

**UMWELTBEWUSSTSEIN UND MANAGEMENT**

**ARBEITSORIENTIERTE SCHULUNGEN IN**

**UMWELTBEWUSSTSEIN UND DAS MANAGEMENT VON**

**ARTGRENZEN ÜBERGREIFENDEN**

**KRANKHEITSERREGERN, DIE MENSCHEN UND**

**PFLANZEN INFIZIEREN KÖNNEN**

**SOFIA UNIVERSITY**

Assoc. Prof. Dr. PETYA HRISTOVA

## **LO 11: PFLANZEN ALS VEHIKEL FÜR DIE ÜBERTRAGUNG VON GRENZÜBERSCHREITENDEN INFEKTIOSEN ERREGERN BEI PFLANZEN UND MENSCHEN**

### **1. Einleitung**

Die Anzahl der Menschen mit durch opportunistische Pathogene verursachten Infektionen hat in den letzten Jahren dramatisch zugenommen. Jedes Jahr erkranken etwa 1 in 6 Personen am Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln. Das zunehmende Bewusstsein, dass die befallenen Pflanzen, frisches Obst und Gemüse für einen erheblichen Anteil einer Lebensmittelvergiftung mit pathogenen Mikroorganismen verantwortlich sind, begründet die Nachfrage nach einem besseren Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Pflanzen und menschlichen Krankheitserregern, um mit spezifischen Interventionen das Risiko solcher Erkrankungen zu reduzieren und die Erfolge zu messen, die derartige Strategien und Maßnahmen für die Gesundheitsziele der Lebensmittelsicherheit zur Folge haben.

Ein natürliches Reservoir von opportunistischen Erregern ist die Rhizosphäre. Während viele Mitglieder der Microbiome in der Rhizosphäre für das Pflanzenwachstum förderlich sind, besiedeln pflanzenpathogene Mikroorganismen ebenfalls die Rhizosphäre in dem Bestreben, das mikrobielle Schutzschild zu brechen und die angeborenen pflanzlichen Abwehrmechanismen zu überwinden, um eine Krankheit zu verursachen. Eine dritte Gruppe von Mikroorganismen, die in der Rhizosphäre gefunden werden können, sind die eigentlichen und opportunistischen humanpathogenen Bakterien.

Humanpathogene wurden fast ausschließlich hinsichtlich ihrer schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit untersucht. Solche Pathogene weisen eine vielfältige Reihe an genetischen Faktoren auf, die eine Pathogenität durch die Sekretion von Toxinen und Adhäsinen ermöglichen und die daran beteiligt sind, das menschliche Immunsystem zu manipulieren oder zu umgehen. Wir betrachten diese humanpathogenen Bakterien oft als Tierpathogene, die Krankheiten und Epidemien verursachen; doch prädisponiert ihre ständige Interaktion mit menschlichen Trägern dazu, in ihrer Umgebung alternative Nischen zu besiedeln, die auch nicht-tierische Wirte umfassen. Es überrascht nicht, dass Beweise dafür gefunden wurden, dass einige Tierkrankheitserreger, die bekannt sind, auch ernsthafte Krankheiten beim Menschen verursachen und zudem auch als Pflanzenpathogene wirken können. Die Epidemiologie und Strategien dieser Erreger, egal ob man in erster Linie eine Pflanze oder ein menschlicher Krankheitserreger betrachtet, sind von besonderem Interesse aus

der Perspektive sowohl der Biologie als auch der Evolution von Artgrenzen übergreifenden Pathogenesen.

Die Inzidenz einer Krankheit im Zusammenhang mit *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* und Infektionen durch *Listeria monocytogenes* durch den Verzehr von (frischem) Gemüse, Sprossen und gelegentlich Früchten hat deutlich gemacht, dass diese Erreger auf den Menschen nicht nur über die "klassischen" Routen von Fleisch, Eiern und Milchprodukten, sondern auch durch Pflanzen oder deren Produkte auf den Menschen übertragen werden können. Es ist daher eine wichtige Einsicht, dass diese menschlichen Krankheitserreger sich an neue Lebensräume anpassen können, ohne hierbei ihre Virulenz für den Menschen zu verlieren. Pathogene Kontaminationen von frischen Produkten können vor oder nach der Ernte auftreten - und einmal kontaminiert, ist das Produkt nur schwer zu „reinigen“. Dieses Problem entsteht, wenn die Bakterien in das Gefäßsystem der Pflanze eindringen, da diese Bakterien dann vor herkömmlichen sanitären Oberflächenbehandlungen geschützt sind. Solche Behandlungen reduzieren zwar die Gesamtkeimzahl und die Höhe der Oberflächenkontamination, dringen aber nicht in das Pflanzengewebe ein. Eine Anpassung an die Umgebung würde daher zu mehr Nachhaltigkeit bei den Pflanzen führen, und die Risiken einer auf Übertragung auf den Menschen durch den Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln verringern.

Zahlreiche pathogene Bakterien scheinen ein ziemlich breites Spektrum an Wirtsorganismen zu besitzen. Diese lateral-infektiösen Mikroorganismen sind heimtückischer als jene, die einfach auf den Menschen durch den Kontakt oder Verzehr von infizierten Pflanzen übertragen werden. Solche Krankheitserreger und ihre potenziellen Quellen haben wichtige Auswirkungen auf die Entstehung von Infektionskrankheiten.

Das Management von Querinfektionskrankheiten bei Pflanzen und Tieren erfordert mehr interdisziplinäre Forschung und die Kooperation vieler Akteure. Die Bestimmung der Quellenzuordnung von lebensmittelbedingten Erkrankungen kann für viele Zwecke verwendet werden, einschließlich strategischer Planungen und informiert risikobasierter Entscheidungsfindungen, um den Nutzen von Interventionen und die Bewertung der Auswirkungen dieser Interventionen abzuschätzen. Die Strategien zur Verringerung der Verschmutzung auf dem Wege vom Erzeuger zum Verbraucher stehen hoch auf der Tagesordnung der Lebensmittelsicherheitsbehörden.

Diese Lektion beschreibt die Eignung menschlicher Darmpathogene auf Pflanzen, was Auswirkungen auf die Lebensmittelsicherheit hat. Das Wachstum und das Überleben von Darmpathogenen bei Pflanzen wird im Lichte der mikrobiellen Ökologie diskutiert. Informationen zu den verschiedenen Faktoren, die das Überleben von magensaftresistenten

Erregern beeinflussen, liefern eine gute Grundlage für die Beurteilung ihrer Rolle in der infektiösen Dosis von Erregern und für die Entwicklung eines „Nahrungspflanze-Pathogen-Aufmerksamkeits-Programms“ (Food Plant Pathogen Awareness Program).

## **2. Einblicke hinichtlich Arten übergreifender pflanzenpathogener Bakterien**

Das Leben auf der Erde ist vielfältig und interaktiv: noch wurde kein Ökosystem beschrieben, das nur eine einzige Spezies beherbergt. Die Wechselwirkungen zwischen den Organismen in der Natur können sehr vielfältig sein und von vorteilhaft über neutral bis hin zu schädlichen Wechselwirkungen reichen. Eine Infektionskrankheit wird in der Regel als das Ergebnis eines nachteiligen (Satzes von) Wechselwirkungen definiert und wird in der Regel auf eine bestimmte Kombination von (erkranktem) Wirt und einem pathogenen (krankheitsverursachenden) Agens beschränkt. Infektionskrankheiten können als ein biologischer Prozess definiert werden, der zu einer Unterbrechung der normalen Physiologie eines mehrzelligen Organismus als Reaktion auf die Gegenwart eines pathogenen Mikroorganismus führt.

Krankheiten können sich in ihrer Darstellung unterscheiden, aber Infektionen geht immer eine Adhäsion, Invasion oder Kolonisierung voraus. Interessanterweise können verschiedene pathogene Mikroorganismen eine Vielzahl von Organismen infizieren, und in einigen Fällen können sogar die Mitglieder verschiedener biologischer Reiche des Lebens anfällig sein. Solche Wirtssprünge quer durch verschiedene Reiche treten dann auf, wenn ein Mikroorganismus aus einem taxonomischen Reich in die Lage versetzt wird, eine Spezies in einem anderen Reich zu infizieren oder zu kolonisieren. Solche microbiellen pathogenen Wirtssprünge, die oft im Tierreich vorkommen, sind nicht so gut bekannt wie jene, die mit menschlichen Erkrankungen in Verbindung gebracht werden, aber es sind mehrere Arten übergreifende Sprünge beschrieben worden, die offemnbar die Fähigkeit besitzen, scheinbar nicht nur Pflanzenkrankheiten zu verursachen, sondern auch beim Menschen eine Krankheit zu verursachen. Der Begriff "menschliche Krankheitserreger auf Pflanzen" (HPOPs) wurde vor kurzem für solche Erreger vorgeschlagen, die Pflanzen besiedeln oder auf andere Weise mit Pflanzen interagieren können.

Die Krankheitsstrategien, die Quer-Erkrankungen verursachen können, sind von besonderem Interesse, da Pflanzen und Tiere (auch Menschen) spezifische physische Barrieren und Abwehrreaktionen aufweisen können. Während sich Spezialisten für spezielle Faktoren entwickelt haben, um die physikalischen Barrieren und angeborenen Abwehrmechanismen in einem bestimmten Wirt zu überwinden, ist eine vielfältige Bibliothek an Genen und

Krankheitsstrategien erforderlich, um die spezifische Abwehr für jeden ihrer Wirte zu überwinden. Dies würde entweder die Erhebung einer Reihe von Pathogenitätsfaktoren erfordern, welche die Entwicklung der Krankheit ermöglichen, und die Zerstreuung für jeden Wirt oder eine universelle Strategie für Krankheiten, bei denen die gleiche Reihe von Pathogenitätsfaktoren für alle Wirte zum Tragen kommt. Phytopathogene nutzen spezifische Determinanten, die verstärkte Zellwände zu durchbrechen helfen und die Pflanzenphysiologie manipulieren, um eine Erkrankung zu erleichtern, während menschliche Krankheitserreger die Determinanten für die Physiologie von Säugetieren nutzen und dabei hoch entwickelte adaptive Immunantworten überwinden. Mögliche quer-pathogene Mikroorganismen müssen in der Lage sein, in engem und häufigem Kontakt mit potenziellen Wirten zu kommen, und müssen in der Lage sein, die Wirtsabwehr zu überwinden. Der Nachdruck liegt daauf, innerhalb oder in der Nähe der neuen Wirte die Übertragung oder Ausbildung von erfolgreichen Genotypen zu gewährleisten. Signaturen von Wirtsanpassungen sind in diesen Determinanten erkennbar, die schrittweise Mutationen und genetische Umlagerungen umfassen können, zusammen mit dem Erwerb neuer genetischer Elemente, die zur Virulenz beitragen können. Die Identifizierung dieser genetischen Determinanten bei Arten übergreifenden Erregern mit human- und pflanzenpathogenem Potenzial kann sowohl ein besseres Verständnis für die Entwicklung der Phytopathogenität ermöglichen als auch die Rolle der Pflanzen als potenzielle Reservoir für klinisch relevante Bakterien aufklären helfen.

Eine unerwartet hohe Anzahl von Arten-Quer-Verschiebungen bei Bakterien und Pilzen sind bereits beschrieben worden. Die Gram-negativen Bakterien der Familie Enterobacteriaceae, die viele menschliche Krankheitserreger (z.B. *Escherichia*, *Salmonella* und *Shigella*) in Verbindung mit pflanzlichen Lebensmitteln umfasst, sowie eine Anzahl von Gattungen, die Pflanzenpathogene enthalten (*Enterobacter*, *Erwinia*, *Pantoea*, *Pectobacterium* etc.), die zu Pflanzenkrankheiten führen, wurden entdeckt. Die taxonomische Verwandtschaft dieser Pflanzen mit menschlichen Krankheitserregern wirft interessante Fragen auf hinsichtlich der Möglichkeiten einer Entstehung von für Nischen im Wettbewerb oder bei Synergismus, bei dem ein horizontaler Nukleinsäureaustausch in geschützten Pflanzen oder sogar bei den Wirten stattfindet.

Es gibt mikrobielle Spezies, die manchmal als „Cross-Over-Erreger“ bezeichnet werden, die Krankheiten bei Pflanzen und Menschen verursachen können, auch wenn diese relativ selten sind. Beispiele für derzeit Cross-Over-Pathogene sind einige Bakterienarten, die häufig Pflanzenoberflächen und die Rhizosphäre bewohnen, wie *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia*, *Dickeya* spp., *Enterococcus faecalis*, *Serratia marcescens*,

*Agrobacterium tumefaciens*, *Phytophthora infestans*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli*  
und *Listeria monocytogenes*.

## 2.1. Die Pflanzenumwelt als Lebensraum für menschliche Krankheitserreger

Landwirtschaftliche Pflanzen können zu einer Quelle menschlicher Krankheitserreger werden, vor allem von denjenigen, die zu der Gruppe von Shiga-Toxin produzierenden *Escherichia coli* (STEC) Stämmen gehören. Die Bedrohung durch menschliche Krankheitserreger in frischen Verbrauchsprodukten pflanzlichen Ursprungs wurde anlässlich des Ausbruchs deutlich, offensichtlich der durch *E. coli* O104:H4 in Deutschland und Frankreich im Jahr 2011 verursacht wurde, wo fast 4.000 Personen infiziert wurden, was zu 54 Toten und mehr als 900 Fällen mit hämolytisch-urämischem Syndrom führte. Der wahrscheinlichste Übertragungsweg des Erregers zu den Verbrauchsmaterialien waren Bockshornkleesamen, die von Ägypten nach Rotterdam in den Niederlanden transportiert wurden; etwa 17 Monate vor Auftreten der ersten Krankheitssymptome in Hamburg und Umgebung. Obwohl das Pathogen weder in Fenugreek-Sprossen gefunden wurde, noch in den Samen selbst, ist es eine epidemiologische Tatsache, dass der Krankheitserreger den Samen über einen relativ langen Zeitraum zugeordnet werden kann.

Dadurch kamen Fragen auf, wie ein menschlicher Krankheitserreger als entwicklungsfähige Einheit in einer feindlichen Umgebung über einen so langen Zeitraum bestehen bleiben kann und warum ähnliche Beobachtungen nicht schon zuvor gemacht worden waren. Muss diese durch ein für den Menschen pathogenes Bakterium als das erste Auftreten eines Krankheitsausbruch in Betracht gezogen werden, die sich an die Pflanzenumgebung angepasst hat? Um diese Frage zu klären, musste die Art des *E.coli*-Erregers ermittelt werden, dessen pathogene Form nur atypischer Weise in Europa und in den USA auftritt. Dieser *E. coli* O104:H4-Stamm war ein enteroaggregativer Stamm, der, im Gegensatz zu anderen typischen *E. coli* O-Typ-Stämme, nicht Tiere als Hauptreservoir, sondern nur Menschen benutzt. Ausbrüche, die durch diese Art von Erreger verursacht werden, sind selten in den westlichen Gesellschaften, während die durch *E. coli* O157:H7 verursachten Infektionen häufiger sind. Dies zeigt, dass bestimmte Merkmale in diesen menschlichen Krankheitserreger bereits vorhanden sind und sich ihre Lebenszeit in der Pflanzenumgebung erstreckt. Die Frage ist, ob diese Funktionen auf bestimmte Teilmengen von menschlichen Pathogenen intrinsische waren oder erst wurden vor Kurzem gewonnen wurden, zum Beispiel über einen horizontalen Gentransfer. Der Stamm, der den Ausbruch im Hamburger Raum verursacht hat, muss als hoch virulenter Erreger betrachtet werden; und er muss seine Virulenz und Antibiotika-Resistenzeigenschaften über einen



horizontalen Gentransfer wie eine Übertragung (Phageninfektion) oder Konjugation erworben haben (Plasmid-Transfer). Der Erwerb neuer Virulenzmerkmale ist ein Aspekt in der Entwicklung eines neuen Erregers, aber der Selektionsdruck ist ein anderer, und der Ausbruchstamm muss seine erhöhte Virulenz Seite an Seite mit dem Menschen entwickelt haben, einhergehend mit einer Verbesserung seiner ökologischen Kompetenz in Pflanzen. Eine Gefahr dieser Entwicklung ist die Entstehung neuer Arten von hoch virulenten menschlichen bakteriellen Pathogenen, die in dem Leben des Menschen voll angepasst sind, vielleicht innerhalb landwirtschaftlich genutzter Pflanzen.

## **2.2. Menschliche Krankheitserreger, die Pflanzen infizieren können**

Unsere menschlich zentrierte Sicht von Krankheit führt oft zu der gängigen Annahme, dass humanpathogenen Bakterien auf menschliche Wirte beschränkt sind. Arten von *Salmonellen*, *Serratia*, *Enterobacter* und *Enterococcus* werden häufig als problematische menschliche Krankheitserreger in Betracht gezogen, die oft in der nosokomialen Umgebung von Kliniken auftreten und die zu Lebensmittelvergiftungen, allgemeinen Infektionen und Sepsis führen können. Aber auch andere Bakterienarten, die Haut-, Wund- und Harnwegsinfektionen auslösen (zum Beispiel *Bacillus cereus* und *Proteus vulgaris*), lassen sich in der Rhizosphäre finden.

Relativ neuer Studien belegen jedoch, dass diese humanpathogenen Bakterienarten auch an der Kolonisierung und an Krankheiten in einer Vielzahl von Wirtspflanzen beteiligt sind. Verschiedene Studien haben gezeigt, dass humanpathogenen Bakterien im Wurzelgewebe an der Seitenwurzel entstehen können. Bemerkenswerterweise wurden viele Untersuchungen wurden unter Laborbedingungen nachgewiesen, dass diese bakteriellen Spezies auch für phytopathogene Ereignisse ein Potential bereitstellen. Pflanzenkrankheiten, die durch viele dieser menschlichen Krankheitserreger in der Umwelt verursacht werden, sind freilich noch unbekannt.

Das Auftreten von humanen krankheitserregenden Bakterien in der Rhizosphäre wird mehreren Faktoren zugeschrieben, einschließlich einem hohen Nährstoffgehalt, dem Schutz vor UV-Strahlung (UV) und der Verfügbarkeit von Wasserfilmen zur Dispersion und zur Verhinderung von Austrocknung. Andere Forscher haben argumentiert, dass die reichlich vorhandenen und sehr vielfältigen indigenen mikrobiellen Gemeinschaften eine starke Barriere gegen die Invasion von menschlichen Krankheitserregern bilden. Beispielsweise wird das Wachstum von *S. enterica* und *E. coli* O157: H7 auf den Wurzeln von *Arabidopsis thaliana* stark durch einen mit der Pflanze assoziierten Stamm von *Enterobacter asburiae* gehemmt. Dennoch können

viele humanpathogene Bakterien, die Nährstoffe produzieren, sich für verschiedene antimikrobielle Metaboliten als sehr wettbewerbsfähig zeichnen, so dass sie in der Gegenwart der indigenen mikrobiellen Gemeinschaften Pflanzenoberflächen zu besiedeln und sich dort zu vermehren vermögen. Interessanterweise zeigen die daran beteiligten Mechanismen innerhalb der Rhizosphäre eine antimikrobielle Aktivität gegenüber menschlichen pathogenen Bakterien und scheinen diesen an Virulenz in menschlichen Geweben ähnlich zu sein.

Als nächstes werden wir die Biologie und Pathogenese von einigen der häufigsten Erreger von Infektionen, die mit dem Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln assoziiert werden, diskutieren.

### 2.2.1. Salmonellen

Diese Gattung umfasst zwei Arten: *Salmonella enterica* und *Salmonella bongori*. *S. enterica*, in Hunderte von Serovaren unterteilt, ist der Erreger vieler Human-, Tier- und Vogelkrankheiten weltweit, einschließlich Gastroenteritis und Typhus. Als Erreger ist sie am häufigsten mit dem Verzehr von Obst und Gemüse verbunden. Trotz ihrer klaren Anpassung zwecks Überleben in menschlichen Wirten sind Salmonellen auch in der Rhizosphäre von mehreren Kulturpflanzen nachgewiesen worden. Lange Zeit wurde angenommen, dass *Salmonella* auf Pflanzen nach einer mehr oder weniger zufälligen Infektion zu überleben vermag. Allerdings ist diese Vorstellung in letzter Zeit in Frage gestellt worden. *Salmonella*-Bakterien sind in der Lage, auch im Boden zu überleben. Untersuchungen an der nativen *Conzattia multiflora*, einer Hülsenfrucht, die in Mexiko heimisch ist, zeigten die Existenz von Salmonellen in knötchenartigen Strukturen dieser Pflanze. *S. enterica* ssp. wurde nachgewiesen in Weizen (*Triticum sativum*), Raps (*Brassica napus*) und Erdbeeren (*Fragaria ananassa*): und *enterica* Serovar Typhimurium (*S. typhimurium*) wurde in der Rhizosphäre von mehreren Kulturpflanzen gefunden. *S. enterica* fand sich auch auf wilden Tomaten (*Solanum pimpinellifolium*), allerdings weniger als bei domestizierten Tomatensorten (*Solanum lycopersicum*). Ein zusätzlicher Infektionsweg könnte Wasser sein, das in Kontakt mit menschlichen oder tierischen Abfällen gekommen ist.

Verschmutztes Wasser ist ein gut bekannt für die Verbreitung zahlreicher Krankheitserreger, einschließlich Salmonellen. Auf diese Weise können sich Bakterien durch das Wasserversorgungssystem bewegen und anschließend Getreidefelder erreichen, wo das kontaminierte Wasser zur Bewässerung verwendet wird. *S. enterica*-Populationen waren größer in der Phyllosphäre von Tomatenpflanzen, die mit kontaminiertem Wasser bewässert wurden, als in Pflanzen, die aus Samen in vorverseuchtem Boden gewachsen sind. Eine Infektion von Pflanzen mit *Salmonella* kann auch mit Hilfe von anderen Organismen bewirkt



werden. Eine Co-Impfung von Kopfsalat oder Erdbeeren oder Möhren mit dem Nematoden *Caenorhabditis elegans* und *Salmonella* führte zu einer Infektion mit diesen Bakterien. Umgekehrt wurde bei einer Abwesenheit des Nematoden das Pflanzengewebe nicht mit dem Krankheitserreger infiziert. Salmonellen können auch über Insekten transportiert werden, z. B. durch die Pharaoameise (*Monomorium pharaonis*). Die Wechselwirkung zwischen *Salmonella* und den arbuskulär mycorrhizalen Pilzen (AMF) führt zu einer höheren Persistenz von *Salmonella* in den Pflanzen, was eine weitere Schicht von Interaktionen in der Rhizosphäre belegt.

Die Anfälligkeit gegenüber Verunreinigungen durch *S. enterica* über den Boden unterscheidet verschiedene landwirtschaftliche Kulturen. Die Mitglieder der Familie *Brassicaceae* präsentieren höhere Bakterienpopulationen als Tomaten und Salat. Jedoch wurde gezeigt, dass bei Salat, der eine stark verunreinigte Phyllosphäre aufweist, noch andere Kontaminationswege, wie beispielsweise Wasser zur Bewässerung, ebenfalls wirksam sein können. Eine weitere bemerkenswerte Möglichkeit ist, dass die Pflanze selbst zu einer Infektion beitragen kann. Eine Studie über Alfalfa-Sprossen hat gezeigt, dass während der Auskeimung der Samen der Abbau des Endosperms die Freisetzung von Zucker verursacht und andere organische Moleküle reduziert, die im Wasser zur Bewässerung gefunden werden können; diese verschaffen *S. enterica* ein Wachstumsmedium. Da Bakterien diese Moleküle als Nährstoffquelle metabolisieren, scheinen Pflanzenexsudaten eine geeignete Nährstoffquelle abzugeben. Darüber hinaus können andere pflanzenpathogene Bakterien zur Infektion mit *Salmonella* beitragen. Pektinolytische bakterielle Erreger, die Fäulnis von mobilisierten Nährstoffen verursachen, stehen häufig mit Infektionen von Obst und Gemüse durch *S. enterica* im Zusammenhang. Salmonellen sind nicht nur in der Lage, die Phyllosphäre zu besiedeln; es wurde auch die Tödlichkeit für infizierte Pflanzenorgane nachgewiesen. Die Inokulation von Salmonellen in *Arabidopsis* führte zu Chlorose und Welkung und schließlich zum Tode des infizierten Gewebes innerhalb von sieben Tagen.

### **2.2.2. *Escherichia coli***

*Escherichia coli* ist ein Bakterium, das im Gastrointestinaltrakt von Menschen und warmblütigen Tieren häufig vorkommt. Aufgrund seiner hohen Prävalenz im Darm wird *E. coli* als bevorzugter Indikator verwendet, um fäkale Kontaminationen bei der Beurteilung von Lebensmitteln und der Wassersicherheit nachzuweisen und zu messen. Betrachtet als harmlose Kommensalen bilden *E. coli*-Stämme etwa 1 Prozent der normalen mikrobiellen Darmpopulation. Während die meisten der Stämme im Darm für die menschliche Magen-Darm-Funktion von Vorteil sind, sind andere eher schädlich. Pathogene *E. coli*-Stämme

unterscheiden sich von den anderen durch ihre Fähigkeit, schwere Krankheiten als Folge ihrer genetischen Elemente zur Erzeugung von Toxinen, die durch Haftung an und die Invasion von Wirtszellen eine Beeinträchtigung des Zellstoffwechsels und eine Gewebeerstörung verursachen können. Um von einem Wirt zu einem anderen übertragen werden zu können, müssen diese Bakterien ihren Wirt verlassen und in dessen Umgebung gelangen. Es gibt Hinweise darauf, dass einige *E. coli* für mehrere Wochen außerhalb des Wirtes überleben können und auch im Wasser oder Boden gedeihen können. Aber es ist vor allem das Pflanzenmaterial, wodurch *E. coli*-Besiedelungen zu einem Problem geworden sind, denn obwohl die meisten Arten von *E. coli* harmlos sind, stellt die Anwesenheit von pathogenen Stämmen auf Obst und Gemüse ein Risiko für die Lebensmittelsicherheit dar. Infektionen von *E. coli* O157 durch den Verbrauch von grünem Blattgemüse wurden vielfach erkannt. Allerdings haben einige *E. coli*-Klone Pathogenitätsinseln über einen horizontalen Gentransfer erworben, der es ihnen ermöglicht, Infektionen der Harnwege und Durchfallerkrankungen auszulösen. Diarrheal *E. coli* werden in sechs Kategorien eingeteilt, die Krankheiten von einem moderaten Durchfall bis hin zu schweren systemischen Erkrankungen (zum Beispiel einem hämolytisch-urämischem Syndrom) herbeiführen können (Palermo et al., 2009).

### **Shiga-Toxin produzierende *E. coli***

Shiga-Toxin produzierende *E. coli* (STEC) sind Zoonose-Erreger, die vor allem Rinder und kleine Wiederkäuer besiedeln. Obwohl Produkte vom Rind, vor allem Rindfleisch, die am häufigsten anerkannten Quellen von *E. coli* O157-Infektionen sind, können auch Obst und Gemüse, roh verzehrt, zu einer wichtigen Quelle von Infektionen werden. Drei Blattbefestigungsmechanismen wurden für *E. coli* O157 beschrieben. Erstens haftet, im Gegensatz zu nicht-pathogenen *E. coli*, der pathogene Stamm STEC O157: H7 stark an Tomatenhaut, Spinatblättern und den Wurzeln von Luzerne-Sprossen. Die Haftung auf diesen Flächen wird durch curli vermittelt. Die Adhäsion von *E. coli* O157, sowie der damit verbundenen enteropathogenen *E. coli* (EPEC), an einer Vielzahl von Salatblättern wird durch den filamentösen Typ des Sekretionssystems (T3SS) vermittelt. Das *E. coli* O157-Sekretionssystem überträgt Effektor-Proteine in Säugerzellen; Protein-Translokationen, die durch eine ATPase vermittelt werden, sind abhängig von einer Translokationspore, die in die Plasmamembran eingelassen ist. Die Geißeln von *E. coli* O157 scheinen hier ebenfalls eine Rolle zu spielen. Insgesamt legen diese Daten nahe, dass *E. coli* O157 mehrere Mechanismen verwenden, um Pflanzen zu kolonisieren, und dass sie gut an diese Biosphäre angepasst sind. Wie Salmonellen, kann auch *E. coli* O157 die schwammige Mesophyll erreichen und in dieser Umgebung überleben.

## **Enteroaggregative *E. coli* und enterotoxigene *E. coli***

Enteroaggregative *E. coli* (EAEC) können eine wichtige Ursache für eine bakterielle Gastroenteritis sein. Jedoch ist die Herkunft von EAEC unbekannt. Es wurden die folgenden zwei Muster einer Bakterienverteilung nach 1 Stunde Inkubationszeit von EAG in Salatblättern beobachtet: (i) diffuse Anhaftung an der Epidermis und (ii) lokalisierte Haftung an der Schutzzelle der Stomata. Die Bindung an die Epidermis wird von der Pilus vermittelt, von der bekannt ist, dass sie eine Rolle bei der Kolonisierung des menschlichen Darms spielt, während die Aggregation um die Stomata von Flagellen vermittelt wird.

Enterotoxigene *E. coli* (ETEC) bilden in der Kinderheilkunde eine wichtige Ursache für die Reisediarrhö und verursachen einen schweren wässrigen Durchfall bei Kälbern und Ferkeln. Die Geißel ist das wichtigste Hilfsmittel für die Befestigung von ETEC auf der Epidermis von Salatblättern.

### **2.2.3. *Serratia marcescens***

Die Mitglieder der Gattung *Serratia* verursachen wichtige Infektionen bei Menschen, Tieren und Insekten. Taxonomisch gesehen, ist die Gattung *Serratia* verwirrend, und derzeit gibt es 14 bekannte Arten mit je zwei Unterarten. Die typische Art, *Serratia marcescens*, ist ein opportunistisches Humanpathogen, das häufig in den Atemwegen und Harnwegen von Menschen gefunden wird, und sie ist für rund 1,4% der nosokomialen Infektionen verantwortlich, die lebensbedrohlich sein können. Während *S. marcescens* oft durch die Produktion von rotem Prodigiosin sichtbar wird, sind die mit Krankenhausinfektionen assoziierten Stämme meist nicht pigmentiert. Da viele *S. marcescens*-Stämme gegen mehrere Antibiotika resistent sind, stellen sie ein wachsendes Problem für die öffentliche Gesundheit dar. Es ist jedoch relativ wenig über die Faktoren bekannt, die zu der Pathogenese durch *S. marcescens* in ihrem Wirt beitragen.

Doch trotz seiner Virulenz bei Tieren wurde *Serratia* auch als Phytopathogen nachgewiesen. *S. marcescens* wurde als Phloem-residenter Erreger erkannt, dass die gelbe Rebenkrankheit beim Kürbis (*Cucurbita moschata* L.), bei der Wassermelone und beim gelben Kürbis (*Cucurbita pepo* L.) verursacht, was sich durch Welken, Laubvergilbung und eine Bastverfärbung anzeigt. *S. marcescens* erzeugt einen Biofilm auf der Phloem, blockiert den Transport von Nährstoffen und verursacht schließlich das Absterben der Pflanze.

### **2.2.4. *Enterobacter cloacae***

Ein weiteres Bakterium, das ebenfalls eine Arten übergreifende Pathogenese gezeigt hat, ist das Gram-negative Bakterium *Enterobacter cloacae*. Es ist ein wichtiger nosokomialer Erreger, verantwortlich für Bakteriämie, Infektionen der unteren Atemwege, für Haut- und

Weichteilinfektionen sowie Infektionen der Harnwege. *E. cloacae* synthetisiert ein dem Shiga-Toxin II ähnliches Cytotoxin, das bei Säuglingen mit dem hämolytisch-urämischen Syndrom in Zusammenhang gebracht wurde. Zwar gibt es Hinweise darauf, dass *E. cloacae* den menschlichen Wirt besiedeln und sich dort weiterentwickeln kann, es hat sich aber auch als Erreger der grauen Kernkrankheit von Macadamia (*Macadamia integrifolia*) nachweisen lassen. Der Beginn der grauen Kernkrankheit wirkt sich nicht nur auf die Qualität der durch den Baum produzierten Kerne aus, sondern führt auch zu einer grauen Verfärbung und einen üblen Geruch. *E. cloacae* verursacht auch die bakterielle Fäulniskrankheit der Drachenfrucht (*Hylocereus* spp.), die bakterielle Blattrötung von Odontioda Orchideen und ist auch verantwortlich für die interne Vergilbungskrankheit bei Papayas und Zwiebeln. Enterobacter verursacht den Zerfall, nachdem die Zwiebeln geerntet, gehärtet und gelagert wurden. Der Zerfall tritt in der Regel bei einigen wenigen Schuppen der Zwiebel auf und das Gewebe entwickelt eine braune Farbe, die der Frucht einen schmutzigen Aussehen verleiht, wenn sie in zwei Hälften geschnitten wird. Wenn die Lagerung vieler Zwiebeln eine ausreichend hohe Inzidenz von Enterobacter Befall aufweist (> 2-5%), kann die gesamte Menge nicht ohne einen erheblichen Verlust des Erzeugers verkauft werden. Der Mechanismus, wie *E. cloacae* verursacht den Zerfall verursacht, sowie die Spezifität der Virulenzfaktoren, sind unbekannt und die Entwicklung von Kontrollmethoden für diese Erkrankung ist begrenzt

### **2.2.5. Enterococcus**

Die Arten übergreifende Pathogenese ist nicht auf Gram-negative Bakterien beschränkt. Enterokokken sind nicht nur Bestandteil der normalen Darmflora von Mensch und Tier, sondern sie sind auch für wichtige Pathogene schwerer Infektionen verantwortlich, vor allem bei immungeschwächten Patienten. Mit zunehmender Antibiotikaresistenz sind Enterokokken als nosokomiale Pathogene bekannt, die nur schwer zu behandeln sind. Die Gattung Enterococcus umfasst mehr als 17 Arten, die aber nur wenige lokale oder systemische klinische Infektionen verursachen können, einschließlich Infektionen der Harnwege und abdominalen Infektionen, Wundinfektionen, Bakteriämie und Endokarditis. Klinische Isolate von *E. faecalis* wurden als Hämolysin-Virulenzfaktor nachgewiesen, die auf die zu einer Auflösung der roten Blutzellen führt. Hämolytische Stämme zeigen Resistenz gegen mehrere Arzneimittel nicht häufiger als nicht-hämolytische Stämme, während aus Stuhlproben von gesunden Personen isolierte Stämme mit einer niedrigen (17%) Inzidenz der Hämolysin-Produktion einhergehen. *E. faecalis* ist nicht nur in der Lage, Säuger- und Nematoden zu infizieren, sondern auch die Pflanze *Arabidopsis thaliana*, wodurch die Pflanzen 7 Tage nach der Inokulation unter Laborbedingungen eingegangen sind. Die Manifestation der Erkrankung beginnt, sobald das

Bakterium erfolgreich an der Blattoberfläche siedelt, so dass beim Eintritt in das Blattgewebe durch die Spaltöffnungen oder Verletzungen *E. faecalis* auch die Interzellularräume der Wirtspflanze besiedelt und Fäulnis und Störungen an der Pflanzenzellwand und deren Membranstrukturen verursacht. Die Phytopathogenität von *E. faecalis* scheint auch an der Pathogenese von Tieren beteiligt zu sein und einige der gleichen genetischen Determinanten einzubeziehen, einschließlich des Quorum-Sensing-System-Gens und einer Serin-Protease. *E. faecalis* verwendet eindeutig eine allgemeine Krankheitsstrategie, indem es sie die gleichen Virulenzfaktoren für zwei verschiedene Wirte nutzt.

### **2.2.6. *Listeria monocytogenes***

*L. monocytogenes* ist am besten bekannt als schwerer Krankheitserreger, der auf den Menschen durch den Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln übertragen wird. Es ist jedoch auch ein Bakterium, das üblicherweise im Boden, verbunden mit verrottendem Pflanzengut, vorfindlich ist. So kann es mit einem beliebigen Pflanzenprodukt in Kontakt kommen, das im Erdreich gezüchtet wird. Ungewöhnlich für einen menschlichen Krankheitserreger ist, dass es Pflanzenzucker für sein Wachstum nutzt, sodass er oft ein Problem für minimal verarbeitetes Obst oder Gemüse darstellt. Insbesondere wenn Gemüse oder Obst geschnitten werden, wird Zucker freigesetzt, die *Listeria* für sein Wachstum nutzen kann.

***Listeria* im Pflanzengewebe.** Es ist noch unklar, ob *L. monocytogenes* in Pflanzengewebe integriert werden kann. Die derzeit verfügbaren Informationen über die Internalisierung von *Listeria* stammen von sehr begrenzten Studien und einige der Ergebnisse sind widersprüchlich. Es hat sich gezeigt, dass, wie bei *E. coli*, *Listeria* die Stomata der Blätter besiedeln kann, aber ob es sich dabei um eine aktive oder eine passive Form des Einfangens von Bakterien innerhalb der Struktur (die weit größer ist als die Bakterienzelle) handelt, wurde nicht festgestellt. Allerdings können Bakterien durch natürliche Öffnungen in die Pflanze eindringen können, weshalb diese durch verschiedene Desinfektionsmitteln nach dem Schließen der Schließzellen geschützt werden können. Da der Organismus häufig im Boden gefunden wird, ist der Eintritt von *Listeria* ins Blattgewebe eher nach der Ernte zu erwarten anstatt während des Wachstums. Die Obst- und Gemüsekulturen können nach der Ernte kontaminiert werden, wenn eine genügend große Temperaturdifferenz zwischen der Ernte und dem Wasser zur Reinigung eine Bewegung von Wasser im Pflanzengewebe ermöglicht. Nach der Eingabe ist es wahrscheinlich, dass die Bakterien über den Massenstrom von Wasser transportiert werden. Eine Ausnahme ergibt sich, wenn mit *Listeria* verunreinigter Dünger verwendet wurde, wie Krautsalat-Infektion im Jahr 1981. Dies ist der erste Ausbruch von *L. monocytogenes*, der auf jeden Fall mit der Nahrung verbunden und in Kanada in mindestens 41 Fällen mit 7 Todesfällen



nachgewiesen werden konnte. In diesem Fall wurde gezeigt, dass Gülle von *Listeria*-infizierten Schafen als organischer Dünger verwendet worden war, so dass beim Anbau von Salat schwere Blatt-Kontaminationen auftraten.

**Das Wachstum von *Listeria* auf frischen Produkten.** Rohstoffe können sich in ihrer Fähigkeit unterscheiden, das Wachstum von *L. monocytogenes* zu unterstützen. Einige Studien wurden durchgeführt, um dieses Wachstum auf intakten und geschädigten oder geschnittenen Produkten miteinander zu vergleichen. Wachstum auf intakten Tomaten wurde bestätigt, aber Studien zu Karotten, Kohl, Paprika und Cantaloupe-Melonen zeigten ein solches Wachstum nur für geschnittene, geschredderte oder beschädigte Produkte. In der Regel wächst *Listeria* gut auf geschreddertem Salat, wobei seine Population Bevölkerung während der Lagerung zunimmt. Man fand heraus, dass das Überleben und die Wachstumsmuster auf Gemüse je nach Stamm, Produkttyp und Verpackung variieren. Es wurde vermutet, dass eine Verpackung unter modifizierten Bedingungen die Fähigkeit von *L. monocytogenes* erhöht, durch die Hemmung konkurrierender Mikroflora zu wachsen, aber dies muss erst noch nachgewiesen werden; und die Wirkung kann sich durch die Ware, ihre Zusammensetzung und je nach Lagerbedingungen unterscheiden. Allerdings hemmt „Modified Atmosphere Packaging (MAP)“ offenbar nicht das Wachstum von *L. monocytogenes*, und eine verlängerte Haltbarkeit könnte als solche das Listeriose-Risiko erhöhen.

Signifikante Unterschiede wurden im Hinblick auf die Fähigkeit von *Listeria*, bei Wärme und sauren Bedingungen auf verpackten Gemüse zu überleben, beobachtet. Gekochte oder pasteurisierte Produkten unterstützen in der Regel ein schnelles Wachstum und stellen eine Gefährdung nach Nachbearbeitung durch Kontamination dar, vor allem dann, wenn die Produkte nicht gekühlt und ohne Erhitzung konsumiert werden. Es wird derzeit angenommen, dass die meisten produzierten Waren das Wachstum von *L. monocytogenes* unterstützen.

### 3. Schlussfolgerungen

- Die Anzahl der Ausbrüche von Lebensmittelinfektionen durch den Verzehr von frischen Produkten hat seit Anfang der 1990er Jahre zugenommen.
- *S. ente* und *E. coli* O157: H7, die beide zuvor im Zusammenhang mit Lebensmitteln tierischen Ursprungs stehen, verursachen den höchsten Anteil an Epidemien aufgrund des Verzehrs von frischen Produkten.
- Überwachungsdaten haben starke Belege für das Vorhandensein von darmpathogenen Bakterien auf frischem Obst und Gemüse erbracht.



- Nicht alle magensaftresistente Erreger-Arten sind ökologische Generalisten. Große Unterschiede gibt es zwischen den verschiedenen Darmpathogenen hinsichtlich ihrer Fähigkeit, Pflanzenoberflächen zu kolonisieren, wobei insbesondere verschiedene Phänotypen eine Rolle bei einigen dieser Unterschiede spielen.
- Obwohl die Eignung von *S. ente* auf Pflanzen relativ schwächer als die von gemeinsamen pflanzenassoziierten Bakterien ist, können diese menschlichen Krankheitserreger auf Pflanzen unter Bedingungen hoher Feuchtigkeit und warmen Temperaturen, wachsen – zwei Faktoren, die ihre Wettbewerbsfähigkeit in ihrem Lebensraum beeinflussen.
- Mehrere Studien, die in Wachstumskammern und im Feldversuch durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass *S. enterica* und *E. coli* auf Pflanzenkulturen für längere Zeit bestehen bleiben, bis hin zur Erntezeit.
- Erkranktes Pflanzengewebe kann eine nährstoffreiche und ökologische Nische bilden, die vor magensaftresistenten Krankheitserregern schützt. Jedoch hängt diese Möglichkeit vom Wachstum und der Art ihrer Wechselwirkungen mit der heimischen Mikroflora ab.
- Die Manifestation von magensaftresistenten Erregern, ihre Determinanten oder die Virulenzmerkmale am Pflanzenstandort können die Dosis-Wirkungs-Beziehungen in den menschlichen Wirten modulieren und lebensmittelbedingte Erkrankungen ermöglichen, die schon bei geringen Infektionsdosen auftreten.

## LITERATUR

- Bassett J. and McClure P. (2008) A risk assessment approach for fresh fruits. *Journal of Applied Microbiology* 104, 925–943.
- Berg G., Eberl L. and Hartmann A. (2005) The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environmental Microbiology* 7 (11), 1673–1685.
- Berger C.N., Sodha S.V., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P. and Frankel G. (2010) Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12(9), 2385–2397.
- Brandl M. (2006) Fitness of Human Enteric Pathogens on Plants and Implications for Food Safety. *Annual Review of Phytopathology* 44, 367–392.
- Brandl M., Cox C.E. and Teplitski M. (2013) Salmonella Interactions with Plants and Their



Associated



Microbiota. Phytopathology



Funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

103 (4), 316–325,

<http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0295-RVW>.

Duan J., Zhao Y. and Daeschel Mm. (2011) Ensuring Food Safety in Specialty Foods Production 2011, <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9036>

European Food Safety Authority (EFSA). (2011) Guidance on the environmental risk assessment of plant pests EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2, 3, Parma, Italy. EFSA Journal; 9 (12): 2460.

EASAC. (2014) Risks to plant health: European Union priorities for tackling emerging plant pests and diseases. Policy report, 24 February 2014, ISBN: 978-3-8047-3251-3.

Fletcher J., Leach J. E., Eversole K., and Tauxe R. (2013) Human Pathogens on Plants: Designing a Multidisciplinary Strategy for Research. *Phytopathology* 103 (4), 306–315, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-09-12-0236-IA>.

Food Safety Risk Assessment of NSW Food Safety Schemes (2009) Food Authority, Australia.

Food Standards Agency UK (2004). Survey of baby foods for mycotoxins. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis6804.pdf>.

Flood J. (2010) The importance of plant health to food security, *Food Sec.* 2:215–231, DOI 10.1007/s12571-010-0072-5.

FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (2003). Results of 4th quarter national survey 2002 (NS4), European Commission co-ordinated programme for the official control of foodstuffs for 2002, Bacteriological safety of pre-cut fruit & vegetables, sprouted seeds and unpasteurised fruit & vegetables juices from processing and retail premises. [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf).

FSA [Food Science Australia] (2000a). Final report – scoping study on the risk of plant products. Food Science Australia prepared for SafeFood NSW.

FSA [Food Science Australia] (2000b) Fact Sheet Preservation of vegetables in oil and vinegar. Retrieved 14 January 2009, <http://www.foodscience.afisc.csiro.au/oilvine.htm>.

FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (undated). 3rd Trimester National Microbiological Survey 2005 (05NS3): EU Coordinated programme 2005, bacteriological safety of prepackaged mixed salads. Food Safety Authority of Ireland, Retrieved 2 December 2008, [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/mixed\\_salads.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/mixed_salads.pdf).

Gilbert S., Lake R., Hudson A and Cressey P. (2006). Risk profile: Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in leafy vegetables. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14

[http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk\\_Profile\\_Shiga\\_Toxin-Science\\_Research.pdf](http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk_Profile_Shiga_Toxin-Science_Research.pdf).

- Jay S., Davos D., Dundas M., Frankish E. and Lightfoot D. (2003). Salmonella. In: Hocking A.D. (Ed.). Foodborne Microorganisms of Public Health Significance, pp. 207–266. Australian Institute of Food Science and Technology, Waterloo.
- Hernandez-Reyes C. and Schikora A. (2013) Salmonella, a cross-kingdom pathogen infecting humans and plants. FEMS Microbiol Lett 343, 1–7.
- Kirzinger M., Nadarasah G. and Stavrinos J. (2011) Insights into Cross-Kingdom Plant Pathogenic Bacteria. Genes 2, 980–997, doi:10.3390/genes2040980.
- Lake R., Hudson A., Cressey P. and Gilbert S. (2005). Risk profile: Listeria monocytogenes in ready-to-eat salads. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009.
- Mahlen S. (2011) Serratia Infections: from Military Experiments to Current Practice. Clinical Microbiology Reviews, 24 (4), 755–791, 0893-8512/11/\$12.00 doi:10.1128/CMR.00017-11.
- Mendes R., Garbeva P. and Raaijmakers J.M. (2013) The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews 37, 634–663.
- van Baarlen P., van Belkum A., Summerbell R.C., Crous P.W. and Thomma B.P.H.J. (2007) Molecular mechanisms of pathogenicity: how do pathogenic microorganisms develop cross-kingdom host jumps? FEMS Microbiology Reviews 31, 239–277.
- Pezzoli L., Elson R., Little C., Yip H., Fisher I., Yishai R., et al. (2008) Packed with Salmonella – Investigation of an international outbreak of Salmonella Senftenberg infection linked to contamination of prepacked basil in 2007. Foodborne Pathogens and Disease 5(5), 661–668.
- Szabo E., Scurrah K. and Burrows J. (2000) Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. Letters in Applied Microbiology 30, 456–460.
- Miller S.A., Beed F.D. and Harmon C.L. (2009) Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks. Annual Review of Phytopathology 47, 15–38.
- van Overbeek L., van Doorn J., Wichers J.H., Amerongen A., van Roermund H.J.W. and Willemsen P.T.J. (2014) The arable ecosystem as battleground for emergence of new human pathogens. Frontiers in Microbiology, article 104, 1–17, doi: 10.3389/fmicb.2014.00104.



Funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

Turnbull-Fortune S. and Badrie N. (2014) Practice, Behavior, Knowledge and Awareness of Food Safety among Secondary & Tertiary Level Students in Trinidad, West Indies. Food and Nutrition Sciences 5, 1463–1481.

## **LO 12: LEBENSMITTELSICHERHEIT, DAS BEWUSSTSEIN FÜR PFLANZENSCHÄDLINGE UND DEREN MANAGEMENT**

### **1. Einleitung**

Der Nachweis ist in Vorbereitung, dass darmpathogene Bakterien die Fähigkeit besitzen, auf Kulturpflanzen zu wachsen und erhalten bleiben. Dieser vielseitige Lebensstil kann die bemerkenswerte Häufigkeit von lebensmittelbedingten Erkrankungen im Zusammenhang mit der Kontamination von landwirtschaftlichen Kulturen erklären. Man könnte argumentieren, dass die Größe der Population magensaftresistenter Erreger auf Produkten nicht die einzige Determinante für die Infektiosität in menschlichen Wirten darstellt. Die Wechselwirkungen zwischen Darmpathogenen bei Pflanzen können nicht nur ihr Überleben in diesem Lebensraum verbessern, sondern auch ihre Fähigkeit, den Menschen zu infizieren.

Die Lebensmittelsicherheit hat erhebliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, das Sozialverhalten und die Wirtschaft. Lebensmittelbedingte Krankheitsausbrüche können eine beträchtliche Anzahl von Menschen krank machen, wobei Rückrufe das Vertrauen der Verbraucher reduzieren und die Nachfrage verringern kann, mit erheblichen wirtschaftlichen Verlusten für alle Teile der Lieferkette. Aus diesen Gründen wurde das „Lebensmittelpflanzensicherheit Aufmerksamkeitsprogramm“ entwickelt. Es gibt drei Stufen der Gesundheit und der Sicherheit von pflanzlichen Produkten, die zu managen sind: (1) Gefahren vor Ort (Gefahrenerkennung); (2) eine Beurteilung des Risikos (Risikobewertung); (3) Änderungen vornehmen (Risikokontrolle).

### **2. Wesentliche Faktoren, die das Risiko von Infektionen und deren Ausbreitung beeinflussen**

Die Risikofaktoren für die Verunreinigung der Erzeugnisse liegen innerhalb der Lieferkette, sowohl vor der Ernte (auf dem Feld) als auch nach der Ernte. Während der Vor-Erntephase, können sich Pathogenpopulationen auf Kulturpflanzen ansiedeln. Das Risiko kann sich nach der Ernte erhöhen: entweder durch weitere direkte Kontaminationen oder durch die Verbreitung von bestehenden Pathogenpopulationen während der Verarbeitung und Behandlung des Ernteguts.

Wasser ist wahrscheinlich eine wichtige Quelle der Verunreinigung in diesem Bereich. Mögliche Verunreinigungen gehen von nahe gelegenen Tierweiden und der Bewässerung aus einer verunreinigten Quelle aus (Run-off). Die Notwendigkeit verbesserter Richtlinien, um dieses Risiko im Zusammenhang mit Wasser aus verschiedenen Quellen zu bannen, wird

anerkannt. Während Studien keine Internalisierung von *E. coli* O157:H7 gefunden haben, wurde in Spinatpflanzen Aufnahme und Verinnerlichung durch kontaminierte Böden nachgewiesen. Dies deutet immerhin auf eine geringere Wahrscheinlichkeit von Krankheitserregern aus kontaminiertem Wasser durch Tröpfchenbewässerung hin im Vergleich zu einer höheren Wahrscheinlichkeit, wenn das Wasser durch Sprinkleranlagen übertragen wird. Allerdings stellt die Bewässerung nicht den einzigen bekannten Weg der Kontamination durch Wasser dar. Die Verwendung von Wasser in der Verarbeitung nach der Ernte hat ebenfalls eine Rolle gespielt. Ein Ausbruch von Infektionen von Mangos mit *Salmonella* Serovar Newport war mit dem Verbrauch von heißem Wasser bei der Bekämpfung von Fruchtfliegen verknüpft. Pathogene können bei der Verwendung von nicht ausreichend kompostiertem oder von rohem tierischem Dünger oder auch bei der Einleitung von Abwasser in die Umwelt weitergegeben werden. Der Kot von Wildtieren kann ebenso eine Quelle sein. In den USA stand der Ausbruch von *E. coli* O157-Infektionen in Zusammenhang mit abgepacktem Spinat; bei seiner Rückverfolgung wurde festgestellt, dass eine Ranch im kalifornischen Salinas-Tal die wahrscheinliche Quelle des Ausbruchs war. Die Muster, die durch Pulsfeld-Gelelektrophorese (PFGE) und die „multilocus variable number tandem repeat analysis“ (MLVA) gewonnen wurden, zeigten, dass die an dem Ausbruch beteiligten Stämme von den Fäkalien von lokalen verwilderten Schweinen und Rindern stammten. Jedoch wurde die Art und Weise, auf die der Spinat kontaminiert wurde, noch nicht bestimmt. Auch Insekten sind eine mögliche Quelle für Verunreinigungen. Es wurde gezeigt, dass sie Bakterien direkt auf Blätter oder Früchte übertragen. Unter Laborbedingungen wurden kontaminierte Fliegen entdeckt. Studien haben demonstriert, dass Fliegen in die Kontamination der Blätter durch *E. coli* O157:H7 verwickelt sind. Eine große Zahl von Fliegen, die zu den Familien der Muscidae und Calliphoridae gehören, wurde auf Feldern neben Weiden gefunden, auf denen sich Rinder befanden. Eine vermutliche Quelle der Kontamination von Obstsaft ist offenbar Fallobst, das in Kontakt mit kontaminiertem Boden, Wasser, Abwasser oder Gülle gekommen ist, da die Verwendung von kontaminiertem Wasser zu Wasch- oder Verarbeitungszwecken von Obst zu Kontaminationen des Obstes geführt hatte. Dem Ernteprozess nachgelagerte Aktivitäten, von der Lagerung bis hin zu und Schitt und Reinigung, bilden ebenfalls möglich Kontaminationsquellen. Die Schnittflächen der Blätter sind ein spezifisches Ziel für pathogene Bakterien wie Salmonellen, die eine spezifische Vorliebe zu ihnen zeigen; und geschnittene Melonen können Krankheitserreger aus der Rinde auf den essbaren Teil der Frucht übertragen, wo Bakterien sich vermehren können, wenn die geschnittenen Melonen nicht gekühlt wurden. Auch die Verwendung von nicht ausreichend dekontaminiertem Wasser in „hydrocoolers“, die



verwendet werden, um große Mengen an frischen Produkten zu speichern, kann zu einer Kontamination vieler Früchte führen.

Andere multiple Faktoren, die zur Entstehung von Produkten als einer Quelle von magensaftresistenten Krankheitserregern wahrscheinlich beitragen, sind:

- Veränderungen in der Nahrungsmittelindustrie:
  - Intensivierung und Zentralisierung der Produktion;
  - breitere Verteilung von Produkten über längere Strecken;
  - Einführung von minimal verarbeiteten Produkten;
  - Erhöhung der Einfuhr von frischen Produkten;
- Änderungen der Verbrauchergewohnheiten:
  - Verstärkter Verzehr von Mahlzeiten außerhalb des Hauses;
  - Erhöhte Popularität von Salatbars;
  - Erhöhung des Verzehrs von frischem Obst und Gemüse und frischen Fruchtsäften;
- Anwachsen von Risikogruppen in der Bevölkerung (ältere Menschen, Menschen mit geschwächtem Immunsystem);
- Verbesserte epidemiologische Überwachung;
- Verbesserte Verfahren zur Erkennung, Identifizierung und Verfolgung von Krankheitserregern;
- neu auftretende Krankheitserreger mit geringerer Infektionsdosis.

### **3. Risikoanalyse zur Lebensmittelsicherheit pflanzlichen Produkte**

Die Risikobewertung der mit pflanzlichen Produkten verbundenen Risiken hat gezeigt, dass frisch geschnittenes Obst und Gemüse, Samenhülsen, Gemüse und nicht pasteurisierter Saft ein hohes Risiko darstellen. Dies wird durch die Geschichte der Lebensmittelvergiftungen in Australien und in den USA verdeutlicht, die vor allem Salmonellen betrifft. Der jährliche Verbrauch dieser Produkte in Australien wurde auf 11.000 Tonnen frisch geschnittenes Gemüse, 150 Tonnen frisch geschnittenes Obst, 2600 Tonnen Saatgut-Sprossen, 1000 Tonnen Gemüse in Öl-Produkten und 100.000 l nicht pasteurisierten Saft geschätzt.

Umfragen zu pflanzlichen Produkten haben das Potenzial für diese Hochrisikopflanzenprodukte belegt hinsichtlich einer Kontamination mit *L. monocytogenes*, *Aeromonas* spp, *B. cereus* und Salmonellen. Die Kontamination von frisch geschnittenem Obst und Gemüse kann während des Wachstums, der Ernte oder der Verarbeitung mit so wichtigen

Krankheitserregern wie allgemein *L. monocytogenes* und *C. botulinum* speziell für Produkte, die unter modifizierter Atmosphäre verpackt wurden, auftreten. Diese Produkte tragen ein hohes Risiko, wenn sie roh verzehrt werden. Samen-Sprossen können mit *B. cereus*, Salmonellen und pathogenen *E. coli* während des Wachstums und der Ernte der Samen, aber auch während der Keimung, die für das Wachstum von Mikroorganismen eine nahezu perfekte Umgebung zur Verfügung stellt, kontaminiert werden. Die sauerstoffreduzierte Umgebung von Gemüse in Öl begünstigt das Wachstum von anaeroben Mikroorganismen, einschließlich *C. botulinum*, die als Ursache des Botulismus angesehen werden. Um das Risiko zu verringern, werden die Gemüse oder Früchte in der Regel gekocht und vor der Platzierung in Öl angesäuert. Nicht pasteurisierte Fruchtsäfte können während der Entsaftung entweder aufgrund von Verunreinigungen auf der Außenseite der Frucht oder durch die Verwendung von beschädigtem und schimmeligem Obst kontaminiert werden. Da der Saft nicht wärmebehandelt wird, sind alle pathogenen Mikroorganismen in der Lage zu überleben; und säuretolerante Stämme von pathogenen *E. coli* und Salmonellen können wachsen.

### **3.1. Regelungen zur Lebensmittelsicherheit hinsichtlich gefährdeter Personen**

Bestimmte Bevölkerungsgruppen sind stärker von lebensmittelbedingten Erkrankungen bedroht oder unterliegen schärferen Einschränkungen aufgrund lebensmittelbedingter Erkrankungen als die allgemeine Bevölkerung. Der Grad der Verwundbarkeit hängt ab von der Anfälligkeit des Individuums und der Pathogenität der Mikroorganismen. Im Allgemeinen umfasst die gefährdete Bevölkerungsgruppe Kinder unter fünf Jahren, Menschen über 65 Jahre, Schwangere und Personen mit verminderter Immunität.

Es wird geschätzt, dass die Zahl der Mahlzeiten, die an gefährdete Personen in verschiedenen Einrichtungen in New South Wales (Australien), wie in Krankenhäusern, Betreuungseinrichtungen, Hospizen, Tageseinrichtungen und Kindertagesstätten, ausgegeben werden, ca. 133 Millionen Mahlzeiten pro Jahr beträgt. Es wird vermutet, dass bis zu einer Million dieser Mahlzeiten pro Jahr ein Lebensmittel enthalten, das mit einem übertragenen Erreger kontaminiert sein könnte.

Seit 1995 gab es 65 Lebensmittelvergiftungen in der australischen Betreuungseinrichtungen, Kindergärten und Krankenhäusern mit 758 Erkrankungen und 75 Todesfällen. Die daran beteiligten Erreger sind Salmonellen, *C. perfringens*, *Listeria monocytogenes* und *Campylobacter*. Die Prävalenz von durch Lebensmittel übertragenen Erkrankungen und Todesfällen bei älteren Menschen, die in Pflegeheimen leben, ist weit größer als das Basisniveau der Krankheit in der allgemeinen Bevölkerung; während für die Kinder ein höheres

Risiko für Salmonellen aufgrund hoher Salmonellose-Raten bei Kindern besteht, sowohl in Australien als in Übersee. Die Hauptgefahr für gefährdete Personen geht aus von *L. monocytogenes*, die mit einigen Untergruppen innerhalb der gefährdeten Bevölkerung 100-mal anfälliger für Listeriose sind als die allgemeine Bevölkerung. Andere Gefahren von Interesse sind Säuglinge, die *C. botulinum* durch den Verzehr von kontaminiertem Honig, ausgesetzt sind, während die Säuglingsnahrung von Neugeborenen oft von *Cronobacter sakazakii* (früher *Enterobacter sakazakii*) kontaminiert ist; und Personen mit Leberfunktionsstörungen von einer Infektion durch *Vibrio vulnificus* über den Verzehr roher Austern bedroht sind. Andere Organismen, die schwere Krankheiten bei gefährdeten Untergruppen auslösen können, sind etwa pathogene enterohaemorrhagische *E. coli*, *S. aureus* und *C. perfringens*.

Bei der Beurteilung von Risiken, die mit Lebensmitteln assoziiert sind, ist es wichtig, die Lebensmittelzubereitung und andere gefährliche Szenarien zu berücksichtigen. Das Catering zur Verpflegung gefährdeter Personen muss die Anfälligkeit ihrer Verbraucher berücksichtigen: bei der Zubereitung und beim Servieren von Speisen. Im Rahmen des „Food Standard-Code“ werden diese Maßnahmen erforderlich, um ein Lebensmittelsicherheitsprogramm zu erfüllen, das die Substitution von Hochrisiko-Lebensmitteln mit geringerem Risiko Alternativen, die effektive Reinigung und Sanierung von Obst und Gemüse, eine begrenzte Lagerung einschließt, um sicherzustellen, dass die richtigen Lebensmittel ausgewählt werden und eine effektive Reinigung und Sanierung von Kochgeräten erfolgt.

### 3.2. Risikoabschätzung

Die Risikobewertung ist die rationale Anwendung von Sicherheitsprinzipien und den zur Verfügung stehenden Optionen für den Umgang mit Gefahrstoffen. Die folgenden Merkmale sollten berücksichtigt werden, wenn potenzielle Erreger bewertet werden sollen:

- die biologische und physikalische Natur des Agenten;
- die wahrscheinlichen Quellen dieser Agenten;
- die Wirtsanfälligkeit;
- die Verfahren, die Agenten verbreiten können;
- die beste Methode, um effektiv Agenten zu inaktivieren.

Die biologische Natur von Krankheitserregern bestimmt ihre Einteilung in Risikogruppen.

#### Risikogruppen von Krankheitserregern

Mikroorganismen, die Humanpathogene sind, können in Risikogruppen eingeteilt werden (RG) auf der Grundlage ihrer Durchlässigkeit, Invasivität, Virulenz (das heißt der Fähigkeit, Krankheiten zu verursachen) und der Letalität des spezifischen Pathogens. Risikogruppen von Infektionserregern (RG1 bis RG4) entsprechen in etwa den Biosicherheitsstufen (BSL1 bis BSL4), die welche die Praktiken zur Gefahreneindämmung und die erforderliche Sicherheitsausrüstung beschreiben, und den „Facility Design-Merkmalen“, die für einen sicheren Umgang mit diesen Mikroorganismen empfohlen werden.

Beginnend mit RG1-Agenten (oder Agentien), die für gesunde erwachsene Menschen nicht pathogen sind, verschärfen sich die Regelungen bis hin zu jenen für die Stufe RG4.

**Risikogruppe 1**-Agenten werden nicht mit Krankheiten bei gesunden erwachsenen Menschen in Verbindung gebracht. Beispiele: *E. coli* K-12, *Saccharomyces cerevisiae*.

**Risikogruppe 2**-Agenten sind mit menschlichen Krankheiten assoziiert, die aber selten ernsthaft sind und für die präventive oder therapeutische Interventionen häufig zur Verfügung stehen. Beispiele: enteropathogene *E. coli*-Stämme, Salmonellen, *Listeria monocytogenes*, *Cryptosporidium* und *Staphylococcus aureus*.

**Risikogruppe 3**-Agenten sind mit schweren oder tödlichen menschlichen Krankheit assoziiert, für die präventive oder therapeutische Interventionen zur Verfügung stehen (hohes Einzelrisiko, aber geringe epidemische Gefahr). Beispiele: Human Immunodeficiency Virus (HIV), *Brucella abortus* und *Mycobacterium tuberculosis*.

**Risikogruppe 4**-Agenten verursachen wahrscheinlich schwere oder tödliche Krankheit beim Menschen, für die präventive oder therapeutische Interventionen in der Regel nicht zur Verfügung stehen (hohe individuelle Gefahr und hohe epidemische Gefahr für). Beispiele: Ebola-Virus und Cercopithecine Herpes-Virus-1 (Herpes B oder Affe-B-Virus).

Die Prüfung der Risikogruppenzuordnung ist jedoch lediglich ein Ausgangspunkt für eine umfassende Risikobewertung. Weitere Aufmerksamkeit muss auf die Umstände gelegt werden, wie etwa auf die geplanten Maßnahmen und die zur Verfügung stehende Sicherheitsausrüstung. Dann können die empfohlenen Vorsichtsmaßnahmen verstärkt oder verringert werden, um die spezifische Situation zu berücksichtigen, in denen der Erreger auftritt. Mikroorganismen in RG1 erfordern allein die Verwendung von standardisierten biologischen Laboreinrichtungen und mikrobiologischer Verfahren, während die in RG4 maximale Rückhalteeinrichtungen und spezielle Praktiken erforderlich sind. Einige der Agenten (Erreger), RG2- oder RG3-Krankheitserreger, können wahrscheinlich experimentell als UW-Madison behandelt werden da sie mit einem mäßigen oder hohen Risiko verbunden sind. Diese Agenten erfordern in der Regel anspruchsvollere technische Kontrollen (spezielle

Einrichtungen) als sie in Standard-Laboratorien zur Verfügung stehen, sowie eine spezielle Handhabung und besondere Dekontaminationsverfahren. Die Prüfung wird auch auf Mikroorganismen ausgedehnt, die Krankheiten bei Tieren und / oder Pflanzen verursachen, die nicht in den Risikogruppen als menschliche Pathogene kategorisiert sind. Das gewünschte Containment für die Tier- und Pflanzenpathogene hängt ab von der Schwere der möglichen Erkrankung und ihrer Fähigkeit, sich in der lokalen Umgebung zu etablieren und zu verbreiten. Das Fortschreiten von der Invasion hin zu einer Infektion mit einem infektiösen Agens hängt ab von der Dosis, dem Weg der Übertragung, den invasiven Eigenschaften des Agenten, seiner Virulenz und dem Widerstand des exponierten Wirtes. Nicht alle Kontakte entwickeln sich zu einer Infektion und noch weniger zu einer klinischen Erkrankung. Selbst wenn eine Krankheit auftritt, kann deren Schweregrad erheblich variieren. Abgeschwächte Stämme sollten mit den gleichen Vorsichtsmaßnahmen wie die virulenten Stamm behandelt werden, es sei denn, dass eine reduzierte Pathogenität dokumentiert ist, die nicht unumkehrbar ist. Virale Vektoren, auch wenn deren Replikation mangelhaft ist, können immer noch eine Bedrohung aufgrund einer Rekombination mit dem Wildtyp-Stämmen und / oder eine unbeabsichtigte Abgabe ihrer fremden Gene darstellen. Es ist ratsam, ihre Virulenz zu bewerten.

### **Welche menschlichen Krankheitserreger können in Pflanzenprodukten enthalten sein?**

Vier prioritäre Erreger, *Salmonellen*, *E. coli* O157: H7, *Listeria monocytogenes* und *Campylobacter*, wurden von den Aufsichtsbehörden als zentral für lebensmittelbedingte Erkrankungen identifiziert. Darüber hinaus haben Untersuchungen von pflanzlichen Produkten das Potenzial für risikoreiche Pflanzenprodukte nachgewiesen, die mit *L. monocytogenes*, *Aeromonas spp*, *E. coli*, *B. cereus*, *C. botulinum* oder *Salmonellen* kontaminiert wurden, wenn sie roh verzehrt werden. Die Kontamination von frisch geschnittenem Obst und Gemüse, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, kann während des Wachstums, der Ernte oder der Verarbeitung und Lagerung sowie einer Verpackung in modifizierter Atmosphäre auftreten.

Die vorgelegte Risikobewertung betrifft die Gefahren im Zusammenhang mit Lebensmittelunternehmen, entsprechend den Regelungen im Rahmen der Lebensmittelsicherheit: das Vorhandensein von *E. coli*, *B. cereus*, *C. botulinum* und *Salmonellen* in pflanzlichen Produkten wie frisch geschnittenem Obst und Gemüse, nicht pasteurisiertem Saft und Gemüse in Öl ist danach zu überprüfen. Die Risikobewertung ist Teil eines Gesamtprozesses, der als „Risikoanalyse“ bezeichnet wird. Die Risikoanalyse wird von der Regierung und der Industrie vorgenommen und kommuniziert, um die Risiken im Zusammenhang mit bestimmten Lebensmitteln oder Lebensmittelgruppen zu bestimmen und wiederum zielt darauf ab, das Risiko von lebensmittelbedingten Erkrankungen zu reduzieren.

Der „Codex Alimentarius Kommission“ (CAC) teilt die Risikoanalyse in drei Komponenten ein:

- Risikobewertung - ein Prozess, durch den das potenzielle Risiko von Gefährdungen der Lebensmittelsicherheit bestimmt wird;
- Risikomanagement – wodurch die Prozessalternativen zur Ermittlung der Gefahren bei der Risikobewertung identifiziert werden; und
- Risikokommunikation – für den Austausch von Informationen über die Risiken und zum Risikomanagement unter den Interessenten.

Der CAC (1999) hat vier Komponenten der Risikobewertung identifiziert:

- Die Identifikation der Gefahr - der Prozess, der die mit der Nahrung verbundenen möglichen Gefahren identifiziert.
- Expositionsbeurteilung - eine Schätzung der möglichen Exposition des Menschen für die Gefahr eines Auftretens in einem bestimmten Lebensmittel und / oder potenziellen bei den Verbrauchsraten der Speisen. Die Expositionsbeurteilung kann als die Gesamtheit der Umstände definiert werden, die das Ausmaß der Exposition beeinflussen.
- Gefahrencharakterisierung - die Bewertung des Potenzials einer mit der Gefahr verbundenen Erkrankung.
- Risikocharakterisierung - der Prozess, der die Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Schwere der negativen gesundheitlichen Auswirkungen anhand der bei der Gefahrenerkennung, Expositionsabschätzung und Risikocharakterisierung gesammelten Informationen bestimmt. Die Risikobeschreibung kann als eine "quantitative Messung" der Wahrscheinlichkeit von Nebenwirkungen unter definierten Expositionsbedingungen betrachtet werden. Einige Autoren ergänzen dies noch um die Dosis-Wirkungs-Bewertung, wenn die Wirkung von Pflanzenpathogenen von dem Ausmaß der Wahrscheinlichkeit der schädlichen Auswirkungen abhängt.

### **3.2.1. Gefahrenerkennung**

Die mikrobiologischen Gefahren werden unten für sechs Produkte (Tabelle 1) mit einem hohen Risiko einer Kontamination mit Krankheitserregern beschrieben. Die Regelungen zur Lebensmittelsicherheit wurden entwickelt, um den regulatorischen Anforderungen für die Unternehmen bei der Herstellung von High-Risk-Pflanzenprodukten zu genügen und aufgrund von Kontrollmaßnahmen zu minimieren.



**Tabelle 1.** Die mikrobiologische Gefahren im Zusammenhang mit pflanzlichen Produkten

Pflanzliches Produkt	Hohes Risiko	Mittleres Risiko
Frisch geschnittenes Gemüse – eventuell roh verzehrt	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars <i>L. monocytogenes</i>	
Frisch geschnittenes Gemüse – chilled, MAP oder verlängerte Haltbarkeit	<i>L. monocytogenes</i> <i>C. botulinum</i>	
Gemüse in Öl	<i>C. botulinum</i>	
Samen-Sprossen	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars	<i>B. cereus</i> <i>L. monocytogenes</i>
Fresh cut fruit	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars <i>L. monocytogenes</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i> Enteric viruses
Fruchtsaft / Getränk (unpasteurisiert))	<i>Salmonella</i> serovars Pathogenic <i>E. coli</i>	

Nach FSA (2000a)

### Frisch geschnittenes Gemüse

Frisch geschnittenes Obst und Gemüse sind rohe landwirtschaftliche Erzeugnisse, die durch Waschen verarbeitet und durch Trimmen oder Schneiden zum Verzehr bereit gestellt werden. Die Kontamination von Gemüse kann während des Wachstums, der Ernte oder Verarbeitung auftreten. Unter bestimmten Bedingungen können Mikroorganismen auch in dem Gemüse internalisiert werden. Bedingungen, die eine Internalisierung von Mikroorganismen fördern, schließen Schäden an der natürlichen Struktur (zum Beispiel Einstiche, Narben, Schnitte und Risse) ein. Diese Nahrungsmittel besitzen ein hohes Risiko aufgrund der Kontamination mit pathogenen *E. coli*, *Salmonella*-Serovaren und *L. monocytogenes*. Der eigentliche Vorgang des Schneidens und / oder Entfernens der schützenden äußeren Schichten der Pflanzen kann das Potenzial für pathogene Bakterien erhöhen, zu überleben und / oder zu wachsen. Für viele pflanzliche Produkte gibt es kein Verfahren, das die Krankheitserreger vollständig beseitigt; jedoch können mit Maßnahmen wie Waschen und Hygienisieren eine mikrobielle Kontamination mit Pathogenen vermindern.

Viele frisch geschnittene Gemüse werden mit MAP verpackt und gekühlt, um ihre Haltbarkeit zu verlängern. Diese Form der Verarbeitung kann aber durch die Verbesserung der Überlebensbedingungen und damit gewonnener zusätzlicher Zeit für das Wachstum zu einem erhöhten Risiko von Infektionen mit Krankheitserregern wie *L. monocytogenes* und psychrotrophen Stämmen von *C. botulinum* beitragen. MAP-Produkte können vollständig anaerob werden, wenn das Pflanzengewebe aktiv atmet und den gesamten Sauerstoff verbraucht. Wenn jeglicher Wettbewerb gegenüber den aeroben Fäulnisorganismen gehemmt wird, dann kann dies für anaerobe oder fakultativ anaerobe Erreger die Chance auf Wachstum erhöhen.

### **Frisch geschnittenes Obst**

Frische Früchte werden in der Regel als risikoarme Lebensmittel wahrgenommen, da sie eine dickere Schutzhaut als die meisten Gemüse haben und die meisten von Bäumen oder Sträuchern geerntet werden. Die bemerkenswerten Ausnahmen sind Melonen und Erdbeeren, die als ein höheres Risiko betrachtet werden, weil sie nahe am Boden wachsen und ihre Oberflächen mit Erde verunreinigt werden können.

Die Kontamination von Obst kann an jedem beliebigen Punkt (Boden, Düngung, Bewässerung Wasser und Tier / Vogel Abfälle) durch die Ernte und die Verarbeitung (einschließlich Waschen) bis zum Vertrieb, Marketing und Konsum auftreten. Viele mikrobielle Krankheitserreger können aufgrund der niedrigen pH-Umgebung auf den meisten Früchten nicht überleben oder wachsen. Allerdings, Melonen und Erdbeeren haben einen relativ hohen pH-Wert, die sie eher zu einer Gefahr hinsichtlich der Lebensmittelsicherheit macht. Zusätzlich neigt die Haut der Melone dazu porös zu sein und so das Eindringen von Krankheitserregern und landwirtschaftlichen Chemikalien in die Frucht zu erleichtern. Melonen werden oft nach der Ernte in eine Desinfektionslösung (FSA, 2000a) getaucht.

Frisch geschnittenen Früchten wird Wert durch Schälen, Hacken, Schneiden und Verpacken hinzugefügt. Viel frisch geschnittenes Obst wird unter der Verwendung von MAP verpackt und gekühlt, um die Haltbarkeit zu verlängern. Mit zusätzlicher Zeit kann dies zu einem erhöhten Risiko von Krankheitserregern führen, die an die saure Umgebung der Früchte angepasst und in der Lage sind, in diesen Nahrungsmitteln zu überleben und zu wachsen.

Eine Reihe von Bakterien (*E. coli*, *Salmonella*-Serovare und *L. monocytogenes*), virale Krankheitserreger und magensaftresistente Parasiten (*Cryptosporidium parvum*) wurden als besorgniserregend in frisch geschnittenem Obst identifiziert. Der eigentliche Prozess des Schneidens und / oder Entferns von Schutzaußenflächen der Frucht kann das Potenzial für

Krankheitserreger erhöhen zu überleben und / oder zu wachsen. Obstpflücker und Händler mit Infektionen sind auch eine wichtige Quelle der Verunreinigung.

### **Gemüse in Öl**

Diese Produktkategorie umfasst ein breites Spektrum von Gemüse und Mischungen von Gemüse und Kräutern, die frisch verwendet werden, getrocknet, geröstet oder angesäuert. Öl wird hinzugefügt, um Luft auszuschließen und so eine Verfärbung der Pflanzen zu verhindern. Obwohl das Eintauchen von Gemüse in Öl in dem Behälter entgegen der landläufigen Meinung den verfügbaren Sauerstoff reduziert, konserviert

es nicht das Essen. Einige pathogene Bakterien sind in der Lage zu überleben und sich in reduzierten Mengen im Sauerstoff und auch unter anaeroben Bedingungen zu vermehren. *C. botulinum* ist der wichtigste Erreger, der wegen seiner Fähigkeit, anaerob zu wachsen, Besorgnis erregend ist und der mit Krankheitsausbrüchen durch den Verzehr von Gemüse in Öl in Verbindung gebracht worden ist. Gemüse kann durch *C. botulinum*-Sporen kontaminiert werden, die häufig mit dem Boden verbunden sind, und Prozesse, wie beispielsweise Kochen und Ansäuern, können unzureichend sein, um die Bildung von Sporen zu verhindern bzw. deren Keimung und Wachstum zu inaktivieren. Ansäuern des pH-Werts unter 4,6 sollte einen Auswuchs verhindern; trotzdem wird mehr als eine Hürde als Schutz empfohlen.

### **Samensprossen**

Samensprossen werden in der Regel roh verzehrt und das sind Luzerne, Mungobohnen, Kichererbsen, Kresse, Bockshornklee, Soja, Linsen, Sonnenblumen, Zwiebeln und Rettich. Samen für die Keimung im Allgemeinen erhalten keine Sonderbehandlung bei Ernte und Transport und so können sie mit pathogenen Organismen auf dem Feld oder bei der Ernte, bei der weiteren Handhabung, Verarbeitung und Verteilung verunreinigt werden. Während einige Bohnensprossen vor dem Verzehr gekocht werden können, werden viele andere roh verzehrt, zum Beispiel mit Salaten.

Die mikrobiologischen Erreger werden häufig zusammen mit keimenden Samen wie *B. cereus*, Serovare *Salmonella* und *E. coli* gefunden, und diese Organismen werden auch mit dem Ausbruch lebensmittelbedingter Erkrankungen in Zusammenhang gebracht. Die rauen Oberflächen und Risse im Samen können die Erreger vor mikrobiziden Behandlungen schützen und die Erkennung während der Routineanalyse erschweren.

Hohe Gehalte an organischer Substanz verringern auch die Wirksamkeit von Chlorbehandlungen während der Samenwäsche und des Keimens des Samens. Bakterielle Populationen von 10<sup>2</sup>-10<sup>7</sup> KBE / g wurden beim Keimen auf Samen beobachtet, und diese natürliche Population kann sich bei der hohen Feuchtigkeit und den gemäßigten

Temperaturbedingungen, wie sie in den entsprechenden Einrichtungen für das Sprießen von Samen verwendet werden, rasch erhöhen. Mikroorganismen können auch während des Wachstums in der Sprossen anwachsen, so dass desinfizierende Waschbehandlungen von Keimlingen wahrscheinlich nicht wirksam sind

### **Nicht pasteurisierte Fruchtsäfte**

Fruchtsäfte werden durch das Extrahieren von Obst (Zitrusfrüchte) oder durch Mazeration von Obst (Trauben, Kirschen, Beeren, Apfelsaft, etc.) hergestellt. Dies kann durch Klärung, Filtration, Pasteurisierung und / oder andere Verfahren durchgeführt werden, um die mikrobielle Belastung zu verringern. In den letzten Jahren hat es einen Trend zur Herstellung "natürlicher" Fruchtsäfte ohne Konservierungsstoffe und mit nur wenig oder keiner Wärmebehandlung gegeben.

Alle vorhandenen Mikroorganismen auf der Oberfläche der Frucht können potenziell den Saft, der daraus gemacht wird, verunreinigen. Es ist unwahrscheinlich, dass bakterielle Pathogene dort wachsen, weil der pH-Wert niedrig ist, aber einige Bakterien, Viren oder Protozoen können über längere Zeiträume überleben. Die Zeitdauer für den Mikroorganismus zu überleben ist abhängig von dem pH-Wert des Saftes, der Lagertemperatur und dem physiologischen Zustand des Mikroorganismus. Einige Salmonellen-Serovaren und Stämme von pathogenen *E. coli* sind dafür bekannt, besonders Säure tolerant zu sein, und es wird angenommen, dass sie aktiviert werden können durch die vorherige Exposition gegenüber subletalen pH-Werten.

Apfel- und Birnensaft kann durch das Mykotoxin Patulin kontaminiert werden, das von mehreren *Penicillium* und *Aspergillus*-Arten produziert wird. *P. expansum* scheint der hauptsächliche Patulinproduzent in Äpfeln und Apfelprodukten zu sein. Da Patulin im verrottenden Gewebe von Obst konzentriert ist, ist es ein guter Indikator für die Qualität der Früchte, die dafür verwendet werden, um den Saft zu machen.

Die saure Natur von Fruchtsäften macht sie gegenüber Metallen korrosiv. Um mögliche chemische Kontamination zu vermeiden, sollten nur Edelstahl oder korrosionsbeständige Gefäße verwendet werden, um diese Produkte zu speichern. Andere Metalle wie Kupfer können das Getränk während der Lagerung auslaugen.

### **3.2.2 Expositionsabschätzung**

#### **Die Produktionsdaten**

Blattsalatgemüse, wie Salat, Rucola und Baby-Spinat, sind die am häufigsten verwendeten Produkte in der frischen Schnittkategorie. Basierend auf begrenzten Brancheninformationen ist der geschätzte jährliche Verbrauch von frisch geschnittenem Obst und Gemüse: 11.000 Tonnen frisch geschnittenes Gemüse, 150 Tonnen von frisch geschnittenem Obst, rund 1000

Tonnen Gemüse in Öl und zwischen 2100 und 2600 Tonnen Saatgutsprossen. Fruchtsaftlieferanten legen nahe, dass die Herstellung von nicht-pasteurisierten Fruchtsäften bei relativ niedrigen Volumen auftritt, etwa 100.000 L / Jahr, abgesehen von Säften, die in Einzelhandelsflächen vorbereitet werden.

### **Der Verbrauch von pflanzlichen Erzeugnissen**

Der Verzehr von Obst erhöhte sich in der Zeit von 1997 bis 1998 und 1998 bis 1999 um 8,3% von 124,7 kg pro Kopf bis 135,0 kg. Im gleichen Zeitraum ist die Einfuhr von Orangen und anderen Zitrusfrüchten um mehr als 62% gestiegen. Die Konsumtion von Gemüse verzeichnet eine stetige Erhöhung um 9,4% im letzten Jahrzehnt. Der Pro-Kopf zeigte für den Verzehr von Tomaten eine deutliche Steigerung von 20,9 kg in den Jahren 1997-98 auf 24,9 kg in 1998-99, was einem Anstieg von 19% ausmacht. Die Kategorie der anderen Gemüse zeigte eine 4,6% ige Zunahme des Verbrauchs in 1998-1999 auf 25,1 kg pro Person. Etwa 35% aller Befragten konsumierten Fruchtsäfte und Getränke, mit einem mittleren Verbrauch von 250 ml pro Tag.

### **Die Prävalenz von Gefahren in pflanzlichen Produkten**

Im Allgemeinen gab es eine kleine Anzahl von Erhebungen über die pflanzliche Produkte. Die Analyse von 54 Proben von ready-to-eat Salaten und Gemüsen hat gezeigt, dass nur eine von *L. monocytogenes* positiv war. Szabo et al. (2000) haben 120 minimal verarbeitete, geschnittene und verpackte Salatproben getestet. Drei Proben (2,5%) waren positiv für *L. monocytogenes*, 66 Proben (55%) waren positiv für *Aeromonas hydrophila* oder *A. caviae* und 71 Proben (59%) waren positiv für *Y. enterocolitica*. Die Erhebung der mikrobiologischen Qualität von frisch gepressten Säften zeigte, dass *L. monocytogenes* in 1/291 Proben (0,3%) festgestellt wurde, aber das Niveau war ausreichend, um die Probe als potenziell gefährlich zu klassifizieren. *E. coli* wurde in 7/291 Proben (2,4%) festgestellt. Im Jahr 2006 wurde festgestellt, dass *E. coli* in 7 von 261 Proben (2,7%) von Keimlingen aus einem Einzelhandelsgeschäft erfasst wurden, während Listeria und Salmonellen in allen Proben nicht nachgewiesen werden konnten. Eine gefundene Probe wurde für potentiell gefährlich gehalten aufgrund der Anwesenheit von verotoxigene *E. coli* (VTEC) und zwei weitere Proben wurden als unbefriedigend aufgrund von erhöhten Mengen an *E. coli* kategorisiert. Eine ausführlichere Übersicht über 122 Proben im Jahr 2008 stellte fest, dass 99,2% der Proben mikrobiologisch akzeptabel waren, mit einer einzigen Probe, die als unbefriedigend eingestuft wurde aufgrund von *B. cereus* in einer Höhe von 5500 cfu / g. *E. coli* in 1/119 Proben (0,8%) von frisch geschnittenem Gemüse, während Salmonellen, Listeria monocytogenes und VTEC in allen Proben nicht nachgewiesen wurden.

Die Food Safety Authority von Irland (FSAI) untersuchte die bakteriologische Sicherheit einer Reihe von pflanzlichen Produkten im Rahmen eines von der Europäischen Kommission koordinierten Programms. Von Pre-Cut Obst und Gemüse wurden Proben als nicht akzeptabel / potenziell gefährlich eingestuft aufgrund der Feststellung von Salmonellen in 1/529 Proben (0,2%) und *L. monocytogenes* in 1/344 Proben (0,3%). Qualitative Tests in 21/513 Proben (4,1%) fielen positiv für *L. monocytogenes* aus. Keine Keimlingsproben wurden als nicht akzeptabel oder potenziell gefährlich eingestuft. *L. monocytogenes* wurde in 1/26 Proben (3,8%) festgestellt. Es wurden keine Probleme mit nicht pasteurisierten Obst- und Gemüsesäften nachgewiesen.

Ein ähnliches Programm der Europäischen Kommission untersuchte vorverpackte, gemischte Salate aus Einzelhandelsgeschäften in Großbritannien für *L. monocytogenes*. *L. monocytogenes* wurde in 4,8% der gesammelten Proben nachgewiesen. Eine parallele Erhebung der FSAI beinhaltete eine Salmonellenuntersuchung in ihrem Umfrage-Design. Die quantitative Analyse erfasste zwei Proben mit *L. monocytogenes* in Mengen von mehr als 100 KBE / g.

Zusammengefasst zeigten die mikrobiologische Ergebnisse von Erhebungen der vorbereiteten Salate und Obst in Großbritannien keine Isolationen von *E. coli* O157 oder *Campylobacter*. Fünf von 3852 Proben (0,1%) von abgefülltem Salatgemüse waren positiv für Salmonellen, aber auch andere Rohstoffe waren negativ. *L. monocytogenes* und *E. coli* wurden in den meisten Rohstoffen entdeckt, in der Regel nur mit niedriger Inzidenz.

Untersuchungen von bakteriellen Krankheitserregern in pflanzlichen Lebensmitteln in den USA (2006 Annus horribilis) zeigten einen drastischen Anstieg in kontaminierten Lebensmitteln: Sprossen, Salmonellen - 100 Fälle; Salat, *E. coli* O121: H19 - 4 Fälle und *E. coli* O157: H7 - 162 Fälle; Spinat, *E. coli* O157: H7 - 202 Fälle; Karottensaft; *Cl. botulinum* - 6 Fälle; Tomaten, Salmonellen - 400 Fälle; Erdbeeren, vermutet *L. monocytogenes*; *cantaloupes* und Spinat, Verdacht auf Salmonellen.

### 3.2.3. Gefahrencharakterisierung

#### Lebensmittelvergiftungen bei Pflanzenprodukten

Ein Hinweis auf die Exposition gegenüber Gefahren in pflanzlichen Produkten wird durch eine Untersuchung von Lebensmittelvergiftungen zwischen 1995 und 2008 frischen Produkten und Pflanzenerzeugnissen zugeschrieben.

Vor dieser Zeit gab es im Jahr 1989 in Australien drei separate Erkrankungsausbrüche wegen Salmonellen im Obstsalat, während im Jahr 1991 ein bundesweiter Ausbruch des Norovirus auf den Verzehr von nicht pasteurisiertem Orangensaft zurückgeführt wurde. Darüber hinaus wurde das Risiko von Listeriose aus pflanzlichen Produkten durch einen Ausbruch von



Listeriose bei kontaminiertem Obstsalat hervorgehoben. In den Jahren 1998-1999 sind sechs Todesfälle bei älteren Patienten aufgetreten und neun andere waren betroffen.

Im Jahr 1996 gab es einen Ausbruch von *E. coli* O157: H7 bei einer Infektion von Schülern in Sakai City, Osaka, Japan. Der Ausbruch wurde weißen Rettich Sprossen in einem zentralen Mittagessenprogramm zugeschrieben, das 56 Schulen bedient hatte. Über 8000 Kinder entwickelten Symptome und 398 Kinder kamen ins Krankenhaus. Zwei weitere Fälle von *E. coli* O157: H7 in den benachbarten Gebieten wurden auch auf weiße Rettichsprossen zurückgeführt. Alle Sprossen wurden wieder auf eine Farm zurückverfolgt. Dies verdeutlicht die Größe eines Ausbruchs, der entstehen kann, wenn eine Gefahr sich in einem zentral verarbeiteten und verbreiteten Produkt realisiert.

In den USA wurden von 1993 bis 1997 dort 190 Produkten Ausbrüche zugeschrieben, was zu 16.058 Krankheiten, 598 Krankenhauseinweisungen und acht Todesfällen führte. Die mit den Erzeugnissen assoziierten Ausbrüche waren ein zunehmender Anteil aller gemeldeten lebensmittelbedingten Ausbrüche mit einer bekannten Lebensmittelursache, die von 0,7% in den 1970er Jahren in den 1990er Jahren auf 6% stiegen. Salat, Saft, Melonen, Sprossen und Beeren waren die frischen Produkte, die am häufigsten beteiligt waren. In der Zeit von 1990 bis 2005 gab es mehrere Fälle von Kontaminationen durch Greens-basierte Salate, Melonen und Sprossen mit Salmonellen.

Produktbezogene Krankheitsausbrüche führten zu einem Durchschnitt von 47,8 Fällen, der höher ist als für die Inzidenz bei den Ausbrüchen von Geflügel, Rind und Meeresfrüchten. Vier weitere Ausbrüche, die es im Jahr 2006 gab, wurden festgestellt: ein Ausbruch, der zurückzuführen war auf frischen Spinat, kontaminiert mit *E. coli* O157; Salmonellose, die auf Tomaten zurückzuführen war, und zwei Ausbrüche mit *E. coli* O157:H7 kontaminierten grünen Salat: H7. Im Januar 2007 wurden 205 Fälle mit 103 Hospitalisierungen berichtet, 31 Fälle mit hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS), und drei Todesfälle wurden bestätigt. Die Verunreinigung wurde wieder auf eine einzige Farm zurückverfolgt. Obwohl keine definitive Bestimmung gegeben werden konnte, wie die Erreger den Spinat kontaminiert hatten, war die Anwesenheit von Wildschweinen in der Nähe der grünenden Felder und die Bewässerungsbrunnen offensichtlich eine Umweltrisikofaktor. Die Verarbeitung des Spinats schloss Waschen zwar ein, aber das beseitigte nicht das Problem und hat möglicherweise die Ausbreitung von Krankheitserregern von kontaminiertem zu unkontaminiertem Spinat erleichtert.

Dies ist ein Beispiel für ein weit verbreitetes Auftreten einer schweren bakteriellen Krankheit, die auf Hygiene - Ausfälle beim Anbau und der Verarbeitung von Spinat zurückzuführen ist.

Im Jahr 2008 wurde ein großer Ausbruch von *Salmonella* Saintpaul in den USA und Kanada mehreren Rohproduktelementen zugeordnet. Im August 2008 wurden 1.442 Menschen betroffen mit mindestens 286 Hospitalisierungen. Darüber hinaus könnte der Ausbruch zu zwei Todesfälle beigetragen haben. Die epidemiologischen Daten legen nahe, dass der wichtigste Träger für die Ausbreitung des Erregers Jalapenopfeffer war. Allerdings wurde auch Serranopfeffer als eine Quelle betrachtet, auch Tomaten wurden als Träger in Erwägung gezogen. Die Kontamination von Produkten kann auf dem Hof oder bei der Verarbeitung oder Verteilung aufgetreten sein. Der Ausbruchsstamm von *Salmonella* wurde in einem Anbaugebiet und einer zugehörigen Verpackungsanlage in Mexiko gefunden. Dies ist der größte Kultur bedingte Ausbruch in den USA in den letzten zehn Jahren. Da viele mit der Salmonellen Krankheit infizierte Personen nicht versucht haben, Pflege zu erhalten oder Stuhlproben testen zu lassen, mögen sehr viel mehr nicht gemeldete Erkrankungen aufgetreten sein.

Für England und Wales ergab eine Überprüfung der Ausbrüche für die Jahre 1992 bis 2006 82 Ausbrüche durch zubereitete Salate, in deren Zusammenhang 3434 Menschen betroffen waren mit 66 Krankenhauseinweisungen und einem Todesfall. Die Beispiele für lebensmittelbedingte Erkrankungen umfassen sieben Ausbrüche von Botulismus in Erzeugnissen pflanzlichen Ursprungs. Die betroffenen Produkte waren Handelsprodukte wie Knoblauch-in-Öl, Haselnussjoghurt, Kartoffel-Dip für Restaurants, Auberginendip für Restaurants, schwarze Bohnen-Dip, Hummus und gekühlter Karottensaft. Missbrauch der Temperatur wurde in vier der Ausbrüchen als entscheidender Faktor vermutet. Im Jahr 2007 wurden 55 Fälle von Infektionen mit *Salmonella* Senftenberg in England und Wales auf frisches Basilikum zurückgeführt.

Schottland, Dänemark, die Niederlande und die USA berichteten 19 weitere Fälle mit diesem Ausbruchsstamm. Acht Proben von frisch verpackten Basilikum aus Israel wurden positiv getestet mit dem gleichen Stamm. Die mikrobiologische Befunde legten einen Zusammenhang zwischen der Kontamination von frischem Basilikum und den Fällen von *Salmonella* Senftenberg Infektion nahe und führten zur Rücknahme von Basilikum aus allen potenziell betroffenen Chargen aus dem britischen Markt (Pezzoli, 2008).

Die Abschätzung der Anzahl von Krankheiten, Krankenhauseinweisungen und von den durch die großen Erreger verursachten Todesfällen ist ein wichtiger Schritt bei der Priorisierung von Programmen für die Seuchenbekämpfung von Erregern. Die Einschätzung der Anteile dieser Krankheiten, die auf bestimmte Nahrungsquellen zurückzuführen sind (Quellenangabe für Lebensmittelvergiftungen) ist ein notwendiger zweiter Schritt, um die spezifischen

Interventionen zu bestimmen, die benötigt werden, Krankheiten zu reduzieren und den Fortschritt zu messen, der in Richtung Lebensmittelsicherheit gemacht wird und der aus den darauf gerichteten Strategien und Maßnahmen resultiert.

Die Einschätzungen dieser Erkrankungen, die sich spezifischen Lebensmittelquellen verdanken, werden für viele Zwecke verwendet, einschließlich der strategischen Informationsplanung, der Information über risikobasierte Entscheidungsfindung, der Einschätzung des Nutzens von Interventionen und der Bewertung der Auswirkungen der Interventionen.

### **Pflanzliche Erzeugnisse als hohes Risiko**

Wie zuvor erläutert, rangiert die Scoping-Studie über Pflanzenprodukte fünf spezifische Pflanzenprodukte als hohes Risiko aufgrund spezifischer Krankheitserreger ein. Diese werden wie folgt diskutiert.

#### **Frisch geschnittenes Gemüse und Obst**

##### ***Listeria monocytogenes***

Die Umfragedaten zeigen, dass *L. monocytogenes* in geschnittenem Gemüse bei niedriger Prävalenz auftritt und in der Regel auf einem niedrigen Niveau. *L. monocytogenes* kann im Bereich von Gemüse wachsen; das Wachstum ist zwar in der Regel langsam bei Kühltemperaturen, aber die Zahlen können sich laut mehrerer Protokolle in einigen Rohstoffen, gespeichert bei 10-15 ° C für 7-10 Tage, erhöhen. Das Potenzial für das Wachstum in gekühlten Produkten mit kurzer Lebenszeit scheint gering zu sein. Diese Produkte haben keinen endgültigen Garprozess, um die Kontamination zu beseitigen. Wo Produkte von MAP verpackt werden, erhöht die potenziell längere Haltbarkeit das Potenzial für das Wachstum des Pathogens.

##### **Pathogene *Escherichia coli***

Es gibt ein Potenzial für pathogene *E. coli*, auf Gemüse durch direkte oder indirekte Kontamination mit Fäkalien von Wiederkäuern abgelagert zu sein oder von anderen, die den Organismus in ihrem Darm tragen. Allerdings haben Untersuchungen von vorgeschnittenem Gemüse und Salaten nur selten, wenn überhaupt, anders als in Mexiko, pathogene *E. coli* vorgefunden.

##### **Dosis-Wirkung für *E. coli***

Ein sehr wichtiger Indikator für das Auftreten eines infektiösen Ausbruchs ist die Dosis-Wirkung des Pathogens. Gilbert et al. (2006) überprüften die Dosis-Wirkungsschätzungen für *E. coli* O157: H7, und die ursprünglichen Schätzungen der infektiösen Dosis beliefen sich auf weniger als ein paar hundert Zellen. Spätere Arbeiten schätzten die Wahrscheinlichkeit einer

Infektion durch die Exposition auf eine davon unterschiedene Anzahl von Zellen. Ein Modell nahm an, dass eine Dosis von  $5,9 \times 10^5$  Keimen zur Infektion bei 50% der Verbraucher führen würde, während die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung von 100 Organismen  $2,6 \times 10^{-4}$  betrug.

Eine weitere Studie berechnete eine mittlere Dosis (50% der Betroffenen würden Symptome zeigen) von  $1,9 \times 10^5$  und eine Wahrscheinlichkeit von  $6 \times 10^{-2}$  für die Infektion, wenn sie 100 Zellen ausgesetzt würde. Eine Analyse von Daten von einem Ausbruch von *E. coli* O157:H7 an Grundschule der Stadt Sakai zeigt viel höhere Wahrscheinlichkeiten der Infektion bei niedrigeren Dosen als bei früheren Modellen. Gilbert et al. (2006) berichteten auch über die Dosis-Wirkungen für *E. coli* O111 und O55. Die Dosis für die Infektion von 50% der exponierten Population betrug  $2,6 \times 10^6$  Organismen. Die Wahrscheinlichkeit einer Erkrankung bei einer Einwirkung von 100 Zellen betrug  $3,5 \times 10^{-4}$ . Gilbert et al. (2006) stellen fest, dass die Organismen auf Blattgemüse bei Temperaturen über 7°C wachsen würden. Jedoch aufgrund der geringen Infektionsdosis des Organismus in der Nahrung mag das Wachstum nicht dazu förderlich sein, Krankheiten zu verursachen.

### **Salmonellen**

Im Jahr 2003 wurde gezeigt, dass das Auftreten von Salmonellen in Obst, Gemüse und Gewürzen unter 10% liegt. Die Zahl der Salmonellen auf rohem Gemüse ist in der Regel  $<1$  KBE / g, aber es wurden auch Zahlen in einer Höhe von 240 KBE / g auf niederländischem Endiviesalat gefunden. Jay et al. (2003) beziehen auch Informationen über einen Ausbruch in Deutschland ein, der auf Paprika und mit Paprika gepuderten Kartoffelchips zurückzuführen war, die zu schätzungsweise 1000 Fälle von Salmonellose geführt haben. Die Zahl der Salmonellen, die in Lebensmittelentdeckt wurden, war sehr niedrig, etwa 2,5 Salmonellen KBE / g im Paprika und 0,04 bis 0,45 Salmonellen KBE / g bei Chips.

### ***Clostridium botulinum***

Das Risiko von Botulismus ist erhöht bei Produkten, die mit MAP verpackt sind, da sich mit der längeren Haltbarkeit das Potenzial für Sporenkeimung und das Wachstum des Pathogens erhöht. Die Faktoren, die dazu beitragen, sind die geringe Dosis, die zur Verursachung einer Krankheit erforderlich ist, die Schwere der Krankheit und die Tatsache, dass die Verarbeitung, das Risiko und die Existenz eines epidemiologischen Zusammenhangs erhöht. Das Rating erscheint angemessen, zumal da pflanzliche Produkte mit längerer Haltbarkeit mehr verfügbar werden.

### **Gemüse in Öl**

Die US-amerikanische Food and Drug Administration (FDA) listet eine Historie von Botulismus auf, die unzureichend angesäuerten Lebensmitteln zugeschrieben wird und stellt fest, dass von 29 Unternehmen verarbeitete Produkte als unzureichend angesäuert befunden wurden. Die FDA kam zu dem Schluss, dass die Beweise zeigten, dass bestimmte Hersteller von gesäuerten Lebensmitteln die Bedeutung einer angemessenen pH-Kontrolle nicht realisierten. Trotz der Verordnung zu angesäuerten Lebensmitteln, die im Jahr 1979 veröffentlicht wurde, wurde von zwei schwerwiegenden Ausbrüchen von Botulismus in den 1980er Jahren in Kanada und den USA berichtet. Gehacktes Knoblauch in Öl wurde deutlich als die Quelle von Botulismus-Toxin identifiziert. Die Sorge um die Gemüse in Öl und Botulismus bleibt aktuell. Die Produkte sind sehr beliebt und Hausproduktion ist weit verbreitet.

Laut Food Science Australia (FSA), bestehen zwei falsche Annahmen über Gemüse in Öl:

- *dass die Zugabe von Öl hat eine konservierende Wirkung hat, ist falsch.* Die einzige Funktion des Öls ist die Oxidation von Luft in dem Behälter zu verhindern, die zu Verfärbungen von einigen Lebensmitteln führen können. Durch den Ausschluss von Luft von der Oberfläche durch den Ausschluss werden anaerobe Bedingungen geschaffen, die tatsächlich das Wachstum einiger Arten von Bakterien begünstigen, einschließlich *C. botulinum*.
- *dass einige Kräuter und Gewürze, und vor allem Knoblauch, signifikante antimikrobielle Eigenschaften haben, ist falsch.* Die konservierende Wirkung dieser Materialien ist gering und inkonsistent, wie Ausbrüche von Botulismus in Kanada und den USA gezeigt haben.

Während das Ansäuern auf einen pH-Wert von weniger als 4,6 ausreichend das Anwachsen von *C. botulinum* steuern würde, wird Kälte auch in einigen Fällen als zusätzliche Hürde verwendet.

### **Samensprossen**

Ausbruchsuntersuchungen haben mehrere Faktoren identifiziert, die die mikrobiologische Sicherheit von Keimlingen beeinflussen. Bis heute ist verunreinigtes Saatgut die wahrscheinliche Quelle der meisten Ausbrüche. Samenkontamination könnte auf dem Bauernhof, bei dem Samenverarbeiter oder der Wachstumsanlage aufgetreten sein. Die hydrophobe Oberfläche der Samen macht Hygiene und Entfernung von verschmutzenden Mikroorganismen schwierig. Die Bedingungen während der Keimung (Zeit, Temperatur, Wasseraktivität, pH und Nährstoffe) sind ideal für das Wachstum von pathogenen Bakterien, die zu einem erhöhten Risiko führen.

### 3.2.4. Risikocharakterisierung

#### **Frisch geschnittenes Gemüse und Obst**

##### ***Listeria monocytogenes***

Die quantitative Risikobewertung der FDA / USDA (2003) wies *L. monocytogenes* ein relativ niedrige Risikoranking für Früchte, Gemüse und Feinkost-Salaten zu. Während es scheint, dass die Wahrscheinlichkeit einer Infektion selbst für Personen gering ist, die anfällig für Listeriose sind, bleiben die Folgen der Krankheit schwerwiegend. Die hohe Risikoeinstufung wird auch modifizierte Atmosphäreprodukten zugeschrieben, die für längere Zeit gelagert werden. Das Potenzial für das Wachstum während der Lagerung erhöht die Einstufung für MAP Gemüse und Salate.

##### **Pathogene *Escherichia coli***

Eine Reihe von *E. coli*-Ausbrüchen auf der ganzen Welt wurden dieser Produktgruppe zugeschrieben. Die Krankheitsfolgen sind potentiell schwer mit hohen Raten der Hospitalisierung und langfristigen Auswirkungen, wie HUS und Nierenproblemen. Food Science Australia bewertet das Risiko hoch, während Gilbert et al. (2006) die pathogenen *E. coli* in der höchsten Kategorie ihrer Schwere nach platziert, aber mit der niedrigsten Inzidenzkategorie für neuseeländische Lebensmittel. Es wurde festgestellt, dass es wesentlich ist, die Bemühungen fortzusetzen, um die Wahrscheinlichkeit einer Übertragung durch Lebensmittel aus dieser Gruppe von Organismen zu verhindern.

##### **Serovare *Salmonella***

Das Risiko von Salmonellen bei diesen Produkten mit hohem Risiko basiert auf der Schwere der Krankheit, und es gibt auf der Verbraucherseite keine Vermeidungsmöglichkeit beim Kochen, um die Gefahr zu beseitigen. Die erhebliche Gefahr von Salmonellen-Serovaren in Obst und Gemüse basiert auf ähnlichen Kriterien wie denen, die von der FSA definiert wurden, aber es sollte nicht vergessen werden, dass der Anstieg in der Produktion keine Bedingung für eine mögliche Krankheit ist. Dies scheint im Einklang mit den vielen Ausbrüchen zu stehen, die Produkten zugeschrieben werden, in denen Salmonellen überleben könnten, aber nicht wachsen.

##### ***Clostridium botulinum***

Die FSA bewertet das Risiko von *C. botulinum* in diesen Produkten als hoch. Die beitragenden Faktoren sind die Schwere der Krankheit und die Tatsache, dass die Verarbeitung und Verpackung mit MAP das Risiko und die Existenz eines epidemiologischen Zusammenhangs erhöhen kann. Es gibt keine inländische epidemiologische Evidenz, die das hohe Risiko-



Ranking stützt, aber bis heute hatten Gemüseprodukte mit längerer Haltbarkeit eine begrenzte Verfügbarkeit.

### **Gemüse in Öl**

Es scheint klar zu sein, dass Produkte, die ohne geeignete Kontrollmaßnahmen hergestellt werden, zu einem nur unzureichend angesäuerten Produkt führen, das das Potenzial hat, schwere Erkrankungen durch Krankheitserreger wie *C. botulinum* zu verursachen. Diese Produkte werden manchmal von kleinen und mittleren Unternehmen hergestellt, was als Risiko erhöhend angesehen wird, wenn das Wissen über Lebensmittelsicherheitskontrollen nicht ausreichend ist.

### **Samen-Sprossen**

Die Bedingungen während der Keimung (Zeit, Temperatur, Wasseraktivität, pH und Nährstoffe) sind ideal für das Wachstum von pathogenen Bakterien wie *Salmonella* und pathogene *E. coli*, was für Sprossen auf Saatgut ein hohes Produktrisiko mit sich bringt. Das Potenzial für das Wachstum von pathogenen Organismen während der Keimung erhöht das Risiko erheblich, und es gibt epidemiologische Beweise dafür vor, dass eine Kontamination auftritt. Die Umsetzung von Kontrollmaßnahmen, wie die Reinigung von Samen vor dem Sprießen, kann die Prävalenz von Krankheitserregern zu senken.

### **Nicht pasteurisierter Fruchtsaft**

Die hohe Risiko-Bewertung von nicht pasteurisiertem Saft ist angemessen. Die möglichen Kontaminationsquellen sind nahezu identisch mit denen in frisch geschnittenem Obst und es gibt eine starke epidemiologische Evidenz das Risiko zu rechtfertigen. Die beiden großen Ausbrüche in Australien, wie in den Jahren 1991 und 1999 aufgrund der Verunreinigung von nicht pasteurisiertem Saft mit Serovare *Salmonella*, haben eindeutig das Potenzial für nicht-pasteurisierten Saft nachgewiesen, Krankheiten zu verursachen.

### **Schlussfolgerungen**

Die Einführung einer Regelung zur Lebensmittelsicherheit bei pflanzlichen Erzeugnissen in die Food-Verordnung 2004 zielte darauf ab, die fünf Pflanzenerzeugnisse als hohes Risiko einzustufen. Mindestkontrollmaßnahmen zur Lebensmittelsicherheit wurden mit dem Ziel eingeführt, Ausbrüche von Lebensmittelvergiftungen aus diesen Produkten zu vermeiden.

Während pflanzliche Produkte wie frisch geschnittenes Obst und Gemüse in der Regel ein Image als gesunde Lebensmittel haben und einen wichtigen Bestandteil einer gesunden nahrhaften Diät bilden, verdeutlichen Tausende von Verbrauchern die möglichen Risiken im Zusammenhang mit dem Auftreten von mehreren großen Ausbrüchen lebensmittelbedingter Erkrankungen durch entsprechend schädigende Produkte. Aufgrund der steigenden Nachfrage

der Verbraucher nach Convenience-Produkten hat der Marktanteil von abgepacktem, frischen Schnittobst und Gemüse in Supermarktregalen dramatisch in den letzten Jahren zugenommen. Deshalb ist es wichtig, dass Kontrollmaßnahmen für die Lebensmittelsicherheit vorhanden sind, um sicherzustellen, dass die konsumierende Öffentlichkeit geschützt ist.

Die Anforderungen der Systeme für Lebensmittelsicherheit an Unternehmen, die Pflanzenerzeugnisse herstellen, um ein Lebensmittelsicherheitsprogramm zu implementieren bedeutet, dass geeignete Kontrollmaßnahmen angewendet werden und dass die Überprüfung dieser Kontrollen in regelmäßigen Abständen durch die Prüfung des fertigen Produkts erfolgt. Während die Behörde eine Verordnung in Kraft gesetzt hat, die hohe Risiken aus pflanzlichen Produkten abdeckt, gab es zunehmend eine Reihe von großen Ausbrüchen von Lebensmittelvergiftungen in Übersee mit intaktem Obst und Gemüse, wie Blattgemüse, Spinat und Rockmelonen. Dies bedeutet, dass die Behörde die Skala der potenziellen Risikolebensmittel erweitern sollte, um die Kontrolle der Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten. Die Einführung der Kontrolle durch die Verwendung von Biofeststoffen sollte weiterhin über den gesamten Gartenbau eingesetzt werden.

#### **4. Risikomanagement für pflanzliche Lebensmittel: Überwachung, Kontrolle und Prävention**

##### **4.1. Mikrobiologisches Monitoring**

Bis Ende der 1980er Jahre war die mikrobiologische Untersuchung praktisch die einzige Methode, die als Hygieneüberwachung zur Verfügung stand. Der Gebrauch eines Tupfers, eines Schwamms oder einer Kontaktplatte, um eine Probe aus der

mikrobiellen Population auf einer Oberfläche zu gewinnen, kann wertvolle Informationen über den Grad der Verschmutzung bieten.

Das Gerät wird für die Entnahme der Probe verwendet, um Mikroorganismen aus einem bekannten Bereich (typischerweise 100 cm<sup>2</sup>) einer Oberfläche, wie beispielsweise einer Arbeitsplatte oder Fördereinrichtung zu entfernen, oder von Geräten, die als potentielle Kontaminationsquelle bekannt sind, wie beispielsweise ein Ventil oder eine Pumpe. Das gesammelte Material wird dann in einem geeigneten Verdünnungsmittel suspendiert und in ein mikrobiologisches Kulturmedium übertragen, in der Regel in Agarplatten. Nach einem Zeitraum der Inkubation kann der Grad der Verunreinigung durch Zählen aller sichtbaren Kolonien gemessen werden. Der wesentliche Vorteil der mikrobiologischen Kontrolle ist, dass es einen direkten Hinweis auf Verkeimung bietet, und es ist auch möglich, das Vorhandensein

von spezifischen Organismen zu testen, wie beispielsweise auf Lebensmittel übertragene Krankheitserreger.

Leider gibt es auch eine Reihe von Einschränkungen, insbesondere die Zeit, um Ergebnisse zu erhalten. Der Kultivierungsschritt erfordert normalerweise mindestens 24 Stunden Inkubation und muss in einem gut ausgestatteten Labor durchgeführt werden, das oft off-site ist. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse immer nur retrospektiv verfügbar sind und von begrenztem Wert für HACCP Überwachungszwecke oder für die schnelle Reinigungsbeurteilung. Auch wenn die Tupfer unmittelbar nach der Reinigung und Desinfektion genommen werden, dauert es voraussichtlich mindestens einen ganzen Tag zur Herstellung, bevor eine Informationen über den Grad der Kontamination vorliegt. Die Ergebnisse können auch negativ durch die restliche antimikrobielle Aktivität, die nach dem Sterilisieren auf den Oberflächen verbleibt, beeinflusst werden, so dass eine spezielle Verdünnung, die inaktivierende Verbindungen enthält, die erforderlich Hemmung in der Kultur verhindert.

Dennoch bleiben die mikrobiologische Probenahme und Untersuchung eine wertvolle Technik, insbesondere um ungeschützte Einrichtungen und Ausrüstungen zu überwachen im Hinblick auf eine Pathogenkontamination. Lebensmittelbedingte Krankheitserreger wie *Listeria monocytogenes*, *S. ente*, und *E. coli* sind die Zielorganismen in der mikrobiologischen Kontrolle gemäß den Verordnungsunterlagen.

## **4.2. Qualitätskontrolle und Prävention pflanzlicher Produkte**

### **4.2.1. Programme für Lebensmittelsicherheit und Qualität von pflanzlichen Lebensmitteln**

Um die Lebensmittelsicherheit von Spezialnahrung zu gewährleisten, sollten Kontrollen von Anfang bis zum Ende aller Stufen der Nahrungsmittelproduktion, Vorbereitung und Herstellung, angewendet werden, und es sollte versucht werden, mögliche Gefahren als Mittel zur Prävention anzusehen anstatt eine Intervention bei Fertigprodukten vorzunehmen.

Die folgenden Programme werden am häufigsten verwendet, um Lebensmittelsicherheit und die Qualität der verarbeiteten Lebensmitteln zu gewährleisten:

- Good Manufacturing Practices (GMP);
- Hygienestandard und Operation Procedures (SSOPs);
- Gefahrenanalyse und kritische Kontrollpunkte(HACCP).

#### **Good Manufacturing Practices (GMP)**

Die GVP Richtlinien beschreiben Verfahren für die sichere Herstellung von Lebensmitteln. Sie sind gesetzlich verpflichtend und gelten für alle Lebensmittel verarbeitenden

Unternehmen. GVP werden für vier Hauptbereiche der Lebensmittelverarbeitung vorgeschrieben:

- Personalhygiene, die Ausbreitung von Krankheiten zu verhindern;
- Ausreichende Gebäude und Einrichtungen;
- Sanitäre Lebensmittel-Kontaktflächen (z. B. Ausrüstungen und Geräte);
- Prozesssteuerung, um eine Kreuzkontamination zu vermeiden.

### **Hygienestandards und Operation Procedures (SSOPs)**

Die SSOPs sind obligatorisch für Saft- und Verarbeitungsanlagen unterliegende HACCP. Obwohl spezifische Protokolle von Anlage zu Anlage variieren können, bieten SSOPs spezifische Schritt-für-Schritt-Verfahren, um den sanitären Umgang mit Lebensmitteln sicherzustellen. Diese Dokumente beschreiben Verfahren für acht sanitäre Bedingungen:

- Sicherheit von Wasser;
- Sauberkeit der Geräte und Ausrüstung;
- Vermeidung von Kreuzkontamination;
- Handwasch- und Toilettenräume;
- Schutz von Lebensmitteln vor Verunreinigungen;
- Kennzeichnung und Lagerung von toxischen Verbindungen;
- Überwachung der Gesundheit der Mitarbeiter;
- Schädlingsbekämpfung.

Gefahrenanalyse und kritische Kontrollpunkte (HACCP).

Das HACCP-Programm ist ein Managementsystem, in dem die Lebensmittelsicherheit durch die Analyse und Kontrolle von biologischen, chemischen und physikalischen Gefahren von der Rohstoffgewinnung an ausgerichtet ist über Beschaffung und Handhabung bis zur Herstellung, Verteilung und zum Verbrauch des fertigen Produkts. In den 40 Jahren seit seiner Begründung sind HACCP-Systeme die allgemein anerkannte und akzeptierte Methode zur Absicherung der Lebensmittelsicherheit geworden. Die FDA und USDA haben Vorschriften erlassen, die HACCP für Fisch und Meeresfrüchte, Saft und Fleischprodukte als wirksames Konzept für die Ernährungssicherheit verpflichtend zu machen und die öffentliche Gesundheit zu schützen. HACCP ist kein eigenständiges Programm. Der Erfolg des HACCP hängt weitgehend von den vorausgesetzten Programmen einschließlich GVP und SSOPs ab. Eine Grundlage der effektiven, vorausgesetzten Programme ist notwendig, damit das HACCP erfolgreich umgesetzt wird.

HACCP beinhaltet sieben Prinzipien:

- Gefahrenanalyse;

- Kritische Kontrollpunkt - Identifizierung (CCP) ;
- Aufbau von kritischen Grenzen;
- Überwachungsverfahren;
- Korrekturmaßnahmen;
- Aufzeichnungen;
- Überprüfungsverfahren.

### 4.3. Oberflächenreinigung über Nahrungspflanzen

#### 4.3.1. Kontaminationsquellen

Wenn angenommen wird, dass die Bakterien nicht in das Pflanzengewebe internalisiert werden, dann ist die Oberflächenreinigung normalerweise ein effektiver Weg, um pathogene Bakterien aus den Produkten zu entfernen. Viele Berichte zeigen, dass die kontaminierten Oberflächen wahrscheinlich die Quelle der Verunreinigung des Produkts sind und dass das Risiko einer Kontamination am höchsten ist zwischen dem primären Trimmen und Hacken und den Verpackungsstufen. Quellen der Verunreinigung, die berücksichtigt werden sollten, sind: Hände, Handschuhe und persönliche Schutzausrüstung; Slicer; Transportbänder; Waschtanks und Waschwasser; Haltebehälter und Gestelle für Verpackungen und Verpackungsanlagen.

Die Kreuzkontamination ist eines der Hauptrisiken für die Lebensmittelsicherheit bei der Verarbeitung. Eine Kreuzkontamination kann auf drei Arten erfolgen:

- **Lebensmittel zum Essen.** Lebensmittel können durch Bakterien aus anderen Lebensmitteln kontaminiert werden. Diese Art von Kreuzkontamination ist besonders gefährlich, wenn rohe Lebensmittel mit gekochten Lebensmitteln in Kontakt kommen.
- **Vom Menschen zur Nahrung.** Menschen können eine Quelle der Kreuzkontamination zu Lebensmitteln sein, wenn eine gute Hygienepaxis nicht im Lebensmittelbereich durchgeführt werden kann, wie zum Beispiel Lebensmittel nach der Benutzung der Toilette zu berühren, ohne vorher richtig die Hände zu waschen, rohes Fleisch zu berühren und dann Lebensmittel vorzubereiten, ohne die Hände zu waschen zwischen diesen verschiedenen Aufgaben; Hände an einer Schürze abzuwischen zwischen der Handhabung verschiedener Lebensmittel oder einen Tresen mit einem Tuch abzuwischen und mit diesem dann die Hände zu trocknen.
- **Von Geräten zur Nahrung.** Verunreinigungen können von Küche und Geschirr zur Nahrung weitergegeben werden. Diese Art der Verschmutzung tritt auf, wenn die Geräte oder Utensilien zwischen jedem Gebrauch nicht richtig gereinigt und desinfiziert werden. Die Temperatur während der Lagerung und Verteilung kann auch eine Quelle von

Verunreinigungen sein. Krankheitserreger können auch in den Nahrungsmitteln gedeihen, wenn diese bei einer Temperatur zwischen 5°C und 57°C gehalten werden, die als die Temperatur - Gefahrenzone bekannt ist. Wenn das Essen bei diesen Temperaturen für mehr als 4 Stunden gehalten wird, können Krankheitserreger hoch genug auf ein Niveau anwachsen, um schwere, lebensmittelbedingte Krankheiten zu verursachen. Daher ist es sehr wichtig, warme Speisen bei 60 ° C oder höher und kalte Speisen bei 5 ° C oder niedriger zu halten, und die Temperatur der Lebensmittel mindestens alle 4 Stunden während der Lagerung und Verteilung zu kontrollieren.

Um die Menge an Erregern zu verhindern oder zu reduzieren, werden verschiedene Methoden der sanitären Einrichtungen implementiert. Hygiene ist ein mehrstufiger Prozess, der Reinigung und Desinfektion als zwei sehr wichtige und getrennte Schritte beinhaltet. Effektive Reinigung und Sanierungsverfahren, die Müllbeseitigung umfassen, die Verwendung von Reinigungslösungen, Spülen mit Wasser, Desinfektion, wo es notwendig ist und eine Reinigung, sind erforderlich, um das richtige Maß an Hygiene im Lebensmittel-Handling oder in Produktionsstätten zu erreichen. Wenn diese nicht eingehalten werden, gibt es ein erhöhtes Risiko für Lebensmittel, die von pathogenen oder schädlichen Mikroorganismen kontaminiert werden. Es besteht auch die Gefahr von Biofilmen, die sich auf Oberflächen von Betriebs- und Nahrungsmittelzubereitungen bilden, wenn diese Programme nicht ausreichen. Es ist wichtig, die Verwendung von phenolischen und Metallionen-basierten Produkten zu vermeiden, da sie möglicherweise Produkt – Verfärbungen und Sicherheitsprobleme für Verbraucher verursachen.

Reinigungs- und Hygieneprogramme umfassen vier Schritte

- Routineabläufe, die in und am Ende der Lebensmittelverarbeitung oder der Zubereitung auf einer täglichen Basis durchgeführt werden;
- Seltener erforderliche regelmäßige Verfahren;
- Überwachung der Verfahren, um sicherzustellen, dass diese richtig durchgeführt werden;
- Überprüfung der Wirksamkeit des Programms.

#### **4.3.2. Methoden der Reinigung**

##### **Desinfektion**

Viele Hersteller und Zulieferer sind zu Good Practices verpflichtet, um das Risiko einer Kontamination zu reduzieren. Herkömmliche Verfahren zur Verminderung der Kontamination beinhalten auch sog. „Nach – Ernte“ Dekontaminationsverfahren. Aber bei



Experimenten mit Standard „Nach – Ernte“ mit Lösungen, die etwa 20 bis 200 mg ml<sup>-1</sup> freies Chlor für verschiedene Zeiträume enthielten, wurde festgestellt, dass zwar die Bakterienmenge reduziert wurde, aber die Behandlungen beseitigten nicht vollständig, weder die natürliche mikrobielle Population noch menschliche Krankheitserreger .

Natürliche Haushaltsdesinfektionsmittel mit frischem Zitronensaft und Essig haben bei der Reduktion von Salmonellen Serotyp Typhimurium auf Rucola und Frühlingszwiebel eine gewisse Wirkung gezeigt. Eine 15 minütige Behandlung mit 1: 1 Zitronensaft und Essig reduzierte die Keimzahl auf ein nicht nachweisbares Niveau. Die Behandlung von Möhren mit dieser Lösung reduziert auch Salmonellen KBE auf ein nicht nachweisbares Niveau.

Die Behandlung von kommerziellen Eisbergsalat, der mit natürlichen Fäulnisorganismen mit Chlor, Ozon oder einer Kombination davon vorgeimpft wurde, reduziert die Anzahl von lebensfähigen Mikroorganismen. Zusätzliche Chlor-Ozon-Kombinationen erhöhen die Haltbarkeit von Salat. Keine sichtbaren Veränderungen durch eine Spülwassertrübung oder eine Verringerung der Qualität beim Spülen des Salats werden beobachtet, was darauf hinweist, dass die Anwendbarkeit auf die kommerzielle Verarbeitung gegeben ist.

Ionisierende Strahlung hat ihre Wirksamkeit bei der Verringerung der mikrobiellen Kontamination bewiesen. Insbesondere haben Studien, die auf Blattgemüse konzentriert waren, mehrere Log-Reduktion der *L. monocytogenes*, *Salmonellen* und *E. coli* O157 gezeigt: H7, wenn sie auf verschiedenen Blattgemüse, einschließlich Eisbergsalat, Römersalat und Spinat angewandt wurden.

### **Biokontrolle**

Ein alternatives Verfahren zur Verringerung der Kontaminierung ist die Verwendung von landwirtschaftlichen Praktiken, die das Wachstum von konkurrierenden Bakterien in der Phyllosphäre fördern, um die Kontamination mit Humanpathogenen zu reduzieren. Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass die natürliche Mikroflora von Pflanzen das Wachstum von *E. coli* O157 hemmen kann: H7, Serovare *Salmonella* Montevideo und Chester und *Staphylococcus aureus*. *Pseudomonas* und *Bacillus*-Arten isoliert von grünem Pfeffer, Römischer Salat, Baby-Karotten, Alfalfa und Klee Sprossen können das Wachstum von Salmonellen Serovar Chester und *L. monocytogenes* hemmen. *Enterobacter cloacae* reduziert die Besiedelung mit Möhren, Kresse, Salat, Radieschen, Spinat und Tomaten von *E. coli* O157: H7 und *L. monocytogenes*, während *Enterobacter asburiae* ihr Überleben auf Salat verringert. Auch das Wachstum von *Arabidopsis thaliana* mit *E. asburiae* in gnotobiotischer Bedingungen reduziert stark die Wurzel - Kontamination durch Salmonellen oder *E. coli* O157.

## **Bildbasierte Steuerung**

Bildidentifizierung und Quantifizierung von Pflanzenkrankheiten sind für einen angemessenen Pflanzenschutz, die Bestimmung von Ernteverlusten und für die Gestaltung von Zuchtstrategien in der Landwirtschaft erforderlich. Das Potential der bildbasierten Analyse in der Erfassung und Überwachung von Pflanzenkrankheiten ist gut akzeptiert und die Verwendung dieser Techniken, um Pflanzeninfektionen mit potentiellen menschlichen pathogenen Mikroorganismen zu untersuchen ist ein neuer Entwicklungsbereich. Diese Analyse beinhaltet Ziele der Pflanzenproduktion und der Suche von phänotypischen Marken in Pflanzen zu erfassen, die ein Anzeichen von phytopathogenen Krankheiten oder für die Entwicklung von menschlichen Krankheitserregern sind.

### **4.4. Beispiele für die Durchführung spezifischer Lebensmittelsicherheitskontrollen bei der Verarbeitung von Spezialnahrung**

#### **Spezielle Fruchtsäfte**

Von speziellen Fruchtsäften, wie Granatapfelsaft, Mangostansaft und Nonisaft wird oft behauptet, dass sie einen hohen Gehalt an gesundheitsfördernden sekundären Pflanzenstoffen enthalten, einschließlich Antioxidantien und Bioflavonoide. Wenn eine gesundheitsbezogene Angabe auf dem Etikett von Saftprodukten hergestellt wird, sollte die Kennzeichnung der Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung über gesundheitsbezogene Angaben der FDA folgen. Bei unsachgemäßer Handhabung können Fruchtsäfte pathogene Mikroorganismen beherbergen; und sie werden mit dem Ausbruch lebensmittelbedingter Erkrankungen in Zusammenhang gebracht. Die FDA hat Regelungen erlassen, die die Anwendung der HACCP-Grundsätze für die Verarbeitung von Obst- und Gemüsesäften mandatieren.

Die HACCP-Pläne müssen Kontrollmaßnahmen enthalten, die konsequent ein Minimum von 5 log Reduktion enthalten, für einen Zeitraum zumindest so lange, wie die Haltbarkeit des Produkts ist, wenn sie unter normalen und mäßig unnormalen Bedingungen in dem betreffenden Mikroorganismus gespeichert werden. Für die Zwecke dieser Verordnung, sind die "relevanten Mikroorganismen" die am meisten resistenten Mikroorganismen, die im Saft wahrscheinlich auftreten, mit signifikanter Bedeutung für die öffentliche Gesundheit z.B. *Escherichia coli* O157: H7.

Die Pasteurisierung ist ein kritischer Kontrollpunkt bei der Saftverarbeitung. Der Wärmeprozess, der bei der Pasteurisierung verwendet wird, erhöht die Haltbarkeit von Saft durch die Inaktivierung von Mikroorganismen und bestimmten Enzymen. Zur besseren Erhaltung von Farbe und Geschmack wird Flash-Pasteurisierung, auch Hochtemperatur-

Kurzzeit (HTST) Verarbeitung genannt, weithin für Fruchtsäfte verwendet. Es soll ein sicheres Produkt für die Öffentlichkeit zur Verfügung stellen, aber eine auf ein Minimum reduzierte Menge an Aroma-Abbau in ultra-pasteurisierten Produkten beinhalten. Die bei der Flash-Pasteurisierung verwendete Minimaltemperatur beträgt 71,5°C für eine Haltezeit zwischen 15 und 30 Sekunden. Um den Erfolg der Pasteurisierung zu gewährleisten, muss die Temperatur des Safts kontinuierlich durch einen Temperaturschreiber während des Pasteurisierungsverfahrens überwacht werden. Wenn die Überwachung eine Abweichung von der festgelegten kritischen Grenze angibt, muss der Saffhersteller das betroffene Produkt für die Bewertung entmischen und für eine Evaluierung bereit halten, es vernichten oder es zur Non-Food-Nutzung verwenden; und er muss den Pasteurierer (Temperatur oder Volumenstrom) darauf einstellen, die kritische Grenze zu erreichen. Die Genauigkeit der Temperaturnachrichteneinrichtung muss täglich an einem Quecksilber- und Glasthermometer kontrolliert werden. Das Quecksilber und Glasthermometer sollte jährlich kalibriert werden.

#### **Die Kontrollmaßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit von Spezialfruchtsäften**

- Ein Lieferantengarantie muss dahingehend bestehen und angegeben werden, um auszuschließen, dass die Lieferung Fallobst anstatt geernteter Früchte enthält.
- Die Früchte müssen gespült werden und dann mit einem Desinfektionsmittel behandelt werden (bürsten, waschen), das mindestens 200 ppm Chlor für eine Kontaktzeit von 30 Sekunden mit der Bürste wäscht.
- Ein Pasteurisierungsverfahren mit einer Mindesttemperatur von 160°F (71,5°C) für 15-30 Sekunden wird benötigt, um eine 5-log-Reduktion des betreffenden Erregers zu erreichen. Die Erwärmungstemperatur und -zeit sind kritische Faktoren, die überwacht, kontrolliert und dokumentiert werden müssen.

#### **5. Lebensmittelsicherheitsbewusstsein, Nachrichten und Wissen**

Wie ist der Bewusstseinszustand in der modernen Gesellschaft in Bezug auf die Lebensmittelsicherheit? Eine Befragung von Studenten und Arbeitern zeigte unterschiedliche Ebenen der Bewusstheit. Bei einer Untersuchung zur Bewusstheit über Lebensmittelsicherheit gab die Mehrheit der Befragten (76%) an, dass sie "sehr sicher" war, die Hände nach der Berührung mit rohen Pflanzen / Huhn / Fleisch / Fisch zu waschen. Auch 50% der Studierenden gaben an, dass sie "sehr sicher" waren, für rohe Lebensmittel getrennte Schneidebretter oder Messer zu verwenden. Dies zeigte ein signifikant hohes Niveau der Bewusstheit über Lebensmittelsicherheit unter den Studenten an.

Die weiblichen Studenten in der Sekundarstufe zeigten eine signifikant höhere Ebene in Bezug auf Mangel an Bewusstheit über Kreuzkontamination und positive Lebensmittelsicherheit im Vergleich zu den männlichen Studenten. Die weiblichen Studenten auf der Tertiärstufe zeigten eine signifikant niedrigere Ebene an Bewusstheit für eine Kreuzkontamination als ihre männlichen Kollegen. Insgesamt zeigte die Mehrheit der Studenten eine mangelnde Bewusstheit über die Kreuzkontamination. Die Mehrheit der Männer in der Sekundarstufe waren sich nicht der mit dem Bereich der Kreuzkontamination verbundenen Risiken bewusst. Die mittlere Bewusstheitsstand (16/50) in der Sekundarstufe und im tertiären Bereich war bei 15/50. Der Bereich der Bewusstheitsergebnisse für Schüler der Sekundarstufe war 0-35 von 50 und 0-30 von 50 für die Tertiärstufe bei Studenten. Die männlichen Studenten im Tertiärbereich zeigten ein höheres Maß an ausgeübtem Bewusstsein über Lebensmittelsicherheit und entsprechend bewerteter Bewusstheit. Auch die Bewusstheit über die Lebensmittelsicherheit mit einem Median von (15/50) und einem Mode von (20/50) war die gleiche in der Sekundar- und Tertiärstufe. Auf der Sekundarstufe I antworteten 50% der Frauen und 6% der Männer mit "Ja", dass sie Informationen über die Lebensmittelsicherheit sehen, hören und lesen, abgesehen von diesem Fragebogen.

Diese Studenten nahmen an Hauswirtschafts- und Ernährungsklassen teil. Im Tertiärbereich gaben ebenfalls 21% der Männer und 17% der Frauen "ja" an. Von den n = 205 Befragten, gaben 15% der Frauen und 11% der Männer "nein" an, also Sicherheitsinformationen über Lebensmittel weder zu sehen, zu hören und zu lesen, abgesehen von diesem Fragebogen, und 13% der Frauen und 10% der Männer gaben an, dass sie sich nicht mehr erinnern würden, über Lebensmittelsicherheit zu etwas zu sehen, zu hören oder zu lesen. Achtzehn Prozent (18%) der Befragten auf der Tertiärstufe stellten fest, dass sie aus Fernsehen und Internet Informationen zur Lebensmittelsicherheit bekamen.

Eine weitere Analyse dazu, wo die Studenten Informationen über die Lebensmittelsicherheit lesen oder hören ergab, dass 36% der Frauen und 14% der Männer Informationen aus verschiedenen anderen Quellen bekamen, wie Zeitungen, Bücher, Eltern und Lebensmitteletiketten. Auf der Sekundarstufe I gaben 52% der Studentinnen und 5% der männlichen Schüler an, dass sie eine Ausbildung in der Lebensmittelsicherheit oder Lebensmittelzubereitung hatten. Im Tertiärbereich gaben 56% der Männer und 36% der Frauen an, dass sie eine formale Ausbildung in der Lebensmittelsicherheit oder Lebensmittelzubereitung hatten.

Die Teilnehmer wurden nicht hinsichtlich der Wissensfragen gewertet, da diese Fragen danach strukturiert wurden, um die Selbsteinschätzung der Teilnehmer bezüglich des Wissens über

Lebensmittelsicherheit zu bestimmen. Die Selbsteinschätzung des gefühlten Wissens über Lebensmittelsicherheit von 23% der befragten Frauen und 3% der befragten Männer auf der sekundären und 7% der weiblichen und 12% der männlichen Befragten auf der Tertiärstufe zeigte, dass sie das Gefühl hatten, dass ihre Wissensbasis über Lebensmittelsicherheit "sehr gut" war. Eine weitere Aufschlüsselung nach Geschlecht zeigte, dass 43% der Frauen und 1% der Männer in der Sekundarstufe, zusammen mit 25% der Frauen und 27% der Männer im Tertiärbereich das Gefühl hatten, dass ihr Wissen über Lebensmittelsicherheit "sehr gut" war. Die Männer auf der Tertiärstufe zeigten ein höheres, wahrgenommenes Wissensniveau als ihre weiblichen Kollegen und die Männer in der Sekundarstufe. Die männlichen Studenten in der Sekundarstufe zeigten ein signifikant niedrigeres Wissensniveau als ihre weiblichen Kollegen. Es gab keine Signifikanz zwischen den Frauen an beiden Institutionen. Insgesamt zeigte sich in der Sekundarstufe, der weiblichen und der männliche Bevölkerung im Tertiärbereich, dass die Wissensbasis der Studenten Wissen über Lebensmittelsicherheit widerspiegelte.

## LITERATUR

- Bassett J. and McClure P. (2008) A risk assessment approach for fresh fruits. *Journal of Applied Microbiology* 104, 925–943.
- Berg G., Eberl L. and Hartmann A. (2005) The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environmental Microbiology* 7 (11), 1673–1685.
- Berger C.N., Sodha S.V., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P. and Frankel G. (2010) Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12(9), 2385–2397.
- Brandl M. (2006) Fitness of Human Enteric Pathogens on Plants and Implications for Food Safety. *Annual Review of Phytopathology* 44, 367–392.
- Brandl M., Cox C.E. and Teplitski M. (2013) Salmonella Interactions with Plants and Their Associated Microbiota. *Phytopathology* 103 (4), 316–325, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0295-RVW>.
- Duan J., Zhao Y. and Daeschel Mm. (2011) Ensuring Food Safety in Specialty Foods Production 2011, <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9036>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2011) Guidance on the environmental risk assessment of plant pests EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2, 3, Parma, Italy. *EFSA Journal*; 9 (12): 2460.

- EASAC. (2014) Risks to plant health: European Union priorities for tackling emerging plant pests and diseases. Policy report, 24 February 2014, ISBN: 978-3-8047-3251-3.
- Fletcher J., Leach J. E., Eversole K., and Tauxe R. (2013) Human Pathogens on Plants: Designing a Multidisciplinary Strategy for Research. *Phytopathology* 103 (4), 306–315, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-09-12-0236-IA>.
- Food Safety Risk Assessment of NSW Food Safety Schemes (2009) Food Authority, Australia.
- Food Standards Agency UK (2004). Survey of baby foods for mycotoxins. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis6804.pdf>.
- Flood J. (2010) The importance of plant health to food security, *Food Sec.* 2:215–231, DOI 10.1007/s12571-010-0072-5.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (2003). Results of 4th quarter national survey 2002 (NS4), European Commission co-ordinated programme for the official control of foodstuffs for 2002, Bacteriological safety of pre-cut fruit & vegetables, sprouted seeds and unpasteurised fruit & vegetables juices from processing and retail premises. [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf).
- FSA [Food Science Australia] (2000a). Final report – scoping study on the risk of plant products. Food Science Australia prepared for SafeFood NSW.
- FSA [Food Science Australia] (2000b) Fact Sheet Preservation of vegetables in oil and vinegar. Retrieved 14 January 2009, <http://www.foodscience.afisc.csiro.au/oilvine.htm>.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (undated). 3rd Trimester National Microbiological Survey 2005 (05NS3): EU Coordinated programme 2005, bacteriological safety of prepackaged mixed salads. Food Safety Authority of Ireland, Retrieved 2 December 2008, from [http://www.fsai.ie/surveillance/food\\_safety/microbiological/mixed\\_salads.pdf](http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/mixed_salads.pdf).
- Gilbert S., Lake R., Hudson A and Cressey P. (2006). Risk profile: Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in leafy vegetables. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009, [http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk\\_Profile\\_Shiga\\_Toxin-Science\\_Research.pdf](http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk_Profile_Shiga_Toxin-Science_Research.pdf).
- Jay S., Davos D., Dundas M., Frankish E. and Lightfoot D. (2003). Salmonella. In: Hocking A.D. (Ed.). *Foodborne Microorganisms of Public Health Significance*, pp. 207–266. Australian Institute of Food Science and Technology, Waterloo.
- Hernandez-Reyes C. and Schikora A. (2013) Salmonella, a cross-kingdom pathogen infecting



- humans and plants. *FEMS Microbiol Lett* 343, 1–7.
- Kirzinger M., Nadarasah G. and Stavrinos J. (2011) Insights into Cross-Kingdom Plant Pathogenic Bacteria. *Genes* 2, 980–997, doi:10.3390/genes2040980.
- Lake R., Hudson A., Cressey P. and Gilbert S. (2005). Risk profile: *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat salads. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009.
- Mahlen S. (2011) *Serratia* Infections: from Military Experiments to Current Practice. *Clinical Microbiology Reviews*, 24 (4), 755–791, 0893-8512/11/\$12.00 doi:10.1128/CMR.00017-11.
- Mendes R., Garbeva P. and Raaijmakers J.M. (2013) The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiology Reviews* 37, 634–663.
- van Baarlen P., van Belkum A., Summerbell R.C., Crous P.W. and Thomma B.P.H.J. (2007) Molecular mechanisms of pathogenicity: how do pathogenic microorganisms develop cross-kingdom host jumps? *FEMS Microbiology Reviews* 31, 239–277.
- Pezzoli L., Elson R., Little C., Yip H., Fisher I., Yishai R., et al. (2008) Packed with *Salmonella* – Investigation of an international outbreak of *Salmonella* Senftenberg infection linked to contamination of prepacked basil in 2007. *Foodborne Pathogens and Disease* 5(5), 661–668.
- Szabo E., Scurrah K. and Burrows J. (2000) Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. *Letters in Applied Microbiology* 30, 456–460.
- Miller S.A., Beed F.D. and Harmon C.L. (2009) Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks. *Annual Review of Phytopathology* 47, 15–38.
- van Overbeek L., van Doorn J., Wichers J.H., Amerongen A., van Roermund H.J.W. and Willemsen P.T.J. (2014) The arable ecosystem as battleground for emergence of new human pathogens. *Frontiers in Microbiology*, article 104, 1–17, doi: 10.3389/fmicb.2014.00104.
- Turnbull-Fortune S. and Badrie N. (2014) Practice, Behavior, Knowledge and Awareness of Food Safety among Secondary & Tertiary Level Students in Trinidad, West Indies. *Food and Nutrition Sciences* 5, 1463–1481.