan befinna sig på friland, med eller utan fibertäckning i början av säsongen, eller under mer eller mindre kontrollerade betingelser, såsom tunnel, kall- eller uppvärmt växthus samt olika former av odlingskammare. Vid frilands- eller tunnelodling sås eller planteras kulturen i

befintlig (naturlig) jord, medan olika former av odlingssubstrat för det mesta används vid odling av växthuskulturer. Vid produktion av skott och svampar förekommer speciella odlingssubstrat, som är väldigt nära förknippade med antingen kulturens krav på näring och andra yttre tillväxtfaktorer eller med skördeprocessen och processningen.

Det finns inte alltid skarpa gränser mellan odlingsplatser för olika kulturer. Småplantsproduktion för vissa grönsakskulturer sker i växthus och småplantor planteras senare ut på friland.

3.1 Personalens hygien och hälsa

I korthet

- Personalens hygien och hälsostatus är en viktig bidragande orsak till spridning av humansmittor med frukt, bär och grönsaker
- Hygien och hälsa påverkas av kulturella traditioner och ekonomiska faktorer
- Arbetet med personalens hygien och hälsostatus förutsätter ledarskap.
- God hygien under arbetsdagen förutsätter tillgång till sanitära utrymmen med rinnande vatten, tvål, desinfektion och torkning.
- Val av vattentemperatur, tvål, desinfektionsmedel, torkningssätt inverkar på överlevnad av mikroorganismer på händer.
- Barriärer i form av skyddskläder och –handskar minimerar spridningsrisken från människor till frukt, bär och grönsaker, men kan samtidigt inge en falsk trygghet.
- Hygien och hälsa är inte bara en fråga om kunskap utan också om insiktsbaserad handlande; det måste vara automatiserat.

Personalens hygien och hälsa inom primärproduktion av livsmedel är inte bara en mikrobiologisk frågeställning. Den kan brytas ner i mikrobiologiska, ekonomiska, kulturbetingade frågeställningar samt ledarskapsansvar. I detta avsnitt behandlas de första tre. Ledarskapsansvaret belyses närmare i detta kapitel i avsnitt 5.

När personalens hygien och hälsa inom primärproduktion av frukt och grönsaker diskuteras, kan det lätt uppstå intrycket att detta är en icke-fråga. Inte i mening att de saknar betydelse, utan i mening att dessa anses vara utrönte kapitler. ”Alla fakta är på bordet; det behövs inga studier utan enbart implementering; och implementeringen är i grund och botten också klar”. Denna bild bekräftades vid informationsmöten med primärproducenter under årens lopp och vid något av samverkansgruppsmöten inom ramen för detta projekt. Sambandet mellan personalens hygien och hälsa och överföring av smittsamma bakteriesjukdomar är ett välkänt fenomen, med rötter i de medicinsk-mikrobiologiska landvinningarna (49).

Även om personalens hygien och hälsa är en punkt vid certifiering av verksamheter, så behandlar mycket få vetenskapliga undersökningar samspelet mellan hygien och hälsa i primärproduktion av livsmedel. En svensk studie rörande säsongarbetarnas arbetsvillkor och som tangerar säsongarbetarnas hygien och hälsa, är i gång, men redovisas först i december 2013 (Catharina Alwall Svennefelt, muntligt meddelande). Basislitteratur kan åtminstone avseende de mikrobiologiska sambanden hämtas från vårdforskningen samt forskning kring hygien och hälsa i vid processning samt hantering i livsmedelsindustrin eller vid tillagning (restaurang, kök); undersökningar kopplade till ekonomi och kultur förefaller saknas helt.

3.1.1 Mikrobiologiska faktorer

Avgörande faktorer för mikrobiologiska risker i primärproduktionen av frukt och grönsaker förknippade med personalens hälsa och hygien är

- personalens infektionsstatus
- sjukdom bland familjemedlemmar
- utlandsresor, i synnerhet interkontinentala utlandsresor (32, 63)
- bristfällig personlig hygien, handtvätt och -torkning
- brister i spridningsbarriärer
- handkontakt
- effektivitet av handtvätt, -torkning samt misstag
- korskontaminering.

3.1.1.1 Personalens hälsostatus

För att minimera riskerna för överföring av smittor från anställda till produkter inom primärproduktion av frukt och grönsaker är en viktigt att övervaka hälsostatusen (1). Enligt Michaels et al. (110) orsakades mer än hälften av de utbrott som ingick i studien om förebyggande åtgärder av spridning av magsjukor genom livsmedel av infekterade livsmedelsarbetare. Vanligtvis sker spridningen på fekal-oral väg (154). Världshälsoorganisationen WHO har lagt fram en klassifikation av personer som arbetar med livsmedel utifrån risken att sprider livsmedelsburna sjukdomar. Denna klassificering omfattar alla som kommer i kontakt med ätliga produkter oavsett om det rör primär- eller sekundärproduktion. Enligt denna klassificering utgör de personer en särskild risk för sjukdomsspridning som kommer i beröring med oförpackade produkter som konsumeras rå eller efter minimal tillredning, d.v.s. utan uppvärmning (166).

Inte alla sjukdomsalstrare som sprids genom grönsaker som följd av kontakt med en smittad person kan föröka sig på produkten. Förutom direktkontakt och spridning via vatten kan de också spridas via aerosoler. Därmed kan de färdas över längre avstånd, som t.ex. under en aktiv fas av norovirus-infektion (139). I samband med personlig hygien behöver följande smittor särskild uppmärksamhet, såsom *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, shigatoxinproducerande *E. coli*,

norovirus, hepatit A, *Cryptosporidium* och *Giardia*, stafylokok- och streptokockinfektioner, samt tuberkulos.

Sjukdomsalstrare som inte förökar sig på produkten måste föreligga i tillräckligt stort antal för att utgöra en infektionsrisk. Förmågan att växa till är dock beroende på produkten. Tarmsmittor utsöndras för det mesta i mycket stort antal, åtminstone under den akuta fasen. Frånvaro av symptom betyder dock inte att man inte kan vara en aktiv utsöndrare av sjukdomsalstraren. Exempel på sådana smittor är *Salmonella typhi* och *S. paratyphi* (166). Observationer från utbrottet av EHEC orsakad av *E. coli* O104:H4 på groddor i Tyskland under våren 2011 tyder på att även vissa *E. coli* kan bäras och utsöndras av symptomfria individer (24).

Vissa smittor överlever väl i miljön och på händer och kan skyddas av sekret, såsom saliv, blod etc. Därför är generell god hygien, i synnerhet handhygien med frekvent handtvätt, ett viktigt verktyg för god hälsa och minskad smittspridning.

3.1.1.2 Handhygien

Tvål, desinfektionsmedel, vattentemperatur samt torkning påverkar handhygienens effizienz. De bör balanseras mot eventuella skador på huden som dels i sin tur kan inverka på förekomsten av sjukdomsalstrare (94) och som dels kan leda till minskad benägenhet till handtvätt (19, 26).

Att handtvätt reducerar förekomsten av bakterier på handytan är välkänd. Detta bekräftas också av resultaten från Courtenay et al. (35). Övrigt intressant var bakterieförekomsten högre på handskar än på bara händer efter hantering av köttfärs då de antingen tvättades med kallt vatten eller inte tvättades alls. Först då händerna tvättats med varmt vatten var bakterieförekomsten på handskar lägre än på oskyddade händer.

Vattentemperaturens effekt för dekontaminering av händer har undersökts i ett flertal studier. I detta sammanhang förväntas att högre vattentemperaturer i sig leder till en högre emulsifiering av fettbaserade matrix som dels kan vara ett medium för spridning och skydd av mikroorganismer på hudytan. Michaels et al. (109) undersökte effekten av olika vattentemperaturer på den ambienta och transienta handmikrofloran, med *Serratia macerans* som en modellorganism för den transienta mikrofloran. Vid försöket användes 3 ml tvål utan antibakteriell verkan och händerna löddes och spolades i 15 sek. resp. 10 sek. De fastställde att vattentemperaturer mellan 4.4 °C och 48.9 °C inte påverkade reduktionen av den ambienta mikrofloran eller av modellorganismen. Då fyra detergenter med antibakteriell verkan testades vid 29 °C och 43 °C (modellorganism: *E. coli*), visades att reduktionen var högre för samtliga fyra detergenter vid 43 °C, men skillnader var ej signifikanta. Samtidigt torkades huden starkare ut vid högre vattentemperatur. Exklusiv användning av alkoholbaserade desinfektionsmedel visade att effekten varierar kraftigt mellan olika produkter, detta som en funktion

av alkoholtyp och –koncentration, använd mängd, exponeringstid samt graden av organiska föroreningar på händerna (35, 87, 108, 109, 114, 156). Naturligtvis spelar tvättsättet in på handtvättens effektivitet (96).

Också sättet av handtorkning påverkar förekomsten respektive reduktionen av bakterier på händer (157). Torkning med papper och i en varm luftström är de sätten som oftast jämförs i litteraturen. Antal papper som används för torkning av händer efter tvätt inverkade inte på förekomsten av bakterier på handflator eller fingrar, med förekomsten av bakterier på fingerspetsarna reducerades signifikant med ökande antal papper (168). Torkningstid och handrörelse under torkning påverkar förekomsten av bakterier vid handtorkning i en varm luftström. Torkning i en varmluftsström ökade förekomsten av bakterier på handflator eller fingrar oavsett om de torkades i 15 eller 30 sekunder när händerna knådades under torkningen, jämförd med förekomsten innan torkning. Däremot hade en längre exponeringstid en positiv effekt på bakteriell kolonisering av fingerspetsarna, då händerna knådades under torkning. Att hålla händerna stilla vid torkning i en varm luftström var mest effektiv; bakterieförekomsten sjönk signifikant på handflatorna, fingrarna och fingerspetsarna och minskningen var större om händerna torkades 30 sekunder jämfört med 15 sekunder (168).

Handskar utgör barriärer för att undvika kontakt mellan bara händer och produkt resp. produktytor. Ändamålsenligt använd kan handskar reducera överföringen av smittor avsevärt (58, 113, 126, 151, 155). Det bör dock beaktas att även oanvända handskar inte är sterila. De förvandlas till reservoarer för mikroorganismer under användning (33). Både engångs- och flergångshandskar framställs av olika material och är olika slitstarka. Riskmoment för slitage är långa naglar eller lösnaglar och smycken. Men också skarpa verktyg och föremål, jordfragment samt långvarig användning kan leda till punktering.

Handskar löser inte alla problem. De utgör en risk för korskontaminering. De kan också framkalla kontakteksem och användning av latexhandskar kan främja allergi mot latex. Användning av handskar kan också inge en falsk trygghet, t.ex. då de inte byts mellan arbetsmomenten av olika renhetsgrad, efter kroppskontakt, måltider eller hosta/torka näsa. Handskar måste bytas regelbundet även under samma arbetsmoment, beroende på deras slitstyrka och arbetsmoment. Slitstyrkan påverkas också av desinfektionsmedel.

Flergångshandskar är ofta mycket kraftigare än engångshandskar. De kan tvättas, och måste tvättas och desinfekteras regelbundet för att utgöra en fullgod barriär. Val av tvättmedel är väsentligt. Flergångshandskars funktionalitet måste kontrolleras regelbundet. Som nämnts ovan så är flergångshandskar efter tvätt inte sterila.

3.1.2 Kulturbetingade faktorer

Människors uppfattningar om hälsa, sjukdom, renlighet är kulturellt betingade (135). Gränserna inom dessa uppfattningar kan vara mycket snäva och vara

baserade på enskilda individers normer och värden eller baserade på en kollektiv syn (115). Globaliseringen inom primärproduktion av frukt och grönsaker, både vad gäller distribution av varor mellan länder och kontinenter, men också vad gäller mobiliteten av personalen, t.ex. utländska säsongsanställda, förutsätter en *kulturell kompetens* inom primärproducerande företag. Med hänsyn till personalens hygien och hälsa innebär det dels en medvetenhet om att uppfattningar om hygien och hälsa har en tydlig ethnocentrisk prägel, och dels att det finns en kulturell medvetenhet hos den enskilda ledaren om den egna kulturens och andra kulturers värderingar och värdegrund, normer, föreställningar, försanthållanden, tillvägagångssätt, traditioner och riter samt problemlösning.

En försvårande faktor är att hygien och sanitära frågor är omgärdade av tabu, inte bara innan- utan också utanför Sveriges gränser. En amerikansk studie där 450 grönsaksodlare och -packare visade att drygt 57 % inte tillhandahöll träningsprogram för handhygien. Detta understrycks också av observationer från samtal med svenska företagare inom primär livsmedelsproduktion ("detta behöver man inte tala om, det lär man sig i svensk förskola"). I grund och botten innebär detta att det saknas förståelse för sambandet mellan personalens hälsa och hygien å ena sidan och säkra frukt, bär och grönsaker å andra sidan.

En ytterligare försvårande faktor är kommunikationsbarriären. Många företag anställer utländsk arbetskraft under säsongen; ofta delar företagsledare och de anställda inget gemensamt språk. Detta kräver icke-verbala träningsprogram för att nå ut med grundläggande förhållningsregler kring hälsa och hygien till alla anställda.

3.1.3 Ekonomiska faktorer

Personalens hygien och hälsa har också en företagsmässig dimension. För att kunna upprätthålla god hygien under arbetsdagen måste det finnas sanitära anläggningar, inkl. handfat, rent vatten, adekvat tvål, desinfektionsmedel och papper för att torka händerna. Detta går lättare att ordna i växthusanläggningar än på friland, där mobila toaletter måste tillhandahållas. Underhåll av en god sanitär status i dessa utrymmen under arbetsdagen kräver extra personal. Också boendeförhållandena har stor inverkan på personalens hygien och hälsa. Erbjuds arbetsbostäder till säsongsanställd arbetskraft bör det även där hållas en hög hygienisk status. Benägenhet att tvätta händer i samband med toalettbesök är dock inte enbart beroende av att närvaron av adekvata utrymmen. En ny undersökning från sanitära utrymmen i snabbrestauranger visade att utrymmens status inverkade på benägenheten att tvätta händer och att kvinnor var mindre benägna att ta risker än män (20).

Beroende på anställningsform (ackord, timanställning) inverkar användning av stationära eller mobila sanitära enheter på företagets resp. individens ekonomi. Avståndet mellan arbetsplatsen och toaletten kan kosta tid och därmed pengar ("Ett toalettbesök tar 15 minuter. Du kan själv räkna ut vad kostar för hela företaget om folk går på toan fyra gånger om dagen").

De yttre anställningsbetingelserna inom primär livsmedelsproduktion, med en stor andel av säsongsanställda, har stor betydelse för den anställdes benägenhet att anmäla sjukdom eller söka vård. System som tryggar inkomsten vid sjukdom även inom ramen för en kortare anställning av utländsk personal skulle kunna ha en positiv inverkan på produktion av säkra grönsaker och frukt/bär, om inte möjlighet till omplacering till andra arbetsuppgifter finns under sjukdomstiden. Alternativ för att trygga säsongsanställdas hälsa är den amerikanska non-profit organisationen ”National Center for Farmworkers Health, Inc” (<http://www.ncfh.org/>).

3.1.4 Insikt och handlande

Som nämnts tidigare så saknas relevanta studier från primärproduktionsmiljöer för frukt och grönt i en större utsträckning. Kunskap om förhållningssätt är en viktig förutsättning för att minimera överföring av humansmittor till frukt och grönsaker genom mänsklig kontakt. Kunskap måste dock leda till insikt och handling. Handlandet måste vara automatiserat. Hur svårt det kan vara att nå detta visar en undersökning där restaurangpersonal självrapporterade vanor och beteende. Riskbeteenden förekom både vad gäller handhygien, inkl. handskbyten, samt hälsostatus, där t.ex. upp till 5 % uppgav att de arbetade trots mag-tarmåkommor (diarré, kräkning) (53).

Frågor kring kritiska moment

Information:

- ✓ Informeras anställda kring hygien och hälsa? Hur informeras anställda och upprepas informationen? Finns det ett modersmålsbaserad eller icke-verbala träningsprogram för utländska säsongsarbetare? Tränas frågor kring hygien och hälsa?

Uppföljning av personalens hälsostatus:

- ✓ Hur följs personalens hälsostatus?
- ✓ Genomgår företagets anställda regelbundna hälsokontroller? Hur ofta? Vilka undersökningar ingår i hälsokontrollen?

Hygien:

- ✓ Finns utrymmen för att upprätthålla en god hygien under arbetsdagen? Finns det rinnande vatten, tvål och desinfektionsmedel för handtvätt i anslutning till dessa utrymmen?
- ✓ Är arbetslokalerna/-platsen, sanitära utrymmen och fika-/lunchrum avskilda från varandra?

Personskydd:

- ✓ Används skyddskläder?
- ✓ Används handskar? Engångs- eller flergångshandskar? Hur ofta byts engångshandskarna under arbetsdagen? Hur vårdas flergångshandskar?

Regelverk:

- ✓ Hur säkerställs att regelverket kring god hygien och hälsa efterlevs?

3.2 Mark och odlingssubstrat

I korthet

- Tarmsmittor kan överleva i marken under lång tid.
- De anrikas inte på markytan utan infiltrerar marken.
- Jordarten är en avgörande faktor för rörelsen i markprofilen.
- Markegenskaper är avgörande för patogenens överlevnad.
- Marksmitta kan överföras till den odlade kulturen genom skvätt.
- Trots att smittförande komponenter kan ingå i odlingssubstrat, finns det hittills inga vetenskapliga undersökningar som belyser frågeställningen.

3.2.1 Mark

Tarmsmittor kan överföras till marken, t.ex. bevattningsvatten, spridning av organisk gödsel, men också genom betande boskap och vilda djur, t.ex. rådjur, genom flyttfåglar, eller genom gnagare. Gödsel och bevattningsvatten beskrivs närmare i avsnitt 3.3 och 3.4, nedan.

I en amerikansk studie överfördes *Salmonella enterica* serovar Typhimurium resp. *E. coli* O157:H7 till marken antingen via kontaminerad bevattningsvatten eller via kontaminerad höns- och kogödsel (111). I detta modellsystem överlevde smittan i 161–231 dagar (*Salmonella*, (71)) och 154–196 dagar (*E. coli*, (70)), vilket motsvarar i fall av *E. coli* längden och i fall av *Salmonella* mer än längden av en svensk vegetationsperiod. I detta sammanhang bör det hållas i åtanke att dessa försök genomfördes i ett område med andra klimatiska betingelser (Georgia, USA) än de som råder i Sverige.

Smitta som nått markytan anrikas dock inte vid markytan utan kan infiltreras i marken. Då en markerad dock icke patogen *E. coli* stam (K12) inokulerades på markytan i engelska försök, kunde den spåras till 30 cm djup. Dynamiken i marken var beroende av jordarten. Den tillförda stammen infiltrerade leriga kolonner långsammare än sandiga. I följdförsök tillfördes *E. coli*, *Campylobacter jejuni* samt *Salmonella enterica* Enteritidis med bevattningsvatten i låg (10^2 CFU/ml) och hög (10^5 CFU/ml) halt under tre distinkta tillfällen under tiden maj till oktober. Smitt-, densitets- och årstidsspecifika mönster för minskningen kunde skönjas. Också markbetingelserna inverkade. Organismerna kunde som längst fortfarande återisolerats efter sex veckor i slutet av säsongen i jord med lägre halt organisk substans (111). Dessa resultat indikerar att tarmsmittor inte enbart är ett problem för ovanjordiska skördeprodukter utan också för rotgrönsaker. Det finns ett flertal andra undersökningar där förekomsten av tarmsmittor följdes efter tillsats till marken. Det ovannämnda engelska försöket genomfördes i mark utan växter. I undersökningar från Georgia kunde *E. coli* O157:H7 reisoleras från morötter fortfarande efter 168 dagar. Också överlevnad av *Listeria monocytogenes* visade

sig vara beroende av markbiologiska (*edafiska*) faktorer, såsom pH och koloniseringsgrad (98). Överlevnad av *Listeria* studerades också i 100 franska jordar. Dessa var representativa för olika typer av markanvändning och med hänsyn till fysikaliska och kemiska egenskaper. Smittan kunde fortfarande återisolerats efter 84 dagar i 71 % av de undersökta jordarna, medan den i enbart 8 % av jordarna inte var påvisbar sju dagar efter inokulering. Det är inte helt oväntat att *Listeria* inte överlevde lika väl i jordar med låg pH (<5.5) som vid högre pH (5.5-7 samt >7). I ett kortsiktigt perspektiv kunde överlevnaden av *Listeria monocytogenes* förklaras genom markkemiska faktorer och basmättnadsgraden, medan den i ett långsiktigt perspektiv kunde förklaras genom markttexturen och lerhalten. Som förväntat var överlevnaden högre då jordarna steriliserats innan smittan tillfördes. Generellt sett hade dock den endogena markmikrofloran större inverkan i jordar med högre pH.

Smitta på markytan kan överföras till den odlade kulturen dels genom direktkontakt mellan produkt (rot, blad) eller genom regnvatten. Monaghan och Hutchinson (111) simulerade nederbörd genom att droppa vatten (droppstorlekar: 87 μl , 56 μl , 24 μl) i olika storlekar ur fem meter höjd på en kontaminerad jordyta. Skvätt av den använda *E. coli* stammen (K12) kunde fastställas i sidled 25 cm och i höjddled 20 cm ifrån nedslagsstället. Större droppar spred smittan i större omfattning än små droppar (87 μl > 56 μl > 24 μl). Detta innebär att marknära växtdelar av kulturer som odlas på kontaminerad mark kan smittas genom nederbörd (regn, hagel) och genom bevattning.

Temperatur och fuktighet är viktiga yttre betingelser som inverkar på mikroorganismernas aktivitet och överlevnad. Jordarter skiljer sig i sina termiska egenskaper (136). Då *E. coli* O157:H7 introducerades i en sandig lättlera som höll 5, 15 resp. 25 °C, kunde den återisolerats efter 56, 152 resp. 193 dagar (76). Då kontaminerade markprover utsattes för successivt sjunkande resp. stigande temperaturer kunde smittorna reisolerats under en längre period då temperaturen successivt sjönk jämfört med den stigande varianten (64, 117). Detta skulle kunna antyda årstidsberoende överlevnadsmönster, men trenden motsägs i en spansk studie (125).

Flera författare har spekulerat i om markens mikrobiella aktivitet skulle kunna motverka (*verka antagonistiskt*) mot tarmsmittor. Bland andra studerades dynamiken av *L. monocytogenes* efter inokulation i autoklaverad och icke autoklaverad torvbaserat odlingssubstrat. Antalet reisolerade kolonier sjönk snabbare och till en lägre nivå i den icke autoklaverade varianten jämfört med autoklaverat odlingssubstrat. Antalet kolonier låg på log 4.96 och log 4.81 CFU g^{-1} torrt odlingssubstrat jämfört med log 5.28 och log 5.24 g^{-1} torrt odlingssubstrat (138). I dessa resonemang drar man ofta paralleller mellan antagonistiska effekter av markens ambienta mikroflora och jordburna växtpatogener. Även om sådana effekter förekommer, så är dessa inga generella mekanismer, utan är starkt beroende av markens fysikaliska, kemiska och biologiska förutsättningar, den ambienta markmikrofloran och sjukdomsalstraren samt växten. Närvaro av aktiva

växtrötter är en faktor som kan påverka resultatet avsevärt. Växtrötter exsuderar upp till 14 % av organiska föreningar som bildas under fotosyntesen (101). Miljön kring roten (*rhizosfären*) utgör därmed ett rikt habitat för mikroorganismer. Gagliardi och Karns (52) visade att *E. coli* O157:H7 kan återfinnas under lång tid på växtrötter; effekten varierade mellan olika växtslag. Kemotaxis mot exsudater från salladsrötter konstaterades för olika serovarer av *Salmonella enterica* (85). En färsk studie visar att olika serovarer av *Salmonella enterica* effektivare både koloniserade rötter av purjolök och internaliserades jämfört med olika isolat av *E. coli* O157:H7. Däremot förbättrades *E. coli* O157:H7's förmåga att kolonisera växtens inre avsevärt i närvaro av mykorrhiza (55). Det är för tidigt att spekulera i om markens mikrobiella aktivitet inverkar på förekomsten av tarmsmittor; det behövs fler grundläggande undersökningar som tar hänsyn till och beskriver markens olika fysikaliska, kemiska och biologiska förutsättningar och som mäter "överlevnad" istället för förmågan att återisolera smittor.

3.2.2 Odlingssubstrat

Odlingssubstrat används för odling av främst växthuskulturer. Vissa substratgrundkomponenter används också på friland som jordförbättringsmedel. Odlingssubstrat kan antingen bestå av en enskild komponent eller av en blandning av olika komponenter. Det finns ett antal olika – men överlappande - sätt att indela dessa material. Den i föreliggande sammanhang mest ändamålsenliga är grupperingen enligt oorganiska och organiska material. I tabell 1 listas olika substratgrundkomponenter. Begreppet primär grundkomponent innebär att materialet inte genomgått någon form av avancerad förädling – förutom krossning, sönderdelning etc. Begreppet sekundär grundkomponent innebär att materialet genomgått ett avancerad förädlingssteg, t.ex. uppvärmning, kompostering, etc.

Zoonoser har hittills inte utvärderats i någon större omfattning med hänsyn till odlingssubstrat. Detta trots att komponenter som kan vara smittförande kan ingå i substratblandningar. Utöver detta sker lagring av grundkomponenter inte alltid på ett sådant sätt som utesluter en sekundär smittspridning genom vilda djur (gagnare, fåglar).

Tabell 1. Indelning av substratgrundkomponenter (10)

Oorganiska	
Primär	Sand Grus Pimpsten Andra mineraliska material av vulkaniskt ursprung
Sekundär	Stenull Glasull Perlit Vermikulit LECA Tegelkross
Organiska	
Primär	Torv Träfibrer, träflis Kokosfibrer (coir) Risskal Bark
Sekundär	Kompost Barkkompost Komposterade träfibrer Fenolhartsskum
Tillsatser	Gödselmedel (organisk, oorganisk) Lera Frigolit Polyakrylamid

Frågor kring kritiska moment

Växthabitus:

- ✓ Finns kultur/skördeprodukt nära marken?
- ✓ Har kulturen/skördeprodukten markkontakt?

Odlingshistoria:

- ✓ Har odlingsytan bevattnats med kontaminerat vatten?
- ✓ Har det använts organiskt gödsel (och i så fall, när?)
- ✓ Har det använts sprutlösningar beredd på kontaminerat vatten?

Oväder och översvämningar:

- ✓ Har arealen varit översvämmad efter större oväder?
- ✓ Vad var källan för översvämningen
- ✓ Har arealen drabbats av större oväder (skyfall, hagel)?

Odlingssubstrat:

- ✓ Vilka komponenter ingår i odlingssubstratet?
- ✓ Hur har odlingssubstratet lagrats?
- ✓ Har odlingssubstratets hygieniska status testats? Om ja, i vilket skede?

3.3 Gödsel och gödsling

I korthet

- Produktion av grönsaker med hög avkastning och av god inre och yttre kvalitet förutsätter en behovsanpassad tillförsel av växtnäring.
- Uthållig markbunden växtodling förutsätter tillförsel av organisk substans för bibehållen markbördighet.
- Otillräckligt hygieniserat organiskt gödsel baserat på fekalier är en spridningsväg för tarmsmittor till frukt och grönsaker.
- Många smittämnen som orsakar sjukdomar hos människan finns i djurens tarm och feces.
- Infekterade djur kan bära på smittämnen utan att visa symptom.
- Förekomst i, och utsöndring av patogener med, feces påverkas av djurslaget, djurens ålder och hälsostatus, foder och fodrets sammansättning och skötselåtgärder.
- Tarmsmittor kan förökas i exkrement direkt efter utsöndring, men antalet reisolerade kolonier avtar under lagringen.
- Shigatoxin producerande *E. coli*, *Salmonella* spp. och *L. monocytogenes* överlevde längre perioder i marken då de introducerats genom kontaminerat organiskt gödsel.

Produktion av frukt, bär och grönsaker är beroende av tillförsel av växtnäring anpassad till växtens behov. Växtnäring är ett viktigt styrmedel för att främja och tajma beståndets utveckling och för att möta avkastnings- och kvalitetsmålen för respektive kultur. Växtens krav på växtnäring varierar mellan olika näringsämnen. Det finns sådana ämnen som krävs i en större mängd, såsom kväve, fosfor, kalium, svavel, magnesium, kalcium och sådana ämnen som krävs i mindre stor mängd, såsom mangan, järn, zink, koppar, bor, molybden, nickel och klorid. Gödsling bör dock alltid ske på grundval av en medveten planering. Fyra grundläggande överväganden listas nedan (citerat enligt Alsanius (3) och litteraturen däri). Tillförsel av organisk gödsel och kalk baseras på markens/odlingssubstratets riktvärden för organisk substans respektive pH och kulturens effekt. Den kan vara både tärande eller ökande. Gödselmängden bör rätta sig efter både ekonomisk och ekologisk optimering. Den är beroende av kultur, växtplatsens egenskaper samt odlingsystemet. Gödsling och gödslingsplanering bör baseras på fyra grundläggande överväganden:

- 1) återkommande tillförsel av organiska gödselmedel och kalk för att förbättra respektive bibehålla bördigheten
- 2) gödselgivornas omfattning baseras på gödselbehovet av respektive kultur
- 3) tillförsel av organiskt och oorganiskt gödsel måste grunda sig på näringsämnesbalansen
- 4) val av relevant gödslingstidpunkt, gödslingsintervall och gödselform.

3.3.1 Gödselform och gödslingsätt

Beroende på växtplatsen – under kontrollerade betingelser eller på friland – bör man använda olika gödslingsstrategier. Växtplatsen på friland besitter ofta en grunduppsättning av näringsämnen som är tillgängliga eller kan bli under odlingen tillgänglig för växten/kulturen. Ett medvetet nyttjande av naturresurser använder sig inte enbart av markens förråd, vilket långsiktigt skulle leda till utarmning och nedsatt bördighet. Växtnäring bör därför tillföras i en sådan form som på kort och lång sikt stödjer och befrämjar markbördigheten. Till skillnad från odling på friland så sker odling i växthus oftast i hydroponiska system (undantag: ekologisk odling i växthus). I dessa system odlas kulturen i odlingssubstrat med näringsbevattningsistället för jord. På så sätt kan tillförsel av vatten och näring precisionstyras efter växtens utvecklingsstadium och behov.

Näringsämnena kan tillföras i löst eller fast form. Gödselmedel kan vara naturliga eller syntetiska. Handelsgödselmedel är ofta syntetiska. De flesta av dagens syntetiska gödselmedel är lösliga i vatten, vilket medför en snabb tillgänglighet. Utveckling av långsamt verkande gödselmedel under 1970- och 1980-talet har medfört ergonomiska och odlingstekniska fördelar i synnerhet inom hortikulturen.

Gödsel betecknar organisk gödsel (citerat enligt Alsanius (3) och litteraturen däri). Det rör sig om framför allt växtrester och djurexkret som återförs till marken eller odlingssubstratet direkt eller efter någon form av processning. Men också restprodukter från andra källor, såsom reningsverk, hushåll eller slakterier, förekommer som organisk gödsel. Gödsel innehåller för det mestadels höga halter vatten. Därför behövs ofta större volymer än vid användning av syntetiska gödselmedel. Organiska gödsel har ofta två funktioner, nämligen att tillföra

- 1) organisk substans till mark eller odlingssubstrat, och
- 2) ett brett spektrum av näringsämnen efter mineralisering.

Växtnäringshalten och innehåll av andra ämnen kan variera över tid. Hastigheten i tillgängligheten skiljer många oorganiska från organiska gödselmedel. Detta är viktigt för planering av tidpunkt för gödningen.

Gödselmedel kan tillföras på olika sätt, både vad gäller tidpunkt och spridningsätt. Med hänsyn till tidpunkt i ett kulturperspektiv skiljer man generellt mellan två gödningssätt, nämligen grundgödningen och övergödningen. Med grundgödning menas gödningen innan sådd eller plantering. Övergödning innebär gödning till en växande gröda resp. i ett etablerat bestånd. Ett annat begrepp för övergödning är tilläggsgödning eller underhållsgödning. Detta kan ske dels genom tillförsel till marken eller bladskärmen (*bladgödning*).

3.3.2 Gödselspridning

Gödselspridningen är beroende av odlingsystemet och val av gödsel (organisk/oorganisk; aggregatform) (citerat enligt Alsanius (3) och litteraturen däri). Spridningsättet skiljer sig mellan frilandsodling och olika former av

kontainerodling ute eller under kontrollerade betingelser i växthus. Val av gödslingssättet är direkt kopplat till gödsefficiensen och till miljöpåverkan. Det mindre gödseln kommer i direkt kontakt med växten desto större blir risken för läckage av lättlösliga näringsämnen, t.ex. nitrat.

I markbundna odlingsystem kan gödselmedel tillföras genom

- 1) *Bredspredning* som används både för oorganiska och organiska gödselmedel. Den lämpar sig främst för grundgödsling på friland och är i synnerhet intressant för spridning av indirekt verkande gödselmedel som ett led för jord- resp. substratförbättring. Växtnäring som tillförs via bredspredning har sämre utnyttjandegrad och det finns en ökad risk för läckage av lättlösliga näringsämnen.
- 2) *Radgödsling* som kan används för kulturer som odlas rader (många grönsakskulturer, odling av frukt och bär). Gödselns placering i omedelbar närhet till växten ökar gödselns utnyttjandegrad. Detta är i synnerhet av intresse under torra betingelser, vid stort plant- och radavstånd (t.ex. plantskoleväxter på friland), vid stark immobilisering eller fixering (t.ex. fosfor), vid små gödselgivor (t.ex. startgivor), vid gödsling av djupt rotande växtslag i djupare lager samt då vegetationsperioden är kort. Det finns ett antal olika placeringssätt i rad. Vid radgödsling placeras gödseln direkt vid eller bredvid frön eller plantan. En specialform av radgödsling är bandgödsling, där gödseln placeras under frön eller plantan. Bandgödsling lämpar sig i synnerhet för mindre rörliga fosfatgödselmedel.
- 3) *Radmyllning*; som kan göras antingen separat eller i kombination med frödsådd (kombisådd). Radmyllning innebär en bättre gödseffekt. Gödseln kommer ner i den fuktiga marken och blir snabbare tillgänglig för växten. Radmyllningen har fördelen att gödseln kan placeras jämnare och att risken för fastläggning av vissa näringsämnen kan minskas. Den erbjuder också ekonomiska och miljömässiga fördelar då den används i samband med sådd.
- 4) *Punktgödsling* där gödseln placeras direkt vid det enskilda fröet eller den enskilda växtens. På detta sätt åstadkommer man den högsta utnyttjandegrad av det tillförda gödselmedlet och därmed miljövinster med hänsyn till urlakning av lättlösliga näringsämnen. Detta medför också ekonomiska fördelar i och med att den totala gödselmängden kan reduceras. Ett exempel för detta gödslingssätt är näringsbevattning genom droppslang.
- 5) *Alvgödsling* som är ett effektivt sätt att trygga försörjningen med kalium och i synnerhet fosfat på djuptgrundiga jordar med djuprotande och/eller långa kulturer på friland, såsom frukt-, bär- och vinodling samt sparrisodling. Växtnäringen tillförs genom djupplöjning till djupare jordlager innan beståndets nyetablering.
- 6) *Gröngödsling* där växter odlas för jordförbättring. Ur växtnäringsperspektiv (humusbilans och växtnäringseffekt) kan den jämföras med inarbetning av skörderester i marken.

Gröngödslingskulturens organiska massa kan lätt brytas ner och näringsämnen mineraliseras snabbt, samtidigt som den enbart tillför lite permanent humus. Gröngödslingsväxter tar upp växtnäring ur djupare jordlager och motverkar därmed en horisontell anrikning växtnäring, samtidigt som den i gröngödslingsväxten fastlagda näringen kan utnyttjas av följdskulturen. Det är dock viktigt att komma ihåg att enbart gröngödsling med baljväxter för in ny växtnäring i marken (kväve); genom alla andra gröngödslingskulturer fastläggs tillgänglig växtnäring temporärt i biomassa som sedan kan frigöras genom mineralisering. Gröngödsling förbättrar också markens vattenhållande förmåga och motverkar erosion.

- 7) *Bladgödsling* där växtnäring tillförs i löst form till blad och frukter i form av en vattenlösning med de ämnen som behöver tillföras. I vissa fall kombineras gödselmedlet med ett vätmedel för att öka upptagningsförmågan i bladet eller ett bindemedel som gör att gödslet fastnar på bladet och kan ge effekt under en längre tid. Bladgödsling kan kombineras med bevattning; men även med sprutning av olika växtskyddsmedel. Bladgödsling lämpar sig mycket väl för att åtgärda en akut bristsituation. Näringsämnet som råder brist på blir snabbt tillgängligt för bladen av ett ämne. I och med att man arbetar med mycket låga koncentrationer i gödsellösningen måste åtgärden ofta upprepas ett antal gånger med 10-14 dagars mellanrum. En annan fördel är att ämnet blir tillgängligt för växten även om markkemi och vattentillgång gör att tillgängligheten av ämnet för rötterna är minimalt. Bladgödsling bygger på syntetiska vattenlösliga gödselmedel.

I diskursen om samspelet mellan gödsling och spridning av tarmsmittor koncentrerar sig all litteratur på organiska gödselmedel, främst av animalisk ursprung. Denna ansats utgår ifrån att smittämnen enbart kan etableras på växten då den sprids med gödseln. Näringsämnen inverkar på växtens fysiologi; detta borde innebära att även andra växtnäringskällor eller spridningssätt kan inverka på hur väl smittämnen kan etablera sig på växtytan. En obalanserad växtnäringsförsörjning kan också främja växtens mottaglighet för växtsjukdomar och därmed verka som portar för internalisering av tarmsmittor.

3.3.3 Organiska gödselmedel

Organiska gödselmedel är en viktig källa för växtnäring och för bibehållen markbördighet både i konventionellt/integrerad och i ekologisk växtproduktion. Många organiska gödselmedel är av animaliskt ursprung (t.ex. stallgödsel, hornspån och -mjöl, ben- och blodmjöl, hårpellets), bland dessa fekalier (fasta och flytande gödselslag). Stallgödsel är ett fast gödselslag som består av ekskrement, urin och strö, t.ex. halm. Näringsammansättningen beror på den djurarten som gödseln härstammar ifrån. Svinggödsel har en högre fosforhalt än kogödsel. Höngödsel har en mycket högre näringskoncentration än både ko- och grisgödsel p.g.a. av en högre torrsbstanshalt.

Flytgödsel och gödselvatten är flytande organiska gödselslag. Gödselvatten består främst av urin som varit föremål för mikrobiella processer, blandad med en viss andel av exkrement och regnvatten. Urinhalten ligger vid 50 % och kvävet föreligger främst som urea. Gödselvatten har ett högt pH-värde och en låg torrsustanshalt.

Flytgödsel är en blandning av exkrement och urin. Den innehåller också olika halter av processvatten. Torrsustanshalten är beroende av djurslaget; den är lägre för nöt och gris än för höns. Flytgödselns sammansättning av växtnäringssämnen är beroende av vattenhalt, djurslag, rötprocess och djurens fodersammansättning.

Fasta och flytande stallgödselslag skiljer sig alltså generellt genom torrsustans- och näringshalt. Båda sprids genom breddspridning, fast pumpbarheten kan vara en begränsande faktor för vissa flytande stallgödselslag. Stallgödsel används gärna som en grundgödsling; flytgödsel och gödselvatten kan köras ut i ett växande bestånd. Svensk lagstiftning reglerar lagring och spridning av dessa tre gödseltyper (42, 79).

3.3.4 Samspel mellan tarmsmittor och organiska gödselmedel

Feces är rik på bakterier. Många humanpatogena organismer har identifierats i djur och i feces, t.ex. *Aeromonas hydrophila*, *Arobacter butzleria*, *Bacillus anthracis*, *Brucella abortus*, *Campylobacter jejuni*, *Chlamydia psittaci*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Coxiella burneti*, *E. coli* (inkl. shigatoxinproducererande), *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Francisella tularensis*, *Leptospira* spp., *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium pseudotuberculosis*, *Salmonella* spp., *Yersinia* spp. (131, 145, 170). Förekomst i, och utsöndring av patogener med, feces påverkas av djurslaget, djurens ålder och hälsostatus, foder och fodrets sammansättning och skötselåtgärder (57); de kan också vara årstidsbetingade (122). I tabell 2 ges en översikt över tarmsmittor i relation till djurslag.

Tabell 2. Mikrobiologiska risker i relation till djurslag (11)

Djurslag			
Nötkreatur	Gris	Höns	Får
<i>Salmonella</i> Shigatoxin producerande <i>E. coli</i> <i>Listeria</i> <i>monocytogenes</i> <i>Campylobacter</i> <i>jejuni</i>	<i>Salmonella</i> <i>Campylobacter</i> <i>Yersinia</i> <i>enterocolitica</i> <i>Listeria</i> <i>monocytogenes</i> ESBL	<i>Campylobacter</i> <i>Salmonella</i> ESBL	Shigatoxin producerande <i>E. coli</i>

Kontaminerade djur kan vara bärare av, och utsöndra smittor, utan att visa symptom (*asymtomatisk*). Användning av stallgödsel kan leda till spridning av tarmsmittor inom primärproduktion av frukt, bär och grönsaker. Bland andra *Salmonella*, shigatoxin producerande *E. coli* och *Listeria monocytogenes* kan överleva i marken under lång tid (se kapitel 3.1) och på så sätt smittar produkter.

Flera rapporter visar på att humanpatogener kan tas upp av växten via rötter och translokteras inom växten (se kapitel 3.3). Men det har också visats att smittan inte tvunget behöver överföras till produkten även om den finns i stallgödsel och överlever i marken (77). Bakom liggande orsaker har hittills inte förklarats.

Salmonella spp., shigatoxin producerande *E. coli* och *Listeria monocytogenes* har används som testorganism i samband med studier om stallgödsel. Uppföröknings- och överlevnadsmönstret av dessa smittor har studerats i ett antal undersökningar. Uppförökning med mellan log 1-3 har visats för alla tre under de första dagarna efter utsöndring. Kudva et al. (90) introducerade *E. coli* O157:H7 i stallgödsel av får, där smittan kunde återisoleras i 21 månader. Även om gödselstacken luftades, fanns smittan kvar i fyra månader. Temperaturbetingelserna inverkar på förekomsten av *E. coli* O157:H7 i stallgödsel. Vid temperaturer < 23 °C (testtemperatur: -20, 4, 23 °C) återfanns smittan efter 100 dagar; vid högre temperaturer (testtemperatur: 37, 45, 70 °C) reducerades detta till 24-40 dagar. Smittans öde i stallgödsel påverkas också av fodersammansättning. En högre andel av halm i fodret minskade överlevnaden av *E. coli* O157:H7 jämfört med gräs- och majsensilage (47). Inverkan av låga temperaturer observerades också för andra shigatoxin producerande serotyper (50) och *L. monocytogenes* (158). Det finns indikationer att en snabb reduktion av *Salmonella* spp., *E. coli* och *L. monocytogenes* i stallgödsel kan vara en funktion av en hög ammoniakhalt, basisk pH, nedsatt vattenaktivitet (60, 61, 163).

Salmonella spp. och shigatoxin producerande *E. coli* har används som testorganism i samband med studier om flytgödsel. Liksom för stallgödsel noterades initieilt en uppförökning av *Salmonella* Typhimurium och *E. coli* O157:H7, som sedan följdes av en minskad reisolering. De introducerade stammarna kunde reisoleras under upp till 5 veckor. Också i samband med flytgödsel kunde en temperatureffekt skönjas; antalet reisolerade bakterier var högre vid rumstemperatur (23 °C) jämfört med 37 °C (60). *E. coli* O157:H7 är den shigatoxin producerande serotypen i studier om överlevnad i flytgödsel vilket kan leda till förhastade slutsatser ang. shigatoxin producenters beteendemönster i dessa sammanhang och därmed rekommendationer för praktiken. Fremaux et al. (48) använde sig av en annan shigatoxin producerande serotyp (O26); deras resultat visade på en längre intervall för reisolering (88 dagar) jämfört med serotypen O157:H7 i studier av andra forskarlag.

Överföring av tarmsmittor till kulturen efter introduktion av kontaminerat gödsel har varit föremål för flera studier både under växthus- och frilandsbetingelser. Ofta omfattar dessa studier ett led där kontaminerat bevattningsvatten används. Ruccola, spenat, morötter, lök och sallad har varit målkulturer. Resultaten förefaller också påverkas av yttre betingelser. Oliveira et al. (125) fastställde årstidsbetingade effekter, med en högre reisolering av *E. coli* O157:H7 på hösten.

De ovannämnda studierna visar att både fast och flytande stallgödsel måste hygieniseras innan den används. Anaeroba eller aeroba röteprocesser kan ha hygieniserande effekt. Dessa åtgärder belyses närmare i kapitel 5.

Frågor kring kritiska moment

Företagsstruktur:

- ✓ Finns det en djurbesättning i företaget?
- ✓ Om ja, hur lagras gödseln?
- ✓ Finns det kontaktytor mellan gödselns lagringsplats och marken?

Växtföljd:

- ✓ Används stallgödsel i växtföljden?
- ✓ Om ja, när tillförs stallgödsel i relation till grönsakskulturer?
- ✓ Om ja, hur sprids gödseln på arealen?
- ✓ Arbetas gödseln in i marken efter spridning?

Bedömning av gödslets hygieniska status:

- ✓ Hur bedöms gödselns hygieniska status?

Djurbesättningens hälsostatus:

- ✓ Vilken kunskap har användaren om djurbesättningens hälsostatus?

3.4 Vatten

I korthet

- Vatten i hortikulturella produktionskedjor används för bevattning, beredning av gödsel- och sprutlösningar, skörd, produktkonditionering och processning
- Borr-, kommunalt, regn-, yt- och obehandlad och behandlat avloppsvatten är vanliga källor för bevattningsvatten. Den hygieniska status av de tre förstnämnda är förhållandevis hög; status för de tre sistnämnda är variabel eller låg.
- Temperatur, halten organiskt material, grumlighet, solinstrålning samt väderlek är viktiga faktorer för förekomst och överlevnad av tarmsmittor i vatten.
- Överlevnaden av *E. coli* O157:H7, men också av tarmvirus är bättre vid låg vattentemperatur, jämfört med högre temperatur.
- *E. coli* O157:H7 kan övergå i ett svältestadium under näringsfattiga betingelser och också etablera sig i biofilm i rörledningssystem.
- Den är en allmän uppfattning att droppbevattning kan minska risken för kontaminering av blad vid bevattning med mindre rent bevattningsvatten. Detta har inte kunnats bekräftas av litteraturen.
- *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp. och *Listeria monocytogenes* kan överleva i sprutlösning. I sprutlösningar med vissa preparat kan även ske en uppförökning.
- Vatten som används vid skörd bör hålla en hög hygienisk standard. Det gäller även sådant vatten som används för produktkonditionering.
- Bevattningsvattnets kvalitet behöver följas upp upprepade gånger under odlingsperioden för att säkerställa dess hygieniska standard. I Sverige finns hittills inga fastställda regler hur provtagningen ska ske och vilka grupper av organismer som ska användas som indikatororganismer.
- Bevattningsvattnets hygieniska standard kan förbättras genom olika åtgärder.

Vatten används i hortikulturella produktionskedjor för olika ändamål:

- 1) Bevattning², inkl frostbevattning
- 2) Beredning av gödsellösningar och sprutlösningar
- 3) Skörd
- 4) Produktkonditionering
- 5) Processning

Först och främst är det användningsändamålet som dikterar vattnets hygieniska minimikvalitet. Detta innebär att allt högre hygienisk kvalitet krävs det närmare vattnet kommer den slutliga produkten, d.v.s. för processning och

² Hygieniska aspekter rörande bevattningsvatten presenteras utförligt i en separat skrift (B. Alsanius, 2014, Hygien och bevattningsvatten. Landskapsarkitektur Trädgård Växtproduktionsvetenskap Rapport 2014:10. ISBN 978-91-87117-71-8).

produktionkonditionering måste man kräva vatten av dricksvattenkvalitet. För bevattningsändamål, är inte enbart skördetillfället avgörande utan också hur vattnet appliceras och hur skördeprodukten kommer att användas.

3.4.1 Vatten i primärproduktion

- Borrsvatten
- Kommunalt vatten
- Regnvatten
- Ytvatten (uppsamlat dammvatten genom ytavrinning, vattendrag (bäck, å), sjö)
- Avloppsvatten (behandlat eller obehandlat)

används vid primärproduktion av frukt och grönsaker. Av dess fem källor håller de tre förstnämnda vanligtvis hög hygienisk kvalitet, medan kvalitet av ytvatten och avloppsvatten är variabel resp. låg.

Brunnsdjupet för borrsvatten ligger för det mesta mellan 25 och 80 m, men kan vid ogynnsamma grundvattenbetingelser även vara så djupt som 130 m. Vid högt grundvattenstånd kan ytliga borrar, med ett djup på 3 till 6 m, brukas. I detta sammanhang bör man dock tänka på att även borrsvatten kan vara kontaminerat. Tarmbakterier kan hamna i grundvatten genom sidvattenintrång. Risken för fekala föroreningar i grundvatten är generellt större när yt nära borrar används. Vad gäller regnvatten så är uppsamlings- och lagringssättet avgörande för regnvattnets hygieniska kvalitet.

Ytvattenkällor är en mycket sammansatt grupp. De kan vara stående eller rinnande vatten. I hortikulturella sammanhang är det inte helt ovanligt med uppsamlat dammvatten, som är en blandning av ytavrinning och regnvatten, eventuellt med tillskott från ett rinnande vattendrag. Kommuner anlägger i allt större omfattning uppsamlingsdammar som skydd mot översvämningar vid regnoväder. Vid sidan av översvämningsskydd fyller dessa dammar ett flertal servicefunktioner, såsom biodiversitetsfunktion genom ökad förekomst av fåglar samt vattenlevande djur, rekreationsfunktion samt lagringsfunktion. I dessa sammanhang lyfts lagringsfunktion för bevattningsändamål ofta fram. Andra stående vatten är naturliga sjöar, av olika storlek. Sverige är rik på sjöar, men också här finns det ofta en sammanblandning med olika servicefunktioner (vattenverk, reningsverk, reservoar för dricksvatten, rekreation). Bland de rinnande vatten som används för bevattningsändamål finns bäckar och åar.

Den hygieniska kvaliteten av ytvattenkällor avgörs av deras ursprung och det är omöjligt att dra några generella slutsatser. Det finns dock ett antal riskmoment:

- 1) Ett rikt djurliv främjar förekomsten av fekala föroreningar i vatten och därmed också risken för tarmsmittor. Det är ur detta perspektiv tveksamt att kombinera olika servicefunktioner i översvämningssdammar med

bevattning. Bevattningsdammar bör därför inte samtidigt användas för odling av fisk eller kräftdjur.

- 2) Ytavrinning, speciellt efter kraftiga regnoväder, där vatten från översvämmande gödselbrunnar, reningsverk etc. kan blandas med avrinnande regnvatten, medför risk för transport av tarmsmittor
- 3) Strandbetande djur, upp till ett avstånd på 30 m ifrån strandkanten
- 4) Bebyggelse nära strandkant utan fungerande avloppsrening (avsaknad av avloppsrening, misskött tre-kammarbrunn, septetank)
- 5) Stillastående vatten för uppsamling av ytvatten är ofta näringsrika, vilket leder till växt av makroalger. De utgör en yta för andra mikroorganismer att fästa vid.

Temperatur, halten organiskt material, grumlighet, solinstrålning och väderlek är avgörande faktorer för överlevnad av bakteriella tarmsmittor i vatten.

Temperaturstudier visar att bakteriella tarmsmittor överlever bättre vid låga vattentemperaturer (36, 162). Men också virus överlever under lång tid i låggradigt vatten (< 8 °C) (92). Låga vattentemperaturer stödjer reisolering av *E. coli* O157:H7 bäst, då olika vattenkällor studerades vid 8, 15 och 25 °C (162). Från åtta-gradigt vatten kunde smittan reisoleras under 91 dagar. Wang och Doyle (162) visade dock att bilden påverkas av analysmetoden. Majoriteten av cellerna hade övergått i ett stadium där de lever och är aktiva, men inte kan odlas fram på semi-selektivt agar (viable but non culturable; VBNC). Detta är en mycket viktig iakttagelse som också kräver att våra vanligaste metoder för vattenanalys måste ifrågasättas.

Oavsedd källan för bevattningsvatten bör man ha i åtanke att situationen i fält resp. växthus eller andra odlingsytor skiljer sig från distributionssystemet för dricksvatten. Även om vattenkällans hygieniska kvalitet är en väsentlig faktor, så påverkas vattnet också av transporten till den odlade kulturen. Denna transport som kan vara några 100 m till flera kilometer lång sker i rör som inte är anpassade till transport av högt kvalitativt vatten, som exempelvis dricksvatten.

Distributionsnätet för bevattningsvatten är oftast inte fastinstallerad utan mobilt för att passa temporära behov, vilket medför upplagring av öppna oanvända rör i fält.

Solomon et al. (147) bevattnade salladsplantor med kontaminerat (*E. coli* O157:H7; 10^2 ; 10^4 CFU/ml) vatten antingen vid ett enskild tillfälle eller intermittent och följde patogenens förekomst under en 30 dagars-period. Fortfarande efter 30 dagar fanns smittan i påtagliga mängder på salladsplantor i försöksled med en hög densitet av *E. coli*, medan smittan bara kunde reisoleras efter selektiv anrikning i led med låg densitet av smittan i bevattningsvatten. Islam et al. fann växtspecifika skillnader i deras försöksserie med bevattningsvatten som kontaminerats med *E. coli* O157:H7 och morötter, lök, persilja, spenat. Smittan kunde återisoleras från växtdelar under påtagligt lång tid.

3.4.1.1 Bevattning och bevattningssätt

Odlingsplatsen, odlingsystemet och den odlade kulturen styr bevattningsbehovet och bevattningssättet. Utöver detta påverkar produktionsinriktningen (konventionellt/integrerad; ekologisk) valet av bevattningssätt. Det sistnämnda beskrivs närmare i kapitel 4.

Hortikulturella kulturer odlas på friland eller under kontrollerade betingelser med mer eller mindre hög styrningsgrad, t.ex. tunnel, växthus (kallväxthus, uppvärmt växthus), odlingskammare. I tabell 3 listas olika bevattningssätt och –användning.

Tabell 3. Bevattningssätt och –användning (129)

Bevattningssätt	Friland		Tunnel	Växthus		Odlingskammare
	Grönsaker	Frukt och bär		Kallväxthus	Uppvärt växthus	
Överbevattning ¹ (inkl. stationära, halvstationära och mobila system)	•	•				
Mikrobevattning (inkl. droppbevattning ovan jord, spraybevattning)	• ³	•	•	•	•	
Underbevattning (inkl. droppbevattning under jord, kapillärbevattning)		•	•		•	•
Dikesbevattning	•	•				
Bevattning med bevattningsdysor ²					•	•

¹ med hjälp av ramp, spridare, (*engelskt begrepp: canopy irrigation*)

² används för att upprätthålla luftfuktigheten i odlingsmiljön

³ droppbevattning lämpar sig inte till alla frilandsodlade grönsaker. Se text nedan och kulturspecifiska sammanfattningar

Som tabell 3 indikerar skiljer sig bevattningssätten för olika odlingsplatser resp. kulturspecifiska krav. Men också företagsstrukturen, såsom företagets storlek och specialiseringsgrad, växtföljd och fältstorlek spelar roll för val av bevattningsteknik.

Överbevattningen förekommer ibland, t.ex. vid bevattning med vattenkanna eller slangbevattning med spridare. De vanligare bevattningssätten som tillämpas vid odling i växthus är dock droppbevattning, underbevattning (t.ex. ebb och flod) och kapillärbevattning. Dessa bevattningssätt beskrivs ingående i rapporten ”Att förbereda för slutna system” (4).

För att minska risken för frostsador under strålningsnätter under blomningen använder man sig i frukt- och bärödling på friland av frostskyddsbevattning för att säkerställa att vävnadstemperaturen i blommorna inte underskrider -0.5 till -1 °C. I

detta sammanhang använder man sig av överbevattning (som omfattar hela trädkronan) (flödes hastighet: 3-4 mm/h; tryck: 3.5-4.5 bar) (129).

Från många håll inom primärproduktionen görs gällande att bevattningssättet kan påverka kolonisering av tarmsmittor på växtvävnaden. I dessa sammanhang framhålls att droppbevattning kan vara ett effektivt sätt att minska risken för spridning av tarmsmittor till ovanjordiska växtdelar. Det anses vara en förbyggande åtgärd i bladgrönsaker med sluten bladskärm, t.ex. isbergsallad. Solomon et al. (146) fastställde inga skillnader i förekomst av *E. coli* O157:H7 på växtvävnaden då kontaminerat vatten vattnades ut med spridare eller droppbevattning. Den höga förekomsten av *E. coli* O157:H7 i mark, rhizosfären och på bladytan av sallad efter applicering med droppbevattning bekräftas av andra studier (68).

3.4.1.2 Beredning av gödsel- och bekämpningsmedelslösningar

Växtnäring kan tillföras i löst form, antingen vid punkt gödsling (droppbevattning), vid blad gödsling eller då gödsling kombineras med applicering av bekämpningsmedel. Bekämpningsmedel för att motverka skadealstrare i fält eller växthus på kemisk väg appliceras i flytande form.

Frågan om vattnets hygieniska standard vid beredning av bekämpningsmedelslösning undersöktes av Guan et al. (54). I undersökningen ingick fyra smittämnen: *E. coli* O157:H7, *Shigella* spp., *Salmonella* spp. samt *L. monocytogenes*. Ett antal substanser för kemisk bekämpning av skadesvampar eller -insekter testades (Ambush 240EC, Benlate T-N-G, Bravo 500, Botran 75WP, Captan 80WDG, Parasol, and Vendex 50W). Samtliga testorganismer förökade sig i fungiciden ”Bravo 500”. Det kan inte uteslutas att en negativ tillväxttest med en patogen stam kan utesluta tillväxt generellt; test av olika serovarer av *Salmonella* visade individuella preferenser på energikällor och därmed uppförkning i olika pesticider.

3.4.1.3 Vatten som används för skörd

Vatten används också för skörd. Ett exempel är skördesystem för storskalig odling av tranbär. Det föreligger inga undersökningar kring samspelet mellan produkt och hygienstatus av vatten som används för skörd.

3.4.2 Åtgärder

3.4.2.1 Uppföljning av bevattningsvattnets kvalitet

Upprepade analyser av bevattningsvattnet med hänsyn till dess hygieniska kvalitet är ett viktigt redskap för att minska risken för spridning av tarmsmittor, förutsatt att man vidtar rätt åtgärd om kvaliteten är låg.

Vattenkvalitet styrs i Sverige av olika regelverk; dricksvattnets hygieniska kvalitet regleras genom SLV 2001:30 (ansvarande myndighet: Livsmedelsverket), regelverket för enskilda brunnar styrs av SOSFS 2003:17 (ansvarande myndighet: socialstyrelsen; rådgivnings- och informationsansvar: Livsmedelsverket) och regelverket för strandbadvatten har fastställts av Havs- och vattenmyndigheten inom ramen för HVMFS 2012:14. Det finns dock inget regelverk som styr kvalitet av bevattningsvatten. Olika aktörer har gett sig på sin tolkning. Från vissa håll har det föreslagits tröskelvärden för strandbadvatten, med motivering att man skulle kunna jämföra den acceptabla fekala dosen med en kallsup. Från andra håll har det förordats dricksvattenkvalitet som minimikrav för bevattningsvattnets hygieniska standard. Ingen av dessa två extrema har tagit in villkoren för trädgårdsodlingen. Under torra perioder bevattnas frilandsgrodder med 4-7 mm vatten upp till tre gånger per vecka, vilket är mycket mer än en kallsup. Att kräva dricksvattenkvalitet för bevattning av frilandskulturer innebär dels att man utgår ifrån att det inte finns några andra källor av betydelse till kontaminering (t.ex. vilda fåglar, vild etc) och att det finns dricksvattenledningar ända in till bevattningsmaskinen. Inte alla företag har tillgång till ett kommunalt dricksvattennät och stamledningar i fält kan vara nedgrävda eller mobila ovanjordiska enheter som inte sällan lagras på markytan under odlings säsongen.

Få länder tillämpar ett regelverk för bevattningsvattnets hygieniska kvalitet. Några av dessa exempel är den tyska DIN19650 (38), som grupperar vattenkvaliteten i fyra klasser med hänsyn till användningsändamålet, standarderna i British Columbia (2 hygienklasser) (30) samt Alberta (2) och Kalifornien.

Det finns enbart lite samordning kring dessa operativa normer. De bygger på olika indikatororganismer. Men också tröskelvärden, provtagningsschema och beräkningssättet skiljer sig mellan dessa normer. I tabell 4 förklaras olika indikatororganismer som ofta används vid bedömning av vattenkvalitet.

Tabell 4. Sammanställning av några organismer som används vid hygienisk kvalitetsbedömning av vatten (Ashbolt et al. (15), modifierat)

Grupp av organismer	
<i>Processorganismer</i>	
Heterotrofa organismer vid 22 °C	Antal snabbväxande heterotrofa organismer; beskriva främst belastning genom jord
Totalantal koliforma bakterier	Heterogen grupp av bakterier; beskriver den allmänna sanitära nivån i vattnet, men är inte direkt relaterad till fekal förorening
<i>Indikatororganismer för fekala föroreningar</i>	
Termotoleranta koliforma (fekala koliforma) bakterier	Undergrupp av totalantal koliforma bakterier; indirekt mått på <i>E. coli</i>
<i>E. coli</i>	Fekal koliform bakterie
Intestinala enterokocker (fekala streptokocker)	Heterogen grupp av bakterier som indikerar fekal förorening i vatten
<i>Patogener</i>	
<i>Salmonella</i> spp.	Sjukdomsalstrare; används som en av indikatorerna i den tyska operativa normen DIN 19650

Vid SLU Alnarp jämfördes en studie kring variationen av den hygieniska standarden i olika ytvattenkällor i södra Sverige som används för bevattning av frilandsgroänsaker. Både i ett kort- och ett långtidsperspektiv varierade vattnets kvalitet påtagligt och *Salmonella* spp. verifierades i flera av de undersökta vattenkällorna upprepade gånger under odlingssäsongen (8). Med detta som utgångspunkt jämfördes de operativa normerna som tillämpas i Tyskland och i British Columbia i en ytterligare studie (9). Man kom fram till att normerna bör stödjas på

- Indikatororganismer: *E. coli*, intestinala enterokocker, *Salmonella* spp.
- Provtagningschema: Rullande med fem individuella provtagningar per fem-veckors-period
- Beräkning: geometriskt medel över fem provtagningstillfällen

I en ytterligare utvärdering föreslog teamet att utöka uppföljning av vattenkvaliteten genom registrering av externa faktorer, såsom nederbördsmängder, temperatur och ljusinstrålning samt vindstyrka (8).

Provtagningsätt

Det verkar finnas en oreflekterad konsensus kring platsen för provtagning, nämligen råvattenkällan (brunn, bevattningsdamm, rinnande ytvattenkälla). Samtidigt har få undersökningar inriktat sig dock på provtagningsätten och provtagningsplatserna i ledningssystemet i fält. Detta är anmärkningsvärt eftersom

- vattenledningar under fältbetingelser används intermittent, vilket innebär stillastående vatten i ledningarna,
- bevattningsvattnet under fältbetingelser oftast håller en lägre och mer variabel hygienisk standard än dricksvatten och

- bevattningsvattnet oftast inte hygieniseras.

Några undersökningar indikerar att den mikrobiologiska kvaliteten av vatten skiljer sig mellan råvattenkällan och stamledningens slutpunkt (6, 140). Vattenledningens ålder och förekomsten av *E. coli* i fältvattenledningens biofilm påverkar bevattningsvattnets hygieniska status (127, 140). Vattnets passage genom ledningssystemet kännetecknas av både retention och frisättning av bakterier i och från vattenrörens biofilm till den fria vattenfasen (6), vilket innebär att prognoser om vattnets mikrobiologiska kvalitet vid bevattningsledningens slutpunkt inte är möjliga. Detta betyder att provtagningspraxis bör ändras från råvattenkällan till bevattningsledningens slutpunkt (munstycke) för att få trovärdiga resultat. Detta förändrade tillvägagångssätt för med sig ett batteri av frågeställningar kring provtagningsättet och provtagningsmängd.

3.4.2.2 Hygienisering av bevattningsvatten

Vattenrening sker traditionellt nära bevattningsdammen, i och med att det krävs tillgång till elektricitet. I detta sammanhang bör det hållas i åtanke att vattnet, efter det pumpats upp från dammen, oftast måste färdas i flera hundra meter genom stamledningsnätet till bevattningsmaskinen, samt ibland ytterligare distanser tills det når munstycken på bevattningsmaskinen. Transporten genom stamledningsnätet är en källa för rekontaminering. Att dekontaminera vattnet så nära bevattningsmaskinen som möjligt är alltså att föredra.

Långsamfilter. Långsamfiltrering är en process som bygger på fysikaliska, kemiska och mikrobiologiska mekanismer. Den har använts i mer än 200 år i dricksvattensammanhang där den visat sig mycket effektiv mot *E. coli* (66). I hortikulturen har den främst använts för borttagning av växtpatogener vid odling i hydroponiska system i växthus. Det finns dock också exempel med storskaliga filter på friland vid kontainerodling av plantskoleväxter. För en effektiv reningsprocess är flödes hastighet genom filtret, filtermaterial och filtrets översta skikt, Schmutzdecke, avgörande faktorer. Vid långsamfiltrering ska flödes hastigheten inte överstiga 400 l/m² filteryta och h (56), och för att uppnå en mycket hög reningsgrad ska flödes hastigheten ligga vid 200 l/m² filteryta och h. Med tanke på de stora vattenvolymer som behövs vid varje bevattningstillfälle i grönsakskulturer måste de nödvändiga vattenmängderna lagras; detta måste ske på ett sådant sätt som förhindrar återkontaminering av redan behandlat vatten.

Fotokatalys. Fotokatalytisk rening är en oxidationsbehandling. Vattnet passerar genom en enhet som består av en UV-lampa och ett katalytiskt membran. De kommersiella enheterna som är i bruk i Sverige arbetar med ett titandioxidmembran. När UV-strålarna möter det katalytiska membranet bildas radikaler som oxiderar både levande och dött organiskt material. Fotokatalytisk rening lämnar inga toxiska restprodukter. Hög reningseffekt förutsätter låg grumlighet, vilket innebär att vatten skall filtreras genom ett grovt filter innan det

behandlas fotokatalytiskt. Metoden har visat goda resultat för hygienisering av bassängbadvatten och av bulkvatten. Vid sidan av inverkan på bakterier har den också visat sig effektiv mot *Cryptosporidium* (134, 148), parasiten som orsakade utbrott relaterat till dricksvatten i Östersund och Skellefteå under hösten/vintern 2010/2011.

Vid SLU Alnarp har vattenbehandling genom fotokatalys följts upp både vid stationära enheter nära pumpstationen och vid mobila enheter byggda på bevattningsmaskinen. Processen var effektiv oberoende av placeringen (5, 7), men rekontaminering noterades vid ett antal provtagningsstillfällen då den fotokatalytiska enheten varit placerat nära bevattningsdammen.

Frågor kring kritiska moment

Kultur:

- ✓ Vilka kulturer odlas?

Vattenkälla:

- ✓ Vilka vattenkällor används för
 - Bevattning
 - Beredning av gödsel- och sprutlösningar
 - Produktkonditionering
 - Skörd

Bevattningssätt:

- ✓ Hur intensivt bevattnas odlingen under ett normalår?
- ✓ På vilket sätt bevattnas?

Vattenhygien:

- ✓ Tas prover ang. bevattningsvattnets hygieniska status? Om ja, hur ofta?
- ✓ Vilka indikatororganismer används för bedömningen?
- ✓ Följs och registreras väderleksbetingelserna kontinuerligt?
- ✓ Vilka riktvärden/tröskelvärden används vid bedömningen av den hygieniska statusen?
- ✓ Hur åtgärdas en låg hygienisk status i bevattningsvattnet?

Vid användning av ytvatten:

- ✓ Finns det strandbetande kreatur uppströms eller vid kanten av bevattningsdammen?
- ✓ Kontrolleras djurens hälsostatus? Är den känd för brukaren av bevattningsvattnet?
- ✓ Finns det vattenfåglar på bevattningsdammen?
- ✓ Används bevattningsdammen också för odling av fisk?
- ✓ Finns det en gödselstack i närhet av ytvattenkällan? Om ja, finns det barriärer som förhindrar avrinning av lakvatten från gödselstacken till ytvattenkällan?
- ✓ Finns det fritidshus i närheten av odlingen? Finns det avloppsrör från fritids- eller bostadshus till ytvattenkällan?

Stamledningsnätet:

- ✓ Rensas bevattningsrören? Om ja, hur och hur ofta?
- ✓ Hur lagras bevattningsrören under resp. efter säsongen?

3.5 Sjukdomsalstrare och skadegörare

I korthet

- Skador i växtvävnaden kan orsakas mekaniskt eller genom inverkan av fysiologiska eller biotiska sjukdomar. Sår är en passiv näringskälla för mikroorganismerna på växtytan. De är också en port för internalisering av tarmsmittan i växtvävnaden.
- Väldigt få undersökningar har hittills undersökt interaktionen mellan växtskadegörare och tarmsmittors öde på växten. De flesta undersökningar har gjorts med bakteriella växtpatogener som framkallar rötter.
- I närvaro av bakteriella växtskadegörare ökade både förekomsten av *E. coli* O157:H7 och *Salmonella* spp.
- Samspelet mellan växtskadegörare och tarmsmittor varierar mellan växter, växtens eller växtdelens ålder, skadegöraren och tarmsmittan.
- Makroskopiskt begränsade skador är ingen garanti för frånvaro av tarmsmittor.
- Växthälsa är en viktig förutsättning för att begränsa tarmsmittornas förmåga att etablera sig och växa till på växytor.

Växytor är intensivt koloniserade av mikroorganismer (se kapitel 3.2). De gynnas av växtens exsudation av organiska kolföreningar som tjänar som energikällor. Kolonisatörernas inverkan på växten kan vara neutral, positiv eller skadlig. Villkoren i fyllosfären, d.v.s. varierande temperatur och fuktighet samt tillgång till näring, UV-strålning, konkurrens emellan mikroorganismerna, anses vara extremt krävande ur ett mikrobiellt perspektiv. Biofilmbildning (*bildning av mikrobiella aggregat*) på växytor är en mikrobiell strategi för att motstå dessa gästvänliga betingelser på ett effektivare sätt (se kapitel 3.2). Det har visat sig att en sammansatt biofilm som består av fler än en species (*multispecies biofilm*) är motståndskraftigare än biofilm som enbart består av en species (31). Det förmodas att tarmsmittor, såsom shigatoxin producerande *E. coli* och *Salmonella* spp., kan kolonisera växtytan på ett mer framgångsrikt sätt om de associerar sig med en redan befintliga sammansatta biofilmen (97).

Alla mikroorganismer som har en heterotrof livsstil är beroende av tillgång till organiska näringskällor. På den intakta bladytan kan detta tillgodoses genom exsudation av organiska kolföreningar. Då växtvävnaden skadas ges passivt tillgång till stora näringsresurser. Skador kan orsakas mekaniskt eller genom angrepp av sjukdomsalstrare och skadedjur. Det finns hittills en begränsad mängd litteratur kring samspel mellan skadegörare och humanpatogena tarmsmittor. Den tillgängliga litteraturen belyser främst interaktioner mellan växtpatogena bakterier och *Salmonella* spp. samt *E. coli* O157:H7.

Förekomst av *Salmonella* spp. på frukt och grönsaker är avsevärt mycket vanligare på röteangripna produkter jämfört med produkter som är makroskopiskt intakta. Då *Salmonella* Typhimurium saminokulerades med rötebakterierna *Pectobacterium carotovorum* eller *Pseudomonas viridiflava* i vävnad från tomatfrukt under

laboratoriebetingelser, ökade förekomsten av *Salmonella* 7-10 gånger (165). Brandl (28) påvisade förekomst av *E. coli* O157:H7 i lesioner på romansalladsblad, orsakade av mekaniska skador och skador orsakade av fysiologiska eller bakteriella sjukdomar. Hon visade att förekomsten av *E. coli* O157:H7 ökade kraftigt (4-11 gånger) inom fyra timmar då romansalladsblad skadades mekaniskt. Ökningen varierade beroende på behandlingen. Bladens ålder spelar en viktig roll; i närvaro av rötebakterien *Dickeya dadantii* ökade förekomsten av *E. coli* O157:H7 27 gånger mer på unga än på medelåldriga blad. Denna effekt kan hänga ihop med växtpatogenens pektinolytiska aktivitet (169). Ökning av både *Salmonella* spp. och *E. coli* O157:H7 i närvaro av *Pectobacterium carotovorum* bekräftas också av en studie av Kwan et al. (93). Forskarlaget iaktog också att de två tarmsmittorna inverkar på miljön i fyllosfären på fundamentalt olika sätt. Förekomst av *Salmonella* spp. ledde till en pH-sänkning i vävnaden vilket begränsade röteangreppet, dock inte förekomsten av tarmsmittan.

Frågor kring kritiska moment

Kulturens hälsostatus:

- ✓ Hur frisk är beståndet/kulturen?
- ✓ Vilka åtgärder används för att
 - Minska mekaniska skador på växten eller produkten?
 - Förebygga angrepp av skadeorganismer?
 - Förebygga fysiologiska skador?
- ✓ Finns skador på växten eller produkt? Om ja, hur hanteras skadat växtmaterial?

3.6 Hantering och skörd

I vetenskapliga sammanhang är hantering och skörd ett ämne som hittills behandlats styvmoderlig vad gäller spridningsvägar för tarmsmittor. Både hantering och skörd utgör en ökad kontaktyta mellan människor och produkt; detta innebär att personalens hälsa och handhygien är väsentliga. Om produkten konditioneras före leverans till grossisten bör förstås kvaliteten av sådant vatten regelbundet testas. En ytterligare punkt är att markkontakt med skördeorg skall undvikas.

4 Produktionsinriktning (ekologisk vs konventionell/integrerad odling)

I korthet

- Utifrån uppgifter i litteraturen har förekomst av tarmsmittor vid ekologisk odling av grönsaker hittills inte varit ett prioriterat forskningsämne. I synnerhet är uppgifter sparsamma vad gäller tarmsmittor vid ekologisk odling i växthus.
- Det flesta undersökningar gäller sallad.
- Högre förekomst av mikroorganismer har påvisats i ekologisk odlad sallad jämfört med konventionellt vad gäller *Enterobacteriaceae* och *E. coli*.
- För tarmsmittor såsom *Listeria monocytogenes* och *Salmonella* är det redovisade antalet ofta lågt eller obefintligt.
- Färre kontaktytor mellan djur och kultur är en viktig åtgärd för minskad spridning av tarmsmittor vid ekologisk odling av frukt, bär och grönsaker.
- Kompostering av stallgödsel har en hygieniserande effekt, men temperaturstyrning och risk för återväxt bör beaktas.
- Solarisering kan ha en hygieniserande effekt på markens yttersta lager.

Många konsumenter anser att ekologiska produkter, i motsats till produkter ur konventionell eller integrerad produktion, är säkrare (103) och har en hälsobefrämjande effekt (86). Ekologisk produktion är dock inte en produktionsinriktning som avser framtagning av hälsosamma produkter utan är ett koncept för uthålligt utnyttjande av naturresurser vid odling av växter och i djurhållningen som bygger på kretsloppstänkande.

Ekologiskt odlade produkter certifieras i Sverige genom KRAV och regelverket är tillgängligt på <http://www.krav.se/KravsRegler/>. Ur ett hygieniskt perspektiv åtskiljs ekologisk från konventionell/integrerad odling genom en större beröringsyta mellan animalieproduktion och produktion av vegetabilier och därmed ett större engagemang av animaliska avfallsprodukter och komposter som används för jordförbättring, växtnäring samt tillsats till ekologiska odlingssubstrat. Djur kan också finnas som en integral aktör i växtföljden eller i kulturåtgärder.

Primärt koncentrerar sig litteraturen om säkerhet av ekologiskt odlade frukter, bär och grönsaker på frilandsodlingar. Under litteraturgenomgången hittades inga undersökningar från växthusmiljöer. Att ekologisk odling i växthusmiljö inte är fria från denna problematik visade sig i det stora EHEC-utbrottet i Tyskland våren 2011, där misstanken i ett inledande skede riktades på växthusodlade gurkor som

testats positiv för shigatoxin producerande *E. coli*. Odlingssystem för ekologisk produktion i växthus varierar kraftigt i Europa. Medan de ofta bygger på bäddodlingar³ (tomat, gurka, paprika) eller i kär⁴ (kryddväxter, örter) i Skandinavien och Baltikum, sker den i Mellan- och södra Europa i markbädd. Den avgörande skillnaden mellan dessa två tillvägagångssätt är markbördighetsfrågan. Vid odling i markbädd kan markbördigheten underhållas i motsats till odling avgränsade bäddar (bäddodlingar) genom t.ex. växtföljd, tillförsel av organisk substans genom stallgödsel och komposter. Odling i markbädd kräver ogräskontroll, vilket kan ske mekaniskt eller genom djur (t.ex. höns). I vissa företag tar djur (t.ex. getter) hand om växtrester efter avslutad kultur. Det är viktigt att komma ihåg att växthus i sig heller inte är ett fullständigt skydd mot vilda djur; utrymmen kan vara temporära eller permanenta habitat av fåglar, gnagare och andra djur (86).

4.1 Mikroorganismer på ekologiskt odlade grönsaker

Trots de stora kontaktytorna mellan djur och vegetabilier har den mikrobiologiska produktsäkerheten enbart studerats i några få undersökningar. Några av dem är jämförande studier – mellan ekologisk och konventionell odling (102, 123, 133). Andra lyfter frågor kring humanpatogener (99). Nästan inga belyser strategier som främjar eller minskar produktsäkerheten vid ekologisk odling av frukt, bär och grönsaker. Sallad är den kulturen som har fått mest uppmärksamhet i dessa sammanhang.

I en jämförande studie om bakteriell kolonisering av sallad undersökte Oliveira et al. (123) prover från 18 olika ekologiska resp. konventionella odlingar. I studien ingick aeroba mesofila och psykrotrofa mikroorganismer, jäst, svampar, laktobaciller, Enterobacteriaceae, *E. coli*, pseudomonader, *Salmonella* och *Listeria monocytogenes*. Inga *Salmonella* eller *Listeria monocytogenes* konstaterades i några av salladsproverna. Förekomsten av bakterier var generellt högre på salladsblad från ekologisk produktion. De största skillnader fanns med hänsyn till Enterobacteriaceae och *E. coli* fanns i drygt 22 % resp. 12.5 % av alla prover ur ekologiska resp. konventionell odling. Dessa resultat stöds till viss del av Rattler et al. (133), men Rattlers studie tyder också på förekomsten av säsongsbetingade skillnader. En norsk studie (99) fokuserade enbart på förekomsten av *E. coli*,

³ I Sverige har minimivolym av odlingssubstrat vid ekologisk odling av långa (ettåriga kulturer) i avgränsat bädd fastställts till 30 l ekologisk odlingssubstrat per planta (89).

⁴ I Sverige har minimivolym av odlingssubstrat vid ekologisk odling av ört- och kryddväxter samt kruksallad fastställts till 0.2 l (89).

Salmonella och *Listeria monocytogenes*. Av dessa var *E. coli* mest frekvent. *Listeria monocytogenes* återfanns sporadiskt, medan *Salmonella* inte konstaterades allts. Preliminära resultat från en pågående tysk studie (H. Stützel, muntligt meddelande) pekar på ett annat håll.

Bakgrundsfloran på grönsaker verkar dock ha en effekt på överlevnaden och uppförkning av *E. coli* och *L. monocytogenes*. Generellt sett ledde en lägre densitet av bakgrundsmikrofloran på sallad till ökad förekomst av *E. coli* och *L. monocytogenes* i ekologiskt odlad sallad under lagringen; effekten var mer framträdande för *L. monocytogenes* (124).

4.2 Särskilda spridningsvägar i ekologiskt odlade grönsakskulturer och begränsande strategier

Växtföljd och gödsel samt förekomst av djur i odlingsystemet är de spridningsvägarna som accentueras mest i ekologiskt odling. Den gemensamma nämnaren för dessa är djur som reservoar för humanpatogena tarmsmittor. En sammanställning av smittor som finns i avfallsprodukter från animalieproduktionen och som kan överföras av vilda djur finns i tabell 5.

Tabell 5. Sammanställning av humansmittor som finns i avfallsprodukter från animalieproduktionen och som kan överföras av vilda djur (86)

Bakterier	Virus	Parasiter
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Calcivirus	<i>Ascaris suum</i>
<i>Bacillus cereus</i>	Hepatit A	<i>Cyclospora cayetanensis</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	Norovirus	<i>Cryptosporidium parvum</i>
<i>Clostridium botulinum</i>		<i>Giardia lamblia</i>
<i>Clostridium perfringens</i>		
Shigatoxin producerande		
<i>E. coli</i>		
Enterotoxigena <i>E. coli</i>		
<i>Listeria monocytogenes</i>		
<i>Salmonella</i> ssp.		
<i>Shigella sonnei</i>		
<i>Vibrio cholerae</i>		
<i>Yersinia enterocolitica</i>		

Även andra spridningsvägar (bevattningsvatten, vilda djur etc.) är aktuella, men problematiken skiljer sig inte ifrån konventionellt odlade grönsaker, frukt och bär, som presenterats i kapitel 3. Därför tas dessa inte upp som särskilda faktorer i detta kapitel.

4.2.1 Växtföljd

Till skillnad av konventionellt/integrerad odlade grönsaker kan det förekomma ett led med bete i växtföljder vid ekologisk odling. I och med att djur utgör reservoarer för tarmsmittor och vissa sjukdomsalstrare kan överleva påtagligt länge både på

markytan och i marken (37, 44, 51, 74, 131) föreligger här uppenbara spridningsvägar till nästföljande gröda. Köpke et al. (86) rekommenderar att inte odla grönsaker på ytor som används för bete under de nästföljande tolv månader.

4.2.2 Gödsel och komposter

Organiskt gödsel av animalisk ursprung är den mest uppenbara spridningsvägen av humansmitor vid ekologisk produktion av grönsaker. I detta sammanhang intar stallgödsel en särställning. Det bör dock understrykas att det finns många andra organiska gödselmedel av animaliskt ursprung som inte utgör en lika stor fara eller ingen fara allts.

Gödsel som en möjlig spridningsväg av tarmsmitor till grönsaker har beskrivits i kapitel 4. Det finns ett antal åtgärder som kan minimera spridningsrisken genom gödsel

- Nedmyllning
- Ytbehandling genom solarisering och ångning
- Begränsning av mekaniska skador på rot eller bladskärm
- Kompostering av stallgödsel

Nedmyllning. Det finns hittills lite vetenskaplig bas som talar för att inarbetning av gödsel i marken leder till reducerad spridning av tarmsmitor generellt. Inarbetning av färskt gödsel i djupare marklager sänker visserligen exponeringen mot bladskärmen. Men en sådan hypotes skulle innebära att tarmsmitor inte kan tas upp via rötter och transporteras i växten, vilket motsägs ett stort antal undersökningar och som sammanställts i Hirneisen et al. (62).

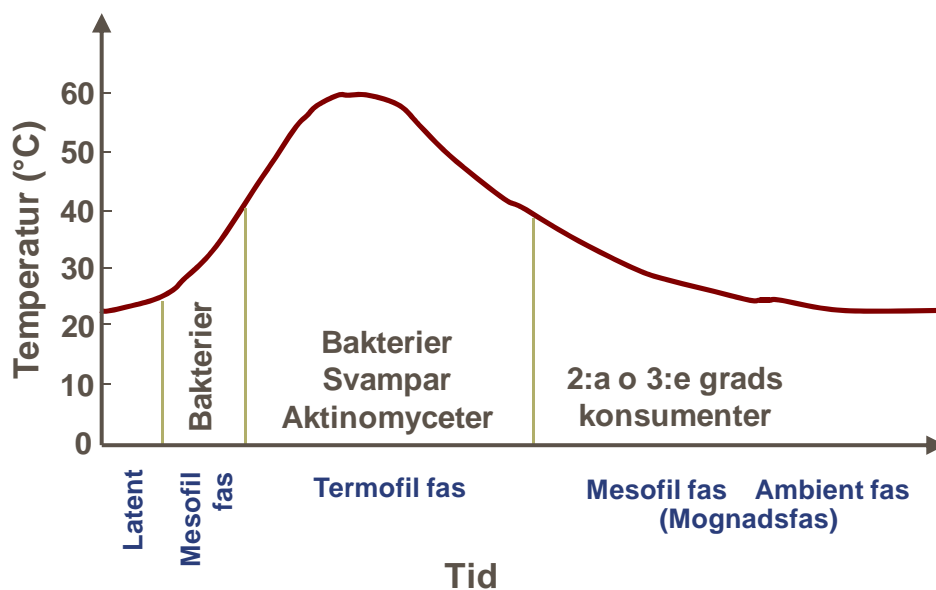
Köpke et al. (86) refererar i sitt resonemang på den ökade biologiska aktiviteten i ekologiskt brukad mark som bidragande faktor till att tarmsmitor motverkas genom konkurrens av den naturliga markmikrofloran. En sådan trend kunde skönjas för *E. coli* O157:H7 i en holländsk studie (47). För denna tes saknas i dagens läge fortfarande tillräckliga bevis.

Solarisering är en aktiv åtgärd för ytlig markdesinfektion där fuktig, men ej vattenmättad mark täcks med plast under fyra till sex veckor. Genom inverkan av solstrålning värms det yttersta upp till ca 45 °C vilket har en avdödande effekt för vissa mikroorganismer. Denna teknik används i första hand för att motverka växtsjukdomar och ogräs och tillämpas i detta syfte i synnerhet vid ekologiskt odling av grönsaker i markbädd under växthusbetingelser. Utomhusbetingelserna avgör åtgärdens efficens i olika klimatzoner. Vetenskapliga rapporter vad gäller solariseringens effekt för att minska överlevnad av tarmsmitor i kontaminerad organiskt gödsel kunde inom ramen för föreliggande studie inte tas fram genom de vanliga informationskanalerna.

Kompostering är en strategi för att minska belastningen av humansmitor i stallgödsel. Det är en grundläggande omsättningsprocess där organiskt material

bryts ner under syrerika betingelser. Den bygger på ett samspel mellan kemiska, fysikaliska och biologiska processer. Processen används för framställning av företagsegna gödselmedel, förädling av stallgödsel samt framställning och förädling av vissa substratråmaterial.

Kompostering är en aerob process. Det betyder att syre (O_2) förbrukas, samtidigt som koldioxid (CO_2) bildas. I och med att O_2 driver komposteringsprocessen, måste god genomluftning säkerställas. Kompostering kan ske i stack, sträng eller som madrasskompostering där komposten sätts om med jämna mellanrum. Den kan också ske i roterande tunnor. Processen utmärker sig genom sin temperaturcykel och genom sin succession av mikroorganismer (Fig. 6). Under komposteringens termofila fas höjs temperaturen till 65 – 70 °C, vilket har en hygieniserande effekt på materialet. Dessa temperaturnivåer uppnås dock enbart i mitten av kompoststacken, - strängen, eller -madrassen, om man arbetar med komposteringsmetoder utan isolering. Därför bör materialet läggas om i flera omgångar så att alla delar exponeras för dessa temperaturer. Vad detta har för betydelse för tarmsmittor och eventuell rekolonisering eller återväxt, återkommer jag till längre ner i detta stycke.



Figur 6. Temperaturcykel och succession av mikroorganismer under komposteringen (132) (modifierat; figuren återges från Polprasert, C. 2007 med tillstånd av innehavaren av copyright, IWA Publishing).

Vid sidan av syrebetingelserna är fuktighet och partikelstorlek viktiga kriterier för optimal styrning av komposteringsprocessen. Vatten är essentiellt för mikrobiell aktivitet och den kan begränsa komposteringsprocessen. För torra betingelser förhindrar att komposteringsprocessen startar, för fuktiga betingelser kan hämma genomflödet (*diffusion*) av syre genom materialet. Om komposten är för fuktig, kan patogener släppas ifrån med lakvattnet.

Omsättningshastigheten är beroende av råmateriallets kemiska sammansättning där förhållandet mellan organiskt bundet kol (C) som primär energikälla för mikroorganismerna och kväve (N) spelar en avgörande roll (C/N-förhållande). Låga C/N förhållanden medför en förlust av ammoniak, medan höga C/N förhållanden medför långsam nedbrytningshastighet. Vid sidan av C/N förhållandet är också ligninhalten en viktig faktor för nedbrytningshastigheten.

I flera undersökningar studerades dynamiken av tarmsmittor i stallgödsel och flytgödsel. Ofta använder man sig i dessa sammanhang av begreppen ”inaktivering” och ”överlevnad”. Analysmetoden som används i dessa sammanhang är väsentlig. Oftast tillämpas plattspridningsmetod med semi-selektiva medier där antal bakterier räknas. Med denna metod tas fram bakterier som kan växa under de givna betingelserna. I litteraturen har under senare tid uppmärksamats fenomenet ”viable non-culturable organisms” (40, 82). I ljuset av dessa undersökningar är det tveksamt om man verkligen kan betrakta resultatet av inkubations- och komposteringsförsöken som inaktivering eller överlevnad.

Inkubationsförsök under laboratoriebetingelser med *E. coli* O157:H7 och *Salmonella typhimurium* i 8 cm tjocka skikt av färsk kogödsel vid 4, 20 och 37 °C visade en log 6 minskning av levande cellhalter (CFU) inom 38 resp. 42 dagar; minskningen var korrelerad med inkubationstiden och log CFU. Regressionskoefficienten var högre för *Salmonella typhimurium* än för *E. coli*. Minskningen i CFU var mindre i ytskiktet jämfört med mitt- och bottenskiktet (60).

Sammansättning och yttre betingelser spelar en viktig roll för förekomsten av *E. coli* O157:H7 under komposteringen. Då denna sjukdomsalstrare förelåg i stort antal i kompost, krävdes längre tider med en minimitemperatur av 50 °C, för att sänka dess antal vid reisolering under detektionsgränsen. Författarna rekommenderade därför en minimi-period av 14 dagar vid minst 50 °C för att åstadkomma en sanerande effekt vid hög förekomst av *E. coli* O157:H7 i stallgödsel (75).

”Överlevnads-”försök med tarmsmittor utgår vanligen från laboriestammar, som befunnit sig i den miljön under en längre tid och som uppföras under för patogenen optimala betingelser. Jämförbart med försök med växtmaterial har stammens förbehandling en effekt på ”överlevnaden”. Värmechockbehandling av *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* och *Salmonella* visade att stammar som exponerades för 47.5 °C i en timme kunde reisoleras i större antal vid en påföljande behandling vid 50 °C jämfört med kontrollstammarna och antalet reducerades först då de utsattes för 60 °C. Författarna drog slutsatsen att temperaturer som förekommer i den övre mesofila fasen leder till bättre ”överlevnad” vid temperaturer som annars har avdödande effekt (141).

Av de ovannämnda källor framgår tydligt att tarmsmittor kan finnas kvar i lågt antal efter kompostering, vilket kan leda till återväxt under gynnsamma betingelser. Temperatur var en avgörande faktor för återväxt och rumstemperatur (22 °C)

förefaller vara gynnsammare än 30 °C. Däremot verkar kompostens ålder inte ha någon betydelse (84).

4.2.3 Förekomst djur i odlingssystemet

Djur i odlingssystemet ökar biodiversiteten på olika sätt. Men de utgör också en risk för spridning av humanpatogener till de odlade frukter, bär och grönsaker, detta oberoende av odlingsplats (friland, växthus). Detta är en synnerlig fara för produkter som konsumeras rå eller efter minimal tillredning och inte förenliga ur ett livsmedelshygieniskt perspektiv.

Exempel på djur i odlingssystem för frukt, bär och grönsaker är betande djur på gräsbanor i fruktodlingar, på invallade bevattningsdammar, implanterad fisk i bevattningsdammar, ogräsbekämpande djur vid odling i markbädd i växthus, djur som tar hand om skörderester efter avslutad kultur.

Frågor kring kritiska moment

Kontakt mellan djur och kultur:

- ✓ Förekommer djur i växtföljden?
- ✓ Utför djur för vissa odlingsåtgärder?
- ✓ Finns strandgående djur i nära kontakt med källor som används som bevattningsvatten?

Djurhälsa:

- ✓ Kontrolleras djurhälsan med hänsyn till förekomst av viktiga zoonoser?

Gödsel och komposter:

- ✓ Hur lagras stallgödslet?
- ✓ Används fekalbaserade organiska gödselmedel? (t. ex. stallgödsel)
- ✓ Komposteras stallgödslet?
- ✓ Hur säkerställs att komposteringsprocessen har haft en hygieniserande verkan?
- ✓ Vilka åtgärder vidtas för att minska risken för spridning av zoonoser från djur till vatten, mark, kultur och produkt?

5 Ledarskap

God hygien i primärproduktionskedjan förutsätter ett starkt ledarskap, både i ord och i handling. Nyckeln för att kunna tillvarata detta är att det finns en grundläggande förståelse för mikrobiologiska faror i primärproduktionskedjan som utgör en risk för folkhälsan och för åtgärder för att minska riskerna resp. förhindra dem. Företagsledaren måste identifiera farorna och ta fram en plan för att hantera dem. I ledarskap ingår också att säkerställa nödvändiga resurser, i form av personal, ekonomi, träning och utrustning. Det måste också kommuniceras tydligt till alla medarbetare vilket ansvar individen har för att åstadkomma en hög hygienisk standard i hela produktionskedjan och i faciliteterna. En amerikansk intervjustudie tyder på att hygienfrågor prioriteras högt bland de intervjuade företagen, men att man inte gav stödprogram, som till exempel träning, lika hög prioritet (95). Hittills har ingen svensk studie som adresserar dessa frågeställningar publicerats (se också kapitel 3.1 och 7).

6 God odlingssed

Värdekedjan av frukt och grönt är mycket komplex; detta måste tas hänsyn till i de olika stegen. Som tidigare nämnts, så har varje kultur och företag sina individuella förutsättningar; därför finns det inget generellt tillämpligt tillvägagångssätt, utan varje producent måste analysera möjliga riskmoment och åtgärder utifrån ett individuellt perspektiv. God odlingsmed (good agricultural practice, GAP) – motsvarigheten till livsmedelsindustrins GMP - beskriver de nödvändiga miljömässiga och företagsmässiga betingelser för hygieniskt säkra produkter. GAP kan alltså beskrivas som ett strukturerat angreppssätt för att säkra produktkvalitet och –hygien under primärproduktionen – i trädgårdsföretaget eller på gården.

Den amerikanska FDA listar följande åtta principer (45):

Princip 1: Det är bättre att förebygga kontaminering än att lita på motåtgärder när kontamineringen är ett faktum

Princip 2: För att minimera risk för smittspridning till färska produkter bör odlare, personal som har hand om packning och transport använda sig av god sed för odling resp. management på de ytor som de kontrollerar över.

Princip 3: Färska produkter kan kontamineras överallt från jord till bord. Huvudsakliga smittkällor är förknippade med fekala föroreningar genom djur eller människor.

Princip 4: Vattenkällan och dess hygieniska kvalitet avgör risken för smittspridning, då vatten kommer i kontakt med färska frukt- och grönsaksprodukter.

Princip 5: Organiskt gödsel av animaliskt ursprung och kommunala rötresten bör uppreparas för att förhindra spridning av smitta till frukt och grönt.

Princip 6: Personalens hygien och sanitära åtgärder under produktion, skörd, sortering, paketering och transport spelar en viktig roll för att minimera risken för smittspridning till färska frukter, bär och grönsaker.

Princip 7: Alla lokala, regionala lagar, förordningar och operativa normer för odling skall följas.

Princip 8: Ett framgångsrikt program för livsmedelshygien förutsätter att dessa frågor tas på allvar och på ett ansvarsfullt sätt av alla inblandade (primärproducent, sorterings- och packningsenhet eller –företag, distribution, transport företag). Det måste finnas kvalificerad personal och effektiva rutiner för uppföljning för att säkerställa att alla element fungerar perfekt och för att kunna spåra produkten genom distributionskanaler till producenten.

Följande element ingår

- Spårbarhet
- Bokföring över produktion och relaterade händelser
- Växtmaterial (frö, plantmaterial)
- Platsbeskrivning (inkl odlingsplatsens historia)
- Mark, odlingssubstrat
- Växtnäring (val av gödselmedel, mängd, tidpunkt, gödsellagring)
- Bevattning (vattenkälla, -kvalitet, -mängd, -tillfällen)
- Växtskyddsåtgärder (förekomst av sjukdomar och skadegörare, tidpunkt, val av åtgärd, antal användningar)
- Skörd
- Efterskördebehandling
- Avfallshantering/återanvändning
- Personalens hälsa, säkerhet och trivsel
- Miljöpåverkan
- Klagomål
- Revision

För att tillgodose smittvägarna som kan förekomma vid ekologisk produktion av frukter, bär och grönsaker bör listan av kritiska kontrollpunkter utökas vad gäller djurbesättningens hälsostatus, lagring och uppreparning av organiskt gödsel, biologisk aktivitet i marken och strukturstabilitet samt tillförsel av organiskt gödsel till marken.

Denna lista visar hur nära produktion och hygien är förknippade med varandra. Denna nära koppling visar också hur viktigt ledarskap är för framtagning av produkter med hög hygienisk standard. Ett gott ledarskap kring hygienfrågor sätter standard för alla anställda – ledarens agerande är en förebild för företagets

hygienkultur. Det måste finnas rätt utrustning och även finansiella resurser för att kunna prioritera hygien i produktionskedjan. Utöver detta måste det finnas utbildning och träning kring hygienfrågor för samtliga anställda inom företaget. En nyligen publicerad amerikansk studie visar att kunskap om GAP inte *per se* bör betyda att GAP också tillämpas (95).

En punkt som inte nämns i GAP, men som är betydelsefull i samband med bristande produkthygien är krishanteringsplaner – också detta en ledarskapsfråga. Krishanteringsplaner bör inte enbart omfatta tillvägagångssätt för en utbrott relaterad till frukt och grönsaker utan också återkallelse av produkter, force majeure-incidenter eller strömbortfall, som redan är vanliga under vissa årstider i Sverige, och förväntas komma att öka i förekomsten genom klimatförändringarna. Även akut sjukdom och dödsfall av personal med centrala befattningar inom företaget behöver inbegripas i en krishanteringsplan. Inom ramen för krishanteringsplanen definieras krissituationer *per se*, ledande principer för krishantering, nivåklassning av kriser kombinerad med adekvata nivåer för hur situationen hanteras, ansvarsfördelningar, åtgärdsplan, kriskommunikationsplan inkl. kommunikation med medier, kontaktlistor samt viktiga dokument som behövs för hantering av en kris. Det är viktigt att krisplaner repeteras väl så att alla inblandade är förtrogna med sina roller och uppgifter när det gäller.

7 Diskussion

Frukt och grönsaker relateras generellt till en hälsosam livsstil och myndigheter uppmanar till en ökad konsumtion av frukt och grönt. Många frukter och grönsaker konsumeras direkt, d.v.s. råa. En kost i ökande omfattning baserad på vegetabilier är också viktigt med hänsyn till miljön. Den ökade förekomsten av utbrott med magsjukor relaterat till frukt och grönsaker är därför bekymmersam. Den är ett folkhälsoproblem ur perspektivet av både de drabbade individerna (förknippat med kort- och långsiktigt lidande och ekonomiska effekter) och samhällsekonomin. Men de representerar också påtagliga problem för hela branschen, d.v.s. både primärproducenter, distribution och handeln, med

- Effekter på konsumtion av frukt och grönsaker generellt
- Direkta effekter på produkten bakom utbrottet (både kort- och långsiktigt)
- Effekter på parallella produkter (t.ex. hallon vs. jordgubbar) samt
- Effekt vid felaktigt utpekande av produkter.

Ansvar för hygieniskt säkra frukt och grönsaker måste tas i hela produktionsnätverket. I föreliggande litteraturstudie belyses mikrobiologiska faror i primärproduktionen. I och med att även det primära produktionsnätverket är mycket komplext och involverar resurser av olika ursprung och många aktörer, måste risktänkande och riskvärderingen vara en naturlig och medveten del i företagandet och produktionsplaneringen.

Samtidigt är det viktigt att ha ett sunt förhållningssätt gentemot mikrobiologiska faror i primärproduktionen. Primärproduktion av frukt och grönsaker är en del av odlingslandskapet. Primärproduktionen påverkar ekosystemet, men, som denna litteraturoversikt förtydligar, så påverkar också ekosystemet primärproduktionen. Handlingsalternativ inom ramen för ekosystemtjänster och samspel med primärproduktion måste alltså väga risken för spridning av mikrobiologiska faror. Primärproduktion på friland sker inte i ett hermetiskt stängt område och vilda djur är ett naturligt inslag i odlingslandskapet. Smittspridning är inte bara ett resultat av de insatta resurserna utan sker också genom betande vilda djur eller flyttfåglar. Detta innebär att en nollvision vore utopisk vad gäller förekomsten av mikrobiologiska faror inom primärproduktionen av frukt och grönsaker. Däremot bör man sikta på att minimera farorna.

Faror kan minskas t.ex. genom

- Medveten strategi för hygien
- Medvetna val av resurser
- Anpassad odlingsteknik
- Egenkontroll (inkl. rutinbeskrivningar, identifiering av kritiska punkter, schemaläggning av analyser, åtgärds paket vid avvikelser)

Hygienfrågan har tagits upp i kapitel 3.1. Den är nära kopplad till ledarskap (kapitel 6). Dessa två kapitel förtydligar att hygien inte enbart handla om att tvätta händer och att ha tillgång till sanitära utrymmen under arbetsdagen. Hygien återspeglar i själva verket företagets förhållningssätt gentemot anställda och deras villkor. Ett tydligt ledarskap för hygien är A och O för att lyckas med att minska mikrobiologiska faror inom primärproduktionen.

Frågan om hygien och hälsa gäller dock inte enbart företagets humana kapital, utan också den odlade kulturens hälsa. Skadat växtmaterial som resultat av sjukdomsangrepp eller skadegörare är en inkörsport för tarmsmittor (kapitel 3.5) som därmed blir oåtkomliga för sanerande åtgärder, t.ex. tvätt. Ett friskt växtbestånd är alltså en grundförutsättning för minskning av mikrobiologiska faror inom primärproduktion av frukt och grönsaker.

Vatten (kapitel 3.4) – i synnerhet bevattningsvatten – och organiskt gödsel (kapitel 3.3) tas ofta fram som två väsentliga spridningsvägar för tarmsmittor inom primärproduktionen. Hygieniskt säkra produktionsmedel är en viktig förutsättning för att minska spridning av tarmsmittor till konsumenten via frukt och grönsaker. Provtagning, analyser, tolkning och konsekvensanalys är i detta sammanhang medvetna strategier. Samtidigt kan risken för smittspridning via dessa två resurser aldrig uteslutas enbart genom provtagningspaket. Odlingstekniska åtgärder kan ha en stödjande funktion i att ytterligare minska risken för smittspridning. Med hänsyn till bevattning kan det röra sig till exempel om bevattningssättet. Droppbevattning minskar inte bara risken för direkt kontaminering av bladverket, utan också för indirekt kontaminering genom skvätt av jordpartiklar (kapitel 3.2). Alternativa bevattningssätt kan dock inte tillämpas till alla kulturer. När det gäller tillförsel av organiskt gödsel baserat på fekalier bör tillfället för spridning övervägas i relation till sådd eller plantering av grönsaker avsedd för direktkonsumtion. Att tajma bevattningstillfället innan skörd eller att byta till ”dricksvatten” som bevattningskälla innan skörd har diskuterats som en odlingsteknisk åtgärd för säkra produkter. I och med att humanpatogener kan etableras på den växande kulturen under hela odlingsperioden, är byte till en vattenkälla av mycket hög kvalitet inget framgångsrikt tillvägagångssätt och legitimerar inte användning av fekalt belastat vatten i ett tidigare skede av odlingen. Att öka intervall mellan sista bevattningstillfället före skörd och skörden med bibehållen produktkvalitet undanröjer heller inte risken för mikrobiologiska faror på produkten. Dessa två odlingstekniska åtgärder ersätter alltså inte god hygienisk kvalitet av bevattningsvatten.

I motsats till vatten och organiskt gödsel uppmärksammas marken som reservoar för tarmsmittor i mycket mindre omfattning, trots att riskerna borde vara uppenbara med tanke på spridning av organiskt gödsel och förekomsten av tama och vilda djur i odlingslandskapet. Rutinmässiga provtagningspaket är ingen framgångsrik strategi. Däremot är registrering av växtföljd och åtgärdshistorik verktyg i planering för hygieniskt säker produktion av frukt och grönsaker. I samband med skörd (kapitel 3.6), oavsett om den sker med maskiner eller för hand kan i många

kulturer kontaktytan mellan mark och produkt inte uteslutas. Däremot kan det undvikas att skördebehållaren placeras direkt på marken och behållarens renhet kan påverkas genom rutintvätt efter användning.

Egenkontroll, inkl. rutinbeskrivningar, identifiering av kritiska punkter och schemaläggning av provtagningar och analyser samt åtgärds paket vid avvikelse, är ett viktigt redskap för en medveten strategi för hygieniskt säker primärproduktion av frukt och grönsaker. Åtgärds paket vid avvikelse förutsätter att det finns rikt- eller tröskelvärden som indikerar en avvikelse. Sådana verktyg saknas hittills. Detta kan exemplifieras genom problematiken kring bedömning av bevattningsvatten där det saknas normer och standarder för kvalitetsbedömning. Frågan har diskuterats länge i Sverige, men hittills finns det inga relevanta lösningar. Frågan rör inte bara vad som mäts och vilka värden som sätts som tröskelvärde utan gäller också frågan om provtagningssätt och provtagningsspunkt, provtagningssintensitet och beräkningssätt samt stödjande faktorer. Att kvantifiera förekomsten av *E. coli* och intestinala enterokocker som indikatorer för kortvarig och långvarig fekal kontamination är ett sätt och ansatsen bygger på att risken för tarmsmittor ökar om fekala föroreningar konstateras i vattnet. Normerna som tillämpas i europeiska grannländer respektive internationellt skulle kunna vara vägledande. Samtidigt har man inte alltid kunnat påvisa ett samband mellan fekal kontaminering och förekomsten av humanpatogener, såsom *Salmonella*. Därmed ställer sig frågan om andra indikatororganismer bör inkluderas i analyspaketet. Moderna, DNA-baserade analysmetoder skulle i så fall kunna vara ett steg i att hitta relevanta indikatorer.

Mikrobiologiska faror inom primärproduktionen kan minskas genom medvetna strategier och odlingstekniska ändringar samt egenkontroll. Ett medvetet arbete för hygienisk säkerhet inom primärproduktionen är dock inte bara en tankeövning utan innebär också ett ekonomiskt åtagande för odlingsföretaget. Ett sådant åtagande värdesätts hittills inte av handeln. Även sådana begränsningar bör tas upp för ett framgångsrikt arbete att minska mikrobiologiska faror inom primärproduktionen av frukt och grönsaker.

8 Referenser

1. Adler, K. 1999. Recommendation on bare-hand contact with ready-to-eat foods finalized by micro committee. *Food Chemical News* 41:9.
2. Alberta Environment. 1999. Surface water quality guidelines for use in Alberta. in: T/483 Alberta Environment, Canada, <http://www.giv.ab.ca/env/protenf/publications/SurfWtrQual-Nov99.pdf>.
3. Alsanius, B. W. 2006. Gödsling och gödselmedel. Alnarp.
4. ———. 2011. Att förbereda för recirkulering av näringslösning i växthus. *Landskap Trädgård Jordbruk Rapportserie 2011*:39:1-30.
5. Alsanius, B. W., Alam, M., Larsson, C., Rosberg, A. K., Ahrné, S., Molin, G., and Jensén, P. 2011. Decontamination of irrigation water under field conditions: preliminary results. *Acta Horticulturae* 922:61-66.
6. Alsanius, B. W., Alam, M., Larsson, C., Sylla, J., Rosberg, A. K., Olsson, C., Mogren, L., Ahrné, S., Molin, G., and Jensén, P. 2013. Microbial community structure of the free water phase in a field irrigation system submitted.
7. Alsanius, B. W., Alam, M., Rosberg, A. K., Larsson, C., and Bergstrand, K.-J. 2012. Fotokatalytisk on-line behandling vid bevattningsmaskinen ökar bevattningsvattnets kvalitet. *L TJ-fakultetens faktablad* 2012:24:1-4.
8. Alsanius, B. W., and Hultberg, M. Short- and long-term variations of the microbial water quality in surface waters used for irrigation. manuscript.
9. Alsanius, B. W., Kristensen, L., and Gustafsson, P. 2010. Rädd för vatten - ta prover! *L TJ-fakultetens faktablad* 2010:17:1-4.
10. Alsanius, B. W., and Kritz, G. 2005. Substratkompendium. SLU, Alnarp.
11. Alsanius, B. W., Mogren, L., Hartmann, R., Vågsholm, I., Boqvist, S., Håkansson, Å., Dorais, M., Stützel, H., and Fricke, A. 2014. The one-health concept and biogreenhouse production. *Acta Horticulturae* under review.
12. Ames, B. N., and Gold, L. S. 1997. The causes and prevention of cancer: gaining perspective. *Environmental Health Perspectives* 105 (Supplement 4):865-873.
13. Andersson, Y., and Bohan, P. 2001. Disease surveillance and waterborne outbreaks. Pages 115-134 in: *Water quality: guidelines, standards and health*, L. Fewtrell and J. Bertram, eds. IWA Publishing, London.
14. Arumugaswamy, R. K., Ali, G. R. R., and Hamid, S. N. B. A. 1994. Prevalence of *Listeria monocytogenes* in foods in Malaysia. *International Journal of Food Microbiology* 23:117-121.
15. Ashbolt, N. J., Grabow, W. O. K., and Snozzi, M. 2001. Indicators of microbial water quality. Pages 289-315 in: *Water quality: guidelines and health*, L. Gewetell and J. Bartram, eds. IWA Publishing, London.
16. Bach, S., and Delaquis, P. 2009. The origin and spread of human pathogens in fruit production systems. Pages 43-54 in: *Microbial safety of fresh produce*, X. Fan, B. A. Niemira, C. J. Doona, F. E. Feeherry and R. B. Gravani, eds. IFT Press/Wiley-Blackwell, Ames.
17. Bazin, M. J., Markham, P., and Scott, E. M. 1990. Population dynamics and rhizosphere interactions. Pages 99-127 in: *The rhizosphere*, J. M. Lynch, ed. Wiley & Sons, Chichester.
18. Beattie, G. A., and Lindow, S. E. 1999. Bacterial colonization of leaves: a spectrum of strategies. *Phytopathology* 89:353-359.
19. Beradesca, E., and Vignoli, G. P. 1995. Effects of water temperature on surfactant-induced skin irritation. *Contact Dermatitis* 32:83-87.

20. Berry, T. D., Fournier, A. K., and Porter, B. E. 2012. Developing and testing a touch-path model for hand hygiene and pathogen risk: design-behavior assessment of fast-food restaurant restrooms. *Environment and Behavior* 44:451-472.
21. Besser, R. E., Griffin, P. M., and Slutsker, L. 1999. *Escherichia coli* O157:H7 gastroenteritis and the hemolytic uremic syndrome: an emerging infectious disease. *Ann. Rev. Med.* 50:355-367.
22. Beuchat, L. R. 1996. Pathogenic microorganisms associated with fresh produce. *Journal of Food Protection* 59 (2):204-216.
23. Beutin, L. 2006. Emerging enterohaemorrhagic *Escherichia coli*, causes and effects of the rise of a human pathogen. *Journal of Veterinary Medicine Series B* 53:299-305.
24. Beutin, L., and Martin, A. 2012. Outbreak of shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) O104:H4 infection in Germany causes a paradigm shift with regard to human pathogenicity of STEC strains. *Journal of Food Protection* 57 (2):408-418.
25. Bowen, D. J., Shirley, A., and Beresford, A. 2002. Dietary interventions to prevent disease. *Annual Review of Public Health* 23:255-286.
26. Boyce, J. M., and Pittet, D. 2001. Draft guidelines for handhygiene in healthcare settings. . Page 56 pp. CDC, Atlanta.
27. Bradley, S., and Shinton, R. 1998. Why is there an association between eating fruit and vegetables and a lower risk of stroke? *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 11:363-372.
28. Brandl, M. T. 2008. Plant lesions promote the rapid multiplication of *Escherichia coli* O157:H7 on postharvest lettuce. *Applied and Environmental Microbiology* 74 (17):5285-5289.
29. Brandl, M. T., Haxo, A. F., Bates, A. H., and Mandrell, R. E. 2004. Comparison of survival of *Campylobacter jejuni* in the phyllosphere with that in the rhizosphere of spinach and radish plants. *Applied and Environmental Microbiology* 70:1182-1189.
30. British Columbia Ministry of Environment. 2001. Water quality criteria for microbiological indicators. British Columbia Ministry of Environment, ed., <http://www.env.gov.bc.ca/wat/wq/BCguidelines/microbiology/microbiology.html>.
31. Burmölle, M., Webb, J. S., Rao, D., Hansen, L. H., Sørensen, S. J., and Kjelleberg, S. 2006. Enhanced biofilm formation and increased resistance to antimicrobial agents and bacterial invasion are caused by synergistic interactions in multispecies biofilms. *Applied and Environmental Microbiology* 72 (6):3916-3923.
32. Cartwright, R. Y., and Chahed, M. 1997. Foodborne diseases in travellers. *World Health Statistics Quarterly* 50 (1-2):102-110.
33. Christison, C. A., Lindsay, D., and von Holy, A. 2007. Cleaning and handling implements as potential reservoirs for bacterial contamination of some ready-to-eat foods in retail delicatessen environments. *Journal of Food Protection* 70 (12):2878-2883.
34. Cooley, M. B., Chao, D., and Mandrell, R. E. 2006. *Escherichia coli* O157:H7 survival and growth on lettuce is altered by the presence of epiphytic bacteria. *Journal of Food Protection* 69 (10):2329-2335.
35. Courtenay, M., Ramirez, L., Cox, B., Han, I., and Dawson, P. 2005. Effects of various hand hygiene regimes on removal and/or destruction of *Escherichia coli* on hands. *Food Service Technology* 5:77-84.

36. Czajkowska, D., Wikowska-Gwiazdowska, A., Sikorska, I., Boszczyk-Maleszak, H., and Horoch, M. 2005. Survival of *Escherichia coli* serotype O157:H7 in water and in bottom-shore sediments. *Polish Journal of Environmental Studies* 14:423-430.
37. Diez-Gonzalez, F. 2007. Organic livestock husbandry methods and the microbiological safety of ruminant production systems. Pages 178-198 in: *Handbook of organic food safety and quality*, J. M. Cooper, U. Niggli and C. Leifert, eds. CRC Press, Cambridge.
38. DIN 19650. 1999. Bewässerung. Hygienische Belange von Bewässerungswasser. Page 4 Beuth, Berlin.
39. Ding, T., Iwahori, J., Kasuga, F., J., W., Forghani, F., Park, M.-S., and Oh, D.-H. 2013. Risk assessment for *Listeria monocytogenes* on lettuce from farm to table in Korea. *Food Control* 30:190-199.
40. Dinu, L. D., and Bach, S. 2011. Induction of viable but nonculturable *Escherichia coli* O157:H7 in the phyllosphere of lettuce: a food safety risk factor. *Applied and Environmental Microbiology* 77 (23):8295-8302.
41. Doran, G., Sheridan, F., DeLappe, N., O'Hare, C., Anderson, W., Corbett-Feeney, G., and Cormican, M. 2005. *Salmonella enterica* serovar Kedougou contamination of commercially grown mushrooms. *Diagn. Microbiol. Inf. Dis.* 51:73-76.
42. Ehrnebo, M. 2005. Spridning av flytgödsel. Jönköping.
43. Evans, M. R., Ribeiro, C. D., and Salmon, R. L. 2003. Hazards of healthy living: bottled water and salad vegetables as risk factors for *Campylobacter* infection. *Emerg. Infect. Dis.* 9:1219-1225.
44. Faust, M. A. 1982. Relationship between land-use practices and fecal bacteria in soils. *Journal of Environmental Quality* 11:141-146.
45. Food and Drug Administration. 1998. Guidance for industry: Guide to minimize microbial food safety hazards of fresh-cut fruits and vegetables. Page 16, Office of Food Safety, ed. U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety and Applied Nutrition, College Park, MD 20740.
46. ———. 2012. Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins. FDA.
47. Franz, E., van Diepeningen, A. D., de Vos, O. J., and van Bruggen, A. H. C. 2005. Effects of cattle feeding regimen and soil management type on the fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium in manure, manure-Amended Soil, and lettuce. *Applied and Environmental Microbiology* 71 (10):6165-6174.
48. Fremaux, B., Delignette-Muller, M. L., Dothal, M., and Vernozy-Rozand, C. 2007. Persistence of shiga toxin-producing *Escherichia coli* O26 in cow slurry. *Letters in Applied Microbiology* 45 (1):55-61.
49. Fuchs, G. 2007. *Allgemeine Mikrobiologie*. Thieme, Stuttgart.
50. Fukushima, H., Hoshina, K., and Gomyoda, M. 1999. Long-term survival of shiga toxin producing *Escherichia coli* O26, O111 and O157 in bovine feces. *Applied and Environmental Microbiology* 65 (11):5177-5181.
51. Gagliardi, J. V., and Karns, J. S. 2000. Leaching of *Escherichia coli* O157:H7 in diverse soils under various agricultural management practices. *Applied and Environmental Microbiology* 66 (3):877-883.
52. ———. 2002. Persistence of *Escherichia coli* O157:H7 in soil and on plant roots. *Environmental Microbiology* 4:89-96.
53. Green, L., Selman, C., Banerjee, A., Marcus, R., Medus, C., Angulo, F. J., Radke, V., Buchanan, S., and Group, E.-N. W. 2005. Food service

- workers' self-reported food preparation practices: an EHS-Net study. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 208:27-35.
54. Guan, T., Blank, G., and Holley, R. A. 2005. Survival of pathogenic bacteria in pesticide solutions and on treated tomato plants. *Journal of Food Protection* 68:296-304.
 55. Gurtlera, J. B., Douds, D. D. J., Dirks, B. A., Quinland, J. J., Nichol, M., Phillips, J. G., and Niemira, B. A. 2013. Survival of Salmonella and E. coli O157:H7 in soil and translocation into leek (*Allium porrum*) as influenced by arbuscular mycorrhizal fungi (*G. intraradices*). *Applied and Environmental Microbiology* (published online).
 56. Hancke, K., and Wilhelm, S. 2003. *Wasseraufbereitung*. Springer/VDI, Berlin.
 57. Hancock, D. D., Rice, D. H., Thomas, L. A., Dargatz, D. A., and Besser, T. E. 1997. Epidemiology of Escherichia coli O157 in Feedlot Cattle. *Journal of Food Protection* 60:462-465.
 58. Hayden, M. K. D., Blom, W. D., Lyle, E. A., Moore, C. G., and Weinstein, R. A. 2008. Risk of hand or glove contamination after contact with patients colonized with vancomycin resistant enterococcus or the colonized patients' environment. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 29:149-154.
 59. Heisich, J. E., Wagner, D. E., Nierman, M. L., and Peeler, J. T. 1989. *Listeria* spp. found on fresh market produce. *Applied and Environmental Microbiology* 55:1925-1927.
 60. Himathongkham, S., Bahari, S., Riemann, H., and Cliver, D. 1999. Survival of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella typhimurium in cow manure and cow manure slurry. *FEMS Microbiology Letters* 178 (2):251-257.
 61. Himathongkham, S., and Riemann, H. 1999. Destruction of Salmonella Typhimurium, Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes in chicken manure by drying and/or gassing with ammonia. *FEMS Microbiology Letters* 171 (2):179-182.
 62. Hirneisen, K. A., Sharma, M., and Kniel, K. E. 2012. Human Enteric Pathogen Internalization by Root Uptake into Food Crops. *Foodborne Pathogens and Disease* 9 (5):396-405.
 63. Hoge, C. W., Shlim, D. R., Echeverria, P., Rajah, R., Hermann, J. E., and Cross, J. H. 1996. Epidemiology of diarrhea among expatriate residents living in a highly endemic environment. *Journal of American Medical Association* 275 (7):533-538.
 64. Holley, R. A., Arrus, K. M., Ominski, K. H., Tenuta, M., and Blank, G. 2006. Salmonella survival in manure-treated soils during simulated seasonal temperature exposure. *Journal of Environmental Quality* 35:1170-1180.
 65. Hora, R., Warriner, K., Shelp, B. J., and Griffiths, M. W. 2005. Internalization of Escherichia coli O157:H7 following biological and mechanical disruption of growing spinach plants. *Journal of Food Protection* 68 (12):2506-2509.
 66. Huisman, L., and Woods, W. E. 1974. *Slow sand filtration*. World Health Organization, Geneva.
 67. Hung, H. C., Joshipura, K. J., Jiang, R., Hu, F. B., Hunter, D., Smith-Warner, S. A., Colditz, G. A., Rosner, B., Spiegelman, D., and Willett, W. C. 2004. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *Journal of the National Cancer Institute* 96 (21):1577-1584

68. Ibekwe, M. A., Watt, P. M., Shouse, P. J., and Grieve, C. M. 2004. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in irrigation water on soils and plants as validated by culture method and real-time PCR. *Canadian Journal of Microbiology* 50:1007-1014.
69. ICMSF. 1996. Characteristics of microbial pathogens. Chapman & Hall, London.
70. Islam, M., Doyle, M. P., P., S. P., Millner, P., and Jiang, X. 2005. Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in soil and on carrots and onions grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *Food microbiology* 60:63–70.
71. Islam, M., Morgan, J., Doyle, M. P., Phatak, S. C., Millner, P., and Jiang, X. 2004. Persistence of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium on lettuce and parsley and in soils on which they were grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *Foodborne Pathogens and Disease* 1 (1):27-35.
72. Ivarsson, S. 2008. Grönsaker allt vanligare som smittkälla vid matförgiftningar. Smittskyddsinstitutet, ed. Smittskyddsinstitutet.
73. Izhaki, I., Fridman, S., Gerchman, Y., and Halpern, M. 2013. Variability of bacterial community composition on leaves between and within plant species. *Current Microbiology* 66:227-235.
74. Jamieson, R. C., Gordon, R. J., Sharples, K. E., Stratton, G. W., and Madani, A. 2002. Movement and persistence of fecal bacteria in agricultural soils and subsurface drainage water: A review. *Canadian Biosystems Engineering/Le génie des biosystèmes au Canada* 44:1.1-1.9.
75. Jiang, X., Morgan, J., and Doyle, M. P. 2003. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 during composting of bovine manure in a laboratory-scale bioreactor. *Journal of Food Protection* 66 (1):25-30.
76. Jiang, X. P., Morgan, J., and Doyle, M. P. 2002. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 in manure amended soil. *Applied and Environmental Microbiology* 68 (5):2605-2609.
77. Johannessen, G. S., Bengtsson, G. B., Heier, B. T., Bredholt, S., Wasteson, Y., and Rørvik, L. M. 2005. Potential uptake of *Escherichia coli* O157:H7 from organic manure into crisphead lettuce. *Applied and Environmental Microbiology* 79 (13):2221-2225
78. Jones, K. 2001. *Campylobacters* in water, sewage and the environment. *Journal of Applied Microbiology* 90:68S-79S.
79. Jordbruksverket. 2011. Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring;. in: SJVFS 2011:25, Jordbruksverket, ed., Jönköping.
80. ———. 2013. Livsmedelskonsumtion och näringsinnehåll: uppgifter tom 2011. Page 61. Jordbruksverket, Jönköping.
81. Karch, H., Denamur, E., Dobrindt, U., Finlay, B. B., Hengge, R., Ludgers, J., Ron, E. Z., Tønjum, T., Sansonetti, P. J., and Vicente, M. 2012. The enemy within us: lessons from the 2011 European *Escherichia coli* O104:H4 outbreak. *EMBO Molecular Medicine* 4:841–848.
82. Kell, D. B., Kaprelyants, A. S., Weichart, D. H., Harwood, C. R., and Barer, M. R. 1998. Viability and activity in readily culturable bacteria: a review and discussion of the practical issues. *Antonie van Leeuwenhoek* 73:169-187.

83. Kenney, S. J., Burnett, S. L., and Beuchat, L. R. 2001. Location of *Escherichia coli* O157:H7 in and on apples as affected by bruising, washing and rubbing. *Journal of Food Protection* 64:1328-1333.
84. Kim, J., Shepherd, M. W. J., and Jiang, X. 2009. Evaluating the effect of environmental factors on pathogen regrowth in compost extract. *Microbial Ecology* 58:498–508.
85. Klerks, M. M., Franz, E., van Gent-Pelzer, M., Zijlstra, C., and van Bruggen, A. H. C. 2007. Differential interaction of *Salmonella enterica* serovars with lettuce cultivars and plant microbe factors influencing the colonization efficiency. *ISME Journal* 1:620-631.
86. Köpke, U., Krämer, J., and Leifert, C. 2007. Pre-harvest strategies to ensure the microbiological safety of fruit and vegetables from manure-based production systems. Pages 413-429 in: *Handbook of organic food safety and quality*, J. M. Cooper, U. Niggli and C. Leifert, eds. CRC Press, Cambridge.
87. Kramer, A. P., Rudolph, P., Kampf, G., and Pittet, D. 2002. Limited efficacy of alcoholic based hand gels. *Lancet* 359:1489-1490.
88. Krämer, J. 2002. *Lebensmittelmikrobiologie*. UTB, Ulmer, Stuttgart.
89. Krav. 2012. 4.6 Odling i växthus.
90. Kudva, I. T., Blanch, K., and Hovde, C. J. 1998. Analysis of *Escherichia coli* O157:H7 survival in ovine or bovine manure and manure slurry. *Applied and Environmental Microbiology* 64 (9):3166–3174.
91. Kurotani, K., Nanri, A., Goto, A., Mizoue, T., Noda, M., Kato, M., Inoue, M., and Tsugane, S. 2013. Vegetable and fruit intake and risk of type 2 diabetes: Japan Public Health Center-based prospective study *British Journal of Nutrition* 109 (4):709-717.
92. Kutz, S. M., and Gerba, C. P. 1988. Comparison of virus survival in freshwater sources. *Water Science and Technology* 20:467-471.
93. Kwan, G., Charkowski, A. O., and Barak, J. D. 2013. *Salmonella enterica* suppresses *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* population and soft rot progression by acidifying the microaerophilic environment. *mBio* 4 (1):1-9.
94. Larson, E., Norton Hughes, C. A., Pyrek, J. D., Sparks, S. M., Cagatay, E. U., and Bartkus, J. M. 1998. Changes in bacterial flora associated with skin damage on hands of health care personnel. *American Journal of Infection Control* 26 (5):513-521.
95. Lewis Ivey, L. M., LeJeune, L. T., and Miller, S. A. 2012. Vegetable producers' perceptions of food safety hazards in the Midwestern USA. *Food Control* 26:453-465.
96. Lin, C.-M. 2003. A comparison of hand washing techniques to remove *Escherichia coli* and calicivirus under natural and artificial fingernails. *Journal of Food Protection* 66 (12):2296-2301.
97. Lindow, S. E., and Brandl, M. T. 2003. Microbiology of the phyllosphere. *Applied and Environmental Microbiology* 69:1875-1883.
98. Locatelli, A., Spor, A., Jolivet, C., Piveteau, P., and Hartmann, A. 2012. Identification of factors determining *Listeria monocytogenes* survival in soil. *ISME*, Copenhagen.
99. Loncarevic, S., Johannessen, G. S., and Rörvik, L. M. 2005. Bacteriological quality of organically grown leaf lettuce in Norway. *Letters in Applied Microbiology* 41:186–189.
100. Lund, F., and Lindqvist, R. 2004. Risk profile: Virus in food and drinking water in Sweden – Norovirus and Hepatitis A virus. Page 36, Uppsala.

101. Lynch, J. M. 1990. *The rhizosphere*. Wiley & Sons, Chichester.
102. Maffei, D. F., Ferraz de Arruda Silveira, N., and da Penha Longo Mortatti Catanozi, M. 2013. Microbiological quality of organic and conventional vegetables sold in Brazil. *Food Control* 29:226-230.
103. Magkos, F., Arvaniti, F., and Zampelas, A. 2003. Putting the safety of organic food into perspective. *Nutrition Research Reviews* 16:211-221.
104. Mahon, C. R., and Manuselis, G. 2000. *Diagnostic microbiology*. Saunders, Philadelphia.
105. Martin, C., Yang, Z., Tonelli, C., and Petroni, K. 2013. Plants, diet, and health. *Annual Review of Plant Biology* 64:19-46.
106. McMahon, M. A. S., and Wilson, I. G. 2001. The occurrence of enteric pathogens and *Aeromonas* species in organic vegetables. *International Journal of Food Microbiology* 70:155-162.
107. Merino, S., Rubires, X., Knochel, S., and Tomas, J. M. 1995. Emerging Pathogens: *Aeromonas* spp. *International Journal of Food Microbiology* 28:157-168.
108. Michaels, B., Gangar, V., Lin, C.-M.-., and Doyle, M. P. 2003. Use limitations of alcoholic instant hand sanitizer as part of a food service hand hygiene program. *Food Service Technology* 3:71-80.
109. Michaels, B., Gangar, V., Schultz, A., Arenas, M., Curiale, M., Ayers, T., and Paulson, D. 2002. Water temperature as a factor in handwashing efficacy. *Food Service Technology* 2:139-149.
110. Michaels, B., Keller, C., Blevins, M., Paoli, G., Ruthman, T., Todd, E., and Griffith, C. J. 2004. Prevention of food worker transmission of foodborne pathogens: risk assessment and evaluation of effective hygiene intervention strategies. *Food Service Technology* 4:31-49.
111. Monaghan, J. M., and Hutchinson, M. L. 2012. Distribution and decline of human pathogenic bacteria in soil after application in irrigation water and the potential for soil-splash-mediated dispersal onto fresh produce. *Journal of Applied Microbiology* 112:1007-1019.
112. Monier, J. M., and Lindow, S. E. 2004. Frequency, size and localization of bacterial aggregates on beanleaf surfaces. *Applied and Environmental Microbiology* 70:346-355.
113. Montville, R., Chen, Y., and Schaffner, D. W. 2001. Gloves as barriers to bacterial cross-contamination between hands to food. *Journal of Food Protection* 64:845-849.
114. ———. 2002. Risk assessment of handwashing efficacy using literature and experimental data. *International Journal of Food Microbiology* 73:305-313.
115. Morris, M., and Schindehütte, M. 2005. Entrepreneurial values and the ethnic enterprise: an examination of six subcultures. *Journal of Small Business Management* 43 (4):453-479.
116. Naturvårdsverket. 2013. *Köttkonsumtionens klimatpåverkan: drivkrafter och styrmedel*. Page 82, Stockholm.
117. Natvig, E. E., Ingham, S. C., Ingham, B. H., Cooperband, L. R., and Roper, T. R. 2002. *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and *Escherichia coli* contamination of root and leaf vegetables grown in soils with incorporated bovine manure *Applied and Environmental Microbiology* 68 (6):2737-2744.
118. Neyts, K., Huys, G., Uyttendale, M., Swings, J., and Devereve, J. 2001. Incidence and identification of mesophilic *Aeromonas* spp. from retail foods. *Letters in Applied Microbiology* 31:359-363.

119. Norberg, P. 2004. Riskprojekt 2002 - Salmonella i frukt och grönsaker. Page 22, Uppsala.
120. Nygård, K., Lassen, J., Vold, L., Andersson, Y., Fisher, I., Löfdahl, S., Threlfall, J., Luzzi, I., Peters, T., Hampton, M., Torpdahl, M., Kapperud, G., and Aavitsland, P. 2008. Outbreak of Salmonella Thompson infections linked to imported rucola lettuce. *Foodborne Pathogens and Disease* 5 (2):165-173.
121. Odumeru, J. A., Mitchell, S. J., and Alves, D. M. 1997. Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for healthcare food services. *Journal of Food Protection* 60:954-960.
122. Ogden, I. D., MacRae, M., and Strachan, N. J. C. 2004. Is the prevalence and shedding concentrations of *E. coli* O157 in beef cattle in Scotland seasonal? *FEMS Microbiology Letters* 233:297–300.
123. Oliveira, M., Usall, J., Viñas, I., Anguera, M., Gatiús, F., and Abadias, M. 2010. Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. *Food Microbiology* 27:679-684.
124. Oliveira, M., Viñas, I., Anguera, M., and Abadias, M. 2012. Fate of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 in the presence of natural background microbiota on conventional and organic lettuce. *Food Control* 26:678-683.
125. Oliveira, M., Vinas, I., Usall, J., Anguera, M., and Abadias, M. 2012. Presence and survival of *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce leaves and in soil treated with contaminated compost and irrigation water. *International Journal of Food Microbiology* 156:133-140.
126. Olsen, R. J. P., Lynch, P., Coyle, M. B., Cummings, J., Bokete, T., and Stamm, W. E. 1993. Examination of gloves as barriers to hand contamination in clinical practice. *Journal American Medical Association* 270:350-353.
127. Pachepsky, Y., Morrow, J., Guber, A., Shelton, D., Rowland, R., and Davies, G. 2011. Effect of biofilm in irrigation pipes on microbial quality of irrigation water. *Letters in Applied Microbiology* 54:217-224.
128. Park, C. E., and Sanders, G. W. 1992. Occurrence of thermotolerant *Campylobacters* in fresh vegetables sold at farmer's outdoor markets and supermarkets. *Canadian Journal of Microbiology* 38:313-316.
129. Paschold, P.-J., Beltz, J., Brückner, U., Krüger-Steden, E., Pfleger, I., Röber, R., and Sourell, H. 2010. *Bewässerung im Gartenbau*. Eugen Ulmer, Stuttgart.
130. Paman, W. J., van Erk, M. J., Klopping, W. A. A., Pellis, L., Wopereis, S., Bijlsma, S., Hendriks, H. F. J., and Kardinaal, A. F. M. 2013. Nutrigenomics approach elucidates health-promoting effects of high vegetable intake in lean and obese men *Genes and Nutrition* 8 (5):507-521
131. Pell, A. N. 1997. Manure and microbes; public and animal health problem? *Journal of Dairy Science* 80:2673-2681.
132. Polprasert, C., ed. 2007. *Organic waste recycling*. IWA Publishing, London.
133. Rattler, S., Brivibas, K., Birzele, B., and Köpke, U. 2005. Effect of agronomic practice management on lettuce quality. Pages 188-191 in: *Researching sustainable systems*, U. Köpke, U. Niggli, D. Neuhoﬀ, P. Cornish, W. Lockeretz and H. Willer, eds. International Society of Organic Agriculture Research (ISO FAR), Adelhaid, South Australia.

134. Ryu, H., Gerrity, D., Crittenden, J. C., and Abbaszadegan, M. 2008. Photocatalytic inactivation of *Cryptosporidium parvum* with TiO₂ and low-pressure ultraviolet irradiation. *Water Research* 42 (6-7):1523-1530.
135. Salimbene, S. 1999. Cultural competence: a priority for performance improvement action. *Journal of Nursing Care Quality* 13 (3):23-35.
136. Scheffer, F. 2002. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
137. Schulze, E. 1996. *Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen. Methoden der Biologischen Wasseruntersuchung*. Fischer, Jena.
138. Settanni, L., Miceli, A., Francesca, N., and Moschetti, G. 2012. Investigation of the hygienic safety of aromatic plants cultivated in soil contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Food Control* 26:213-219.
139. Seymour, I. J., and Appellton, H. 2001. Foodborne viruses and fresh produce. *Journal of Applied Microbiology* 91:759-773.
140. Shelton, D. R., Kiefer, L. A., Pachepsky, Y. A., Blaustein, R. A., and Martinez, G. 2012. Coliform retention and release in biofilms formed on new and weathered irrigation pipes. *Irrigation Science* 10.1007/s00271-012-0373-x.
141. Singh, R., Jiang, X., and Luo, F. 2010. Thermal inactivation of heat-shocked *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in dairy compost. *Journal of Food Protection* 73 (9):1633-1640.
142. Sivapalasingam, S., Friedman, C. R., Cohen, L., and Tauxe, R. V. 2004. Fresh produce: a growing cause of outbreaks of foodborne illness in the United States, 1973 through 1997. *Journal of Food Protection* 67 (10):2342-2353.
143. Slavin, J. L., and Lloyd, B. 2012. Health benefits of fruits and vegetables *Advances in Nutrition* 3 (4):506-516.
144. Smith-Warner, S. A., Spiegelman, D., Yaun, S. S., Adami, H. O., Beeson, W. L., van den Brandt, P. A., Folsom, A. R., Fraser, G. E., Freudenheim, J. L., Goldbohm, R. A., Graham, S., Miller, A. B., Potter, J. D., Rohan, T. E., Speizer, F. E., Toniolo, P., Willett, W. C., Wolk, A., Zeleniuch-Jacquotte, A., and Hunter, D. J. 2001. Intake of fruits and vegetables and risk of breast cancer - A pooled analysis of cohort studies *Journal American Medical Association* 285 (6):769-776.
145. Sobsey, M. D., Khatib, L. A., Hill, V. R., Alcocilja, E., and Pillai, S. 2006. Pathogens in animal wastes and the impacts of waste management practices on their survival, transport and fate. Pages 609-666 in: *Animal agriculture and the environment: National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers*, J. M. Rice, D. F. Caldwell and F. J. Humenik, eds. ASABE, St Joseph, Michigan.
146. Solomon, E. B., Potenski, C. J., and Matthews, K. R. 2002. Effect of irrigation method on transmission to and persistence of *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. *Journal of Food Protection* 65:673-676.
147. Solomon, E. B., Yaron, S., and Matthews, K. R. 2002. Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Applied and Environmental Microbiology* 68:397-400.
148. Sunnotel, O., Verdoold, R., S., D. P., Snelling, W. J., Lowery, C. J., Dooley, J. S., Moore, J. E., and Byrne, J. A. 2010. Photocatalytic inactivation of *Cryptosporidium parvum* on nanostructured titanium dioxide films. *J Water Health* 8 (1):83-91.

149. Sylla, J., Alsanus, B. W., Krüger, E., Reineke, A., Bischoff-Schaefer, M., and Wohanka, W. 2013. Introduction of *Aureobasidium pullulans* to the phyllosphere of organically grown strawberries with focus on its establishment and interactions with the resident microbiome. *Agronomy* 3 (4):704-731.
150. Tauxe, R., Kruse, H., Hedberg, C., Potter, M., Madden, J., and Wachsmuth, K. 1997. Microbial hazards and emerging issues associated with produce: A preliminary report to the National Advisory Committee on Microbiologic Criteria for Foods. *Journal of Food Protection* 60 (11):1400-1408.
151. Tenorio, A. R., Badri, S. M., Sahgal, N. B., Hota, B., Matushek, M., Hayden, M. K. D., Trenholme, G. M., and Weinstein, R. A. 2001. Effectiveness of gloves in the prevention of hand carriage of vancomycin resistant *Enterococcus* species by health care workers after patient care. *Clinical Infectious Disease* 32:826-829.
152. Thunberg, R. L., Tran, T. T., Benett, R. W., and Matthews, R. N. 2002. Microbial evaluation of selected produce obtained at retail markets. *Journal of Food Protection* 65 (677-682):677.
153. Timms-Wilson, T. M., Smalla, K., Goodall, T. I., Houlden, A., Gallego, V., and Bailey, M. J. 2006. Microbial diversity in the phyllosphere and rhizosphere of field grown crops plants: Microbial specialization at the plant surface. . in: *Microbial ecology of aerial plant surfaces*, M. J. Bailey, A. K. Lilley, T. M. Timms-Wilson and P. T. N. Spencer-Phillips, eds. CABI, Cambridge.
154. Todd, E. C. D., Greig, J. D., Bartelson, C. A., and Michaels, B. 2008. Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 5. Sources of contamination and pathogen excretion from infected persons. *Journal of Food Protection* 71 (12):2582-2595.
155. Todd, E. C. D., Michaels, B., Greig, J. D., Smith, D., and Bartleson, C. A. 2010. Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 8. Gloves as barriers to prevent contamination of food by workers. *Journal of Food Protection* 73 (9):1762-1773.
156. Todd, E. C. D., Michaels, B., Holah, J., Smith, D., Greig, J. D., and Bartelson, C. A. 2010. Outbreaks where food workers haven been implicated in the spread of foodborne disease. Part 10. Alcohol-based antiseptics for hand disinfection and a comparison of their effectiveness with soaps. *Journal of Food Protection* 73 (11):2128-2140.
157. Todd, E. C. D., Michaels, B., Smith, D., Greig, J. D., and Bartelson, C. A. 2010. Outbreaks where food workers have been implicated in the spread of foodborne disease. Part 9. Washing and drying of hands to reduce microbial contamination. *Journal of Food Protection* 73 (10):1937-1955.
158. van Renterghem, B., Huysman, F., Rygole, R., and Verstraete, W. 1991. Detection and prevalence of *Listeria monocytogenes* in the agricultural ecosystem. *Journal of Applied Bacteriology* 71:211-217.
159. Vergnaud, A.-C., Norat, T., Romaguera, D., Mouw, T., May, A. M., Romieu, I., Freisling, H., Slimani, N., Boutron-Ruault, M. C., Clavel-Chapelon, F., Morois, S., Kaaks, R., Teucher, B., Boeing, H., Buijsse, V., Tjønneland, A., Halkjær, J., Overvad, K., Uhre Jakobsen, M., Rodríguez, M., Agudo, A., Sánchez, M. J., Amiano, P., Huerta, J. M., Barricarte Gurrea, A., Wareham, N., Khaw, K. T., Crowe, F., Orfanos, P., Naska, A., Trichopoulou, A., Masala, G., Pala, V., Tumino, R., Sacerdote, C.,

- Mattiello, A., Bueno-de-Mesquita, H. B., van Duijnhoven, F. J. B., Drake, I., Wirfält, E., Johansson, I., Hallmans, G., Engeset, D., Braaten, T., Parr, C. L., Odysseos, A., Riboli, E., and Peeters, P. H. M. 2012. Fruit and vegetable consumption and prospective weight change in participants of the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Physical Activity, Nutrition, Alcohol, Cessation of Smoking, Eating Out of Home, and Obesity study. *American Journal of Clinical Nutrition* 95 (1):184-193.
160. Vorholt, J. A. 2012. Microbial life in the phyllosphere. *Nature Reviews Microbiology* 10:828-840.
161. Wahlström, H., E., T., Olsson-Engvall, E., Brandström, B., Eriksson, E., Mörner, T., and Vågsholm, I. 2003. Survey of *Campylobacter* species, VTEC O157 and *Salmonella* species in Swedish wildlife. *Vet. Rec.* 153:74-80.
162. Wang, G. D., and Doyle, M. P. 1998. Survival of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in water. *Journal of Food Protection* 61:662-667.
163. Wang, G. D., Zhao, T., and Doyle, M. P. 1996. Fate of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 in bovine feces. *Applied and Environmental Microbiology* 62:2567-2570.
164. Warriner, K., Spaniolas, S., Dickinson, M., Wright, C., and W.M., W. 2003. Internalization of bioluminescent *Escherichia coli* and *Salmonella* Montevideo in growing bean sprouts. *Journal of applied microbiology* 95 (4):719-727.
165. Wells, J. M., and Butterfield, J. E. 1997. *Salmonella* contamination associated with bacterial soft rot of fresh fruits and vegetables in the marketplace. *Plant Disease* 81:867-872.
166. WHO. 1989. Health surveillance and management procedures for food-handling personnel. Geneva.
167. Wonderling, L. D., Wilkinson, B. J., and Bayles, D. O. 2004. The *htrA* (*degP*) gene of *Listeria monocytogenes* 10403S is essential for optimal growth under stress conditions. *Applied and Environmental Microbiology* 70:1935-1943.
168. Yamamoto, Y. R. N., Ugay, K., and Takahashi, Y. 2005. Efficiency of hand drying for removing bacteria from washed hands: comparison of paper towel drying with warm air drying. *Infection Control and Hospital Epidemiology* 26 (3):316-320.
169. Yamazaki, A., Li, J., Hutchins, W. C., Wang, L., Ma, J., Ibeweke, A. M., and Yang, C.-H. 2011. Commensal effect of pectate lyases secreted from *Dickeya dadantii* on proliferation of *Escherichia coli* O157:H7 EDL933 on lettuce leaves. *Applied and Environmental Microbiology* 77 (1):156-162.
170. Zhao, T., Doyle, M. P., Shere, J., and Garber, L. 1995. Prevalence of *Escherichia coli* O157:H7 in a survey of dairy herds. *Applied and Environmental Microbiology* 61 (4):1290-1293.