

鲜切果蔬病原微生物侵染及其生物控制的研究进展

刘程惠¹, 胡文忠^{1,*}, 何煜波¹, 王雅楠², 陈晨¹

(1.大连民族学院生命科学院, 辽宁大连 116600;

2.中科院大连化学物理研究所, 辽宁大连 116023)

摘要:病原微生物的侵染不但影响鲜切果蔬的质量安全,还会危害人类健康。本文概述了新型鲜活农产品—鲜切果蔬病原微生物的种类、污染源、感染率、生长特点及影响因素等研究进展,并介绍了这些病原微生物的生物控制的研究概况。

关键词:鲜活农产品,鲜切果蔬,病原微生物,侵染,防治

Research progress in biological control and microbial pathogens infection of fresh-cut fruits and vegetables

LIU Cheng-hui¹, HU Wen-zhong^{1,*}, HE Yu-bo¹, WANG Ya-nan², CHEN Chen¹

(1.College of Life Science, Dalian Nationalities University, Dalian 116600, China;

2.Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023, China)

Abstract: Microbial pathogens infections does not only influence the safety of fresh-cut fruits and vegetables, but also damage human being's health. In this paper, the research progress of species, sources, incidence, growth characteristics and influence factors of microbial pathogens on fresh produce—fresh-cut fruits and vegetables were reviewed, in addition, the research of biological control measures on microbial pathogens were introduced.

Key words: fresh agricultural products; fresh-cut fruits and vegetables; microbial pathogens; infection; control

中图分类号: TS201.6

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)18-0362-05

鲜切果蔬(Fresh-cut fruits and vegetables)作为一种新型鲜活农产品是供消费者立即食用或餐饮业使用的一种新型果蔬加工产品。在我国,鲜切果蔬作为一种新型食品工业产品正在国内兴起,处于起步阶段,由于鲜切果蔬具有自然、新鲜、卫生、方便,尤其是安全和环保等特点,加之现代生活节奏和休闲消费的快速发展,鲜切果蔬正日益受到广泛的关注。但是,鲜切果蔬属于低酸性食品,具有较高的含水量,再加上较大的切割表面,极易招致病原微生物的侵染,危害人类健康^[1]。鲜切果蔬产品易感染的食源性病原菌包括:大肠杆菌O157:H7(*E.coli*)^[2]、李斯特

菌(*Listeria*)^[3]、沙门氏菌(*Salmonella*)^[2,4]、志贺氏杆菌属(*Shigella* spp.)以及假单菌(*Pseudomonadaceae*)^[5]。据报道,在北美和欧洲曾多次因沙门氏菌、大肠杆菌等致病菌感染而引发中毒事件,严重地危害了人们的身体健康和生命^[6]。本文将就鲜活农产品—鲜切果蔬相关食源性病原菌种类、污染源、感染率、生长特点、影响因素以及生物控制等研究进展作一概述。

1 主要病原微生物的来源、生长特点以及影响因素

在多种鲜切果蔬中分离到了很多病原菌,但是,不是所有病原菌都与食源性疾病的爆发有关。事实上任何一种病原菌都具有潜在的致病性,但是只有少数几种与鲜切产品有关。可引起致病的病原菌有:李斯特菌(*Listeria*)、大肠杆菌O157:H7(*E.coli*)、沙门氏菌(*Salmonella*)、志贺氏杆菌属(*Shigella* spp.)和金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*);潜在的危害

收稿日期:2012-02-17 * 通讯联系人

作者简介:刘程惠(1979-),女,硕士,工程师,研究方向:食品科学。

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2012BAD38B05);国家自然科学基金资助项目(31172009,30972038)。

[13] 杨国愉,皇甫恩,苗丹民,等. 人参皂甙对睡眠剥夺大鼠行为的影响[J]. 中国行为医学科学,2001,10(2):84-86.

[14] 王旭峰,何计国,陈阳,李欣,等. 酸枣仁皂苷的提取及改善睡眠功效的研究[J]. 食品科学,2006,27(4):226-229.

[15] 徐露,董志,黄彦. 绞股蓝总皂甙催眠作用的实验研究[J].

重庆科技学院学报:自然科学版,2006,8(4):19-20.

[16] 郝昭琳,江璐,车会莲,石宝霞,等. 栀子苷和栀子黄色素改善睡眠作用的研究[J]. 食品科学,2009,30(15):208-210.

[17] 张若洁,王鲁峰,徐永霞,等. 芦笋中甾体皂苷结构和功能特性的研究进展[J]. 食品科学,2011,32(1):291-296.

病原菌有:弯曲杆菌属(*Campylobacter* spp.)、蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、肠结肠耶氏杆菌(*Yersinia enterocolitica*)、非蛋白肉毒杆菌(*Cl.botulinum*)B、E、F类型^[7-9]。此外,鲜切果蔬的病原微生物还有病毒以及寄生虫。

1.1 令人担忧的病原微生物种类

1.1.1 单增李斯特菌(*Listeria monocytogenes*) 单增李斯特菌是食源性病原菌之一,有时会造成大规模的感染。生菜以及其他的未加工蔬菜是李斯特菌的潜在载体^[9]。1989~1999年,对意大利^[10]和加拿大的生菜、芹菜、萝卜和番茄样品进行调查,没有发现李斯特菌^[12]。2005~2006年对西班牙的236个鲜切蔬菜样品检测,其中2个样品感染了李斯特菌,而在21个鲜切水果样品中没有发现李斯特菌^[3]。研究者推断:新鲜果蔬感染李斯特菌的概率将会是0%~44%^[13]。由于李斯特菌在自然环境下能够广泛传播,所以它是与鲜切果蔬相关的重要人类病原菌^[14]。2011年9月在美国爆发的哈密瓜李斯特菌中毒事件已导致全美16人死亡,另外还有72人生病,疫情发生在18个州,成为过去十年里杀伤力最强的食物中毒事件。李斯特菌的最低生长温度为0℃,最低pH为4.5~5。高氧气调和低氧气调包装都能降低鲜切甘蓝李斯特菌的数量,但高氧气调效果更好,真空包装不能减少鲜切甘蓝李斯特菌的数量^[15]。另有报道已经证明胡萝卜的结构对于抗李斯特菌有重要作用^[16]。

1.1.2 大肠杆菌O157:H7(*E.coli*) 大肠杆菌是一种致病性的并且低剂量就可感染的病原微生物^[17]。生的和半熟的牛科动物是大肠杆菌O157:H7的主要食物来源,但是由水果、蔬菜和水的污染而引起的大肠杆菌O157:H7的感染已迅速增加。大肠杆菌O157:H7曾经在豆芽菜和蔬菜沙拉中被分离出来^[18]。

大肠杆菌O157:H7的生存和生长模式取决于蔬菜的类型、包装条件、贮藏温度以及菌株的类型^[19]。大肠杆菌O157:H7能在室温下储藏两天后的处于萌芽期的苜蓿芽上生长繁殖。不同品种的苹果在24℃的温度下储藏6d后,大肠杆菌O157:H7能够以指数的形式在苹果切割表面进行繁殖^[20]。生菜在5℃的温度下储藏18d,大肠杆菌O157:H7的数量下降大约1个数量级,但是在15℃时会增加大约3个数量级^[21]。在12~21℃的温度下,大肠杆菌O157:H7能够在切碎的生菜、胡萝卜以及黄瓜切片上繁殖,当温度为25℃时,能够在瓜块上繁殖。5℃时,大肠杆菌O157:H7能够在瓜块上生存34h,但在切碎的生菜、胡萝卜以及切成片的黄瓜上能够生存14d^[22]。大肠杆菌O157:H7既能在较高的温度下生长,也能在较低的温度下生存,而且它的感染剂量较低,因此即使它少量的存在于农产品上,也会严重威胁公众的健康。2011年,德国爆发“毒黄瓜”事件,其黄瓜由于受出血性大肠杆菌的感染已导致14人死亡,引起了国内外的广泛关注。

与普通包装相比,气调包装能够有效的延长鲜切生菜的货架期,但是贮藏后期大肠杆菌O157:H7的数量依旧明显增加。研究人员发现虽然大肠杆菌O157:H7能够在鲜切苹果上生存,但是当采用较高的二氧化

碳浓度对鲜切苹果进行气调包装时,不论在什么温度下都会抑制它的生长^[23]。鲜切产品上大肠杆菌O157:H7的生长除了受内在、外在的参数影响,加工的程度也会影响它的生长,比如切割的程度以及切割的方式。

1.1.3 沙门氏菌(*Salmonella*) 沙门氏菌是一种危害较大的病原微生物。2006年,在美国,由于菠菜感染沙门氏菌共造成205人感染,3人死亡。2008年夏天,美国的西红柿-芫荽叶-辣椒的混合沙拉爆发了沙门氏菌感染^[24]。在西班牙,从超市随机取样,鲜切蔬菜样品被沙门氏菌属感染的概率为4%^[13]。当温度低于15℃时沙门氏菌增长大幅降低,当低于7℃时生长受到抑制。研究人员发现切碎的生菜上接种沙门氏菌,在4℃下沙门氏菌的数量减少,在20℃下数量会增加^[9]。已经证实,沙门氏菌在番茄和瓜类的表面会出现,当切割时扩散到组织可能会造成严重危害^[25]。沙门氏菌属能够在较低的pH3.99~4.37下生长^[26],所以对于嗜温微生物,抑制副产物产生的最好方法就是低温冷藏。

1.1.4 志贺氏杆菌(*Shigella*) 志贺氏杆菌是嗜温的病原菌,当鲜切果蔬的温度高于10℃时,它们大部分开始生长。志贺氏杆菌的最低生长温度为6℃。水果的pH较低,限制了它们的生长(西瓜除外)。当志贺氏杆菌属被接种到各种色拉和蔬菜(胡萝卜、卷心菜、水萝卜、西兰花、花椰菜、生菜和芹菜)上(蔬菜的pH比水果高),无论是22℃的高温还是5℃的低温,它们都能生存数天^[27]。福氏志贺菌在卷心菜和胡萝卜沙拉以及番茄沙拉中能够在4℃下生存至少11d。实验证明福氏志贺菌和宋内志贺菌能够在12℃的条件下在鲜切卷心菜以及切碎的胡萝卜中繁殖,但是由于切碎的甜椒pH较低,同样温度下两种菌群不能在其上进行繁殖^[28]。菌群的生长、生存、死亡与空气的状况无关,无论是在较低的氧气下还是在较低的二氧化碳条件下,都是没有区别的。研究人员发现2ppm的臭氧水处理鲜切生菜的志贺氏菌数减少了0.9lg单位^[29]。

1.1.5 金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*) 金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)是人类的一种重要病原菌,隶属于葡萄球菌属(*Staphylococcus*),有“嗜肉菌”的别称,它是一种兼性厌氧的革兰氏阳性球菌,广泛分布于自然界,可引起许多严重感染:从较轻的皮肤感染到肺炎到败血病等严重的疾病^[30]。在世界的不同地区,特别是在东南亚的一些国家,新鲜产品和即食食品中都发现了金黄色葡萄球菌^[31]。食品上金黄色葡萄球菌来源于被金葡萄菌感染的人和动物,如食品加工人员、炊事员或销售人员带菌,造成食品污染;鲜切果蔬原料在加工前本身带菌,或在加工过程中受到了污染,产生了肠毒素,引起食物中毒;鲜切果蔬制品包装不严,运输过程中受到污染。2006~2008年期间,Young-Ho Seo等^[32]检测了345种韩国的鲜切蔬菜和芽菜样品,发现11.6%的样品被感染上了金黄色葡萄球菌。

1.2 鲜切果蔬上潜在的病原微生物

1.2.1 弯曲菌属 (*Campylobacter* spp.) 弯曲杆菌是世界常见的引起肠胃炎的细菌,感染弯曲杆菌除了传统的危险因素:如家禽肉类的食用以及和动物接触,还有潜在的危险因素:如未加工蔬菜(番茄、黄瓜)的消费以及瓶装水的使用。在越南,对零售店里新鲜产品的检测中没有发现弯曲菌属,并且在进口的生菜样品、精致色拉和蔬菜中也没有分离到弯曲菌属。但是,在非常受欢迎的马来西亚色拉中检测到弯曲菌属,检测的色拉既有来自零售市场的,也有来自超市的^[33]。对于户外农场销售的蔬菜,其中3.3%的菠菜、3.1%的生菜、2.7%的萝卜、2.5%的绿色洋葱、2.4%的欧芹以及1.6%的番茄上发现耐热弯曲杆菌属。在加拿大超市里卖的样品中,弯曲杆菌属都显阴性^[34]。产品上弯曲杆菌的存在有以下几点原因:超市或食堂的停留和包装阶段的交叉感染、差的卫生条件、与天然肥料的接触而污染、水源污染等。

尽管弯曲杆菌属的生长条件苛刻,但是仍然能够在营养受限以及低温的条件下生存,再加上低的感染剂量以及微需氧量,所以在冷藏食品中仍然存在潜在的感染危险^[13]。此外,气调包装下的即食蔬菜保持有相对较高的湿度、低温以及相对较低的氧气体量。在低氧浓度下弯曲杆菌的生存时间最长,气调包装会延长病原菌的生存期^[35]。虽然来自动物的食品(牛奶、鸡蛋、肉)上弯曲杆菌的生存特点已被广泛研究,但是新鲜产品上弯曲杆菌的生存特点还知之较少。在7℃时,弯曲杆菌的平均死亡率为每天0.41~1.02个数量级,根据产品的类型不同而不同^[13]。在21℃时相应的死亡率为每天1.52~8.74个数量级。弯曲杆菌在草莓上的死亡率远远高于其他产品,可能是由于与其他的检测产品相比,草莓的pH较低。在这些结果的基础上,科学家指出,包括草莓在内的新鲜农产品被污染后,空肠弯曲杆菌可能会生存较长时间,对消费者造成威胁^[13]。

1.2.2 肉毒杆菌 (*Cl.botulinum*) 早期的气调包装蔬菜,关注的主要是厌氧菌,尤其是能水解蛋白的肉毒杆菌,它能够产生一种致命的具有热不稳定性的毒素,不过在10℃下不能生长。不能水解蛋白的B、E、F类型能够在3.3℃的低温下生长并且产生毒素。需氧的致腐微生物会使食物的氧化还原反应迅速降低,氧化还原反应的降低将有利于肉毒杆菌的生长^[13],针对这种情况,FDA推荐使用穿孔的包装薄膜包装呼吸率较高的蘑菇,从而抑制肉毒杆菌的生长。

1.2.3 病毒 (virus) 病毒是潜在的危害鲜切果蔬的另一个微生物群体。食源性病毒可以通过它们引起的疾病来进行分类,比如:引起肠胃炎的诺罗病毒,引起肝炎的甲肝病毒^[36]。

肠溶性病毒感染剂量低,数量多,通常生存在粪便中。肠溶性病毒寄生在细胞内,因此,食源性病毒不像细菌病原体,它不能在食物上生长。但是,已有报道表明,病毒能够在水果、蔬菜和土壤中生存。科学家分别研究了4℃和常温下病毒在生菜、萝卜和胡萝卜上的生存状况。在4℃下,病毒能够生存25~30d,在室温下能够生存5~25d,并且在生菜上生存的时间

最长^[37]。在草莓上的小儿麻痹病毒,储藏2周后没有减少;4℃下,生菜、甘蓝和胡萝卜储藏7d后,只有少于1个数量级的MS2大肠杆菌噬菌体减少。类似的,储藏9d后在生菜上的甲型肝炎病毒也没有减少^[37]。即使在低温(3~10℃)下,病毒的生命期也很长,其中周期最短的是小儿麻痹病毒和柯萨奇病毒,它们至少能够生存90d^[38],这样将会给病毒足够长的时间感染短季节性蔬菜。

在采收前期、采收时、采收后都有可能感染病毒,采收前应用的被粪便污染的污水或灌溉水,会使新鲜蔬菜感染肠溶性病毒^[39]。机械收割对于某些农产品是不适用的,比如:树莓或草莓。易腐的浆果类需要手工采摘,如果手工采摘没有注意好卫生也会增加额外的感染风险。

1.2.4 寄生虫 (parasite) 食品生产工业关注的主要寄生性原生动物是贾地虫、隐孢子虫以及环孢子虫。污染的来源包括污水、地表水或者被污染的灌溉水。除了水污染,食物管理者在采摘和处理新鲜产品的过程,也是感染原生动物寄生虫的重要途径。虽然寄生虫的问题越来越受重视,但是在发达国家还是很少受到关注。调查结果显示,1999年8月到2001年1月期间,在挪威的几种蔬菜上存在隐孢子虫或贾地虫,绿豆芽是受污染最严重的产品,另外生菜、莴苣、萝卜和草莓也发现被感染^[40]。接种在卷心莴苣上的隐形孢子虫卵囊在4℃下储藏3d后90%会失活,然而在22℃下储藏3d后100%会失活,另外,在有织纹的叶子上要比在光滑的叶子上生存时间长。

2 病原菌的生物防治

鲜切果蔬的性质使得传统加工方法不能得以利用,如蒸煮/加热是不能利用的,并且消费者要求我们的产品不能含有化学防腐剂,所以,生物防治是控制鲜切产品上病原菌生长的有利方法。应用生物防治主要包括:应用拮抗微生物控制腐败菌或病原菌的生长;应用天然抗菌化合物控制微生物的生长;利用天然植物防御减少微生物的侵袭,诱导抗性。另外,假单胞菌属 (*Pseudomonas* spp.) 已用作采后拮抗剂。

2.1 拮抗微生物的应用

蔬菜上固有的微生物对病原菌的影响在文献中已有描述。例如Carlin等指出,从菊苣叶子中分离到的固有微生物可竞争性抑制单核细胞增多性李斯特菌 (*L. monocytogenes*)。类似的,Babic等^[41]报道,冷冻干燥的菠菜粉末中含有中温需氧微生物,它可以抑制单核细胞增多性李斯特菌 (*L. monocytogenes*)。

微生物乳酸菌可作为食品的生物防腐剂抑制其他不需要菌种的生长,拮抗的机理包括竞争营养物质、锁定营养物并产生抗微生物活性的代谢产物。近年来,乳酸菌已作为竞争性生物控制剂和拮抗剂应用于鲜切果蔬。Rosalia等^[42]利用从水果和蔬菜中分离的乳酸菌抑制鲜切苹果和卷心莴苣的病原菌,其中单核细胞增多性李斯特菌 (*L. monocytogenes*) 的生长完全被抑制。明串珠球菌属也可抑制鲜切果蔬上单核细胞增多性李斯特菌 (*L. monocytogenes*) 的

生长^[43]。

2.2 天然抗菌化合物的应用

2.2.1 细菌素 纯化的抗菌剂如细菌素可添加到鲜切蔬菜中,以替代活培养物达到保护作用。Choi和Beuchat^[44]利用乳酸片球菌(*Pediococcus acidilactici* M)中得到的细菌素抑制朝鲜泡菜发酵时单核细胞增多性李斯特菌(*L. monocytogenes*)的生长。添加粗细菌素粉末(10mg细菌素/150g沙拉)可使单核细胞增多性李斯特菌(*L. monocytogenes*)致死,且在发酵期间(16d)可控制病原菌的生长。

2.2.2 植物的天然挥发物 天然挥发物抑制致病菌的报道很少。Dawson等研究了天然植物挥发物在鲜切沙拉中的应用,在研究中发现,许多挥发物(乙酸、乙醇和一些丙酮酸盐)加入到鲜切混合莴苣和卷心菜中以控制病原菌如单核细胞增多性李斯特菌(*L. monocytogenes*)和蜡样芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)的生长。使用挥发物的不利之处包括:乙酸等化合物的感染、腐蚀和毒性作用。

2.3 诱导抗性

用一些物质处理植物组织以诱导其天然防御机能是可能的,诱导物可能是有生命的(植物产生的单个细胞),也可能是无生命的(辐射处理UV照射)。化合物如甲基水杨酸和壳聚糖可抵抗真菌,已被用来诱导水果如:草莓的抗性^[45]。植物组织具有抵抗微生物侵袭的天然防御功能,如:木质素的合成、与发病性蛋白质的合成。组织木质化的发生可以帮助植物抵抗疾病,木质素是一种多酚聚合物,在植物细胞壁中与纤维素和果胶聚合从而增加对病原菌渗透的抗性。一些植物可以产生抗真菌的蛋白质作为对微生物侵袭的响应或作为对乙烯的响应,植物细胞可产生细胞溶解酶类——几丁质酶和脱乙酰几丁质酶以降解真菌细胞壁。另外,还可以通过诱导抗性来诱导植物组织的天然防御机能。但是到目前为止,关于鲜切果蔬与诱导抗性检测的报道还未见报道。

3 展望

鲜切果蔬感染病原微生物的,不但影响鲜切果蔬的品质,还会给消费者带来危害,是影响鲜切产业发展的重要因素。这些病原微生物的种类已被逐渐分离得到,而且关于病原微生物的生长特点、感染率、影响因素以及控制方法的研究也已经有了一定的进展。虽然生物防治在决定鲜切产品安全性上所起的作用已得到认可,但是对微生物生态学的了解还很有限。需要对微生物与相关菌种的生长、相互作用和生化活性及其基本机理等方面进行深入、全面的研究,进一步加强和完善鲜切果蔬病原微生物学理论,从而更全面、科学、有效地控制鲜切果蔬中病原微生物的生长,提高鲜切产品的品质,为广大的消费者提供营养、安全的鲜切果蔬产品。

参考文献

[1] Ongeng D, Devlieghere F, Debevere J, et al. The efficacy of electrolysed oxidizing water for inactivating spoilage microorganisms in process water and on minimally processed

vegetables[J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 109:187-197.

[2] Bülent Ergönül. Survival characteristics of *Salmonella Typhimurium* and *Escherichia coli* O157:H7 in minimally processed lettuce during storage at different temperatures[J]. J Verbr Lebensm, 2011(6):339-342.

[3] Abadias M, Usall J, Anguera M, et al. Microbiological quality of fresh, minimally-processed fruit and vegetables, and sprouts from retail establishments[J]. Int J Food Microbiol, 2008, 123:121-129.

[4] Jongsoon Kim, Rosana Moreira, Elena Castell-Pérez. Simulation of pathogen inactivation in whole and fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo*) using electron beam treatment[J]. Journal of Food Engineering, 2010, 97:425-433.

[5] Viswanathan P, Kaur R. Prevalence and growth of pathogens on salad vegetables, fruits and sprouts[J]. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2001, 203:205-213.

[6] Olga Martín-Belloso, Robert Soliva-Fortuny. Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing[M]. Printed in the United States of America: CRC Press, 2011:63.

[7] V Xanthopoulos, N Tzanetakis, Evanthia Litopoulou-Tzanetaki. Occurrence and characterization of *Aeromonas hydrophila* and *Yersinia enterocolitica* in minimally processed fresh vegetable salads[J]. Food Control, 2010, 21:393-398.

[8] Nguyen-the C, Carlin F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1994, 34:371-401.

[9] Francis G. A, Thomas C, O'Beirne D. The microbiological safety on minimally processed vegetables[J]. International Journal of Food Science and Technology, 1999, 34:1-22.

[10] Little C, Roberts D, Youngs E, et al. Microbiological quality of retail imported unprepared whole lettuces: a PHLS food working group study[J]. Journal of Food Protection, 1999, 62:325-328.

[11] Messi P, Casolari C, Fabio A, et al. Occurrence of *Listeria* in food matrices[J]. Industrie Alimentari, 2000, 39:151-157.

[12] Farber J, Sanders G, Johnston M. A survey of various foods for the presence of *Listeria* species[J]. Journal of Food Protection, 1989, 52:456-458.

[13] Francis G. A, Thomas C, O'Beirne D. The microbiological safety on minimally processed vegetables[J]. International Journal of Food Science and Technology, 1999, 34:1-22.

[14] Crépet A, Albert I, Dervin C, et al. Estimation of microbial contamination of food from prevalence and concentration data: application to *Listeria monocytogenes* in fresh vegetables[J]. Appl Environ Microbiol, 2007, 73:250-258.

[15] Hyun-Hee Lee, Seok-In Hong, Dongman Kim. Microbiological and Visual Quality of Fresh-cut Cabbage as Affected by Packaging Treatments[J]. Food Sci Biotechnol, 2011, 20:229-235.

[16] Nguyen-the C, Lund B. The lethal effect of carrot on *Listeria* species[J]. Journal of Applied Bacteriology, 1991, 70:479-488.

[17] Yun-Ji Kim, Ji Gang Kim, Se-Wook Oh. Rapid Detection of

- Escherichia coli* O157:H7 in Fresh-Cut Cabbage by Real-Time Polymerase Chain Reaction[J]. J Korean Soc Appl Biol Chem, 2011, 54(2):264-268.
- [18] Lin C, Wei C. Transfer S. Montevideo onto the interior surfaces of tomatoes by cutting[J]. Journal of Food Protection, 1997, 60:858-863.
- [19] 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* [J]. Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology, 2001, 27: 111-116.
- [20] Janisiewicz W J, Conway W S, Brown M W, et al. Fate of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut apple tissue and its potential for transmission by fruit flies[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1999, 65: 1-5.
- [21] 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[J]. Journal of Food Protection, 2001, 64:305-309.
- [22] Abdul-Raouf U M, Beuchat L R, Ammar M S. Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7 on salad vegetables [J]. Applied and Environmental Microbiology, 1993, 59:1999-2006.
- [23] Gunes G G, Hotchkiss J H. Growth and survival of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut apples in modified atmospheres at abusive temperatures[J]. Journal of Food Protection, 2002, 65:1641-1645.
- [24] L Jacobsens, P A Luning, J G A Jvander Vorst, et al. Simulation modelling and risk assessment as tools to identify the impact of climate change on microbiological food safety -The case study of fresh produce supply chain[J]. Food Research International, 2009: 1-11.
- [25] Asplund K, Nurmi E. The growth of salmonellae in tomatoes [J]. International Journal of Food Microbiology, 1991, 13:177-182.
- [26] Lin C M, Fernando S Y, Wei C. Occurrence of *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* and *E. coli* O157:H7 in vegetable salads[J]. Food Control, 1996(3):135-140.
- [27] Rafii F, Holland M, Hill W, et al. Survival of *Shigella flexneri* on vegetables and detection by polymerase chain reaction [J]. Journal of Food Protection, 1995, 58:727-732.
- [28] Bagamboula C, Uyttendaele M, Debevere J. Growth and survival of *Shigella sonnei* and *S. flexneri* in minimal processed vegetables packed under equilibrium modified atmosphere and stored at 7°C and 12°C[J]. Food Microbiology, 2002, 19:529-536.
- [29] María Victoria Selma, David Beltrán, Ana Allende, et al. Elimination by ozone of *Shigella sonnei* in shredded lettuce and water[J]. Food Microbiology, 2007, 24:492-499.
- [30] Tian Ding, Jun Wang, Deog-Hwan Oh. Modeling the Effect of Temperature and Relative Humidity on the Growth of *Staphylococcus aureus* on Fresh-cut Spinach Using a User-friendly Software[J]. Food Sci. Biotechnol., 2011, 20(6):1593-1597.
- [31] Huang B T M, Mahmuda Z H, Neogi SB, et al. Toxicogenicity and genetic diversity of *Staphylococcus aureus* isolated from Vietnamese ready-to-eat foods. Food Control, 2010, 21:166-171.
- [32] Young-Ho Seo, Ji-Hyun Jang, Kwang-Deog Moon. Occurrence and Characterization of Enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* Isolated from Minimally Processed Vegetables and Sprouts in Korea[J]. Food Sci Biotechnol, 2010, 19(2):313-319.
- [33] Chai L C, Robin T, Ragavan U M. *Thermophilic Campylobacter* spp. in salad vegetables in Malaysia[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 117:106-111.
- [34] Park C E, Sanders G W. Occurrence of thermotolerant *Campylobacter* in fresh vegetables sold at farmers outdoor markets and supermarkets[J]. Canadian Journal of Microbiology, 1992, 38:313-316.
- [35] Federighi M, Magras C, Pilet M F. Incidence of thermotolerant *Campylobacter* in foods assessed by NF ISO 10272 standard: results of a two-year study[J]. Food Microbiology, 1999, 16:195-204.
- [36] Koopmans M, Duizer E. Foodborne viruses: An emerging problem[J]. International Journal of Food Microbiology, 2004, 90: 23-41.
- [37] Badawy A, Gerba C, Kelly L. Survival of rotavirus SA-11 on vegetables[J]. Food Microbiology, 1985(2):199-205.
- [38] Brackett R. Shelf stability and safety of fresh produce as influenced by sanitation and disinfection[J]. Journal of Food Protection, 1992, 55:808-814.
- [39] Stine S W, Song I H, Choi C Y, et al. Application of microbial risk assessment to the development of standards for enteric pathogens in water used to irrigate fresh produce [J]. Journal of Food Protection, 2005, 68:913-918.
- [40] Robertson L J, Gjerde B. Occurrence of parasites on fruits and vegetables in Norway[J]. Journal of Food Protection, 2001, 64:1793-1798.
- [41] Babic I, Watada A E, Buta J G. Growth of *Listeria monocytogenes* restricted by native microorganisms and other properties of fresh cut spinach[J]. Food Prot, 1997, 60(8):912-917.
- [42] Rosalia Trias, Lluís Bañeras, Esther Badosa, et al. Bioprotection of Golden Delicious apples and Iceberg lettuce against foodborne bacterial pathogens by lactic acid bacteria[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 123:50-60.
- [43] Rosalia Trias, Esther Badosa, Emilio Montesinos, et al. Bioprotective *Leuconostoc* strains against *Listeria monocytogenes* in fresh fruits and vegetables[J]. International Journal of Food Microbiology, 2008, 127:91-98.
- [44] Choi S Y, Beuchant L R. Growth inhibition of *Listeria monocytogenes* by a bacteriocin of *Pediococcus acidilactici* M during fermentation of kimchi[J]. Food Micro, 1994, 11(4):301-307.
- [45] Forbes-Smith M R. Induced resistance for the biological control of postharvest diseases of fruit and vegetables[J]. Food Australia, 1999, 51(8):382-385.