

Qualité microbiologique des fruits et légumes : flores, altérations, risques sanitaires, prévention

Delphine DESBORDES

Sous la direction de Marie Jeanne Blachier
Enseignant Chercheur à l'ISARA 31 place Bellecour 69002 LYON



Qualité microbiologique des fruits et légumes : flores, altérations, risques sanitaires, prévention

Delphine Desbordes

Résumé

Les fruits et légumes frais constituent un milieu favorable à la croissance des microorganismes. Ils sont à l'origine d'intoxications alimentaires suite à la consommation de produits contaminés par des germes pathogènes. Ils sont également sensibles à de nombreux microorganismes d'altération tels que les bactéries pectinolytiques, les bactéries Gram négatif saprophytes, les bactéries lactiques et les levures. Le contrôle des microorganismes sur les végétaux frais passe par la prévention et la réduction de la contamination, l'élimination des microorganismes par différents traitements, le contrôle des conditions de stockage et l'utilisation de la physiologie des légumes.

Descripteurs

Fruits, légumes, microbiologie, altération, pathogènes, contamination, désinfection

Fruits and vegetables microbiology : microflora, spoilage, health care, sanitation

Abstract

Fresh fruits and vegetables are good media for growth of microorganisms. They have been involved in outbreaks because of the consumption of products contaminated by pathogens. They are also sensitive to various spoilage microorganisms such as pectinolytic bacteria, saprophytic Gram-negative bacteria, lactic acid bacteria, and yeasts. Medium to control microorganisms on fresh vegetables are prevention and reduction of contamination, inhibition of microorganisms by various treatments, control of storage conditions and use of the physiology of vegetables.

Keywords

Fruits, vegetables, microbiology, spoilage, pathogens, infection, disinfection

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | 5 |
| MÉTHODOLOGIE | 6 |
| 1. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE | 6 |
| 1.1. <i>Contexte du sujet :</i> | 6 |
| 1.2. <i>Délimitations du sujet :</i> | 6 |
| 2. CHOIX DES MOTS-CLÉS ET DESCRIPTEURS | 7 |
| 3. LA RECHERCHE EN LIGNE | 8 |
| 3.1. <i>La consultation de bases de données</i> | 8 |
| 3.2. <i>Les annuaires</i> | 14 |
| 3.3. <i>Les moteurs de recherche</i> | 14 |
| 4. LES INSTITUTIONS SPÉCIALISÉES | 15 |
| 5. LES RÉSULTATS | 16 |
| 6. BILAN DE LA RECHERCHE | 16 |
| 7. CONCLUSION | 17 |
| SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE | 18 |
| 1. LA MICROBIOLOGIE DES VÉGÉTAUX CRUS | 18 |
| 1.1. <i>La microflore des fruits et légumes crus</i> | 18 |
| 1.2. <i>Les facteurs qui influencent la croissance et la survie des microorganismes</i> | 20 |
| 2. LA MICROBIOLOGIE DES VÉGÉTAUX PRÊTS À L'EMPLOI | 22 |
| 2.1. <i>Les contaminations microbiennes des végétaux frais préparés</i> | 22 |
| 2.2. <i>L'évolution des microorganismes au cours du stockage des produits peu transformés</i> | 24 |
| 3. LE CONTRÔLE DES MICROORGANISMES SUR LES VÉGÉTAUX FRAIS | 26 |
| 3.1. <i>Prévention de la contamination</i> | 26 |
| 3.2. <i>Réduction de la contamination</i> | 26 |
| 3.3. <i>Élimination des microorganismes par des agents chimiques et biologiques</i> | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4. <i>Inhibition des microorganismes par le contrôle des conditions de stockage</i> | 27 |
| 3.5. <i>Utilisation de la physiologie des légumes pour limiter l'altération microbienne</i> | 28 |
| 3.6. <i>Cultivars résistants</i> | 28 |
| 3.7. <i>Spécifications microbiennes</i> | 28 |
| CONCLUSION | 29 |
| GLOSSAIRE | 30 |
| RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 32 |
| 1. PUBLICATIONS | 32 |
| 1.1. <i>La microbiologie des végétaux crus</i> | 32 |
| 1.2. <i>La microbiologie des végétaux prêts à l'emploi</i> | 33 |
| 1.3. <i>Les facteurs qui influencent la croissance et la survie des microorganismes</i> | 35 |
| 1.4. <i>Le contrôle de la qualité microbiologique des végétaux frais</i> | 38 |
| 2. OUVRAGES..... | 44 |
| 3. THÈSES | 45 |
| 4. SITES WEB..... | 45 |
| ANNEXE | I |

Introduction

Les fruits et légumes constituent une part essentielle du régime alimentaire humain. Au cours des vingt dernières années la recherche en nutrition humaine a prouvé qu'un régime équilibré, riche en fruits et légumes, garantit une bonne santé et peut réduire les risques de certaines maladies. Par conséquent l'un des secteurs agroalimentaires qui connaît la plus forte croissance est celui des produits frais prédécoupés, tels que les salades [11].

Malgré les avantages liés à la consommation des fruits et légumes frais, celle-ci pose un problème de sécurité alimentaire dans la mesure où ces aliments consommés crus sont depuis longtemps reconnus comme sources de transmission de maladies infectieuses. Même si la majorité des intoxications alimentaires sont dues à la consommation d'aliments d'origine animale, le nombre de cas associés aux fruits et légumes frais a progressé au cours des dix dernières années. Ainsi une large gamme de fruits et légumes frais contaminés ont récemment causé d'importantes épidémies d'infections microbiennes. Celles-ci peuvent s'expliquer par différents facteurs : des changements dans les pratiques agricoles, une croissance de la consommation des fruits et légumes crus ou peu transformés, une augmentation des échanges internationaux et du nombre de consommateurs immunodéprimés [46].

Bien que la microflore de ces aliments soit dominée par des bactéries d'altération, des levures et des moisissures* susceptibles de nuire aux qualités organoleptiques et commerciales de ces produits, de nombreuses bactéries pathogènes, des parasites et des virus ont également été isolés à partir de fruits et légumes crus [11].

Cette synthèse bibliographique a pour objectif, dans un premier temps, de dresser un portrait de la microbiologie des fruits et légumes frais, peu ou pas transformés, et des facteurs qui influencent la croissance et la survie des microorganismes à l'intérieur ou à la surface des produits. Dans un deuxième temps, elle passe en revue les traitements envisagés pour contrôler la qualité microbiologique de ces aliments.

* Voir Glossaire

Méthodologie

1. Présentation de l'étude

1.1. Contexte du sujet :

Les équipes de recherche, études et expertises de l'ISARA sont souvent amenées à répondre à des demandes faites par des industriels, notamment dans le secteur agroalimentaire. Les ingénieurs d'études ont par conséquent besoin de bibliographies sur des sujets pointus. Actuellement le secteur possède des ressources documentaires en majorité dans les domaines des produits carnés et des produits laitiers. Il existe donc un manque dans le secteur des fruits et légumes.

1.2. Délimitations du sujet :

La qualité microbiologique des fruits et légumes couvre un vaste champ d'étude. Il concerne : les sources de contamination des produits végétaux (engrais animaux, eaux de lavage, instruments de découpe...), les maladies des végétaux, les contaminations des produits transformés, les conditions de prolifération des microorganismes, les méthodes d'analyse, les traitements des aliments, les aspects réglementaires liés aux traitements,... Tous ces aspects ressortent des premières recherches effectuées sur la base de données Dialog en particulier.

Face à ce constat, il s'avère nécessaire de recentrer le sujet : les sources de contaminations, en particulier celles liées aux instruments de découpe des produits, ne sont pas spécifiques à la filière végétale et ne seront pas traitées. Nous laissons de côté les produits transformés ou stabilisés tels que les surgelés, les produits déshydratés, les conserves et les jus de fruits, ainsi que les produits exotiques et les épices.

Nous nous limitons aux produits après récolte et peu transformés, de consommation courante : les fruits et légumes frais et de 4^{ème} gamme, les graines, les légumineuses, les céréales et les oléagineux. Nous nous intéressons aux germes pathogènes et aux germes d'altération susceptibles de nuire à la qualité sanitaire

mais aussi organoleptique et commerciale de ces produits. L'écologie microbienne nous intéresse dans la mesure où le germe a un comportement différent s'il est pris isolément ou sur la matrice, ou s'il est en compétition ou en synergie avec d'autres microorganismes. Enfin, nous recherchons des informations sur les contrôles et les traitements de décontamination pour améliorer la qualité des produits frais.

Compte-tenu de l'importance du sujet traité nous sélectionnons en priorité les documents des cinq dernières années, sauf pour certains articles de synthèse (review) qui englobent une grande partie du sujet.

2. Choix des mots-clés et descripteurs

Ce sujet de recherche bibliographique nous conduit à dégager les mots-clés suivants : fruits, légumes, microbiologie alimentaire, bactériologie alimentaire, pathogènes, altérations, moisissures. La recherche dans un dictionnaire terminologique et le test de ces termes dans la base de données PASCAL aboutit aux termes anglais suivants : bacteriology, hygienic bacteriology, microbial flora, deterioration, spoilage, infection, prevention, health... Sur la base CSA (Cambridge Scientific Abstracts) d'autres termes sont ressortis : food contamination, antibacterial activity, bacterial flora, health care, pathogens, disinfection, sanitation, fruits, vegetables... et des microorganismes particuliers : pseudomonas, erwinia, aspergillus...

Nous décidons d'éliminer les termes qui touchent à la bactériologie car il ne s'agit pas que de contaminations par les bactéries.

Nous gardons donc les principaux descripteurs français suivants : fruits, légumes, altérations, pathogènes et en anglais : fruits, vegetables, microbiology, pathogens, spoilage...

La rencontre d'un chercheur de l'INRA d'Avignon nous donne d'autres pistes de termes : minimally processed, fresh fruits, fresh vegetables, salads, shredded, fresh cut, microorganisms, *Listeria**, *E.coli* O157:H7, *Salmonella**, chlorine, decontamination, disinfection. Il nous conseille également d'utiliser les noms de fruits et légumes dans la requête pour les recherches sur les titres des publications qui concernent des produits particuliers.

3. La recherche en ligne

3.1. La consultation de bases de données

3.1.1 Les bases de données payantes

3.1.1.1 Dialogweb

Cet outil très puissant, appartenant à Thomson, permet l'accès via une interface sur Internet à plus de 500,000 sources d'informations scientifiques, techniques, médicales... Les différentes bases de données sont identifiées par un numéro et on peut les interroger une par une ou plusieurs à la fois. Dans notre cas, il s'agit d'un domaine très vaste et il vaut mieux interroger les bases les unes après les autres pour ne pas être noyé sous les références.

Dialog offre la possibilité d'utiliser des opérateurs booléens : AND, OR, NOT, des opérateurs de troncature : ? pour la troncature infinie et ?? pour la troncature à une lettre et des opérateurs d'adjacence pour regrouper certains termes : (N) ; par exemple « Minimally(N)processed ». Les termes sont choisis en anglais parce que les publications sont majoritairement rédigées en anglais. Enfin, la recherche peut être limitée sur certains champs de l'enregistrement (DE=Descripteur et TI=Titre) et sur une période donnée.

Base de données PASCAL : on se place sur la base choisie à l'aide de la commande : b 144. PASCAL est une Base de données multidisciplinaire et multilingue. Elle couvre l'essentiel de la littérature mondiale en Sciences, Technologie et Médecine depuis 1973 (14,7 millions de références et 6 000 titres internationaux analysés).

| N° de la recherche | Termes recherchés et combinaisons de requêtes | Nombre de références |
|--------------------|---|----------------------|
| S1 | Prepared OR process? OR prepack? OR pack? | 1316428 |
| S2 | Fresh OR raw | 82093 |
| S3 | Vegetable? OR Fruit? | 136401 |

| | | |
|-----|--|-------|
| S4 | Salad? OR carrot? OR celery OR celeriac OR lettuce? OR Chicory OR Cabbage? OR Cauliflower OR Radish? OR Garlic OR Onion? | 22268 |
| S5 | (S1 OR S2)/TI, DE AND (S3 OR S4)/TI, DE | 7583 |
| S6 | S5 AND PY>=1997 | 2875 |
| S7 | MINIMALLY(N)PROCESSED/DE, TI | 106 |
| S8 | S3 AND S7 | 94 |
| S9 | S8 AND PY>=1997 | 64 |
| S10 | S9 NOT ENZYM?? | 51 |
| S11 | S3 AND PY>=1997 | 26235 |
| S12 | S11 AND (Disinfection OR Decontamination OR Chlorin??)/DE, TI | 247 |
| S13 | S12 AND (Fresh OR Raw)/DE, TI | 32 |

La recherche S6 donnant un trop grand nombre de références, il vaut mieux cibler les termes les plus couramment rencontrés dans les publications en laissant de côté les requêtes trop larges. En se contentant de croiser les recherches S3 et S7, on réduit nettement le nombre de réponses. Les publications concernant l'activité enzymatique des fruits et légumes ne nous intéressent pas, d'où l'exclusion du terme « Enzym?? ». Cette série de recherches aboutit à 51 résultats.

Une nouvelle recherche est réalisée sur les traitements de décontamination des fruits et légumes frais, qui donne finalement 32 résultats.

Parmi tous ces résultats un tri supplémentaire est nécessaire pour éliminer tout ce qui concerne : les produits transformés, les évolutions de couleur et de texture sous l'effet des activités enzymatiques des fruits et légumes, les effets de l'atmosphère modifiée sur les vitamines, les taux de respiration des fruits et légumes, les agents anti-brunissements, les opérations combinées à des traitements thermiques...

Base de données MEDLINE : on se place sur la base choisie à l'aide de la commande : b 155. Cette base américaine appartient à la NLM (National Library of Medicine). Elle contient des références issues de plus de 4600 revues dans le

domaine biomédical. Elle couvre la période de 1966 à aujourd’hui avec plus de 11 millions d’enregistrements.

| N° de la recherche | Termes recherchés et combinaisons de requêtes | Nombre de références |
|--------------------|---|----------------------|
| S1 | Vegetable? OR Fruit? | 31100 |
| S2 | Salad? OR carrot? OR celery OR celeriac OR lettuce? Chicory OR Cabbage? OR Cauliflower OR Radish? OR Garlic OR Onion? | 8917 |
| S3 | (S1 OR S2)/DE, TI | 21364 |
| S4 | S3 AND PY>=1997 | 6973 |
| S5 | PATHOGENS | 27984 |
| S6 | S4 AND S5 | 90 |

Medline étant une base de données médicales, il est intéressant de se focaliser sur le caractère pathogène lié à la consommation de végétaux. Il convient ensuite d’éliminer les références concernant les produits transformés, la génétique, les traitements liés à la production agricole (eau d’irrigation), les méthodes d’analyses...

3.1.1.2 ScienceDirect

Cette base de données bibliographiques ne comprend pas moins de 7000 journaux dans les domaines des sciences, des technologies et de la médecine.

Elle permet d’accéder entre autres aux bases de données publiées par Elsevier, en particulier EMBASE. Celle-ci traite de la pharmacologie et du domaine biomédical, elle contient plus de 7 millions d’enregistrements et chaque année plus de 400 000 références sont ajoutées. L’utilisation de EMBASE présente l’avantage d’avoir un thésaurus qui permet de sélectionner les termes suivants : microbiology, fruit, vegetable, microbial contamination, en précisant la période choisie de 1997 à maintenant.

Les références à éliminer concernent les contaminations en amont : la microbiologie du sol, l'irrigation, l'activité enzymatique des végétaux et les produits transformés.

Sur les 27 références trouvées, 15 ont été conservées.

3.1.1.3 Cambridge Scientific Abstracts

La base de données CSA en sciences biologiques du domaine sciences biologiques et médicales couvre un large éventail de disciplines de recherche : domaine biomédical, écologie, agriculture, sciences vétérinaires... Elle permet l'accès à plus de 6000 types de publications, ainsi qu'à des conférences, des rapports techniques, des monographies, des ouvrages et brevets sélectionnés. Elle couvre la période de 1982 à nos jours et est mise à jour tous les mois avec en moyenne 13670 nouveaux enregistrements. Au mois d'Avril 2002, cette base contenait plus de 2872707 enregistrements.

Ces bases de données indexent les références à partir d'un thésaurus « Life Sciences Thesaurus » qui permet de faciliter la recherche : l'utilisation d'un langage standard permet de retrouver un maximum de documents pertinents.

Les descripteurs qui correspondent à notre recherche sont les suivants : « pathogens », « fruits », « vegetables », « food quality », « chlorination », « salmonellosis » ; « disinfection », « decontamination », « food spoilage », « food-borne diseases », « refrigeration ».

- ❖ Une première équation a donc été testée dans ce grand domaine en utilisant les descripteurs suivants :

| |
|---|
| <p style="text-align: center;">DE=fruits OR DE=vegetables AND DE=pathogens, pour la période de 1997 à 2003</p> |
|---|

Cette requête a donné 1107 réponses (le 19/12/02), ce qui est beaucoup trop pour effectuer un tri. Il est donc nécessaire d'affiner la recherche en interrogeant les bases individuelles contenues dans les Sciences Biologiques.

Le CSA en sciences biologiques contient plusieurs bases de données intéressantes pour notre recherche :

La base « Bacteriology Abstracts » couvre des sujets très pointus en bactériologie : cette même requête a donné 20 réponses dont seulement 2 pertinentes car beaucoup concernent les maladies des végétaux aux champs qui entraînent des pertes avant la récolte.

La base « Health and Safety Science Abstracts », qui concerne la sécurité et la santé public, ainsi que l'hygiène industrielle n'utilise pas le thésaurus pour le référencement des articles, par conséquent les termes sont entrés comme mots-clés : KW=fruit* OR KW=vegetable* AND KW=pathogen*.

Cette base a donné 14 références dont 12 pertinentes, les autres concernaient les traitements d'irrigation des végétaux.

La base « Industrial and Applied Microbiology » qui couvre les domaines des industries agroalimentaires, chimiques et pharmaceutiques :

Cette base a donné 14 références dont 10 pertinentes, les autres concernent les pratiques culturales et les maladies qui dévastent les cultures avant la récolte.

La base « Plant Science » qui traite de tous les sujets associés aux plantes :

Cette base a donné beaucoup plus de résultats : 57 mais beaucoup de bruit aussi puisque seulement 22 références ont été gardées à cause des contaminations concernant des plantes exotiques que nous avons décidé de laisser de côté.

❖ Autres descripteurs utilisés :

| |
|---|
| <p>DE=((fruits) OR (vegetables)) AND DE=((chlorination) OR (disinfection) OR (decontamination) OR (refrigeration)), pour la période de 1997 à 2003</p> |
|---|

Cette nouvelle recherche a donné 5 résultats dans la base « Bacteriology Abstracts », et 16 résultats dans la base « Industrial and Applied Microbiology Abstracts » dont trois à éliminer car ils concernent des produits transformés.

Cette même base a produit 14 références dont deux hors-sujet sur des produits transformés et la microbiologie du sol avec la combinaison « fruits or vegetables and food quality » et 8 références avec « food-borne diseases ».

La recherche sur les mots-clés : « vegetable or fruit and minimally processed or ready-to-use » a donné 6 références avec la base « Health and Safety Science Abstracts ».

Remarque : certaines bases de données indexent les mêmes revues d'où l'obtention parfois de doublons, comme par exemple avec les bases « Bacteriology Abstracts » et « Industrial and Applied Microbiology » qui référencent la revue « Plant Disease ».

3.1.2 Les bases de données gratuites

Sur le répertoire des bases de données gratuites et disponibles sur Internet (DADI), la navigation dans la classification Dewey donne la catégorie « Sciences de la nature et mathématiques » qui contient 216 bases.

Une recherche avancée permet de mieux cibler les bases à consulter dans le domaine « Sciences de la vie » : 570-579, ce qui donne 27 résultats.

En particulier le site de l'Institut Allemand d'Information et de documentation médicale (DIMDI) donne accès à 70 bases en tout dont un tiers sont gratuites. Trois sources semblent intéressantes pour notre sujet : les deux premières sont laissées de côté car entièrement en langue allemande et donc difficilement exploitables, et la troisième concerne le portail de la « National Library of Medicine ».

La recherche en ligne permet de combiner des termes qui sont comparés aux descripteurs du Mesh (thésaurus de Medline). Ainsi la combinaison de « fruit » et « pathogen » donne la recherche suivante : fruit [Mesh Terms] AND Pathogenicity [Mesh Subheading]. On obtient ainsi 362 résultats de « Journal Citations » mais il y a beaucoup de bruit : les phytopathogènes, les moyens de lutte au champ, les produits exotiques, et beaucoup d'articles déjà trouvés par Medline. On ne retiendra donc que 2 références supplémentaires sans pousser la recherche davantage.

3.1.3 Les catalogues de bibliothèques

Le catalogue du Sudoc permet d'effectuer des recherches bibliographiques sur les collections des bibliothèques universitaires françaises et autres établissements d'enseignement supérieur, pour tous les types de documents et sur les collections

de périodiques de 2900 centres documentaires. La recherche sur les termes fruit, légume et microbiologie donne 14 résultats dont deux thèses intéressantes et une référence de guide de bonnes pratiques hygiéniques des végétaux crus prêts à l'emploi.

Le site de la Bibliothèque Nationale de France propose une recherche combinée par sujets avec la possibilité de sélectionner une période donnée. La combinaison de microbiologie et fruit* ou légume* ne donne aucune réponse alors qu'on obtient 200 entrées en se limitant au terme « microbiologie ». Les rubriques sont très larges mais la catégorie « Aliments – Contamination Aliments – Microbiologie » nous donne une référence intéressante sur la sécurité et la qualité des aliments.

3.2. Les annuaires

Leur intérêt réside dans une classification manuelle rigoureuse des ressources, au détriment de l'exhaustivité et des mises à jour.

Yahoo : Une recherche en mode avancé permet d'entrer plusieurs termes combinés entre eux : la requête a été faite sur « +vegetables +pathogens ». Cette simple requête produit 36 000 références. Il est nécessaire de restreindre la recherche en ajoutant des options : on peut choisir la langue (anglais), le pays (n'importe quel pays), la date de dernière mise à jour des pages (dans l'année passée) et l'endroit de la page où les termes ont été trouvés (titre de la page). Les résultats sont nettement moindres : 6 résultats, parmi lesquels des textes intégraux de publications au format PDF, déjà trouvés par les bases de données, et un rapport intéressant du Comité Scientifique sur l'Alimentation de la Commission européenne : Le risque de la contamination microbiologique des fruits et légumes consommés crus.

3.3. Les moteurs de recherche

Leurs index sont créés automatiquement, ce qui garantit une exhaustivité et une bonne mise à jour.

Scirus : Il s'agit d'un moteur de recherche spécialisé en information scientifique, produit par Elsevier.

Il offre la possibilité d'effectuer une recherche avancée en combinant les termes « fruits and pathogens » et en ajoutant les options suivantes : les thématiques

« agricultural and biological sciences, life sciences, medicine » et la date de publication : de 1997 à nos jours. Cette requête donne plus de 10 000 références que l'on peut préciser en choisissant l'un des mots-clés trouvés dans les résultats : foodborne pathogens, ce qui produit encore plus de 1000 résultats. Les références de journaux trouvées sont issues pour la plupart de Science Direct et Medline, déjà exploités auparavant. En revanche, elle donne accès à un rapport de l'USDA (Ministère de l'Agriculture américain) sur les nouvelles technologies de décontamination des fruits et légumes frais contenant des microorganismes pathogènes pour l'homme, ainsi que des adresses de sites spécialisés.

4. Les institutions spécialisées

INRA : L'Institut National de la Recherche Agronomique. Une visite de la Station de Technologie des Produits Végétaux de Montfavet, a permis de discuter avec un chercheur spécialiste de la microbiologie des fruits et légumes et de récupérer les travaux de synthèse de son équipe de recherche sur les végétaux frais et peu transformés. Cette antenne de l'INRA possède des références bibliographiques bien fournies dans le domaine.

Cette visite a permis de récolter une trentaine de références bibliographiques récentes et pertinentes.

CTIFL : Le Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes possède différentes antennes avec de la documentation : Le département informatique et documentation du siège à Paris n'a pas répondu à ma demande alors que les Centres de documentation de Lanxade et Bellegarde m'ont envoyé des références sur le sujet. L'un des centres m'a adressé une liste issue de l'interrogation suivante : DE=QUALITE MICROB* croisée avec DP=>1995, ce qui a entraîné pas mal de bruit compte-tenu de la largeur de la requête : sur 72 résultats, 29 ont été conservés.

5. Les résultats

| Source utilisée | Nombre de réponses | Nombre de documents pertinents | Taux de pertinence | Bruit |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|-------|
| CSA | 154 | 90 | 58,5% | 41,5% |
| Dialogweb : Pascal | 83 | 31 | 37% | 63% |
| Medline | 90 | 36 | 40% | 60% |
| Embase | 27 | 15 | 55,5% | 44,5% |
| CTIFL | 72 | 29 | 40% | 60% |

6. Bilan de la recherche

| Etapes de la recherche | Durée estimée | Coût* |
|--|---------------|-----------------------------|
| Réunions avec la commanditaire et choix des mots clés | 2 heures | 13.66 euros |
| Consultation des bases de données payantes (Dialogweb) | | 20.2\$, soit 18.37 euros |
| Connexion bases gratuites et autres sites | 20 heures | 136.6 euros |
| Impressions sur papier | | 15 euros |
| Appels téléphoniques aux institutions spécialisées | | 6,86 euros |
| Rendez-vous à l'INRA | 2 heures | 13.66 euros |
| PEB (Prêt entre bibliothèques) | | 4.5 euros |
| Saisie des références | 6 heures | 40.98 euros |
| Traduction des publications | 10 heures | 68.3 euros |
| Lecture / Rédaction du rapport | 50 heures | 341.5 euros |
| TOTAL | 90 heures | 659.43 euros |

* Application du taux horaire du SMIC : 6.83 €

7. Conclusion

Les sources d'information les plus intéressantes pour ce type de sujet de recherche bibliographique sont les bases de données scientifiques. Il est très important de consulter les différentes bases qui n'indexent pas les mêmes revues pour réaliser une recherche exhaustive sur le sujet. L'idéal est d'avoir accès aux textes intégraux des articles mais ce principe ne se développe que lentement à cause des problèmes de copyright. Un abonnement auprès d'Elsevier est très intéressant car il donne accès aux textes intégraux de nombreuses revues scientifiques.

La consultation des sites de périodiques en ligne a également été testée sur le Portail de l'Institut Pasteur : on peut y trouver des publications différentes des bases de données mais il est fastidieux de prendre toutes les revues une par une et l'accès aux textes intégraux n'est possible qu'avec un abonnement.

L'inconvénient de l'utilisation de plusieurs bases de données est la phase d'homogénéisation des références présentées différemment selon les bases. Bien qu'elle puisse être utile, la mise en relief des termes de la requête encadrés par des signes `*%*` sous Dialog entraîne une phase de remise en forme assez lourde. Le CSA présente l'avantage de répéter la requête dans l'en-tête de la liste des références bibliographiques. En revanche, les listes d'articles issus de Science Direct ne font apparaître à aucun moment l'objet de la recherche. Le fait d'utiliser plusieurs bases de données entraîne également de nombreux doublons dans les références.

Le tri des références n'a pas toujours été aisé compte-tenu de la complexité des aspects liés à la microbiologie de fruits et légumes, qui touchent à des domaines très variés : la génétique, les méthodes d'analyses, les modes de production agricole, les traitements, les produits transformés...

Synthèse bibliographique

1. La microbiologie des végétaux crus

1.1. La microflore des fruits et légumes crus

1.1.1 Quantité et types de microorganismes sur les végétaux crus

Compte-tenu de la grande diversité des conditions accompagnant la culture et la durée de vie des légumes après la récolte, le nombre de germes aérobies mésophiles* varie fortement en fonction des échantillons de produits. Les plus fortes concentrations ont été trouvées sur des pousses de salades et les plus faibles sur les feuilles intérieures des choux. Les variations sont fortes entre les échantillons d'un même légume. Il est par conséquent difficile d'en déduire des caractéristiques générales.

En ce qui concerne le type de microorganismes, la majorité des bactéries Gram négatif* identifiées sont des genres : *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter* spp.*, *Klebsiella* spp., *Serratia* spp., *Flavobacterium* spp., *Xanthomonas* spp., *Chromobacterium* spp. et *Alcaligenes* spp.

Les microorganismes pectinolytiques* sont souvent cités pour estimer le nombre de microorganismes d'altération dans la mesure où la dégradation enzymatique des polymères pectiques des cellules végétales est la principale cause du pourrissement. Les bactéries pectinolytiques identifiées sont : *Pseudomonas fluorescens*, *Cytophaga* spp. et *Erwinia* spp.

Parmi les bactéries lactiques les plus fréquemment trouvées sur les légumes se trouve le genre *Leuconostoc mesenteroides*.

Les levures identifiées appartiennent aux genres *Cryptococcus*, *Candida*, *Rhodotorula* et *Sporobolomyces*.

* Voir Glossaire

Les genres identifiés pour les moisissures sont : *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Phoma*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Epicoccum* et *Geotrichum*. [148].

Les microorganismes dangereux pour la santé publique : l'un des principaux indicateurs de contamination fécale est la présence d'*E. coli** mais dans la plupart des études réalisées, sa concentration est faible. Alors que certaines études associent la présence d'*E. coli*, sur les légumes crus, à une fréquence plus élevée de *Salmonella**, d'autres recherches n'ont réussi à prouver aucune relation entre ces deux germes. Même s'ils restent moins contaminés par des organismes pathogènes que la viande, les produits laitiers et les produits de la mer, les principaux agents à l'origine d'intoxications alimentaires ont été détectés sur des légumes [2]. Voir Tableaux en Annexe.

1.1.2 Effet des microorganismes sur la qualité et la sécurité des légumes

De nombreuses espèces microbiennes sont à l'origine d'altérations de légumes crus récoltés et donc de pertes de récoltes.

Il existe une grande variété d'agents d'altération capables ou non de se développer au cours du stockage. Certains microorganismes d'altération s'avèrent spécifiques à quelques espèces végétales alors que d'autres, tels que *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizopus stolonifer*...peuvent s'attaquer à une large gamme de produits. L'importance relative des microorganismes d'altération varie selon les pays et les climats.

La présence de microorganismes pathogènes sur les légumes peut être à l'origine d'intoxications alimentaires. Les légumes présentent en effet des conditions idéales à la survie et à la croissance de ces germes. Cela illustre bien la nécessité de pratiques hygiéniques pendant la culture et la préparation des produits. Les cas de *Salmonella*, *E. coli* O157 :H7, et de virus transmis par des fruits frais ou peu transformés viennent renforcer ce constat. [4] [8] [16].

1.1.3 Localisation des microorganismes sur les légumes

Pour des végétaux à feuilles organisées en « tête » (salades, choux...) il existe un gradient décroissant de contamination microbienne de l'extérieur vers l'intérieur avec très peu de microorganismes au cœur des légumes.

Sur les feuilles d'endives et les épinards, les bactéries ne sont pas dispersées sur la cuticule mais apparaissent sous forme de microcolonies emballées dans une matrice fibreuse.

Des bactéries ont été isolées à partir de tissus internes de concombres, tomates (au cœur de la tige), haricots verts, petits pois, pommes de terre. [148].

1.2. Les facteurs qui influencent la croissance et la survie des microorganismes

1.2.1 Les microorganismes épiphytes*

De nombreux microorganismes des légumes se développent pendant le stockage, même en conditions réfrigérées, ce qui concorde avec la forte proportion de microorganismes psychrotrophes trouvés dans plusieurs études. [41].

1.2.2 Développement d'altérations microbiennes :

Les légumes sains abritent souvent des microorganismes d'altération mais la dégradation est le résultat d'interactions complexes entre les facteurs virulents des agents d'altération et les mécanismes de défense des tissus végétaux.

Entrée des microorganismes : La surface des légumes présente des compositions et structures très variées : les stomates, cicatrices...représentent des voies d'entrée des microorganismes. Des craquelures peuvent apparaître au cours de la croissance et favoriser l'entrée de microorganismes. Bien que certains microorganismes puissent traverser la cuticule des légumes, la majorité pénètre par les tissus abîmés.

Nature de l'inoculum : Les agents fongiques à l'origine des maladies post-récoltes des légumes peuvent être : spores de conidia, mycelium, sclerotinia. Alors que le mycelium est généralement infectieux, les spores et les sclerotinia ont en général besoin de germer pour causer une infection. Leur germination dépend en général de la disponibilité en nutriments.

Facteurs virulents des microorganismes d'altération :

Enzymes cutinolytiques pour les microorganismes qui pénètrent dans les légumes à travers la cuticule.

Production de biosurfactants pour accroître le contact entre la bactérie et la surface du légume.

Les enzymes pectinolytiques jouent un rôle clef dans le développement des infections microbiennes.

L'acide oxalique produit agit en synergie avec les enzymes pectinolytiques en bloquant le calcium, ce qui affaiblit la paroi cellulaire, ou en abaissant le pH à un niveau plus favorable à l'activité enzymatique des pectinases fongiques. L'acide oxalique lui-même peut s'avérer toxique aux tissus hôtes et interférer avec les mécanismes de défense des tissus hôtes en inhibant les oxydases polyphénoliques.

Mécanismes de défense des végétaux :

Il existe à la fois des barrières contre les infections et des barrières induites en réponse aux infections.

Les enveloppes sont les premières barrières contre les microorganismes (cuticules, épidermes..)

La résistance des légumes aux infections peut s'expliquer par la présence de composés antimicrobiens préformés (composés phénoliques)

A noter également la synthèse de petites molécules appartenant à des groupes chimiques variés (phénoliques, terpénoïdes, alcaloïdes), avec des propriétés antimicrobiennes appelées phytoalexines.

Remarque : Dans beaucoup de légumes, la capacité de résistance aux microorganismes d'altération décroît pendant le stockage [148].

1.2.3 Sort des pathogènes alimentaires :

La survie ou la croissance des microorganismes pathogènes à la surface des légumes crus dépend essentiellement de la présence d'humidité, de la température et de l'exposition à la lumière.

La cohabitation avec d'autres microorganismes peut affecter la croissance et la survie des pathogènes : Bien que le pH de nombreux légumes soit favorable à la croissance des bactéries pathogènes, certains comme les tomates possèdent une gamme de pH (3.9 à 4.4) qui empêche ou retarde la croissance. Les levures et moisissures ont un avantage compétitif sur les bactéries parce qu'elles sont capables de pousser dans les gammes de pH les plus faibles caractéristiques de nombreux produits (2.2-5.0). Toutefois, certaines moisissures et levures utilisent les acides organiques, ce qui provoque une baisse de l'acidité et une augmentation du pH, permettant le développement de *C. botulinum* et la production de toxines.

Comportement des pathogènes dans les biofilms : Des agrégats microbiens qui peuvent abriter des bactéries, levures et moisissures dans la matrice ont été observés à la surface de végétaux, et sont appelés biofilms. La colonisation des fruits et légumes par des bactéries d'altération peut fournir un environnement protecteur aux pathogènes en réduisant l'efficacité des désinfectants et autres agents inhibiteurs. Les biofilms présents naturellement sur les pousses peuvent offrir des sites de colonisation protégés pour les pathogènes humains tels que *Salmonella* et *E. coli* O157:H7, rendant leur élimination par des agents antimicrobiens difficile.

La préparation peut amplifier le problème de la destruction et de l'élimination des pathogènes : L'infiltration de pathogènes à l'intérieur des fissures, crevasses, et espaces intercellulaires des fruits et légumes a été démontrée par de nombreux chercheurs. L'infiltration de tomates par *Salmonella* et *Erwinia carotovora* et de laitue, pommes et oranges par *E. coli* O157:H7 ont été décrites. Une fois installées dans ces niches écologiques les cellules peuvent survivre et proliférer jusqu'à atteindre de fortes proportions au moment de la consommation du produit contaminé. L'infiltration de pathogènes à l'intérieur des tissus des fruits et légumes dépend de la température, de la durée, de la pression et de la nature hydrophobe de la surface du produit. [46].

2. La microbiologie des végétaux prêts à l'emploi

Les légumes prêts à l'emploi ont subi des traitements sans effet létal sur les tissus végétaux (pas de traitement thermique, de congélation, de séchage...). Ils peuvent être pelés, découpés, lavés, désinfectés et sont souvent emballés dans des emballages polymères.

2.1. Les contaminations microbiennes des végétaux frais préparés

Les fruits et légumes de 4ème gamme constituent un milieu favorable à la croissance des microorganismes. Les caractéristiques principales des fruits et légumes frais sont :

- La présence de surfaces coupées, abîmées ou de tissus végétaux endommagés

- Le traitement minimum du produit n'assurant pas la stérilité ou la stabilité microbienne
- Le métabolisme actif des tissus végétaux
- Le confinement des produits

Ces éléments entraînent des conditions favorables à la prolifération des microorganismes. En outre le comportement de ceux-ci peut être influencé par le métabolisme végétal et l'atmosphère modifiée par la combinaison de la respiration du produit et de la perméabilité de l'emballage. [31].

Microorganismes saprophytes et d'altération : On retrouve à peu près les mêmes que sur les légumes crus. Les genres les plus nombreux sont : *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Erwinia* et *Rahnella*. Les microorganismes psychrotrophes constituent une part importante de la microflore. Les microorganismes pectinolytiques ont été identifiés par de nombreux auteurs en temps qu'agents potentiels d'altération. Les plus nombreux concernant les légumes peu transformés sont : *Pseudomonas fluorescens*, *P. paucimobilis*, *P. viridiflava*, *P. luteola*, *Xanthomonas maltophilia*, *Flavobacterium* spp., *Cytophaga* spp., *Vibrio fluvialis* et quelques champignons et levures pectinolytiques (*Mucor* spp., *Sclerotinia* spp., *Trichosporon* spp.). La principale différence entre les légumes non transformés et peu transformés est la forte proportion de bactéries lactiques et de levures trouvées dans ces derniers. Les bactéries lactiques prédominantes sont du genre *Leuconostoc* spp. et les levures identifiées appartiennent à de nombreux genres : *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Trichosporon*, *Pichia*, *Torulaspota*, et *Saccharomyces*.

Les microorganismes dangereux pour la santé publique : La plupart des études sur les pathogènes alimentaires présents dans les légumes préparés se focalisent sur *L. monocytogenes* à cause des risques de listériose. [23].

Effet de la préparation sur le nombre de microorganismes : Toutes les opérations de pelage, nettoyage, désinfection...participent à la diminution du nombre de microorganismes. Toutefois, certaines étapes peuvent augmenter la charge microbienne ou être source de contamination par des pathogènes alimentaires.

2.2. L'évolution des microorganismes au cours du stockage des produits peu transformés

2.2.1 Effet de la température de stockage sur l'altération microbienne

Deux facteurs sont à prendre en compte pour expliquer l'effet de la température en plus de son action directe sur le taux de croissance :

- la température de stockage influence le coefficient de respiration du produit et par conséquent les changements de l'atmosphère gazeuse dans l'emballage, qui peut jouer sur le comportement des microorganismes
- la température peut également influencer le degré de vieillissement des fruits et légumes emballés et par conséquent modifier l'environnement des microorganismes.

2.2.2 Effet des atmosphères modifiées sur l'altération microbienne

- Effet sur la microflore mésophile : la diversité microbienne est plus importante dans les sachets scellés (atmosphère modifiée). La croissance des bactéries mésophiles a été réduite et la stabilité du produit améliorée dans des sachets scellés où le taux de CO₂ était plus élevé.

Modes d'action possibles : En général, des concentrations en CO₂ entre 15 et 20% peuvent diminuer significativement le développement des microorganismes pectinolytiques et diminuer la propagation des pourritures pendant le stockage des fruits et légumes entiers. De telles concentrations sont fréquemment atteintes dans des emballages de légumes 4^{ème} gamme après quelques jours de température de réfrigération. Les températures de stockage jouent également sur l'influence des atmosphères modifiées dont les effets inhibiteurs diminuent quand la température augmente.

- Effet sur les bactéries lactiques : D'une manière générale une augmentation de la quantité de CO₂ ou une diminution de la quantité d'O₂ semblent favoriser la croissance des bactéries lactiques dans les végétaux de 4^{ème} gamme.
- Effet sur les levures et les moisissures : La croissance des levures n'est pas affectée par des atmosphères modifiées. En revanche, les moisissures qui sont des microorganismes aérobies sont susceptibles de voir leur croissance

inhibée par de fortes concentrations en CO₂ et de faibles concentrations en O₂. [31].

2.2.3 Développement de la flore pathogène dans les légumes peu transformés

- Effet de la température : Le stockage à des températures réfrigérées limite la croissance de la plupart des pathogènes d'origine alimentaire.
- Effet de l'atmosphère modifiée :

Sur *Clostridium botulinum* : La chute rapide de la concentration en oxygène autour des fruits et légumes frais stockés crée progressivement des conditions anaérobies favorables au développement de *C. Botulinum*.

Sur les autres microorganismes : D'après certains travaux, l'atmosphère modifiée n'est pas un moyen efficace pour diminuer la multiplication des pathogènes d'origine alimentaire (autre que *Clostridium botulinum*) dans les légumes frais.

- Interactions avec des microorganismes épiphytes : Les bactéries lactiques dominées par *Leuconostoc spp.* peuvent atteindre des proportions importantes dans les végétaux frais après quelques jours de stockage, notamment en cas de fortes concentrations en CO₂, sachant qu'une souche de *Leuconostoc spp.* produit des bactériocines actives contre *L. monocytogenes*.
- Influence des tissus végétaux : Les opérations de pelage, râpage,...des fruits et légumes entraînent les microorganismes de surface dans les tissus végétaux abîmés.

Effet du pH : Le pH de la plupart des légumes et de certains fruits favorisent la croissance des bactéries alimentaires.

Substances anti-microbiennes : Elles sont présentes dans de nombreux légumes. En général, beaucoup de composés impliqués dans les mécanismes de défense des fruits et légumes contre les parasites sont anti-microbiens. Toutefois la présence de ces substances dans un légume ne réduira pas nécessairement la croissance des microorganismes dans les produits préparés.

Nutriments : Les nutriments relâchés par les surfaces coupées des légumes frais augmentent la croissance des microorganismes. [31].

3. Le contrôle des microorganismes sur les végétaux frais

3.1. Prévention de la contamination

Une limite de 1000 coliformes fécaux pour 100ml d'eau d'irrigation a été proposée par l'Union européenne et les USA. Il faut également faire attention aux contaminations du sol. L'utilisation de semences saines est préconisée pour réduire les altérations post-récolte. La désinfection de l'eau de lavage des végétaux est primordiale.

3.2. Réduction de la contamination

Elle est réalisée en majorité par des traitements chimiques. Toutefois leur utilisation sur les légumes est limitée par différents facteurs :

- Les microorganismes peuvent ne pas être accessible à l'agent antimicrobien
- L'agent peut être phytotoxique
- Appliqué sous forme de solution aqueuse, il peut laisser de l'humidité disponible à la surface du légume, susceptible de favoriser le développement d'altérations.
- L'agent peut ne pas être autorisé pour des raisons de toxicité ou environnementales ou peut ne pas être accepté par les consommateurs.

Remarque : le chlore est interdit dans certains pays. [148].

L'irradiation semble plus efficace. Les applications de la législation et des systèmes d'assurance qualité pour contrôler la contamination, la survie et la croissance des microorganismes pathogènes d'origine alimentaire dans les fruits et légumes frais sont discutées [112].

3.3. Elimination des microorganismes par des agents chimiques et biologiques

Seulement quelques applications de produits chimiques post-récolte sont autorisés. Des produits naturels chimiques sont utilisés comme alternative aux fongicides, ainsi que des antagonistes microbiens. Exemple d'inoculation de *Lactobacillus casei* sur des légumes frais : la multiplication des bactéries mésophiles est réduite mais le pH diminue significativement et il n'y a pas d'indication sur l'apparence des produits traités [133].

3.4. Inhibition des microorganismes par le contrôle des conditions de stockage

Réfrigération : Celle-ci est largement utilisée pour le stockage des légumes crus ou frais peu transformés. La réfrigération pendant le transport et la vente au détail est obligatoire en France. Toutefois l'efficacité de la réfrigération est limitée par différents facteurs :

- Lorsque les récoltes de légumes crus sont transférées directement en chambre froide il faut un certain temps pour que la température ciblée soit atteinte au cœur du produit, ce qui laisse le temps aux non psychrotrophes de se développer. Un refroidissement rapide est souvent recommandé avant le stockage. Soit par hydrocooling (attention à la désinfection de l'eau qui sert au refroidissement), par refroidissement à l'air ou par le vide.
- Pour les produits qui nécessitent une réfrigération tout au long de leur durée de vie, les fluctuations de température sont susceptibles de se produire pendant le transport et la distribution.
- Les températures suffisamment faibles pour restreindre la croissance et l'altération de microorganismes causent des dommages à certaines cultures. Ce qui peut accroître l'altération microbienne, soit par des psychrotrophes au cours du stockage réfrigéré ou lorsque le produit est ramené à température ambiante.
- Les chambres froides traditionnelles peuvent causer la déshydratation des légumes stockés, ce qui peut réduire la résistance à des infections microbiennes et augmenter l'altération.
- Les fluctuations de température peuvent causer une condensation susceptible de faciliter la pénétration de microorganismes d'altération.

Modification de l'atmosphère de stockage : L'effet primaire de l'atmosphère modifiée est la réduction de la respiration du produit et par conséquent le délai des changements physiologiques, qui peut aussi réduire l'altération microbienne. Cette atmosphère modifiée est soit générée et contrôlée dans la pièce de stockage, soit générée de manière passive par la respiration des végétaux dans les emballages scellés. Dans cette dernière, la composition de l'atmosphère tend vers un équilibre

qui est fonction du taux de respiration, de la perméabilité du film d'emballage et de l'espace initial libre dans l'emballage.

3.5. Utilisation de la physiologie des légumes pour limiter l'altération microbienne

- Accélération de la cicatrisation des blessures par le séchage à l'air avant le stockage : patates, oignons, carottes...
- Traitement de régulation de croissance pour retarder le vieillissement des tissus et leur dégradation.
- Renforcement des parois cellulaires par des traitements calciques, soit appliqués directement sur les végétaux après récolte ou comme fertilisants pendant la culture au champ.
- La contamination induit des réactions de défense contre les microorganismes d'altération

3.6. Cultivars résistants

Il semble que certains cultivars soient plus sensibles que d'autres aux altérations microbiennes et que l'on puisse par transformation génétique augmenter la réaction de défense de certains légumes. Il existe toutefois un risque de production de composés antimicrobiens néfastes à la qualité du produit : amertume, toxicité...

3.7. Spécifications microbiennes

Les critères microbiologiques des légumes frais peu transformés ont été publiés dans les pays européens tels que la France, l'Allemagne et l'Angleterre. Il n'existe pas de spécifications microbiennes pour les légumes crus, à moins qu'ils ne soient incorporés dans un procédé de fabrication alimentaire. [148].

Conclusion

Le développement des légumes prêts à l'emploi a mis l'accent sur les problèmes microbiologiques liés à la consommation des légumes frais. Il est impossible de supprimer les microorganismes et la croissance et la survie de la plupart des microorganismes pathogènes est possible. De tels produits ne sont pas intrinsèquement sûrs par rapport aux intoxications alimentaires. La sécurité réside essentiellement dans la prévention de la contamination depuis le champ jusqu'à la préparation, dans la définition d'une date limite d'utilisation raisonnable et dans la réfrigération.

Il est nécessaire de définir des bonnes pratiques pour l'achat des végétaux crus et pour leur transformation, d'avoir une législation permettant de minimiser les risques de contamination pendant la culture et les écarts de température au cours du transport et du stockage. La contamination des légumes aux champs dépend des pratiques agricoles mais aussi de problèmes environnementaux plus généraux, tels que la pollution des ressources en eau ou l'utilisation d'engrais d'origine animale pour les traitements.

La volonté d'utiliser des pratiques moins nocives pour l'environnement pourrait conduire à la réduction de l'utilisation de désinfectants chimiques dans les unités de production de végétaux ou pourrait augmenter le coût de leur utilisation à cause du traitement des rejets. Le développement de l'agriculture biologique pourrait influencer la microbiologie des légumes, bien que la chaleur produite au cours de la fabrication du compost devrait inactiver les formes végétatives des bactéries pathogènes.

L'amélioration des techniques post-récolte telles que le stockage réfrigéré de certains légumes traditionnellement gardés dans le sol pendant l'hiver, réduit la fréquence de certains microorganismes d'altération mais l'augmente pour d'autres. La forte évolution des techniques agricoles modifie également les causes d'altérations, comme par exemple les tomates hors-sol dont l'altération dépend du micro-climat sous serre.

Glossaire

Bacillus cereus : Cette bactérie, présente dans la terre et la poussière, forme des spores, qui la rendent plus résistante à l'environnement. On la trouve dans les produits secs (épices, céréales, légumes secs...) et les produits qui en sont dérivés. *Bacillus cereus* devient dangereux lorsqu'il se multiplie. Il provoque des vomissements ou des diarrhées selon la toxine produite.

Bactéries épiphytes : Bactéries qui se trouvent à la surface des feuilles des végétaux.

Campylobacter spp. : Les réservoirs des *Campylobacter* sont les oiseaux sauvages (pigeons dans les villes) et les animaux domestiques. On les trouve dans les viandes de volaille et de porc et dans le lait cru. La contamination des aliments est fécale par les mains mal lavées (WC), lors de l'éviscération de la volaille ou par manque d'hygiène. Les contaminations croisées dans les cuisines sur des aliments servis sans cuisson sont possibles.

Entérobactériacées : Ce sont des hôtes très nombreux de l'intestin des humains et des animaux, mais on trouve certaines espèces aussi dans l'environnement. Les produits crus sont donc souvent contaminés par ces bactéries.

Escherichia coli : Ils proviennent exclusivement de l'intestin de l'homme et des animaux. Dans une denrée alimentaire, ils signifient donc contamination d'origine fécale. Certains types peuvent provoquer des maladies gastro-intestinales. Leur présence signifie danger pour la santé.

Germes aérobies mésophiles : Le taux de germes aérobies mésophiles est une mesure qui représente toutes les bactéries, levures et moisissures présentes dans le produit au moment de l'analyse. Un taux élevé signifie qu'une contamination inopportune a eu lieu ou s'est développée. Les causes principales sont la mauvaise qualité hygiénique des matières premières ou des déficiences lors de la fabrication, voire un entreposage inadéquat. Le produit se conserve mal et s'altère rapidement. Sa valeur intrinsèque est diminuée et le risque pour la santé est augmenté.

Gram négatif : La manière la plus simple d'identifier une bactérie est de lui faire une coloration de Gram. Cette méthode permet de séparer les bactéries en deux

grandes catégories : les Gram positif et les Gram négatif. Ces dernières sont plus complexes et possèdent une double membrane (interne et externe). Entre les deux, si l'on prend une bactérie pathogène, la gram négatif sera la plus dangereuse. Ceci provient du fait de l'existence de la membrane externe qui en plus de protéger la bactérie est souvent toxique.

Levures et moisissures : Elles se trouvent dans l'environnement des denrées alimentaires. Hormis dans les produits où elles sont ajoutées volontairement, elles signifient altération de la denrée. Un grand nombre de moisissures peuvent former des toxines dangereuses (mycotoxines). Des produits moisissés ne doivent plus être consommés.

Listeria monocytogenes : Elle contamine l'environnement des locaux de production, où elle peut être introduite par le matériel, le personnel ou les aliments crus. La listériose, maladie d'origine alimentaire, est très grave, souvent mortelle.

Microorganismes pectinolytiques : bactéries dégradant la pectine, constituant majeur des parois végétales.

Salmonella spp. : Les salmonelles se trouvent dans les intestins des animaux et de l'homme. Il existe des porteurs sains qui ne développent pas la maladie, mais qui excrètent des germes de temps à autre. Elles peuvent contaminer les produits carnés (viandes de volaille en particulier), les oeufs, les préparations lactées, les produits de la mer, les végétaux.

Staphylocoques : Les muqueuses du nez et de la gorge, les blessures purulentes ainsi que la peau peuvent héberger le staphylocoque doré. Lors de toux, d'éternuements ou de contact avec la peau infectée, les germes parviennent dans les denrées alimentaires. Le staphylocoque produit une toxine violente, qui n'est pas détruite par la cuisson. Celle-ci provoque une intoxication alimentaire spectaculaire.

Références bibliographiques

1. Publications

1.1. La microbiologie des végétaux crus

- [1] **DAS CHAGAS O., FREIRE F., KOZAKIEWICZ Z., PATERSON RRM.** *Mycoflora and mycotoxins in Brazilian black pepper, white pepper and Brazil nuts.* Mycopathologia, 2000, vol. 149, n° 1, pp. 13-19
- [2] **FAIN ALFRED R.** *A Review of the Microbiological Safety of Fresh Salads, Dairy.* Food and Environmental Sanitation, 1996, vol. 16, n° 3, pp. 146-149.
- [3] **HAMILTON-MILLER J.M., SHAH S.** *Identity and antibiotic susceptibility of enterobacterial flora of salad vegetables.* International journal of antimicrobial agents (Netherlands), 2001, vol. 18, n° 1, pp. 81-83.
- [4] **HILBORN E.D., MERMIN J.H., MSHAR P.A., et al.** *A multistate outbreak of Escherichia coli O157:H7 infections associated with consumption of mesclun lettuce.* Archives of Internal Medicine, 1999, vol. 159, pp. 1758-1764.
- [5] **JUN SOO KANG, DONG SUN LEE.** *Susceptibility of minimally processed green pepper and cucumber to chilling injury as observed by apparent respiration rate.* International journal of food science & technology, 1997, vol. 32, n° 5, pp. 421-426.
- [6] **LAI DOU I.A., THANASSOULOPOULOS C.C., LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES M.** *Diffusion of patulin in the flesh of pears inoculated with four post-harvest pathogens.* Journal of Phytopathology, 2001, vol. 149, n° 7-8, pp. 457-461.
- [7] **LIAO CHING-HSING, FETT W.F.** *Analysis of Native Microflora and Selection of Strains Antagonistic to Human Pathogens on Fresh Produce.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 8, pp. 1110-1115.
- [8] **LONG S.M., ADAK G.K., O'BRIEN S.J., et al.** *General outbreaks of infectious intestinal disease linked with salad vegetables and fruit, England and Wales, 1992-2000.* Communicable disease and public health / PHLS (England), 2002, vol. 5, n° 2, pp. 101-105.
- [9] **LUKASIK J., SCOTT T.M., FARRAH S.R., et al.** *Elution, Detection, and Quantification of Polio I, Bacteriophages, Salmonella Montevideo, and Escherichia coli O157:H7 from Seeded Strawberries and Tomatoes.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 3, pp. 292-297.

- [10] **MCMAHON MAS., WILSON IG.** *The occurrence of enteric pathogens and Aeromonas species in organic vegetables.* International Journal of Food Microbiology, 2001, vol. 70, n° 1-2, pp. 155-162.
- [11] **MENG J., DOYLE M.P.** *Introduction. Microbiological food safety,* Microbes and Infection, 2002, vol. 4, n° 4, pp. 395-397.
- [12] **NORTHROP-CLEWES C.A., SHAW C.** *Parasites.* British medical bulletin (England), 2000, vol. 56, n° 1, pp. 193-208.
- [13] **PROCTOR M.E., HAMACHER M., TORTORELLO M.L., ET AL.** *Multistate Outbreak of Salmonella Serovar Muenchen Infections Associated with Alfalfa Sprouts Grown from Seeds Pretreated with Calcium Hypochlorite.* Journal of Clinical Microbiology, 2001, vol. 39, n° 10, pp. 3461-3465.
- [14] **ROBERTSON L.J., JOHANNESSEN G.S., GJERDE B.K., et al.** *Microbiological analysis of seed sprouts in Norway.* International Journal of Food Microbiology, 2002, vol. 75, n° 1-2, pp. 119-126.
- [15] **SEWELL A.M., FARBER J.M.** *Foodborne Outbreaks in Canada Linked to Produce.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 11, pp. 1863-1877.
- [16] **SEYMOUR I.J., APPLETON H.** *Foodborne viruses and fresh produce.* Journal of applied microbiology, 2001, vol. 91, n° 5, pp. 759-773.
- [17] **THUNBERG RICHARD L., TRAN TONY T., BENNETT REGINALD W., et al.** *Microbial evaluation of selected fresh produce obtained at retail markets.* Journal of food protection (United States), 2002, vol. 65, n° 4, pp. 677-682.
- [18] **WACHTEL MARIAN R., CHARKOWSKI AMY O.** *Cross-contamination of lettuce with Escherichia coli O157:H7.* Journal of food protection (United States), 2002, vol. 65, n° 3, pp. 465-470.

1.2. La microbiologie des végétaux prêts à l'emploi

- [19] **AHVENAINEN R.** *New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. Review.* Trends in Food Science & Technology, 1996, vol. 7, pp. 179-186.
- [20] **AMANATIDOU A., SLUMP R.A., GORRIS L.G.M., et al.** *High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots.* Journal of Food Science, 2000, vol. 65, n° 1, pp. 61-66.
- [21] **BHARATHI S., RAMESH M.N., et al.** *Predicting the behavioural pattern of Escherichia coli in minimally processed vegetables.* Food Control, 2002, vol. 12, n° 5, pp. 275-284.
- [22] **CARMICHAEL I., HARPER I.S., COVENTRY M.J. et al.** *Bacterial colonization and biofilm development on minimally processed vegetables.* Aquatic

- microbiology*. Journal of applied microbiology, 1999, Suppl., vol. 85, pp. 45S-51S.
- [23] **DE CURTIS MARIA LUISA, FRANCESCHI OLGAMAR, DE CASTRO NORMA.** *Listeria monocytogenes in vegetables minimally processed*. Archivos latinoamericanos de nutricion (Venezuela), 2002, vol. 52, n° 3, pp. 282-288.
- [24] **EDGAR ROBERT., AIDOO KOFI E.** *Microflora of blanched minimally processed fresh vegetables as components of commercial chilled ready-to-use meals*. International journal of food science & technology, 2001, vol. 36, n° 1, pp. 107-110.
- [25] **FRANCIS G.A., THOMAS C., O'BEIRNE D.** *The microbiological safety of minimally processed vegetables. Review*. International Journal of Food Science and Technology, 1999, n° 34, pp. 1-22.
- [26] **GUNES G., SPLITTSTOESSER D.F., LEE CHANG Y.** *Microbial quality of fresh potatoes : Effect of minimal processing*. Journal of Food Protection, 1997, vol. 60, n° 7, pp. 863-866.
- [27] **HEARD G.** *Microbial safety of ready-to-eat salads and minimally processed vegetables and fruits*. Food Australia, 1999, vol. 51, n° 9, pp. 414-420.
- [28] **KELLY W.J., DAVEY G.P., WARD L.J.** *Characterization of lactococci isolated from minimally processed fresh fruit and vegetables*. International Journal of Food Microbiology, 1998, vol. 2, n° 45, pp. 85-92.
- [29] **MAISTRO L.C.** *Minimally processed lettuce : A review*. Revista de Nutricao, 2001, vol. 14, n° 3, pp. 219-224.
- [30] **MURILLO FREIRE J.R., ROBBS C.F.** *Isolation and identification of pathogenic bacteria in minimally processed hydroponic lettuce*. Alimentaria, 2000, n° 309, pp. 55-60.
- [31] **NGUYEN-THE C., CARLIN F.** *The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1994, vol. 34, n° 4, pp. 371-401.
- [32] **ODUMERU J.A., MITCHELL S.J., ALVES D.M., et al.** *Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for health-care food services*. Journal of Food Protection, 1997, vol. 60, n° 8, pp. 954-960.
- [33] **PIROVANI M.E, GUEEMES D.R., PIAGENTINI A.M., et al.** *Storage quality of minimally processed cabbage packaged in plastic films*. Journal of food quality, 1997, vol. 20, n° 5, pp. 381-389.
- [34] **PIROVANI M.E., PIAGENTINI A.M., GUEEMES D.R., et al.** *Quality of minimally processed lettuce as influenced by packaging and chemical treatment*. Journal of food quality, 1998, vol. 21, n° 6, pp. 475-484.

- [35] **RAFII F., LUNSFORD P.** *Survival and detection of Shigella flexneri in vegetables and commercially prepared salads.* Journal of AOAC International, 1997, vol. 80, n° 6, pp. 1191-1197.
- [36] **RIVA M., FRANZETTI L., GALLI A.** *Microbiological quality and shelf life modeling of ready-to-eat cicorino.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 2, pp. 228-234.
- [37] **ROBERT D. HAGENMAIER, ROBERT A. BAKER.** *A survey of the Microbial Population and Ethanol Content of Bagged Salad.* Journal of Food Protection, 1998, vol. 61, n° 3, pp. 357-359.
- [38] **SAGOO S., LITTLE C., MITCHELL R.** *The microbiological examination of ready-to-eat organic vegetables from retail establishments in the United Kingdom.* Letters in Applied Microbiology, 2001, vol. 33, n° 6, pp. 434-439.
- [39] **SCHUENZEL K.M., HARRISON M.A.** *Microbial Antagonists of Foodborne Pathogens on Fresh, Minimally Processed Vegetables.* Journal of Food Protection, 2002, vol. 65, n° 12, pp. 1909-1915.
- [40] **SENESI E., PRINZIVALLI C., SALA M., et al.** *Physicochemical and microbiological changes in fresh-cut green bell pepper as affected by packaging and storage.* Italian Journal of Food Science, 2000, vol. XII, n° 1, pp. 55-64.
- [41] **SZABO E., SCURRAH K., BURROWS J.** *Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce.* Letters in Applied Microbiology, 2000, vol. 30, n° 6, pp. 456-460.
- [42] **THOMAS C., O'BEIRNE D.** *Evaluation of the impact of short-term temperature abuse on the microbiology and shelf life of a model ready-to-use vegetable combination product.* International Journal of Food Microbiology, 2000, vol. 59, n° 1-2, pp. 47-57.

1.3. Les facteurs qui influencent la croissance et la survie des microorganismes

- [43] **AHVENAINEN R.T., HURME E.U., HAGG M., et al.** *Shelf-life of prepeeled potato cultivated, stored, and processed by various methods.* Journal of Food Protection, 1998, vol. 61, n° 5, pp. 591-600.
- [44] **AMANATIDOU A., SMID E.J., GORRIS L.G.** *Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable-associated micro-organisms.* Journal of Applied Microbiology, 1999, vol. 3, n° 86, pp. 429-438.
- [45] **BENNIK M.H., VORSTMAN W., SMID E.J., et al.** *The influence of oxygen and carbon dioxide on the growth of prevalent Enterobacteriaceae and Pseudomonas species isolated from fresh and controlled-atmosphere-stored vegetables.* Food Microbiology, 1998, vol. 15, n° 5, pp. 459-469.

- [46] **BEUCHAT LR.** *Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables.* *Microbes and Infection*, 2002, vol. 4, n° 4, pp. 413-423.
- [47] **BREIDT F., FLEMING HP.** *Modeling of the competitive growth of Listeria monocytogenes and Lactococcus lactis in vegetable broth.* *Applied and Environmental Microbiology*, 1998, vol. 9, n° 64, pp. 3159-3165.
- [48] **CAMPO J.D., CARLIN F., NGUYEN-THE C.** *Effects of epiphytic Enterobacteriaceae and pseudomonas on the growth of Listeria monocytogenes in model media.* *Journal of Food Protection*, 2001, vol. 5, n° 64, pp. 721-724.
- [49] **CARLIN F., NGUYEN-THE C., ABREU DA SILVA A.** *Factors affecting the growth of Listeria monocytogenes on minimally processed fresh endive.* *Journal of Applied Bacteriology*, 1995, vol. 6, n° 78, pp. 636-646.
- [50] **CASTORIA R., DE CURTIS F., LIMA G., ET AL.** *Aureobasidium pullulans (LS-30) an antagonist of postharvest pathogens of fruits : Study on its modes of action.* *Postharvest Biology and Technology*, 2001, vol. 22, n° 1, pp. 7-17.
- [51] **CONWAY W.S., LEVERENTZ B., SAFTNER R.A., et al.** *Survival and Growth of Listeria monocytogenes on Fresh-Cut Apple Slices and Its Interaction with Glomerella cingulata and Penicillium expansum.* *Plant Disease*, 2000, vol. 84, n° 2, pp. 177-181.
- [52] **CROCI L., DE MEDICI D., SCALFARO C., et al.** *The survival of hepatitis A virus in fresh produce.* *International Journal of Food Microbiology*, 2002, vol. 73, n° 1, pp. 29-34.
- [53] **FRANCIS G.A., O'BEIRNE D.** *Effects of the indigenous microflora of minimally processed lettuce on the survival and growth of Listeria innocua.* *International journal of food science & technology*, 1998, vol. 33, n° 5. pp. 477-488.
- [54] **FRANCIS G.A., O'BEIRNE D.** *Effects of vegetable type, package atmosphere and storage temperature on growth and survival of Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes.* *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology. Abstract*, 2001, vol. 27, n° 2, pp. 111-116.
- [55] **GUO X., CHEN J., BRACKETT R.E. et al.** *Survival of Salmonella on tomatoes stored at high relative humidity, in soil, and on tomatoes in contact with soil.* *Journal of Food Protection*, 2002, vol. 65, n° 2, pp. 274-279.
- [56] **ITURRIAGA M.H., ARVIZU-MEDRANO S.M., ESCARTIN E.F.** *Behavior of Listeria monocytogenes in avocado pulp and processed guacamole.* *Journal of Food Protection*, 2002, vol. 65, n° 11, pp. 1745-1749.
- [57] **JACXSENS L., DEVLIEGHIERE F., FALCATO P., et al.** *Behavior of Listeria monocytogenes and Aeromonas spp. on fresh-Cut Produce Packaged under Equilibrium-Modified Atmosphere.* *Journal of Food Protection*, 1999, vol. 62, n° 10, pp. 1128-1135.

- [58] **JACXSENS L., DEVLIEGHIERE F., VAN DER STEEN C., et al.** *Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce.* International Journal of Food Microbiology, 2001, vol. 2-3, n° 71, pp. 197-210.
- [59] **JACXSENS L., DEVLIEGHIERE F., DEBEVERE J.** *Predictive modelling for packaging design : Equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a stimulated distribution chain.* International Journal of Food Microbiology, 2002, vol. 73, n° 2-3, pp. 331-341.
- [60] **JACXSENS L., DEVLIEGHIERE F., DEBEVERE J.** *Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh produce.* Postharvest Biology and Technology, 2002, vol. 26, n° 1, pp. 59-73.
- [61] **KAKIOMENOU K., TASSOU C., NYCHAS G.J.** *Survival of Salmonella enteritidis and Listeria monocytogenes on salad vegetables.* World Journal of Microbiology and Biotechnology, 1998, vol. 14, n° 3, pp. 383-387.
- [62] **KNUDSEN D.M., YAMAMOTO S.A., HARRIS L.J.** *Survival of Salmonella spp. and Escherichia coli O157:H7 on Fresh and Frozen Strawberries.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 10, pp. 1483-1488.
- [63] **KOSEKI SHIGENOBU, ITOH KAZUHIKO.** *Prediction of microbial growth in fresh-cut vegetables treated with acidic electrolyzed water during storage under various temperature conditions.* Journal of food protection, 2001, vol. 64, n° 12, pp. 1935-1942.
- [64] **LAMIKANRA O., CHEN J.C., BANKS D., et al.** *Biochemical and microbial changes during the storage of minimally processed cantaloupe.* Journal of agricultural and food chemistry, 2000, vol. 48, n° 12, pp. 5955-5961.
- [65] **Marques PAHF., Worcman-Barninka D., Lannes SCS., et al.** *Acid Tolerance and Survival of Escherichia coli O157:H7 Inoculated in Fruit Pulps Stored under Refrigeration.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 11, pp. 1674-1678.
- [66] **MARY J. FINN, MARY E. UPTON.** *Survival of Pathogens on Modified-Atmosphere-Packaged Shredded Carrot and Cabbage.* Journal of Food Protection, 1997, vol. 60, n° 11, pp. 1347-1350.
- [67] **MEMBRE J.M., GOUBET D., KUBACZKA M.** *Influence of salad constituents on growth of Pseudomonas marginalis: A predictive microbiology approach.* Journal of Applied Bacteriology, 1995, vol. 79, n° 6, pp. 603-608.
- [68] **PIAGENTINI A.M., PIROVANI M.E., GUEEMES D.R., et al.** *Survival and growth of Salmonella hadar on minimally processed cabbage as influenced by storage abuse conditions.* Journal of Food Science, 1997, vol. 62, n° 3, pp. 616-618,631 (4 p.).

- [69] **PINGULKAR K., KAMAT A., BONGIRWAR D.** *Microbiological quality of fresh leafy vegetables, salad components and ready-to-eat salads: An evidence of inhibition of Listeria monocytogenes in tomatoes.* International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2001, vol. 52, n° 1, pp. 15-23.
- [70] **SPADARO D., VOLA R., PIANO S., et al.** *Mechanisms of action and efficacy of four isolates of the yeast Metschnikowia pulcherrima active against postharvest pathogens on apples.* Postharvest Biology and Technology, 2002, vol. 24, n° 2, pp. 123-134.
- [71] **TAKEUCHI KAZUE., HASSAN A.N., FRANK J.F.** *Penetration of Escherichia coli O157:H7 into Lettuce as Influenced by Modified Atmosphere and Temperature.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 11, pp. 1820-1823.
- [72] **VISWANATHAN P., KAUR R.** *Prevalence and growth of pathogens on salad vegetables, fruits and sprouts.* International journal of hygiene and environmental health (Germany), 2001, vol. 203, n° 3, pp. 205-213.

1.4. Le contrôle de la qualité microbiologique des végétaux frais

- [73] **ANNOUS B.A., SAPERS G.M., MATTRAZZO A.M., et al.** *Efficacy of Washing with a Commercial Flatbed Brush Washer, Using Conventional and Experimental Washing Agents, in Reducing Populations of Escherichia coli on Artificially Inoculated Apples.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 2, pp. 159-163.
- [74] **ARRAS G., ARRU S.** *Integrated control of postharvest citrus decay and induction of phytoalexins by Debaryomyces hansenii.* Advances in Horticultural Science, 1999, vol. 13, n°2, pp. 76-81.
- [75] **ARRAS G., USAI M.** *Fungitoxic activity of 12 essential oils against four postharvest citrus pathogens : Chemical analysis of Thymus capitatus oil and its effect in subatmospheric pressure conditions.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 7, pp. 1025-1029.
- [76] **AYHAN Z., CHISM G.W., RICHTER E.R.** *The shelf-life of minimally processed fresh cut melons.* Journal of food quality, 1998, vol. 21, n° 1, pp. 29-40.
- [77] **BAI J.H., SAFTNER R.A., WATADA A.E., et al.** *Modified atmosphere maintains quality of Fresh-cut cantaloupe (Cucumis melo L.).* Journal of Food Science, 2001, vol. 66, n° 8, pp. 1207-1211.
- [78] **BALDWIN E.A., NISPEROS-CARRIEDO M.O., BAKER R.A.** *Use of edible coatings to preserve quality of lightly (and slightly) processed products.* Critical Review in Food Science and Nutrition, 1995, vol. 6, n° 35, pp. 509-524.
- [79] **BENNIK MH., VAN OVERBEEK W., SMID E.J., et al.** *Biopreservation in modified atmosphere stored mungbean sprouts : the use of vegetable-associated bacteriocinogenic lactic acid bacteria to control the growth of Listeria*

- monocytogenes*. Letters in Applied Microbiology, 1999, vol. 3, n° 28, pp. 226-232.
- [80] **BEUCHAT L.R., RYU J.H.** *Produce handling and processing practices*. Emerging Infectious Diseases, 1997, vol. 3, n° 4, [np].
- [81] **BEUCHAT L.R., NAIL B.V., ADLER B.B., et al.** *Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes, and lettuce*. Journal of Food Protection, 1998, vol. 61, n° 10, pp. 1305-1311.
- [82] **BEUCHAT L. R.** *Survival of enterohemorrhagic Escherichia coli O157:H7 in bovine feces applied to lettuce and the effectiveness of chlorinated water as a disinfectant*. Journal of Food Protection, 1999, vol. 62, n°8, pp. 845-849.
- [83] **BEUCHAT L.R., FARBER J.M., GARRETT E.H., et al.** *Standardization of a method to determine the efficacy of sanitizers in inactivating human pathogenic microorganisms on raw fruits and vegetables*. Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 7, pp. 1079-1084.
- [84] **BIDAWID S., FARBER J.M., SATTAR S.A.** *Contamination of foods by food handlers: experiments on hepatitis A virus transfer to food and its interruption*. Applied and environmental microbiology, 2000, vol. 66, n° 7, pp. 2759-2763.
- [85] **BRACKETT R.E.** *Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce*. Postharvest Biology and Technology, 1999, vol. 15, n° 3, pp. 305-311.
- [86] **BREIDT F., P. FLEMING H.** *Using Lactic Acid Bacteria to Improve the Safety of Minimally Processed Fruits and Vegetables*. Food Technology, 1997, vol. 51, n° 9, pp. 44-51.
- [87] **BURNETT S.L., BEUCHAT L.R.** *Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination*. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2000, vol. 25, n° 6, pp. 281-287.
- [88] **BURNETT S.L., BEUCHAT L.R.** *Human pathogens associated with raw produce and unpasteurized juices, and difficulties in decontamination*. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2001, vol. 27, n° 2, pp. 104-110.
- [89] **BURNETT A.B., BEUCHAT L.R.** *Comparison of sample preparation methods for recovering Salmonella from raw fruits, vegetables, and herbs*. Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n°10, p1459-1465.
- [90] **DELAQUIS SCAL., STEWART SANDRA., CAZAUX SANDRA., et al.** *Survival and growth of Listeria monocytogenes and Escherichia coli O157:H7 in ready-to-eat iceberg lettuce washed in warm chlorinated water*. Journal of Food Protection, 2002, vol. 65, n° 3, pp. 459-464.

- [91] **ENDLEY SEEMA., LU LINGENG., VEGA EVERARDO., et al.** *Male-specific coliphages as an additional fecal contamination indicator for screening fresh carrots.* Journal of Food Protection, 2003, vol. 66, n° 1, p88-93.
- [92] **ESCUDERO M.E., VELAZQUEZ L., DI GENARO M.S.** *Effectiveness of various disinfectants in the elimination of Yersinia enterocolitica on fresh lettuce.* Journal of Food Protection, 1999, vol. 62, n° 6, pp. 665-669.
- [93] **FAN Q., TIAN S.** *Postharvest biological control of grey mold and blue mold on apple by Cryptococcus albidus (Saito) Skinner.* Postharvest Biology and Technology, 2001, vol. 21, n° 3, pp. 341-350.
- [94] **FISHER C.W., LEE D., DODGE B.A., et al.** *Influence of catalase and superoxide dismutase on ozone inactivation of Listeria monocytogenes.* Applied and Environmental Microbiology, 2000, vol. 66, n° 4, pp. 1405-1409.
- [95] **FRANCIS G.A., O'BEIRNE D.** *Effects of gas atmosphere, antimicrobial dip and temperature on the fate of Listeria innocua and Listeria monocytogenes on minimally processed lettuce.* International journal of food science & technology, 1997, vol. 32, n° 2, pp. 141-151.
- [96] **FRANZETTI L., GALLI A.** *Microbial quality indicators in minimally processed stick carrots.* Annali di microbiologia ed enzimologia, 1999, vol. 49, n°2, pp. 137-144.
- [97] **HARRIS L.J., BEUCHAT L.R., KAJA T.M., et al.** *Efficacy and Reproducibility of a Produce Wash in Killing Salmonella on the Surface of Tomatoes Assessed with a Proposed Standard Method for Produce Sanitizers.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 10, pp. 1477-1482.
- [98] **HOOVER D.G.** *Minimally processed fruits and vegetables : Reducing microbial load by nonthermal physical treatments.* Food technology, 1997, vol. 51, n° 6, pp. 66-71.
- [99] **JANISIEWICZ W.J., CONWAY W.S., LEVERENTZ B.** *Biological control of postharvest decays of apple can prevent growth of Escherichia coli O157:H7 in apple wounds.* Journal of Food Protection, 1999, vol. 62, n° 12, pp. 1372-1375.
- [100] **JANISIEWICZ W.J., KORSTEN L.** *Biological control of postharvest diseases of fruits.* Annual Review of Phytopathology, 2002, vol. 40, pp. 411-441.
- [101] **JAYAS D.S., JEYAMKONDAN S.** *Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables.* Biosystems engineering, 2002, vol. 82, n° 3, pp. 235-251.
- [102] **FARKAS JÓZSEF, SÁRAY TAMÁS, MOHÁCSI-FARKAS CSILLA, et al.** *Effects of low-dose gamma radiation on shelf-life and microbiological safety of pre-cut/prepared vegetables.* Adv. Food Sci. (CTML), 1997, vol. 19, n° 3/4, pp. 111-119.

- [103] **KARABULUT O.A., BAYKAL N.** *Evaluation of the use of microwave power for the control of postharvest diseases of peaches.* Postharvest Biology and Technology, 2002, vol. 26, n° 2, pp. 237-240.
- [104] **KENNEY S.J., BURNETT S.L., BEUCHAT L.R.** *Location of Escherichia coli O157:H7 on and in Apples as Affected by Bruising, Washing, and Rubbing.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 9, pp. 1328-1333.
- [105] **LI Y., BRACKETT R.E., CHEN J., et al.** *Survival and Growth of Escherichia coli O157:H7 Inoculated onto Cut Lettuce Before or After Heating in Chlorinated Water, Followed by Storage at 5 or 15°C.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 3, pp. 305-309.
- [106] **LIMA G., DE CURTIS F., CASTORIA R., et al.** *Activity of the yeasts Cryptococcus laurentii and Rhodotorula glutinis against post-harvest rots on different fruits.* Biocontrol Science and Technology, 1998, vol. 8, n° 2, pp. 257-267.
- [107] **LIN CHIA-MIN, KIM JEONGMOK, DU WEN-XIAN, et al.** *Bactericidal Activity of Isothiocyanate against Pathogens on Fresh Produce.* Journal of Food Protection, 2000, vol. 63, n° 1, pp. 25-30.
- [108] **LOPES J.A.** *Susceptibility of antibiotic-resistant and antibiotic-sensitive foodborne pathogens to acid anionic sanitizers.* Journal of Food Protection, 1998, vol. 61, n° 10, pp. 1390-1395.
- [109] **LUKASIK J., BRADLEY M.L., SCOTT T.M., et al.** *Elution, detection, and quantification of polio I, bacteriophages, Salmonella montevideo, and Escherichia coli O157:H7 from seeded strawberries and tomatoes.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 3, pp. 292-297.
- [110] **MCCLURE P.J., HALL S.** *Survival of Escherichia coli in foods. Symposium series.* Society for Applied Microbiology, 2000, n° 29, pp. 61S-70S.
- [111] **MCGUIRE R.G., HAGENMAIER R.D.** *Shellac Formulations To Reduce Epiphytic Survival of Coliform Bacteria on Citrus Fruit Postharvest.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 11, pp. 1756-1760.
- [112] **MOLINS R.A., MOTARJEMI Y., et al.** *Irradiation: a critical control point in ensuring the microbiological safety of raw foods.* Food Control, 2001, Vol. 12, n° 6, pp. 347-356.
- [113] **NIGRO F., IPPOLITO A., LATTANZIO V., et al.** *Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry.* Journal of Plant Pathology, 2000, vol. 82, n° 1, pp. 29-37.
- [114] **NUNES C., USALL J., TEIXIDO N., et al.** *Biological control of postharvest pear diseases using a bacterium, Pantoea agglomerans CPA-2.* International Journal of Food Microbiology, 2001, vol. 70, n° 1-2, pp. 53-61.

- [115] **NUNES C., USALL J., TEIXIDO N., et al.** *Control of post-harvest decay of apples by pre-harvest and post-harvest application of ammonium molybdate.* Pest Management Science, 2001, vol. 57, n° 12, pp. 1093-1099.
- [116] **ORSAT V., GARIEPY Y., et al.** *Radio-frequency treatment for ready-to-eat fresh carrots.* Food Research International, 2001, vol. 34, n° 6, pp. 527-536.
- [117] **PIROVANI M.E., GUEMES D.R., DI PENTIMA JH., et al.** *Survival of Salmonella hadar after washing disinfection of minimally processed spinach.* Letters in Applied Microbiology, 2000, vol. 2, n° 31, pp. 143-148.
- [118] **PORDESIMO L.O., WILKERSON E.G., WOMAC A.R., et al.** *Process Engineering Variables in the Spray Washing of Meat and Produce.* Journal of Food Protection, 2002, vol. 65, n° 1, pp. 222-237.
- [119] **REDDY MVB., ANGERS P., GOSSELIN A., et al.** *Characterization and use of essential oil from Thymus vulgaris against Botrytis cinerea and Rhizopus stolonifer in strawberry fruits.* Phytochemistry, 1998, vol. 47, n° 8, pp. 1515-1520.
- [120] **RAJKOWSKI K.T., THAYER D.W.** *Reduction of Salmonella spp. and strains of Escherichia coli O157:H7 by gamma radiation of inoculated sprouts.* Journal of food protection, 2000, vol. 63, n° 7, pp. 871-875.
- [121] **RAJKOWSKI K.T., THAYER D.W.** *Alfalfa seed germination and yield ratio and alfalfa sprout microbial keeping quality following irradiation of seeds and sprouts.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 12, pp. 1988-1995.
- [122] **HAGENMAIER ROBERT D., BAKER ROBERT A.** *Low-Dose Irradiation of Cut Iceberg Lettuce in Modified Atmosphere Packaging.* Journal of agricultural and food chemistry. 1997, vol. 45, pp. 2864-2868.
- [123] **ROBERTSON L.J., GJERDE B.** *Factors Affecting Recovery Efficiency in Isolation of Cryptosporidium Oocysts and Giardia Cysts from Vegetables for Standard Method Development.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 11, pp. 1799-1805.
- [124] **SAPERS G.M., MILLER R.L., PILIZOTA V., et al.** *Antimicrobial treatments for minimally processed cantaloupe melon.* Journal of Food Science, 2001, vol. 66, n° 2, pp. 345-349.
- [125] **SAPERS G.M., SIMMONS G.F.** *Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables.* Food technology, 1998, vol. 52, n° 2, pp. 48-52.
- [126] **SCOUTEN A.J., BEUCHAT L.R.** *Combined effects of chemical, heat and ultrasound treatments to kill Salmonella and Escherichia coli O157:H7 on alfalfa seeds.* Journal of Applied Microbiology, 2002, vol. 92, n° 4, pp. 668-674.
- [127] **SCHOELLER N.P., INGHAM S.C., INGHAM B.H.** *Assessment of the potential for Listeria monocytogenes survival and growth during alfalfa sprout*

- production and use of ionizing radiation as a potential intervention treatment.* Journal of Food Protection, 2002, vol. 65, n° 8, pp. 1259-1266.
- [128] **SIMONS L.K., SANGUANSRI P.** *Advances in the washing of minimally processed vegetables.* Food Australia, 1997, vol. 49, n° 2, pp. 75-80.
- [129] **TAKEUCHI KAZUE, FRANK JF.** *Direct Microscopic Observation of Lettuce Leaf Decontamination with a Prototype Fruit and Vegetable Washing Solution and 1% NaCl-NaHCO sub(3).* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 8, pp. 1235-1239.
- [130] **TAPIA DE DAZA MS., ALZAMORA SM., CHANES JW.** *Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods.* Critical Reviews in Food Science And Nutrition, 1996, vol. 6, n° 36, pp. 629-659.
- [131] **TAUXE R., KRUSE H., HEDBERG C., et al.** *Microbial hazards and emerging issues associated with produce. A preliminary report to the National Advisory Committee on Microbiologic Criteria for Foods.* Journal of Food Protection, 1997, vol. 60, n° 11, pp. 1400-1408.
- [132] **TIAN S., FAN Q., XU Y., et al.** *Biocontrol efficacy of antagonist yeasts to gray mold and blue mold on apples and pears in controlled atmospheres.* Plant Disease, 2002, vol. 86, n° 8, pp. 848-853.
- [133] **TORRIANI S., ORSI C., VESCOVO M.** *Potential of Lactobacillus casei, culture permeate, and lactic acid to control microorganisms in ready-to-use vegetables.* Journal of Food Protection. 1997, vol. 60, n° 12, pp. 1564-1567.
- [134] **UKUKU DIKE O., FETT WILLIAM.** *Behavior of Listeria monocytogenes inoculated on cantaloupe surfaces and efficacy of washing treatments to reduce transfer from rind to fresh-cut pieces.* Journal of Food Protection, 2002, vol. 65, n° 6, pp. 924-930.
- [135] **UKUKU DIKE O., SAPERS GERALD M.** *Effect of sanitizer treatments on Salmonella Stanley attached to the surface of cantaloupe and cell transfer to fresh-cut tissues during cutting practices.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 9, pp. 1286-1291.
- [136] **VENKITANARAYANAN K.S., LIN C.M., BAILEY H., et al.** *Inactivation of Escherichia coli O157:H7, Salmonella Enteritidis, and Listeria monocytogenes on Apples, Oranges, and Tomatoes by Lactic Acid with Hydrogen Peroxide.* Journal of Food Protection, 2002, vol. 65, n° 1, pp. 100-105.
- [137] **VINAS I., USALL J., TEIXIDO N., et al.** *Biological control of major postharvest pathogens on apple with Candida sake.* International Journal of Food Microbiology, 1998, vol. 40, n° 1-2, pp. 9-16.
- [138] **WATADA A.E., LING QI.** *Quality control of minimally-processed vegetables.* **In** : International symposium on quality of fresh and fermented vegetables, 27-30 October 1997, Seoul. Acta horticulturae, 1999, n°483, pp. 209-219.

- [139] **WEISSINGER W.R., CHANTARAPANONT W., BEUCHAT L.R.** *Survival and growth of Salmonella baieldon in shredded lettuce and diced tomatoes, and effectiveness of chlorinated water as a sanitizer.* International Journal of Food Microbiology, 2000, vol. 62, n°. 1-2, pp. 123-131.
- [140] **Yu K., Newman M.C., Archbold D.D., et al.** *Survival of Escherichia coli O157:H7 on Strawberry Fruit and Reduction of the Pathogen Population by Chemical Agents.* Journal of Food Protection, 2001, vol. 64, n° 9, pp. 1334-1340.

2. Ouvrages

- [141] **ALZAMORA STELLA M, TAPIA MARIA S., LOPEZ-MALO AURELIO.** *Minimally processed fruit and vegetables : Fundamental Aspects and Application.* An Aspen Publication, Gaithersburg, MD, 2000, 360 p. ISBN 0-8342-1672-8.
- [142] **BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F., ZUCCA J.** *Microbiologie alimentaire.* **In** : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1. 2^e éd. Paris ; Londres ; New York : Technique et Documentation-Lavoisier, 1996. ISBN 2-7430-0037-6.
- [143] **COMMISSION EUROPÉENNE. COMITÉ SCIENTIFIQUE SUR L'ALIMENTATION.** *Risk Profile on the Microbiological Contamination of Fruits and Vegetables Eaten Raw.* 29 avril 2002, 45 p. Consultable sur http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out125_en.pdf
- [144] **CTIFL.** *Guides de bonnes pratiques hygiéniques des végétaux crus prêts à l'emploi.* Les éditions du Journal officiel, 1996, 71 p. ISBN 2-11-074163-5.
- [145] **EGLI T., KOSTER W., MEILE L.** *Pathogenic Microbes in Water and Food.* FEMS Microbiology Reviews (Special Issues), 2000, vol. 26, n° 2, 116 p.
- [146] **IUMS-ICFMH.** *14th International Symposium on Gram-Negative Pathogens in Food.* Bolkesjö, Telemark, Norway, 14-19 August 1990. International Journal of Food Microbiology (Special Issues), 1991, vol. 12, n° 4, 102 p.
- [147] **JOUVE J.L.** *La Qualité microbiologique des aliments, Maîtrise et critères,* CNERNA – CNRS, 2^eme édition, 1996, ISBN 2-84054-040-1.
- [148] **NGUYEN-THE C., CARLIN F.** *Fresh and Processed Vegetables.* **In** : The microbiological safety and quality of food. Lund Barbara M., Baird-Parker Tony C., Gould Grahame W. 1999, vol. 1. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. ISBN 0-8342-1323-0.

3. Thèses

- [149] RAVIART C. *Flore microbienne des végétaux prêts à l'emploi dits de la quatrième gamme*. Th. doct. Pharm. : Paris 5, 1990, 66 p.
- [150] VIAL C. *Contribution à la mise au point de tranches de kiwi de 4ème gamme : études biochimiques et microbiologiques*. Th. doct. Biochim cell. et moléculaire : Montpellier 2, 1992, 93 p.

4. Sites web

- [151] <http://www.afnor.fr/portail/>
Le site de l'Association Française de Normalisation, visité le 27/11/02, comporte les guides de bonnes pratiques.
- [152] <http://www.afssa.fr/>
Le site de l'Association Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, visité le 27/11/02, comporte des dossiers sur la qualité des aliments issus de l'agriculture biologique.
- [153] <http://www.codexalimentarius.net/>
Le site du codex alimentarius, issu d'un programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, visité le 20/02/03 ,donne accès à tous les textes de base sur l'hygiène alimentaire, classés par produit.
- [154] <http://europa.eu.int/>
Le site de la Communauté Européenne, visité le 27/11/02, donne accès au réseau de sécurité alimentaire de la Communauté Européenne.
- [155] <http://www.fda.gov/>
Le site de la « Food and Drug Administration » dépendant du ministère de la santé américain, visité le 20/02/03 permet de commander des guides sur la sécurité alimentaire en matière de fruits et légumes.
- [156] <http://www.plus-securite.com/asp/alimentaire/alimfruitsetlegumfrais.asp>
Le portail de la sécurité alimentaire, visité le 27/11/02, contient un dossier sur les mesures pour réduire les risques de contamination des fruits et légumes frais.
- [157] <http://www.usda.gov/>
Le site de l'USDA (Ministère de l'Agriculture américain), visité le 20/02/03 donne accès à un rapport sur les nouvelles technologies de décontamination des fruits et légumes frais contenant des microorganismes pathogènes pour l'homme.

Annexe

Table 1
Examples of pathogenic bacteria isolated from raw vegetables ^a

| Vegetable | Country | Pathogen | Prevalence ^b |
|------------------|-------------|-------------------------|-------------------------|
| Alfalfa sprouts | USA | <i>Aeromonas</i> | |
| | USA | <i>S. Meleagridis</i> | |
| | USA | <i>Bacillus cereus</i> | |
| Alfalfa seeds | USA | <i>S. Havana</i> | |
| | | <i>S. Cubana</i> | |
| | | <i>S. Tennessee</i> | |
| | USA | <i>S. Newport</i> | |
| | Denmark | | |
| Artichoke | Spain | <i>Salmonella</i> | 3/25 (12%) |
| Asparagus | USA | <i>Aeromonas</i> | |
| Bean sprouts | Malaysia | <i>L. monocytogenes</i> | 6/7 (85%) |
| | Sweden | <i>Salmonella</i> | |
| | Thailand | <i>Salmonella</i> | 30/344 (8.7%) |
| Beet leaves | Spain | <i>Salmonella</i> | 4/52 (7.7%) |
| Broccoli | USA | <i>Aeromonas</i> | |
| | USA | <i>Aeromonas</i> | 5/16 (31.3%) |
| Cabbage | Canada | <i>L. monocytogenes</i> | 2/92 (2.2%) |
| | Mexico | <i>E. coli</i> O157:H7 | 1/4 (25.0%) |
| | Peru | <i>Vibrio cholerae</i> | |
| | Spain | <i>Salmonella</i> | 7/41 (17.1%) |
| Carrots | Sri Lanka | <i>L. monocytogenes</i> | 6/18 (33%) |
| | USA | <i>L. monocytogenes</i> | 1/92 (1.1%) |
| Cauliflower | Lebanon | <i>Staphylococcus</i> | (14.3%) |
| Celery | Netherlands | <i>Salmonella</i> | 1/13 (7.7%) |
| | | <i>Salmonella</i> | 1/23 (4.5%) |
| | USA | <i>Aeromonas</i> | |
| Chili | Mexico | <i>E. coli</i> O157:H7 | 6/34 (17.6%) |
| | Spain | <i>Salmonella</i> | 2/26 (7.7%) |
| Cilantro | Surinam | <i>Salmonella</i> | 5/16 (31.3%) |
| Coriander | Mexico | <i>E. coli</i> O157:H7 | 8/41 (19.5%) |
| Cress sprouts | Mexico | <i>E. coli</i> O157:H7 | 2/20 (20.0%) |
| Cucumber | USA | <i>B. cereus</i> | |
| | Malaysia | <i>L. monocytogenes</i> | 4/5 (80%) |
| | Pakistan | <i>L. monocytogenes</i> | 1/5 (6.7%) |
| Egg plant | USA | <i>L. monocytogenes</i> | 2/92 (2.2%) |
| Endive | Netherlands | <i>Salmonella</i> | 2/13 (1.5%) |
| Fennel | Netherlands | <i>Salmonella</i> | 2/26 (7.7%) |
| Green onion | Italy | <i>Salmonella</i> | 4/89 (71.9%) |
| Leafy vegetables | Canada | <i>Campylobacter</i> | 1/40 (2.5%) |
| | Malaysia | <i>L. monocytogenes</i> | 5/22 (22.7%) |
| | Canada | <i>Campylobacter</i> | 2/67 (3.1%) |
| | Italy | <i>Salmonella</i> | 82/120 (68.3%) |
| | Lebanon | <i>Staphylococcus</i> | (14.3%) |
| | Malaysia | <i>L. monocytogenes</i> | 1/28 (3.6%) |
| | Netherlands | <i>Salmonella</i> | 2/28 (7.1%) |
| | Spain | <i>Salmonella</i> | 5/80 (6.3%) |
| | Sri Lanka | <i>L. monocytogenes</i> | 10/20 (50%) |
| | USA | <i>Aeromonas</i> | |
| Mungbean sprouts | UK | <i>S. Saint-Paul</i> | |
| Mushrooms | US | <i>C. jejuni</i> | 3/200 (1.5%) |
| Mustard cress | UK | <i>S. Gold-Coast</i> | |
| Mustard sprouts | USA | <i>B. cereus</i> | |
| Parsley | Canada | <i>Campylobacter</i> | 1/42 (2.4%) |
| | Egypt | <i>Shigella</i> | 1/250 (0.4%) |
| | Lebanon | <i>Staphylococcus</i> | (7.7%) |
| | Spain | <i>Salmonella</i> | 1/23 (4.3%) |

| Vegetable | Country | Pathogen | Prevalence ^b |
|------------------|------------------|--------------------------|-------------------------|
| Pepper | Canada | <i>Campylobacter</i> | 1/63 (1.6%) |
| | USA | <i>Aeromonas</i> | |
| | Sweden | <i>Salmonella</i> | |
| Potatoes | USA | <i>L. monocytogenes</i> | 19/70 (27.1%) |
| | USA | <i>L. monocytogenes</i> | 28/132 (21.2%) |
| Prepacked salads | Canada | <i>Campylobacter</i> | 2/74 (2.7%) |
| | Northern Ireland | <i>L. monocytogenes</i> | 3/21 (14.3%) |
| | UK | <i>L. monocytogenes</i> | 4/60 (13.3%) |
| Radish | Lebanon | <i>Staphylococcus</i> | (6.3%) |
| | USA | <i>L. monocytogenes</i> | 25/68 (36.8%) |
| | USA | <i>L. monocytogenes</i> | 19/132 (14.4%) |
| Salad greens | Egypt | <i>Salmonella</i> | 1/250 (0.4%) |
| | UK | <i>S. aureus</i> | 13/256 (5.1%) |
| Salad vegetables | Egypt | <i>Shigella</i> | 3/250 (1.2%) |
| | Egypt | <i>S. aureus</i> | 3/36 (8.3%) |
| | Germany | <i>L. monocytogenes</i> | 6/263 (2.3%) |
| | Northern Ireland | <i>L. monocytogenes</i> | 4/16 (25%) |
| | UK | <i>Y. enterocolitica</i> | 4/16 (25%) |
| | UK | <i>L. monocytogenes</i> | 2/108 (1.8%) |
| Seed sprouts | Canada | <i>Staphylococcus</i> | 13/45 (24%) |
| Soybean sprouts | USA | <i>B. cereus</i> | |
| Spinach | Canada | <i>Campylobacter</i> | 2/60 (3.3%) |
| | Spain | <i>Salmonella</i> | 2/38 (5.2%) |
| | USA | <i>Aeromonas</i> | |
| Sprouting seeds | USA | <i>B. cereus</i> | 56/98 (57%) |
| Tomato | Pakistan | <i>L. monocytogenes</i> | 2/15 (13.3%) |
| Vegetables | Egypt | <i>Salmonella</i> | 2/250 (0.8%) |
| | France | <i>Y. enterocolitica</i> | 4/58 (7%) |
| | France | <i>Y. enterocolitica</i> | 15/30 (50%) |
| | Iraq | <i>Salmonella</i> | 3/43 (7.0%) |
| | Italy | <i>L. monocytogenes</i> | 7/102 (6.9%) |
| | Italy | <i>Y. enterocolitica</i> | 1/102 (1.0%) |
| | Spain | <i>L. monocytogenes</i> | 8/103 (7.8%) |
| | Spain | <i>Salmonella</i> | 46/849 (5.4%) |
| | Taiwan | <i>L. monocytogenes</i> | 6/49 (12.2%) |
| | UK | <i>L. monocytogenes</i> | 4/64 (6.2%) |
| | USA | <i>Salmonella</i> | 4/50 (8.0%) |