

# Aspetti igienico-sanitari dei prodotti vegetali di IV gamma

R. Gaglio<sup>1</sup>, V. Craparo<sup>1</sup>, N. Francesca<sup>1</sup>, L. Settanni<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Palermo

<sup>2</sup> luca.settanni@unipa.it

## Riassunto

I prodotti vegetali freschi sono raccomandati come componente costante dei pasti grazie al basso contenuto calorico, ricchezza in vitamine, minerali, fibre e per l'attività antiossidante di vari composti fitochimici tra cui polifenoli, flavonoidi e steroli. Le indagini epidemiologiche e cliniche hanno associato i ridotti rischi di diverse patologie, nonché di alcune forme di cancro, a una dieta ricca di frutta e vegetali. L'evoluzione delle tecnologie alimentari hanno determinato la presenza sul mercato di prodotti noti come "convenience foods", ovvero alimenti con elevato contenuto di servizio. In questa categoria rientrano i prodotti vegetali raggruppati sotto la denominazione di IV gamma che presentano tutte le caratteristiche di freschezza del prodotto appena raccolto. Tali prodotti subiscono ridotti interventi tecnologici e sono destinati al consumo diretto senza ulteriori manipolazioni prima dell'uso. I vegetali di IV gamma rientrano nella definizione di "prodotti potenzialmente pericolosi", in quanto presentano condizioni che, in alcuni casi, consentono lo sviluppo di microrganismi indesiderati. *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Listeria monocytogenes* sono i patogeni più comuni che contaminano i vegetali freschi e quelli di IV gamma e sono tra i principali responsabili delle infezioni derivanti dal consumo di questi prodotti. Tra le varie cause che possono portare alla contaminazione dei prodotti, oltre al suolo, alle deiezioni degli animali domestici o selvatici e al confezionamento inappropriato, la fonte di contaminazione più frequente è rappresentata dall'acqua di irrigazione, veicolo di microrganismi patogeni enterici per l'uomo. A questa eventuale contaminazione microbica primaria, di origine ambientale, spesso si aggiungono le inadeguate temperature di conservazione.

## Abstract

Fresh vegetables are recommended for the daily diet because of their low caloric content, high amount of vitamins, minerals and fiber. Furthermore, these foods are source of various phytochemical compounds such as polyphenols, flavonoids and sterols exerting antioxidant activity. Some epidemiological and clinical studies clearly showed that a diet rich in fruits and vegetables might reduce the risk of some diseases, including some forms of cancer. Modern consumers pay a great attention to the "convenience foods", foods characterized by ease of consumption. In particular, *ready-to-eat products* maintain almost all characteristics of fresh harvested products. These products are minimally processed and do not undergo further manipulation before consumption. However, ready to eat vegetables might represent a potential danger for the human health due to the high risk of growth of undesirable microorganisms. Bacteria belonging to the species *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* are the most common food pathogens that contaminate fresh vegetables and ready to eat vegetables. These microorganisms constitute one the most important causes of human infections.

Besides the contamination deriving from the direct contact with soil, the manure from domestic or wild animals and the inappropriate packaging, the most frequent source of contamination by enteric bacteria is represented by the irrigation water. The application of inappropriate temperatures during storage determine the rapid increase of microbial levels in fresh cut vegetables.

## I. Introduzione

Gli ortaggi e la frutta sono rappresentati da organi diversi delle piante che, dopo la raccolta, possono essere destinati al consumo fresco o sottoposti ad un processo di trasformazione prima del consumo. Con riferimento particolare agli ortaggi, essi comprendono un'elevata varietà di prodotti che, in base alla parte edule della pianta, mostrano differenze sostanziali per caratteristiche strutturali, deperibilità, modalità di consumo (previa o post-cottura) e caratteristiche igienico-sanitarie (Bianco e Pimpini, 1990). La frutta e i vegetali sono essenziali per una dieta bilanciata. Le indagini epidemiologiche e cliniche hanno associato i ridotti rischi di malattie cardiovascolari, cardiache coronariche, metaboliche e degenerative, nonché la prevenzione dell'insorgenza di alcune forme di cancro, a una dieta ricca di frutta e vegetali (Chen *et al.*, 2006; Dai *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2005 a,b). Questo dipende principalmente dal loro contenuto in fibre, vitamine, minerali e all'attività antiossidante dei loro composti fitochimici, quali polifenoli, flavonoidi, steroli, carotenoidi, clorofilla, antociani, etc. (Andersen e Jordheim, 2006; Siriamornpun *et al.*, 2012). Infatti, questi composti sono definiti bioattivi e sono in grado di chelare ioni metallici (come il ferro e il rame), donare idrogeno e combattere i radicali liberi dannosi associati a malattie croniche, proteggendo così tessuti e cellule umane da danni ossidativi (Balasundram *et al.*, 2006; Edge *et al.*, 1997; Heim *et al.*, 2002; Johnson, 2002).

Negli ultimi anni, le abitudini alimentari dei consumatori moderni sono sempre più orientate alla praticità, velocità e semplificazione dei pro-

cessi di manipolazione degli alimenti. Tuttavia, i principi della dieta sana ed equilibrata costituiscono il fattore principale nella scelta dei cibi. In questo contesto, i vegetali di IV gamma svolgono un ruolo di grande rilievo. I prodotti vegetali di IV gamma (quali *minimally processed, ready to eat* e *fresh cut products*) sono definiti, secondo le norme della Comunità Europea, come prodotti minimamente trasformati, cioè soggetti ad interventi tecnologici ridotti, utilizzabili per il consumo diretto senza ulteriori manipolazioni o con manipolazioni minime (Alzamora *et al.*, 2000; Codex Alimentarius Commission, 2003) e, quindi, l'aspetto igienico-sanitario ricopre un'importanza fondamentale. I prodotti di IV gamma sono utilizzabili al 100% e le lavorazioni minime a cui vanno incontro consistono in lavaggio, taglio e confezionamento in contenitori di vario tipo, in genere di plastica, talvolta a permeabilità selettiva per i gas, eventualmente associati alla modificazione dell'atmosfera interna (Alzamora *et al.*, 2000; Codex Alimentarius Commission, 2003). Il confezionamento avviene per offrire ai consumatori alta convenienza, alto valore nutrizionale ed organolettico (Corbo *et al.*, 2010). La denominazione di "IV gamma" (coniata in Francia) si inserisce in un contesto di classificazione dei prodotti alimentari secondo cui la I gamma si riferisce ai prodotti freschi non lavorati, la II gamma comprende i prodotti trasformati (che abbiano subito un processo di stabilizzazione), III e IV gamma si riferiscono ai prodotti semilavorati rispettivamente surgelati e pronti per l'uso, mentre la V gamma comprende tutti gli alimenti cotti o pre-cotti (Colelli e Elia, 2009). Il successo di questi prodotti ha determinato l'aumento dei volumi commercializzati e delle tipologie di prodotti disponibili (Alvarez *et al.*, 2006). Tra le tipologie di prodotti di IV gamma (Giovannetti, 2003) si annoverano: i "ready to eat", frutta singola o in preparazioni miste (macedonie) da consumare direttamente; i "meals", veri e propri piatti a base di ortaggi freschi; gli "snacks", verdure crude in piccole porzioni fruibili "on the go" (letteralmente "da passeggio"); i "salad bars", interi scaffali assortiti con frutta e verdura taglia-

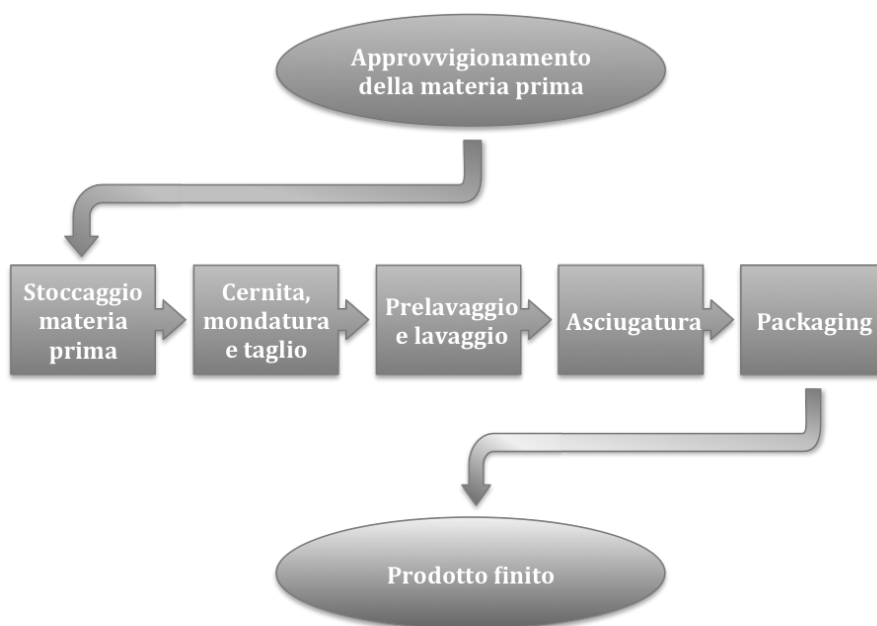
ta e disponibili per il self-service (diffusi soprattutto in Francia e Regno Unito); i "party trays", confezioni di maggiori dimensioni con miscele di verdure con o senza condimento. Negli ultimi anni, in Italia è stata registrata un'impennata nella crescita del comparto dei prodotti di IV gamma, dovuta ai cambiamenti degli stili di vita sempre più frenetici e di una maggiore attenzione verso una dieta più equilibrata (Ortofrutta italiana/Dossier 2011). In Europa, nel 2008 il giro di affari si è attestato intorno ai 700 milioni di euro per arrivare a circa 3 miliardi di euro nel 2015. L'Italia è il secondo paese, dopo la Gran Bretagna, per produzione di tali alimenti ([www.ismeaservizi.it](http://www.ismeaservizi.it)). I consumi italiani pro capite sono i più alti in Europa (3,0 kg/persona/anno) ([www.zipmec.eu](http://www.zipmec.eu)). Nonostante il netto successo dei prodotti di IV gamma, la vigente normativa, sia nazionale che europea, non fornisce un'adeguata e soddisfacente definizione circa i parametri igienico-sanitari di questa gamma di prodotti ortofrutticoli.

## 2. Sistemi di produzione dei vegetali di IV gamma

I vegetali di IV gamma sono sottoposti ad una o più operazioni unitarie, come riportato in (Fig.

1), prima del confezionamento. Le operazioni principali consistono nel lavaggio/sanificazione, mondatura e taglio. Le operazioni preliminari a cui le materie prime vengono sottoposte provocano alcuni danni meccanici e fisiologici responsabili dell'induzione e/o accelerazione di reazioni chimiche ed enzimatiche. In seguito a tali reazioni, nella materia prima e/o negli alimenti si manifestano fenomeni indesiderati, quali perdita di consistenza dei tessuti, imbrunimento enzimatico, attacco microbico favorito dalla percolazione dei liquidi cellulari e processi di ossidazione causati dalla presenza di ossigeno (Klein, 1987; Gil *et al.*, 2006). Al fine di mantenere inalterata la freschezza del prodotto e di incrementarne il valore commerciale e la sicurezza d'uso, è fondamentale tenere sotto controllo la temperatura, ovvero il mantenimento della catena del freddo, sia negli ambienti di lavorazione che durante la commercializzazione (Colelli e Elia, 2009). Gli standard qualitativi dei prodotti finali hanno imposto lo sviluppo di sistemi colturali che consentono rapidità dei cicli, uniformità di crescita, automazione di alcune operazioni ed il rispetto di parametri igienico-sanitari (Gonnella *et al.*, 2002).

Figura 1 – Diagramma di flusso del ciclo di produzione dei vegetali di IV gamma



Per ogni prodotto si possono riscontrare piccole variazioni dal diagramma generale soprattutto in relazione al tipo di tessuto edule.

Il processo di trasformazione dei vegetali raccolti è rappresentato da fasi di lavorazione in successione, ognuna delle quali deve soddisfare precise esigenze tecniche, in modo da ottenere prodotti di qualità in grado di affermarsi sul mercato (Rocculi *et al.*, 2003).

*Scelta della materia prima.* La scelta della materia prima è fondamentale, in quanto solo i vegetali che rispondono a specifici requisiti qualitativi possono subire la trasformazione in prodotti di IV gamma. A tal proposito, i parametri principalmente presi in considerazione sono il grado di maturazione, la qualità microbiologica, la consistenza, il residuo secco, l'acidità, il contenuto in zuccheri, il colore e le caratteristiche organolettiche. Il mancato rispetto di tali requisiti determina l'ottenimento di prodotti caratterizzati da ridotti termini di conservazione.

*Stoccaggio.* La materia prima pervenuta nel luogo di trasformazione (preferibilmente entro 2 ore dalla raccolta) deve essere mantenuta in celle di refrigerazione (0-4°C) per un tempo massimo di 4 giorni, al fine di prevenirne il deterioramento.

*Cernita e mondatura.* La fase di cernita/mondatura consiste nell'allontanamento manuale delle porzioni più esterne o deteriorate del prodotto. Tale operazione deve essere eseguita nel più breve tempo possibile, per evitare che porzioni danneggiate del vegetale rimangano per lungo tempo a contatto con la matrice da trasformare, compromettendone la qualità.

*Taglio.* I vegetali da trasformare sono trasferiti mediante nastro trasportatore alla macchina per il taglio. Le verdure da foglia subiscono il taglio uniforme e poi sono immerse nelle vasche di lavaggio. Il trauma fisico subito dal tessuto vegetale durante il taglio porta inevitabilmente al suo deterioramento. Questo è dovuto al fatto che la rottura delle cellule vegetali e il conseguente aumento della superficie interessata da fenomeni di ossidazione e attività enzimatiche e sviluppo microbico che accelerano i naturali fenomeni di

deterioramento del prodotto. Al fine di contenere gli effetti dello stress da taglio, è fondamentale l'impiego di lame rotanti lisce sempre ben affilate in modo da ridurre al minimo eventuali lacerazioni e slabbrature le quali, insieme a una maggiore esposizione all'ossigeno ed alla luce, possono indurre il deterioramento del prodotto ed il conseguente calo del valore nutrizionale (Gil *et al.*, 2006; Klein, 1987).

*Lavaggio.* Il processo di lavaggio rappresenta una fase importante nella produzione dei prodotti di IV gamma. Il lavaggio deve essere eseguito con acqua di qualità potabile, in quanto oltre a favorire la cicatrizzazione delle ferite da taglio e a rallentare i processi fisiologici dei vegetali, porta all'eliminazione dei corpi estranei, delle impurità e all'abbattimento della carica microbica, sebbene non influisca energeticamente sui biofilm batterici e non inibisca l'internalizzazione di microrganismi attraverso stomi e ferite (De Stefano e Caponigro, 2013). Un sistema di lavaggio ottimale prevede, generalmente, tre vasche separate all'interno delle quali i getti d'aria movimentano il flusso d'acqua, rendendo più efficace la rimozione meccanica dello sporco dalle superfici del prodotto. Il cloro è l'agente sanitizzante abitualmente usato in gran parte dell'Europa Occidentale e nel Nord America, in quanto efficace ed economico. La sua forma attiva è rappresentata dall'acido ipocloroso, la cui concentrazione varia in funzione del pH che influenza l'equilibrio tra la forma dissociata e non dissociata, ma anche dalla materia organica presente che ne abbassa la concentrazione. Il moto dell'acqua troppo turbolento, utile per favorire il contatto del prodotto con l'acqua, causa la rapida evaporazione del cloro con conseguente formazione di fumi tossici per gli operatori. Generalmente si usano 50-200 ppm di cloro sottoforma di acido ipocloroso (Martín-Belloso e Soliva-Fortuny, 2003; Parish *et al.*, 2003) per un tempo di contatto pari a 1-3 min. Concentrazioni troppo basse di acido ipocloroso hanno un minimo effetto sui microrganismi, mentre concentrazioni troppo elevate possono provocare contaminazione chimica del

prodotto (Richardson, 1994). Al fine di abbassare il cloro residuo è raccomandato un risciacquo in sola acqua a bassa temperatura (1-2°C) (Ahvenainen, 1996).

*Asciugatura.* L'operazione di asciugatura è eseguita allo scopo di rimuovere l'acqua di lavaggio e i residui di cloro dalla superficie dei vegetali. Tale operazione risulta della massima importanza perché la presenza di acqua liquida a contatto con i tessuti, aumenta notevolmente il rischio di proliferazione microbica di tipo degenerativo. La difficoltà di questa operazione è legata alla conformazione del prodotto. Le tecniche applicate possono essere differenziate e/o combinate in funzione del tipo di prodotto (Turatti, 2007). I metodi maggiormente impiegati sono il drenaggio, l'asciugatura con aria o con mezzi assorbenti e la centrifugazione. La fase di asciugatura da applicare deve essere scelta con accuratezza, in modo da limitare gli ulteriori danni ai tessuti vegetali che potrebbero compromettere la *shelf-life* del prodotto finito più della persistenza stessa dei residui di acqua di lavaggio.

*Confezionamento.* La tecnologia maggiormente applicata per il confezionamento dei vegetali di IV gamma prevede l'impiego di un'atmosfera modificata. Tale tecnologia sfrutta diversi rapporti tra O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> rispetto all'aria. Il ridotto contenuto in O<sub>2</sub> e la maggiore concentrazione di CO<sub>2</sub> comportano una riduzione dell'attività respiratoria, della produzione di etilene, delle reazioni enzimatiche e di alcune alterazioni fisiologiche contribuendo a mantenere la qualità per un periodo più lungo (Ahvenainen, 1996; Gorny, 1997). La composizione dell'atmosfera all'interno della confezione non potrà essere ulteriormente controllata e andrà incontro alle variazioni che dipendono dal metabolismo del prodotto e dalle proprietà barriera del materiale utilizzato per l'imballaggio (Sivertsvik *et al.*, 2002).

### 3. Shelf-life

In ambito alimentare, il parametro *shelf-life*, inteso come "vita del prodotto sullo scaffale", è

largamente diffuso e trova una piena ed aderente collocazione soprattutto nel contesto contemporaneo di produzioni alimentari di qualità. In realtà il concetto di *shelf-life* si riferisce sostanzialmente ad una definizione (periodo di tempo che corrisponde, in definite circostanze, ad una tollerabile diminuzione della qualità di un prodotto confezionato) che non riflette del tutto le modalità di gestione della qualità alimentare che caratterizza gran parte dei mercati contemporanei, tanto locali quanto globali. Il regolamento CE 2073/2005 con le successive modifiche ed integrazioni individua nell'Operatore del Settore Alimentare il principale responsabile del proprio processo produttivo, di conseguenza, egli è tenuto a valutare con metodi scientificamente validi i pericoli per il consumatore derivanti dal consumo dei propri prodotti.

La gestione della qualità dei prodotti vegetali di IV gamma per il raggiungimento di una *shelf-life* ottimale è basata su diversi aspetti: pratiche agronomiche, condizioni igieniche durante la raccolta, manipolazione, acqua di lavaggio, tecnologie di lavorazione, metodi e materiali usati per il confezionamento, temperature di trasporto e modalità di conservazione (Ahvenainen, 1996).

Pertanto, le produzioni primarie da destinare alla trasformazione in vegetali di IV gamma devono essere accuratamente selezionate in relazione all'attitudine a sopportare le successive varie fasi di lavorazione. Il controllo dei fenomeni di deterioramento della qualità è effettuato mediante interventi tecnologici poco invasivi. Tra le tecniche tradizionalmente utilizzate si ricordano i trattamenti di immersione in soluzioni di sostanze ad azione antimicrobica e anti-imbrunimento, l'utilizzo di atmosfere modificate e il mantenimento della catena del freddo, sia negli ambienti di lavorazione che durante la commercializzazione (Colelli e Elia, 2009).

### 4. Aspetti igienico-sanitari

Gli aspetti igienico-sanitari dei prodotti di IV gamma sono disciplinati da diversi regolamenti.

Il Reg. CE n. 2073/2005 emana i criteri microbiologici per definire l'accettabilità di un prodotto, di una partita di prodotti alimentari o di un processo, in base all'assenza, alla presenza o al numero di microrganismi e/o in base alla quantità delle relative tossine/metaboliti, per unità di massa, volume, area o partita. Lo stesso regolamento definisce quando i risultati dei controlli volti ad accertare la conformità ai valori fissati sono soddisfacenti o accettabili (specificati nell'allegato I, successivamente modificato dal Reg. CE 1441/2007) e stabilisce i criteri per il prelievo dei campioni, per l'esecuzione delle analisi e per l'attuazione di misure correttive, conformemente alla legislazione in materia di prodotti alimentari e alle istruzioni dell'autorità competente. I criteri microbiologici specifici in materia di sicurezza alimentare e di igiene di processo per gli alimenti vegetali freschi pronti sono riportati di seguito.

Criteri di sicurezza alimentare:

1. *Listeria monocytogenes* deve essere assente in 25 g di prodotto;
2. *Salmonella* spp. deve essere assente in 25 g di prodotto per i prodotti non scaduti.

Criteri di igiene di processo che valutano la qualità dei processi produttivi:

3. per *Escherichia coli* i limiti vanno da un minimo (m) di 100 a un massimo (M) di 1000 unità formanti colonie (UFC)/g durante il processo di lavorazione. Si definiscono tre categorie: idoneo se 5 unità su 5 sono sotto il limite inferiore; accettabile se 2 unità su 5 presentano livelli compresi tra m ed M; inaccettabile se meno di 2 unità su 5 sono sotto il limite inferiore e più di una è sopra il limite superiore.

Infine, la Legge 13 Maggio 2011, n. 77, che disciplina a livello nazionale la preparazione, il confezionamento e la distribuzione dei prodotti ortofrutticoli di IV gamma stabilisce che questi prodotti possono essere confezionati singolarmente o in miscela, in contenitori di peso e dimensioni differenti. Per i prodotti vegetali di IV gamma è consentita l'eventuale aggiunta in quantità percentualmente limitata di ingredienti di origine vegetale non freschi o secchi.

## 5. Gestione e HACCP associati alla produzione di vegetali di IV gamma

Il sistema HACCP è un sistema di analisi dei pericoli e contenimento dei rischi collegati nell'ambito dei processi produttivi alimentari.

Tabella I – Punti critici di controllo nella produzione dei vegetali di IV gamma

Punti critici di controllo	Rischio	Misure di controllo
Ricevimento delle materie prime	Microbiologico e chimico	Controllo delle materie prime e rispetto dei capitolati
Stoccaggio	Moltiplicazione microbica	Controllo della temperatura e dello stato igienico dell'ambiente
Mondatura	Moltiplicazione microbica	Controllo dello stato igienico dell'ambiente e del personale
Taglio	Moltiplicazione microbica Contaminazione incrociata	Controllo del filo dei coltelli e delle superfici di lavoro
Lavaggio	Acqua contaminata	Controllo della temperatura e dello stato igienico dell'acqua
Asciugatura	Moltiplicazione microbica	Controllo della temperatura e dei tempi
Confezionamento	Moltiplicazione microbica Contaminazione incrociata	Controllo delle attrezzature e dello stato igienico dei materiali
Distribuzione	Moltiplicazione microbica Contaminazione incrociata	Controllo della temperatura

Per quanto riguarda le imprese agricole che effettuano la trasformazione delle produzioni primarie, il sistema HACCP è basato sull'indicazione di pericoli che rappresentano un rischio per la salute del consumatore a causa della gravità degli effetti che possono provocare. Questi pericoli sono identificati nei "punti critici di controllo" del processo produttivo. In relazione ai vegetali di IV gamma, i punti critici sono riportati in Tabella 1.

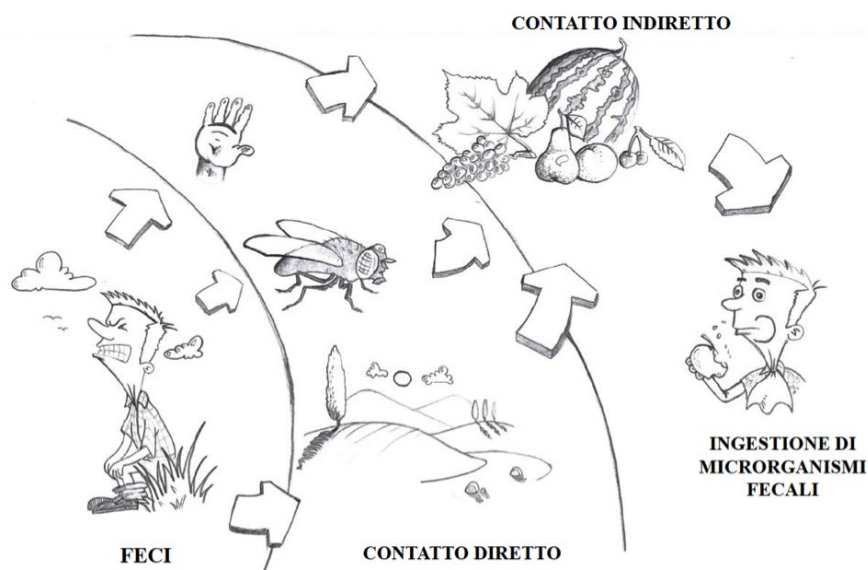
## 6. Caratteristiche microbiologiche e pericoli connessi al consumo degli alimenti vegetali di IV gamma

I vegetali di IV gamma rientrano nella definizione di "prodotti potenzialmente pericolosi" in quanto presentano un valore di attività dell'acqua ( $a_w$ ) superiore a 0,85 e un pH compreso tra 3,0 e 6,5. Tali condizioni, possono consentire lo sviluppo di microrganismi indesiderati (alterativi e patogeni). La microflora di questi prodotti, principalmente di origine ambientale, non differisce da quella della materia prima costituita principalmente da batteri Gram negativi ad elevato grado di psicrotrofia come i batteri appartenenti alle famiglie delle *Pseudomonadaceae* e *Enterobacteriaceae* (Jay *et al.*, 2009). I principali microrganismi alterativi associati ai prodotti

vegetali di IV gamma sono ascrivibili ai generi microbici *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* e *Pectobacterium* i quali, sono responsabili delle alterazioni qualitative riguardanti la composizione chimica e la struttura fisica dei prodotti vegetali. L'insorgenza di tali fenomeni degenerativi è resa più precoce nei prodotti vegetali di IV gamma, dato che tutte le manipolazioni a cui sono soggetti in fase di produzione (soprattutto il taglio) determinano la distruzione della barriera esterna del tessuto vegetale e facilitano la penetrazione della microflora alterativa, con conseguente formazione di odori e sapori sgradevoli (Jay *et al.*, 2009).

I principali microrganismi patogeni associati ai vegetali di IV gamma sono *E. coli* produttori di tossina, *Salmonella* spp., *Yersinia enterocolitica*, *Shigella* spp., *L. monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila* e *Pseudomonas aeruginosa*, le ultime due rappresentano batteri ambientali (Potter *et al.*, 2012). Inoltre, i prodotti di IV gamma possono anche essere veicolo di agenti virali quali Norovirus e Virus dell'epatite A (HAV), Rotavirus e Astrovirus (Faour-Klingbeil *et al.*, 2016). Dai dati epidemiologici disponibili, si evince che le malattie associate al consumo di vegetali e frutta sono prevalentemente malattie a trasmissione oro-fecale (Beuchat, 2002) (Fig. 2).

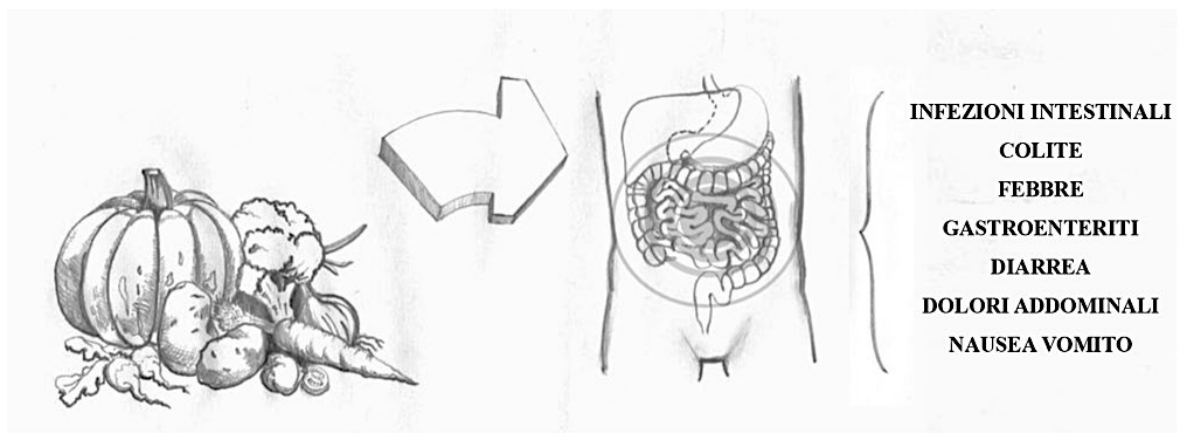
Figura 2 – Rappresentazione della contaminazione oro-fecale (Disegno del Dr. Gianluca Alaimo Di Loro)



Il consumo di prodotti di IV gamma non riguarda soltanto famiglie, single e giovani coppie, ma avviene anche su scala più ampia, includendo la piccola ristorazione, la ristorazione collettiva, i self-service, le mense scolastiche e universitarie, quelle ospedaliere e aziendali e, ultimamente, anche i distributori automatici. Il largo consumo e la varietà dei consumatori determinano l'elevato livello di rischio connesso a questi prodotti. Inoltre, se consideriamo i soggetti "sensibili",

soprattutto bambini, anziani, donne incinte e soggetti immunocompromessi, il rischio di contrarre malattie alimentari (*foodborne diseases*) aumenta considerevolmente (Taban e Halkman, 2011; Gurler *et al.*, 2015). Tali malattie determinano l'insorgenza di problemi gastrointestinali e di infezioni croniche attraverso l'ingestione di alimenti contenenti microrganismi patogeni e/o tossine prodotte dal loro metabolismo (Galli Volonterio, 2009) (Fig. 3).

Fig. 3. Disturbi gastrointestinali provocati da microrganismi veicolati dai vegetali  
(Disegno del Dr. Gianluca Alaimo Di Loro)



Recentemente, il numero di gastroenteriti causata da agenti patogeni in seguito al consumo di vegetali è aumentato su scala mondiale (Castro-Rosas *et al.*, 2012).

I ceppi patogeni di *E. coli* colpiscono l'intestino, producono una grande quantità di endotossine e portano a gravi gastroenteriti, soprattutto nei bambini. Le infezioni da *E. coli* sono tra quelle che causano un alto tasso di mortalità in tutto il mondo, e un esempio è il caso dell'epidemia alimentare verificatasi in Germania nel maggio del 2011, provocato da *E. coli* O104:H4, un sierotipo appartenente al gruppo di *E. coli* enteromorragici (EHEC), in grado di produrre grandi quantità di tossina *Shiga-like* (Bautista-De León *et al.*, 2013; Fruth *et al.*, 2015; Grad *et al.*, 2012; Jay *et al.*, 2009; Shah *et al.*, 2015). Durante quell'episodio epidemico si sono registrati 4.000 casi di diarrea sanguinolenta, 850 casi di SEU (sindrome emolitico uremica) e circa 50 morti. Il consu-

mo di germogli, in particolare di semi di fieno greco importati dall'Egitto, potrebbe essere stato il veicolo d'infezione (EFSA 2011).

La presenza di *L. monocytogenes* negli alimenti di IV gamma rappresenta un pericolo grave per la salute dei consumatori (WHO/FNU/FOS, 1995). Il trasferimento di questo microrganismo patogeno sulla superficie dei vegetali a foglia può avvenire in diverse maniere, ma il contatto diretto con le particelle del suolo gioca sicuramente un ruolo dominante, in quanto *L. monocytogenes* è, generalmente, ritrovata nel suolo (Welshimer e Donker-Voet, 1971). Pertanto, la presenza di cellule di *L. monocytogenes* nei prodotti vegetali è una diretta conseguenza di contaminazioni ambientali, in quanto acqua, suolo, ma soprattutto le deiezioni degli animali sono veicolo di trasmissione di questi microrganismi (Foulquié Moreno *et al.*, 2006).

Un altro pericolo connesso al consumo degli



alimenti vegetali di IV gamma è rappresentato dalle infezioni nosocomiali da enterococchi dovute all'abilità di questi microrganismi di acquisire resistenze ad antibiotici attraverso il trasferimento di plasmidi, trasposoni e scambi cromosomiali (Koneman, 1995). Gli enterococchi resistenti (ad es. alla vancomicina), una volta ingeriti col cibo risiedono in modo innocuo nell'intestino umano, ma possono essere capaci di acquisire resistenze a molti antibiotici (macrolidi, tetracicline, chloramphenicol, trimethoprim/sulfamethoxazole, rifampicina e ampicillina) rendendo inefficaci i trattamenti antibiotici in caso di infezioni.

Infine, il rischio associato al consumo di prodotti di IV gamma non riguarda soltanto il consumatore finale, ma anche le aziende produttrici soggette a perdite economiche significative.

## Conclusioni

Ad oggi, il concetto di *shelf-life* di alimenti prodotti su scala industriale risulta significativamente modificato: l'obiettivo non è soltanto l'aumento della conservabilità, bensì l'espressione ottimale delle caratteristiche qualitative degli alimenti prodotti nell'ottica di una inderogabile sicurezza del consumatore e della necessità di fornire contenuto di servizio.

Attualmente, la gestione della *shelf-life* di un alimento non è più legata esclusivamente alle problematiche tecnologiche e di carattere oggettivo, ma è funzione delle aspettative che ciascun consumatore ripone nei confronti di un determinato prodotto, ovvero del cibo che si appresta a consumare. Non basta determinare i tempi di deterioramento dell'alimento, in quanto è fondamentale stabilire entro quale arco di tempo dalla sua produzione il consumatore ne accetta o rifiuta il consumo. Esiste dunque una "*shelf-life* legislativa" che pone la base della garanzia per la qualità alimentare, ma anche una "*shelf-life* ottimale" strutturata sulle esigenze dei consumatori a cui l'offerta si riferisce.

Il futuro dei prodotti alimentari di IV gamma è

indirizzato all'integrazione conoscitiva tra le esigenze di produzione delle aziende e il quadro di innovazione di processo disponibile nel campo delle "*mild technologies*" e dei "*minimally processed foods*". Tutti gli sforzi dovrebbero essere compiuti per fare in modo che la trasformazione dei prodotti di IV gamma possa garantire il più alto valore delle caratteristiche (sapore, consistenza e valore nutrizionale) della materia prima.

Ciò può essere ottenuto attraverso programmi dedicati all'ottimizzazione delle tecniche colturali finalizzate alla qualità, e, soprattutto, attraverso la comprensione dei meccanismi che comportano il decadimento qualitativo, anche mediante la messa a punto e l'uso di specifici marker molecolari.

Per quanto riguarda il processo, diventa importante aumentare gli sforzi di ricerca per accrescere le conoscenze sugli effetti dell'applicazione di stress abiotici controllati (UV, trattamenti termici, atmosfere alternative) sul miglioramento della qualità nutrizionale e organolettica dei prodotti di IV gamma. Inoltre, la disponibilità di sistemi non distruttivi attendibili ed a costo contenuto per la valutazione degli indicatori relativi al valore nutrizionale ed alle caratteristiche gustative ed olfattive, rappresenterebbe un vantaggio sia per i produttori, per i quali sarebbe molto più semplice selezionare le materie prime in relazione a questi specifici indicatori, sia per i consumatori che avrebbero maggiori garanzie sulla qualità del prodotto finito.

Un altro aspetto importante per il consumatore riguarda la sostenibilità ambientale di questa tipologia di prodotti. A tal proposito, l'attenzione è volta verso i materiali da imballaggio biodegradabili e provenienti da fonti rinnovabili.

Un'altra direzione della ricerca scientifica in questo campo dovrebbe essere rivolta ad una migliore comprensione dei fattori coinvolti nel ciclo di vita dei materiali sia in termini di input energetico necessario per la sua realizzazione (a partire dalle materie prime e incluso il trasporto), sia in relazione alla quantità di anidride carbonica liberata durante la sua vita.

Infine, l'aspetto determinante è senza dubbio rappresentato dalle caratteristiche igieniche del prodotto al momento del consumo. Per affrontare in maniera efficace tale problematica è fondamentale approfondire il grado di conoscenza relativa ai meccanismi di trasferimento, di sopravvivenza e di crescita dei microrganismi patogeni sui prodotti di IV gamma per poter mettere a punto protocolli di campionamento efficaci, sistemi diagnostici ultrarapidi e strategie di intervento fortemente mirate, al fine di ridurre ulteriormente le possibilità che alimenti potenzialmente contaminati arrivino al consumatore (Colelli e Elia, 2009).

## Bibliografia

- AHVENAINEN R., New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables, *Trends Food Sci. Tech.*, 1996, 7: 179-187.
- ALVAREZ M.J., ALFARO J.A., RÀBADE L.A., Buyer-supplier relationships influence on traceability implementation in the vegetable industry, *Bus. Econ. Ser.*, 2006, 2(working paper 06-05): 1-40.
- ALZAMORA S.M., TAPIA M.S., LOPEZ-MALO A., Minimally processed fruits and vegetables: Fundamental aspects and applications, Md: Aspen, Gaithersburg, 2000.
- ANDERSEN O.M., JORDHEIM M., The Anthocyanins, In: Andersen O.M., Markham K.R. (Eds.) *Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications*, CRC Taylor & Francis, Boca Raton, New York, 2006, 471-552.
- BALASUNDRAM N., SUNDRAM K., SAMMAN S., Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses, *Food Chem.*, 2006, 99(1): 191-203.
- BAUTISTA-DE LEÓN H., GÓMEZ-ALDAPA C.A., RANGEL-VARGASE, VÁZQUEZ-BARRIOS E., CASTRO-ROSAS J., Frequency of indicator bacteria, *Salmonella* and diarrhoeagenic *Escherichia coli* pathotypes on ready-to-eat cooked vegetable salads from Mexican restaurants, *Lett. Appl. Microbiol.*, 2013, 56: 414-420.
- BEUCHAT L.R., Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables, *Microbes Infect.*, 2002, 4: 413-423.
- BIANCO V., PIMPINI F., *Orticoltura*, Patron, Bologna, 1990.
- CASTRO-ROSAS J., CERNA-CORTÉS J.F., MÉNDEZ-REYES E., LOPEZ-HERNANDEZ D., GÓMEZ-ALDAPA C.A., ESTRADA-GARCIA T., Presence of faecal coliforms, *Escherichia coli* and diarrhoeagenic *E. coli* pathotypes in ready-to-eat salads, from an area where crops are irrigated with untreated sewage water, *Int. J. Food Microbiol.*, 2012, 156: 176-180.
- CHEN P.N., CHU S.C., CHIOU H.L., KUO W.H., CHIANG C.L., HSIEH Y.S., Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyaniding 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of a human lung cancer cell line, *Cancer Lett.*, 2006, 235(2): 248-259.
- COLELLI G., ELIA A., I prodotti ortofrutticoli di IV gamma: aspetti fisiologici e tecnologici, *Italus Hortus*, 2009, 16(1): 55-78.
- CORBO M.R., SPERANZA B., CAMPANIELLO D., D'AMATO D., SINIGAGLIA M., Fresh-cut fruits preservation: current status and emerging technologies, *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 2010, 2: 1143-1154.
- DAI Q., BORENSTEIN A.R., WU Y., JACKSON J.C., LARSON E.B., Fruit and vegetable juices and Alzheimer's disease: the Kame project, *Am. J. Med.*, 2006, 119(9): 751-759.
- DE STEFANO L., CAPONIGRO V., Rischio microbiologico e contenimento della microflora. Giornata di studio sulla protezione delle colture da foglia per quarta gamma "Protezione delle colture da foglia per la IV Gamma", Battipaglia, 30 aprile 2013.
- EDGE R., MC GARVEY D.J., TRUSCOTT T.G.J., The carotenoids as antioxidants: a review, *J.*

- Photochem. Photobiol. B., 1997, 41(3): 189–200.
- EFSA, The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2009, EFSA J., 2011, 9(3): 2090 [378 pp].
- FAOUR-KLINGBEIL, D., MURTADA, M., KURI, V., TODD, E.C.D., Understanding the routes of contamination of ready-to-eat vegetables in the Middle East. Food Control 2016, 62: 125–133.
- FOULQUIÉ MORENO M.R., SARANTINOPOULOS P., TSAKALIDOU E., DE VUYST L., The Role And Application Of Enterococci In Food And Health, Int. J. Food Microbiol., 2006, 106: 1–24.
- FRUTH A., PRAGER R., TIETZE E., RABSCH W., FLIEGER A., Molecular epidemiological view on Shiga toxin-producing *Escherichia coli* causing human disease in Germany: Diversity, prevalence, and outbreaks, Int. J. Med. Microbiol., 2015, 305: 697–704.
- GALLI VOLONTERIO A., Microbiologia degli alimenti, Ambrosiana, Milano, 2009.
- GIL M.I., AGUAYO E., KADER A.A., Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage, J. Agr. Food Chem., 2006, 54: 4284–4296.
- GIOVANNETTI F., Solo quarta e quinta gamma tengono, Terra e Vita, 2003, 18: 67–70.
- GONNELLA M., CHARFEDDINE M., CONVERSA G., ELIA A., SANTAMARIA P., Riduzione del contenuto di nitrato in floating system, Supplemento a colture protette, 2002, 12: 38–41.
- GORNY J.R., A summary of CA and MA requirements and recommendation for fresh-cut (minimally processed) fruits and vegetables, In: Gorny J.R. (Eds.) Fresh-cut fruits and vegetables and MAP, Davis, CA, 1997, vol. 5, 30–67.
- GRAD Y.H., LIPSITCH M., FELDGARDEN M., ARACHCHI H.M., CERQUEIRA G.C., FITZGERALD M., GODFREY P., HAAS B.J., MURPHY C.I., RUSS C., SYKES S., WALKER B.J., WORTMAN J.R., YOUNG S., ZENG Q., ABOUELLEIL A., BOCHICCHIO J., CHAUVIN S., DESMET T., GUJJA S., MCCOWAN C., MONTMAYEUR A., STEELMAN S., FRIMODT-MØLLER J., PETERSEN A.M., STRUVE C., KROGFELT K.A., BINGEN E., WEILL F.-X., LANDER E.S., NUSBAUM C., BIRREND B.W., HUNG D.T., HANAGE W.P., Genomic Epidemiology Of The *Escherichia Coli* O104:H4 Outbreaks In Europe, 2011, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 2012, 109: 3065–3070.
- GURLER Z., PAMUK S., YILDIRIMB Y., ERTAS N., The microbiological quality of ready-to-eat salads in Turkey: a focus on *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes*, Int. J. Food Microbiol., 2015, 196: 79–83.
- HEIM K., TAGLIAFERRO A.R., BOBILYA D.J., Flavonoid antioxidants: chemistry metabolism and structure-activity relationships, J. Nutr. Biochem., 2002, 13(10): 572–584.
- JAY J.M., LOESSNER M.J., GOLDEN D.A., Microbiologia degli alimenti, Springer, 2009.
- JOHNSON E.J., The role of carotenoids in human health, Nutr. Clin. Care, 2002, 5(2): 56–65.
- KLEIN B.P., Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables, J. Food Quality, 1987, 10: 179–193.
- KONEMAN E.W., Testo-Atlante di Microbiologia Diagnostica (seconda edizione) Ed A. 11 Delfino medicina-scienze, 1995.
- LOSIO M.N., PAVONI E., BILEI S., BERTASI B., BOVE D., CAPUANO F., FARNETI S., BLASI G., COMIN D., CARDAMONE C., DECASTELLI L., DELIBATO E., DE SANTIS P., DI PASQUALE S., GATTUSO A., GOFFREDO E., FADDA A., PISANU M., DE MEDICI D., Microbiological survey of raw and ready-to-eat leafy green vegetables marketed in Italy, Int. J. Food Microbiol., 2015, 210: 88–91.
- PARISH M.E., BEUCHAT L.R., SUSLOW T.V., HARRIS L.J., GARRETT E.H., FARBER J.N., BUSTA F.F., Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., 2003, 2: 161–173.
- POTTER A., MURRAY J., LAWSON B., GRAHAM S., Trends in product recalls within

- the agri-food industry: empirical evidence from the USA, UK and the Republic of Ireland. *Trends Food Sci. Technol.*, 2012, 28: 77-86.
- RICHARDSON S.D., Scoping the chemicals in your drinking water. *Today's Chem. Work*, 1994, 3: 29-32.
- ROCCULI P., ROMANI S., VENIR E., DALLA ROSA M., MASTROCOLA D., Aspetti tecnologici di prodotti a base di frutta trasformata "al minimo" (IV gamma), *Nuove tecnologie, nuovi prodotti*, 2003, 3: 23-31.
- SHAH M.S., EPPINGER M., AHMED S., SHAH A.A., HAMEED A., HASAN F., Multidrug-Resistant Diarrheagenic *E. Coli* Pathotypes Are Associated With Ready-To-Eat Salad And Vegetables In Pakistan, *J. Korean Soc. Appl. Bi.*, 2015, 58: 267-273.
- SIRIAMORN PUN S., KAISOON O., MEESO N., Changes in colour, antioxidant activities and carotenoids (lycopene, beta-carotene, lutein) of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) resulting from different drying processes, *J. Funct. Foods*, 2012, 4(4): 757-766.
- SIVERTSVIK M., ROSNES J.T., BERGSLIEN H., Modified atmosphere packaging, In: Ohlsson T., Bengtsson N. (Eds.) *Minimal processing technologies in the food industry*, Cambridge, UK: Woodhead publishing Ltd, 2002, 61-86.
- SOLIVA-FORTUNY R.C., MARTÍN-BELLOSO O., New advances in extending the *shelf-life* of fresh-cut fruits: a review, *Trends Food Sci. Techn.*, 2003, 14: 341-353.
- TABAN B.M., HALKMAN A.K., Do leafy vegetables and their ready-to-eat [RTE] salads carry a risk of foodborne pathogens?, *Anaerobe*, 2011, 17(6): 286-287.
- TURATTI A., Sanitation design of fresh-cut processing and plant processing, *Acta Horticulturae*, 2007, 746: 147-158.
- WELSHIMER H.J., DONKER-VOET J., *Listeria monocytogenes* in nature, *Applied Microbiology*, 1971, 21: 516-519.
- ZHANG M., ZHANG C.J., SHRESTHA S., Study on the preparation technology of superfine ground powder of *Agrocybe Chaxingu* Huang, *J. Food Eng.*, 2005a, 67(3): 333-337.
- ZHANG Y., VAREED S.K., NAIR M.G., Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables, *Life Sci.*, 2005b, 76: 1465-1472.

### Sitografia

- [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10200/cxp\\_053e.pdf](http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10200/cxp_053e.pdf), accesso 21 gennaio 2015.
- <http://www.ismeaservizi.it/>, accesso 24 maggio 2016.
- [http://www.who.int/foodsafety/publications/fs\\_management/en/foodtech.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/en/foodtech.pdf), accesso 1 ottobre 2011.
- <http://www.zipmec.eu/>, accesso 6 dicembre 2016.