

# 储藏温度对侵入鲜切胡萝卜、黄瓜内部大肠杆菌生长的影响

刘文玲<sup>1</sup>, 陈晨<sup>1\*</sup>, 张瑞东<sup>2</sup>, 胡文忠<sup>1</sup>, 何煜波<sup>1</sup>, 林昱汐<sup>1</sup>

(1.大连民族大学生命科学院,辽宁省食源性病原微生物快速检测与控制工程技术研究中心,辽宁大连 116600;

2.大窑湾出入境检验检疫局,辽宁大连 116600)

**摘要:**为研究储藏温度对侵入鲜切蔬菜内部大肠杆菌生长的影响,以鲜切胡萝卜、黄瓜为原料浸泡接种大肠杆菌,分别置于4、12、24℃的条件下储藏,测定分析大肠杆菌在两种鲜切蔬菜中的侵入能力以及在储藏过程中的生长情况。结果表明,大肠杆菌能够侵入到鲜切胡萝卜、黄瓜内部。在4、12℃储藏过程中,侵入鲜切蔬菜内部的大肠杆菌数量随着储藏时间延长而逐渐降低( $p < 0.05$ )。当储藏温度升高至24℃时,随着储藏时间的延长,侵入鲜切胡萝卜5~8 mm处的大肠杆菌缓慢下降,而侵入鲜切黄瓜内部不同深度大肠杆菌在储藏1~3 d无显著变化( $p > 0.05$ ),在第5 d时略有下降。通过比较两种鲜切蔬菜中大肠杆菌的生长情况发现,在三种温度条件下储藏过程中,侵入鲜切黄瓜内部大肠杆菌的生长情况均优于侵入鲜切胡萝卜中的大肠杆菌。

**关键词:**大肠杆菌,鲜切胡萝卜,鲜切黄瓜,侵入,储藏温度

## Effect of storage temperature on the fate of internalized *E. coli* in fresh-cut carrots and cucumbers

LIU Wen-ling<sup>1</sup>, CHEN Chen<sup>1\*</sup>, ZHANG Rui-dong<sup>2</sup>, HU Wen-zhong<sup>1</sup>, HE Yu-bo<sup>1</sup>, LIN Yu-xi<sup>1</sup>

(1.College of Life Science, Dalian Nationalities University, Research Center of Engineering and Technology for Rapid Detection of Foodborne Microorganisms and Control, Dalian 116600, China;

2.Dayawan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dalian 116600, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of storage temperature on the fate of internalized *E. coli* in fresh-cut vegetables, fresh-cut carrots and cucumbers inoculated with *E. coli* and the stored at 4, 12 and 24 °C. The penetration ability of *E. coli* in these two kind of fresh-cut vegetable and the fate of internalized *E. coli* during storage were investigated. The results showed that *E. coli* could penetrate into fresh-cut carrots and cucumbers at varying degrees. During the storage at 4 and 12 °C, the number of internalized *E. coli* was reduced gradually with storage time increased ( $p < 0.05$ ). When elevated storage temperature to 24 °C, the populations of *E. coli* penetrated to 5~8 mm in fresh-cut carrots decreased during storage. While the counts of internalized *E. coli* in fresh-cut cucumbers at different depths did not change significantly ( $p > 0.05$ ) during 3 d storage and decreased at the 5 d. Furthermore, the internalized *E. coli* in fresh-cut cucumbers grew better than that in fresh-cut carrots during stored at 4, 12 and 24 °C.

**Key words:** *Escherichia coli*; fresh-cut carrots; fresh-cut cucumbers; penetration; storage temperature

中图分类号: TS201.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)22-0330-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.22.059

鲜切果蔬作为食品工业中一种新兴产品,因具有品质新鲜、食用方便和营养卫生等优点,自20世纪50年代问世后得到较快发展<sup>[1]</sup>。但鲜切加工操作(如

去皮、切割及切片等)使果蔬失去了天然保护防御机制,提高病原微生物的附着和入侵几率,给产品的安全带来隐患<sup>[2]</sup>。研究表明大肠杆菌O157:H7更易于附

收稿日期: 2015-03-16

作者简介: 刘文玲(1994-),女,大学本科,研究方向:食品质量与安全, E-mail: 775881215@qq.com。

\* 通讯作者: 陈晨(1986-),女,博士,讲师,研究方向:食品质量与安全, E-mail: chenchen@dlnu.edu.cn。

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);国家级大学生创新创业训练计划资助(G201512026010);辽宁省教育厅科学研究一般项目(L2014537);大连民族学院博士启动基金项目(0701-110014);中央高校基本科研业务费项目(DC2013010107)。

着在鲜切莴苣的切割伤口处,并且会从切割处侵入到莴苣叶片内部<sup>[3-4]</sup>。大肠杆菌、沙门氏菌等多种病原微生物均可以通过切割伤口侵入香瓜、青椒等果蔬内部<sup>[5-8]</sup>,一旦病原微生物侵入鲜切果蔬内部,一般的杀菌处理很难将其去除<sup>[9-11]</sup>。而侵入鲜切果蔬内部的病原微生物的生长会受鲜切产品的种类、储藏温度及气体环境等因素影响<sup>[12-13]</sup>。目前对于病原微生物在鲜切果蔬中侵入情况的研究较少,大肠杆菌(*Escherichia coli*)是目前世界公认引起食源性疾病的重要致病菌之一,主要通过进食和饮水传播,近年来在鲜切果蔬中常检测出大肠杆菌的存在<sup>[14-15]</sup>。本文以鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜为材料,研究大肠杆菌在两种鲜切蔬菜中的侵入能力,并考察在4、12、24℃的温度条件下储藏过程中,侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部的大肠杆菌的生长情况。为探索病原微生物侵入鲜切果蔬的机理,开发高效控制鲜切果蔬质量安全的方法提供理论依据。

## 1 材料方法

### 1.1 材料与仪器

胡萝卜和黄瓜 购于大连开发区新玛特超市;大肠杆菌(含氨苄青霉素抗性基因) 由大连民族学院生命科学院生物技术基础中心实验室提供;LB培养基 青岛海博生物技术有限公司;蛋白胨 北京陆桥技术有限责任公司;氨苄青霉素 上海颀心实验室设备有限公司。

MLS-3020型全自动高压蒸汽灭菌器 日本SANYO公司;1300系列A2型二级生物安全柜 美国THERMO FISHER SCIENTIFIC公司;AB135-S型分析天平 瑞士METTLER TOLEDO公司;BagMixer-400W型均质器 法国INTERSCIENCE公司;DNP-9052型电热恒温培养箱 上海精宏实验设备有限公司;HYC-326A型医用冷藏箱 青岛海尔特种电器有限公司;OL-506型切片器 浙江正龙塑料制品有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 接种菌液的制备 取大肠杆菌37℃、24 h培养物( $10^7$  cfu/mL),4℃、5000 r/min条件下离心5 min后,弃去上清,沉淀用0.1%蛋白胨水冲洗,重复两次后沉淀用0.1%蛋白胨水适当稀释,得到浓度约为 $10^7$  cfu/mL的菌悬液,即接种菌液<sup>[16]</sup>。

1.2.2 样品制备与接种 在无菌室内,将黄瓜和胡萝卜用自来水洗净后,用无菌刀将其切成长约2 cm的小段,置于接种菌液中浸泡接种1 min,在生物安全柜中室温干燥30 min。采用无菌刀去除接种后鲜切黄瓜和胡萝卜四周4 mm厚的表皮,以排除表层大肠杆菌对实验的影响。将处理后的两种鲜切蔬菜放

入无菌保鲜盒中采用保鲜膜封口,分别置于4、12和24℃的条件下储藏5 d,于1、3、5 d取样测定大肠杆菌的数量。

1.2.3 大肠杆菌计数 采用切片器对鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜进行切片处理,每块样品切8片,每片厚度为1 mm,每次切片后采用70%的乙醇对刀片杀菌处理。将切得每片样品分别置于无菌均质袋中,加入0.1%蛋白胨水均质1 min,取上清菌悬液选择合适稀释度用无菌生理盐水进行稀释,取100 μL的稀释液涂布于LB(含氨苄青霉素)平板上,37℃培养24 h后计数。每个处理做3个平行实验。

### 1.3 数据处理

数据采用SPSS 17.0软件进行方差分析和差异显著性检验。

## 2 结果与讨论

### 2.1 大肠杆菌在鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜中的侵入情况

鲜切果蔬从果蔬采收、鲜切加工、物流过程到终端消费整个过程中,都有可能遭受病原微生物的侵染,鲜切果蔬外皮的去除和切割形成的创伤面使得微生物更易于侵入内部<sup>[6-7]</sup>。表1表示浸泡接种1 min后大肠杆菌在鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜中的侵入情况。由表1可知,大肠杆菌可以侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部,且在两种鲜切蔬菜中的侵入能力无显著差异( $p>0.05$ )。随着样品深度的增加,大肠杆菌侵入的数量逐渐减少。在鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜表层(0~1 mm),大肠杆菌接种量分别为5.66 lg cfu/g和6.02 lg cfu/g;在7~8 mm处,大肠杆菌侵入量分别比表层降低了1.07 lg cfu/g和1.28 lg cfu/g。

### 2.2 4℃储藏对侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌生长的影响

表2为4℃储藏过程中侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌的生长情况。如表2所示,在4℃条件储藏过程中,随着储藏时间的延长,侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部不同深度的大肠杆菌数量呈现不同程度的降低,且侵入越深大肠杆菌数量下降越快。这与O'Beirne等<sup>[18]</sup>研究大肠杆菌O157:H7在鲜切胡萝卜中的生长情况一致。当储藏至第5 d时,鲜切黄瓜7~8 mm处大肠杆菌的数量为2.49 lg cfu/g,比第0 d(接种后)下降了2.25 lg cfu/g,而此时,在鲜切胡萝卜中7~8 mm处的大肠杆菌的数量已小于1 lg cfu/g,即低于检测限。储藏温度是影响鲜切果蔬中病原微生物生长的重要因素,一般情况下,低温能够有效控制微生物的生长繁殖<sup>[19]</sup>。Francis等<sup>[20]</sup>报道,当储藏温度从8℃降低至4℃时,能有效降低大肠杆菌O157:H7在莴苣、大头菜、豆芽等蔬菜中的生长。同样,在5℃

表1 大肠杆菌在鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜中的侵入情况(lg cfu/g)

Table 1 Populations of internalized *E. coli* at different depths in fresh-cut carrots and cucumbers(lg cfu/g)

样品深度(mm)	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7	7~8
鲜切胡萝卜	5.66±0.30 <sup>a</sup>	5.62±0.17 <sup>a</sup>	5.01±0.23 <sup>a</sup>	5.01±0.24 <sup>a</sup>	5.11±0.16 <sup>a</sup>	4.76±0.14 <sup>a</sup>	4.71±0.17 <sup>a</sup>	4.59±0.23 <sup>a</sup>
鲜切黄瓜	6.02±0.17 <sup>a</sup>	5.51±0.25 <sup>a</sup>	5.42±0.31 <sup>a</sup>	5.34±0.23 <sup>a</sup>	5.12±0.18 <sup>a</sup>	5.02±0.24 <sup>a</sup>	4.81±0.21 <sup>a</sup>	4.74±0.19 <sup>a</sup>

注:同列数据标注不同小写字母表示差异显著( $p<0.05$ )。

储藏过程中,莴苣、黄瓜和胡萝卜中的大肠杆菌 O157:H7 的数量逐渐下降,而在 12、21 °C 储藏过程中,大肠杆菌 O157:H7 的数量逐渐上升<sup>[21]</sup>。由此可见,低温能够有效控制侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌的生长。

### 2.3 12 °C 储藏对侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌生长的影响

在 12 °C 条件下储藏过程中,侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌的数量变化如表 3 所示。从表 3 中可以看出,随着储藏时间的延长,侵入鲜切胡萝卜内部的大肠杆菌的数量显著降低 ( $p < 0.05$ ),但其下降幅度要明显低于 4 °C 条件下储藏。而 O'Beirne 等<sup>[18]</sup>报道侵入鲜切胡萝卜内部的大肠杆菌 O157:H7 的数量在 10 °C 条件储藏过程中显著上升,这可能因为两项研究中采用的包装材料不同,或鲜切产品中

内源性微生物种类和数量存在差异,进而影响大肠杆菌的生长。此外与 4 °C 变化趋势相同的是,在 12 °C 条件储藏过程中侵入越深大肠杆菌数量下降越快,当储藏至第 5 d 时,侵入鲜切胡萝卜 7~8 mm 处大肠杆菌数量与第 0 d 相比下降了 2.53 lg cfu/g。而侵入鲜切黄瓜中大肠杆菌的数量在储藏的 1~3 d 无显著变化 ( $p > 0.05$ ),当储藏至第 5 d 时大肠杆菌的数量开始显著降低 ( $p < 0.05$ ),下降幅度在 0.66~1.01 lg cfu/g 之间。

### 2.4 24 °C 储藏对侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌生长的影响

表 4 为 24 °C 条件下储藏过程中大肠杆菌在鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜中的生长情况。如表 4 所示,侵入鲜切胡萝卜中 1~4 mm 的大肠杆菌在储藏 1~3 d 变化不显著 ( $p > 0.05$ ),当储藏至第 5 d 时,大肠杆菌的数量显著低于第 0 d ( $p < 0.05$ ),下降幅度在 0.9~1.44 lg cfu/g

表 2 4 °C 储藏对侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌生长的影响

Table 2 Fate of *E. coli* at different depths in fresh-cut carrots and cucumbers stored at 4 °C

样品深度 (mm)	鲜切胡萝卜 (lg cfu/g)				鲜切黄瓜 (lg cfu/g)			
	0 d	1 d	3 d	5 d	0 d	1 d	3 d	5 d
1~2	5.62±0.17 <sup>ac</sup>	4.88±0.23 <sup>bc</sup>	4.44±0.16 <sup>ce</sup>	3.78±0.13 <sup>de</sup>	5.51±0.25 <sup>ac</sup>	4.89±0.28 <sup>bc</sup>	4.67±0.19 <sup>bce</sup>	4.45±0.14 <sup>ce</sup>
2~3	5.01±0.23 <sup>afg</sup>	4.51±0.15 <sup>bef</sup>	4.35±0.27 <sup>bef</sup>	3.37±0.24 <sup>ef</sup>	5.42±0.31 <sup>ac</sup>	4.57±0.19 <sup>bc</sup>	4.47±0.14 <sup>bc</sup>	4.11±0.36 <sup>ef</sup>
3~4	5.01±0.24 <sup>afg</sup>	4.45±0.32 <sup>bef</sup>	3.87±0.37 <sup>bf</sup>	2.89±0.16 <sup>eg</sup>	5.34±0.23 <sup>ac</sup>	4.61±0.37 <sup>bc</sup>	4.25±0.26 <sup>bcef</sup>	3.91±0.41 <sup>ef</sup>
4~5	5.11±0.16 <sup>af</sup>	4.57±0.45 <sup>bef</sup>	3.13±0.26 <sup>gh</sup>	2.56±0.12 <sup>de</sup>	5.12±0.18 <sup>ac</sup>	4.66±0.35 <sup>ac</sup>	4.14±0.15 <sup>bf</sup>	3.49±0.25 <sup>efg</sup>
5~6	4.76±0.14 <sup>ag</sup>	4.52±0.17 <sup>af</sup>	3.04±0.23 <sup>gh</sup>	2.54±0.34 <sup>eg</sup>	5.02±0.24 <sup>af</sup>	4.55±0.27 <sup>abef</sup>	3.96±0.32 <sup>bfg</sup>	3.30±0.19 <sup>gh</sup>
6~7	4.71±0.17 <sup>ag</sup>	4.47±0.24 <sup>bef</sup>	3.57±0.18 <sup>efg</sup>	2.62±0.17 <sup>de</sup>	4.81±0.21 <sup>af</sup>	4.27±0.43 <sup>abf</sup>	3.49±0.22 <sup>eg</sup>	2.74±0.33 <sup>ch</sup>
7~8	4.59±0.23 <sup>ag</sup>	4.28±0.34 <sup>af</sup>	2.93±0.36 <sup>gh</sup>	<1 <sup>ch</sup>	4.74±0.19 <sup>af</sup>	4.11±0.18 <sup>bf</sup>	3.44±0.14 <sup>eg</sup>	2.49±0.29 <sup>gh</sup>

注:0 d 表示鲜切样品浸泡接种 1 min 后测定的大肠杆菌数量;侵入样品同一深度不同时间的大肠杆菌差异显著性用 a、b、c、d 标记,侵入样品同一时间不同深度的大肠杆菌差异显著性用 e、f、g、h 标记,不同字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ );表 3~表 4 同。

表 3 12 °C 储藏对侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌生长的影响

Table 3 Fate of *E. coli* at different depths in fresh-cut carrots and cucumbers stored at 12 °C

样品深度 (mm)	鲜切胡萝卜 (lg cfu/g)				鲜切黄瓜 (lg cfu/g)			
	0 d	1 d	3 d	5 d	0 d	1 d	3 d	5 d
1~2	5.62±0.17 <sup>ac</sup>	4.99±0.23 <sup>bc</sup>	4.47±0.25 <sup>ce</sup>	3.87±0.33 <sup>de</sup>	5.51±0.25 <sup>ac</sup>	5.43±0.18 <sup>ac</sup>	5.32±0.31 <sup>ac</sup>	4.85±0.12 <sup>bc</sup>
2~3	5.01±0.23 <sup>afg</sup>	4.15±0.34 <sup>bfg</sup>	3.94±0.16 <sup>bf</sup>	3.43±0.17 <sup>ce</sup>	5.42±0.31 <sup>ac</sup>	5.33±0.35 <sup>abf</sup>	5.27±0.26 <sup>abf</sup>	4.80±0.33 <sup>bc</sup>
3~4	5.01±0.24 <sup>afg</sup>	4.23±0.16 <sup>bfg</sup>	3.65±0.34 <sup>cf</sup>	3.41±0.24 <sup>ce</sup>	5.34±0.23 <sup>ac</sup>	4.92±0.19 <sup>bf</sup>	4.87±0.14 <sup>bfg</sup>	4.43±0.27 <sup>cf</sup>
4~5	5.11±0.16 <sup>af</sup>	4.64±0.18 <sup>bef</sup>	3.03±0.27 <sup>eg</sup>	2.88±0.33 <sup>cf</sup>	5.12±0.18 <sup>ac</sup>	4.81±0.22 <sup>abf</sup>	4.64±0.15 <sup>bg</sup>	4.14±0.32 <sup>efg</sup>
5~6	4.76±0.14 <sup>ag</sup>	3.40±0.17 <sup>bh</sup>	2.94±0.18 <sup>eg</sup>	2.86±0.27 <sup>cf</sup>	5.02±0.24 <sup>af</sup>	4.94±0.12 <sup>af</sup>	4.59±0.27 <sup>eg</sup>	4.01±0.17 <sup>bfg</sup>
6~7	4.71±0.17 <sup>ag</sup>	3.93±0.32 <sup>bg</sup>	2.44±0.24 <sup>ch</sup>	2.39±0.38 <sup>efg</sup>	4.81±0.21 <sup>af</sup>	4.73±0.17 <sup>af</sup>	4.66±0.21 <sup>eg</sup>	4.11±0.12 <sup>bfg</sup>
7~8	4.59±0.23 <sup>ag</sup>	3.08±0.42 <sup>bh</sup>	2.22±0.37 <sup>ch</sup>	2.06±0.29 <sup>eg</sup>	4.74±0.19 <sup>af</sup>	4.78±0.21 <sup>af</sup>	4.53±0.33 <sup>eg</sup>	3.83±0.24 <sup>bfg</sup>

表 4 24 °C 储藏对侵入鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜内部大肠杆菌生长的影响

Table 4 Fate of *E. coli* at different depths in fresh-cut carrots and cucumbers stored at 24 °C

样品深度 (mm)	鲜切胡萝卜 (lg cfu/g)				鲜切黄瓜 (lg cfu/g)			
	0 d	1 d	3 d	5 d	0 d	1 d	3 d	5 d
1~2	5.62±0.17 <sup>ac</sup>	5.45±0.24 <sup>abc</sup>	5.23±0.13 <sup>bc</sup>	4.72±0.26 <sup>ce</sup>	5.51±0.25 <sup>ac</sup>	5.52±0.14 <sup>ac</sup>	5.47±0.15 <sup>ac</sup>	5.14±0.23 <sup>ac</sup>
2~3	5.01±0.23 <sup>afg</sup>	4.82±0.32 <sup>af</sup>	4.72±0.24 <sup>af</sup>	3.96±0.17 <sup>bf</sup>	5.42±0.31 <sup>ac</sup>	5.54±0.14 <sup>ac</sup>	5.43±0.26 <sup>ac</sup>	4.59±0.16 <sup>bf</sup>
3~4	5.01±0.24 <sup>afg</sup>	4.78±0.18 <sup>af</sup>	4.66±0.23 <sup>af</sup>	3.88±0.32 <sup>bf</sup>	5.34±0.23 <sup>ac</sup>	5.28±0.22 <sup>abf</sup>	5.07±0.31 <sup>abef</sup>	4.76±0.25 <sup>bef</sup>
4~5	5.11±0.16 <sup>af</sup>	4.88±0.42 <sup>abf</sup>	4.53±0.31 <sup>bfg</sup>	3.77±0.21 <sup>efg</sup>	5.12±0.18 <sup>ac</sup>	5.24±0.31 <sup>abf</sup>	4.99±0.25 <sup>abef</sup>	4.56±0.14 <sup>bf</sup>
5~6	4.76±0.14 <sup>ag</sup>	4.36±0.24 <sup>bfg</sup>	4.02±0.28 <sup>bg</sup>	3.44±0.29 <sup>gh</sup>	5.02±0.24 <sup>af</sup>	4.97±0.19 <sup>abf</sup>	4.61±0.31 <sup>abef</sup>	4.48±0.25 <sup>bf</sup>
6~7	4.71±0.17 <sup>ag</sup>	4.25±0.14 <sup>bg</sup>	3.99±0.26 <sup>bg</sup>	3.35±0.12 <sup>gh</sup>	4.81±0.21 <sup>af</sup>	4.88±0.21 <sup>af</sup>	4.68±0.16 <sup>abef</sup>	4.46±0.16 <sup>bf</sup>
7~8	4.59±0.23 <sup>ag</sup>	3.95±0.31 <sup>bg</sup>	3.78±0.15 <sup>bg</sup>	3.15±0.16 <sup>ch</sup>	4.74±0.19 <sup>af</sup>	4.85±0.35 <sup>af</sup>	4.62±0.27 <sup>af</sup>	4.56±0.32 <sup>af</sup>

之间。侵入鲜切胡萝卜内部5~8 mm的大肠杆菌随着储藏时间的延长,数量逐渐下降。而侵入鲜切黄瓜内部不同深度大肠杆菌在储藏的1~3 d无显著变化( $p>0.05$ ),在第5 d时略有下降。Chimbombi等<sup>[6]</sup>研究表明在室温(23 ℃)条件下,侵入鲜切香瓜内部的沙门氏菌呈现指数增长,30 h后在感染处沙门氏菌的数量就可达到感染剂量。这与本研究结果不同,主要是因为一方面沙门氏菌与大肠杆菌在鲜切果蔬中的附着与侵入能力不同,另一方面香瓜自身含有的营养物质以及pH比胡萝卜和黄瓜更有利于微生物的生长繁殖。此外,在不同的温度条件下储藏期间,侵入鲜切黄瓜中的大肠杆菌生长情况均优于侵入鲜切胡萝卜中的大肠杆菌,这可能是由于黄瓜内部组织更疏松,使其内部的气体环境比鲜切胡萝卜更适合大肠杆菌生存。

### 3 结论

大肠杆菌可以侵入到鲜切胡萝卜和鲜切黄瓜的内部,4 ℃储藏能够有效降低侵入鲜切蔬菜内部大肠杆菌的数量,且随着侵入深度的加深,大肠杆菌数量降低的越多。此外,在4、12和24 ℃三种温度下储藏过程中侵入鲜切黄瓜中的大肠杆菌生长情况均优于侵入鲜切胡萝卜中的大肠杆菌。为有效控制大肠杆菌在鲜切果蔬中的侵入及生长,在鲜切加工过程中,果蔬处理或清洗用水要保证持续有效的消毒,同时采用低温储藏来控制侵入鲜切果蔬内部大肠杆菌的生长,也可以选择辐照等穿透力强的杀菌措施来杀死侵入内部的大肠杆菌。

### 参考文献

[1] 陈晨,胡文忠,姜爱丽,等. 鲜切果蔬天然抗菌剂的研究进展[J]. 食品工业科技,2013,34(10):362-365,369.

[2] Posada-Izquierdo G D, Pérez-Rodríguez F, López-Gálvez F, et al. Modelling growth of *Escherichia coli* O157:H7 in fresh-cut lettuce submitted to commercial process conditions: Chlorine washing and modified atmosphere packaging[J]. Food Microbiology, 2013, 33: 131-138.

[3] Seo K H, Frank J F. Attachment of *Escherichia coli* O157:H7 to lettuce leaf surface and bacterial viability in response to chlorine treatment as demonstrated by using confocal scanning laser microscopy[J]. Journal of Food Protection, 1999, 62: 3-9.

[4] Takeuchi K, Frank J F. Penetration of *Escherichia coli* O157:H7 into lettuce tissues as affected by inoculum size and temperature and the effect of chlorine treatment on cell viability[J]. Journal of Food Protection, 2000, 63: 434-440.

[5] Liao C-H, Cooke P H. Response to trisodium phosphate treatment of *Salmonella* chester attached to fresh-cut green pepper slices[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2001, 47: 25-32.

[6] Chimbombi E, Moreira R G, Castell-Perez E M, et al. Assessing accumulation (growth and internal mobility) of *Salmonella* Typhimurium LT2 in fresh-cut cantaloupe (*Cucumis melo* L.) for optimization of decontamination strategies[J]. Food Control, 2013, 32: 574-581.

[7] Deering AJ, Pruitt R E, Mauer L J, et al. Examination of the internalization of *Salmonella* serovar Typhimurium in peanut, *Arachis hypogaea*, using immunocytochemical techniques[J]. Food Research International, 2012, 45: 1037-1043.

[8] Deering A J, Mauer L J, Pruitt R E. Internalization of *E. coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in plants: A review[J]. Food Research International, 2012, 45: 567-575.

[9] Han Y, Sherman D M, Linton R H, et al. The effects of washing and chlorine dioxide gas on survival and attachment of *Escherichia coli* O157:H7 to green pepper surfaces[J]. Food Microbiology, 2000, 17: 521-533.

[10] Ölmez H, Temur S D. Effects of different sanitizing treatments on biofilms and attachment of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on green leaf lettuce[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43: 964-970.

[11] Niemira B A. Irradiation Compared with Chlorination for Elimination of *Escherichia coli* O157:H7 Internalized in Lettuce Leaves: Influence of Lettuce Variety[J]. Journal of Food Science, 2008, 73(5): M208-M213.

[12] 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.

[13] Abadias M, Alegre I, Oliveira M, et al. Growth potential of *Escherichia coli* O157:H7 on fresh-cut fruits (melon and pineapple) and vegetables (carrot and escarole) stored under different conditions[J]. Food Control, 2012, 27: 37-44.

[14] Rangel J M, Sparling P H, Crowe C, et al. Epidemiology of *Escherichia coli* O157:H7 outbreaks, United States, 1982-2002[J]. Emerging and Infectious Diseases, 2005, 11: 603-609.

[15] Söderström A, Lindberg A, Andersson Y. EHEC O157 a large *E. coli* O157 outbreak in Sweden associated with locally produced lettuce[J]. Foodborne Pathogens and Disease, 2008, 5: 339-349.

[16] 萨仁高娃,胡文忠,高春红,等. 不同初始浓度的单增李斯特菌在营养肉汤中生长预测模型的建立[J]. 食品工业科技, 2013, 34(17): 173-176.

[17] Hou Z, Fink R C, Radtke C. Incidence of naturally internalized bacteria in lettuce leaves[J]. International Journal of Food Microbiology, 2013, 162: 260-265.

[18] O'Beirne D, Gleesona E, Autyb M, et al. Effects of processing and storage variables on penetration and survival of *Escherichia coli* O157:H7 in fresh-cut packaged carrots[J]. Food Control, 2014, 40: 71-77.

[19] Tian J Q, Bae Y M, Choi N Y, et al. Survival and growth of foodborne pathogens in minimally processed vegetables at 4 and 15 ℃[J]. Journal of Food Science, 2012, 71: M48-M50.

[20] 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, 26: 1-6.

[21] 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.