

文章编号:1673-1689(2009)04-0525-07

FD蔬菜块中大肠杆菌的分离及其失活条件

赵家丽¹, 张慇^{*1}, 孙金才²

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 海通食品集团有限公司, 浙江 慈溪 315300)

摘要: 通过选择性培养基将大肠杆菌从FD蔬菜块中分离出来并进行菌种保存, 对保存的菌种分别采用臭氧、紫外辐照、微波等杀菌手段处理, 并确定最优杀菌工艺条件, 以期对FD蔬菜块的微生物控制起作用。

关键词: 大肠杆菌; 臭氧; 紫外线; 微波; 杀菌

中图分类号: TS 255.3; TS 201.3

文献标识码: A

Study on the Sterilization Condition of the *E. coli* Separated from Freeze-Drying Vegetable Block

ZHAO Jia-li¹, ZHANG Min^{*1}, SUN Jin-cai²

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Zhejiang Haitong Food Co. LTD, Cixi 315300, China)

Abstract: In this manuscript, *E. coli* from freeze-drying vegetable block was isolated and stored by using selectivity substrate. with the isolated *E. coli*, the different sterilization methods, such as ozone, ultraviolet radiation and microwave was applied to develop an efficient process for controlling microorganism on the freeze-drying vegetable block.

Key words: *E. coli*, ozone, ultraviolet radiation, microwave, sterilization

FD蔬菜块一般由4种以上的蔬菜经过调味混合后进行真空冷冻干燥加工而成, 其原材料主要是新鲜蔬菜, 而加工过程中由于温度和水分控制, 使得产品很容易发生微生物超标的现象。而对其进行微生物控制的过程中发现其细菌总数一般都在安全标准以内, 而不合格的产品的主要问题是大肠杆菌超标。

大肠杆菌在湿热灭菌的过程中很容易死亡, 但是对于FD产品, 由于其产品的特殊性, 一般采用的

冷杀菌手段很难实现高效的杀菌。因此进行菌种的分离培养以及敏感性试验, 主要是通过将FD蔬菜块中的大肠杆菌分离出来, 进行纯化培养并保存, 进而可以采用各种杀菌手段有针对性地对其进行杀菌处理, 从而挑选出较有效的杀菌方法, 以期应用于FD蔬菜块中的大肠杆菌的控制。

主要采用的杀菌方法有臭氧气体杀菌^[1-2], 紫外线辐照杀菌^[3-5], 微波杀菌^[6-9]等, 而选择这几种杀菌方法主要是由于它们对大肠杆菌都比较有效,

收稿日期: 2008-02-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(20776062)。

* 通讯作者: 张慇(1962-), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品加工与贮藏的研究。

Email: min@jiangnan.edu.cn

使用安全,无污染残留,操作方便,价格低廉。

1 材料与方 法

1.1 材料与设备

1.1.1 原材料 某公司生产的FD蔬菜块。

1.1.2 主要试剂 琼脂粉、蛋白胨、牛肉浸膏、猪胆盐、乳糖、溴甲酚紫、NaOH、NaCl、磷酸氢二钾、磷酸二氢钾、质量分数1%或0.5%的中性红水溶液、KI、H₂SO₄、Na₂S₂O₃·5H₂O、淀粉、结晶紫、碘片、乙醇、沙黄等。

1.1.3 主要设备 臭氧发生器,济南楼方实业有限公司制;SW-CJ-10型洁净工作台,苏州净化设备厂制;FA1104型分析天平,上海天平仪器厂制;电热恒温水浴锅,上海医疗器械五厂制;2DX-35BI型座式自动电热压力蒸汽灭菌锅,上海申安医疗器械厂制;101-2-BS型电热恒温鼓风干燥箱,上海跃进医疗器械厂制;SPX型智能生化培养箱,南京实验仪器厂制;BCD-228w冰箱,美菱电器公司制;w7001型微波炉,小天鹅电器公司制。

1.2 工艺流程及工艺要点

1.2.1 菌种的分离流程

供试品→供试液→BL增菌液((36±1)℃,18~24h)→麦康凯培养基((36±1)℃,18~24h)→疑似菌落生长→营养琼脂斜面培养基((36±1)℃,18~24h)→革兰氏染色镜检→乳糖发酵管((36±1)℃,24~48h)→验证疑似菌落后进行菌种保存。

1.2.2 菌种敏感性实验流程 制备好的菌种接种于0.5 mL生理盐水中→放入37℃的烘箱中烘若干分钟→进行一定条件的杀菌处理(不同的杀菌手段条件不一样)→杀菌处理后的菌样用1 mL生理盐水冲洗→倒入培养皿内进行培养((36±1)℃,24~48h)→计数报告。

1.2.3 工艺要点

1)增菌培养:取1 mL供试液加入10 mL胆盐乳糖增菌液中进行增菌培养,置于(36±1)℃,培养18~24 h,有菌种繁殖的现象是增菌液呈现混浊,液面可见或未见气泡,如未见明显混浊,可延长增菌培养时间至48 h。

2)疑似菌落生长:将增菌培养后混浊管内的菌液轻微摇动,以接种环沾取1~2环,划线接种于麦康凯琼脂培养基上,置(36±1)℃培养18~24 h(必要时延长培养时间);大肠杆菌在麦康凯琼脂平板上的典型菌落呈桃红色或中心桃红,圆形,扁平,光滑湿润。由于药物影响或非典型菌的存在,大肠杆菌可出现非典型形态,在麦康凯琼脂平板上呈现微

红色或粉色,菌落形态、质地也有改变。以上形态均应作为疑似菌落进行鉴定。

3)革兰氏染色镜检与生化反应:将分离培养后的菌落进行革兰氏染色镜检,大肠杆菌为革兰氏阴性菌;将该疑似菌落接种于营养琼脂斜面培养基,培养24 h后进行菌种保存并进行生化反应,即接种于乳糖胆盐发酵液中,置于(36±1)℃,培养发酵24~48 h;大肠杆菌应发酵乳糖并产酸产气,或产酸不产气。为避免迟缓发酵乳糖造成假阴性,可选用5%乳糖发酵管,绝大多数迟缓发酵乳糖的细菌可于24 h内出现阳性反应。

4)菌液制备:在无菌干燥的小盒子内加入0.5 mL生理盐水,并以接种环接种1~2环保存的菌种于其中;用保鲜膜将其覆盖包裹,置于37℃恒温箱中烘干若干分钟,备用;烘干的程度视实验要求而定。

5)杀菌处理:不同的杀菌手段有不同的杀菌条件,需要调节的杀菌参数也不一样,具体根据相应的实验计划之因素水平表来确定。

6)结果分析:杀菌处理后的菌样用1 mL生理盐水进行清洗并转于无菌培养皿中,加入营养琼脂培养基于(36±1)℃培养24~48 h;进行计数并分析试验结果。

1.3 实验方法

1.3.1 大肠杆菌对臭氧的敏感性试验 主要研究不同的臭氧浓度、不同的臭氧处理时间、不同的温度和不同的水分含量对臭氧杀灭大肠杆菌的影响,根据一系列的单因素实验选定较合适的实验条件进行正交试验,分析各个影响因素对杀菌效果的影响趋势,并最终优化出较合适的杀菌条件。

1.3.2 大肠杆菌对紫外线的敏感性试验 主要从不同的紫外灯压、不同的作用时间,以及与紫外灯的不同间距等方面来考察紫外辐照对于大肠杆菌的杀菌效果,从而研究出各个因素的影响效果并筛选出较合适的杀菌条件。

1.3.3 大肠杆菌对微波的敏感性试验 主要考虑不同的微波作用功率、不同的微波作用时间、不同的水分含量等对微波杀灭大肠杆菌的影响,分别进行单因素试验筛选试验条件,进行正交试验以筛选出较好的杀菌工艺条件。

1.3.4 大肠杆菌对臭氧-紫外联合处理的敏感性试验 在前面臭氧与紫外辐照的敏感性研究基础上进行此项研究,通过一系列的单因素和正交试验来确定较合适的试验条件范围,以期用于指导后期的FD蔬菜块的杀菌研究。

1.3.5 大肠杆菌对臭氧-微波联合处理的敏感性试验 在前面臭氧与微波的敏感性试验的研究基础之上进行此项研究,主要考虑到水分含量对臭氧和微波的杀菌效果的影响,通过调整试验条件以期达到最佳杀菌效果。

1.3.6 统计分析 正交试验采用直观分析法。

2 结果与讨论

2.1 菌种的分离与保存

2.1.1 菌种的分离 将制好的供试液进行增菌培养,经过(36±1)℃,培养 18~24 h 后发现增菌液浑浊,从而判断增菌液中有大肠杆菌生长繁殖。将浑浊的增菌液接种于麦康凯培养基上,置(36±1)℃培养 18~24 h,观察有大量的桃红色、圆形、扁平、光滑湿润的菌落生长,其形态与大肠杆菌在麦康凯培养基上的典型形态相似,故判定为疑似菌落。

对从麦康凯培养基上得到的大量疑似菌落进行革兰氏染色,而经镜检后发现该疑似菌落均呈红色,即为革兰氏阴性菌;可初步证实为大肠杆菌。

对于该疑似菌落也进行了单管乳糖胆盐发酵管发酵试验,经培养后观察有产酸产气的现象出现,可以证实上述疑似菌落确为大肠杆菌。

2.1.2 菌种的保存 将通过生化反应经证实为大肠杆菌的菌种保存于 3℃ 的冰箱中^[10-11],为下一步敏感性试验做好准备。

2.2 菌种的敏感性试验研究

2.2.1 大肠杆菌对臭氧的敏感性

将制得的大肠杆菌进行臭氧杀菌处理,主要考虑臭氧质量浓度、处理时间、处理温度,以及菌种的水分含量(即对应的烘干时间),经过单因素试验和资料分析确定因素水平,见表 1。

表 1 臭氧敏感性试验因素水平

Tab. 1 Factor levels of Ozone sterilization

水平	因素			
	A 臭氧质量浓度/(mg/L)	B 处理时间/min	C 温度/℃	D 菌样的烘干时间/min
1	0.36	20	3	8
2	0.48	30	13	5
3	0.84	60	37	2

由表 2 可知,最优杀菌工艺条件确定为 A₃B₂C₃D₁ 或 A₃B₂C₃D₃,即臭氧质量浓度为 0.84 mg/L,处理时间为 30 min,温度为 37℃,烘干时间为 2 min 或 8 min 为宜。

万方数据

表 2 臭氧杀菌试验结果

Tab. 2 Results of Ozone sterilization

试验号	因素				致死量
	A 臭氧质量浓度	B 处理时间	C 温度	D 菌样的烘干时间	
1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	2
4	2	1	2	3	2
5	2	2	3	1	4
6	2	3	1	2	2
7	3	1	3	2	9
8	3	2	1	3	10
9	3	3	2	1	8
均值 1	2.000	4.333	4.667	4.667	
均值 2	2.667	5.333	4.000	4.333	
均值 3	9.000	4.000	5.000	4.667	
极差	7.000	1.333	1.000	0.334	

注:试验结果中是采用菌液致死量与 CK 样的比较得出的,以 1~10 来表示致死量,10 则表示致死量 100%,以此类推。

通过极差比较知道,这 4 个因素对杀菌结果影响的主次关系为 A>B>C>D,由极差可知主要的影响因素是臭氧质量浓度和处理时间,而温度和湿度在一定范围内的影响较小。所以,在后面的试验过程中应该主要考虑臭氧质量浓度和处理时间。通过上述试验结果还可以知道,在一定浓度范围内,臭氧质量浓度与杀菌效果是成正比的,所以应用于蔬菜块上时,应该在可能的条件下尽可能提高臭氧质量浓度;同时也可以发现在一定的质量浓度范围内,并不是处理时间越长效果越好,所以若想延长处理时间,应该先保证质量浓度;而温度对于杀菌效果的影响不太大,所以通常室温条件下进行臭氧杀菌处理而其它条件固定的情况下,杀菌效果也应该波动不大;在一定水分含量范围内,水分含量的变化对臭氧的杀菌效果影响很微弱,试验采用烘干时间表示,而其实在 0~10 min 的烘干时间内,水分含量相差不到 25%,而烘干 2~8 min 水分含量相差约 15%,也就是说水分质量分数在 80%~95%之间波动时对臭氧的杀菌效果几乎没有影响,而这里考虑水分含量也是为后期使用臭氧和微波串联杀菌打好基础。但这仍然是高水分含量,对于 FD 蔬菜块而言,水分含量的要求很严格,所以应该更进一步研究低水分含量时的臭氧微波杀菌。

2.2.2 大肠杆菌对紫外线的敏感性

将制得的大肠杆菌进行紫外杀菌处理,主要考虑紫外灯压、作用时间,以及与紫外灯的距离等因素对紫外辐照杀菌的效果的影响,经过单因素试验确定因素水平。如表3所示。

表3 紫外敏感性试验因素水平

Tab.3 Factor level table of Ultraviolet Radiation sterilization

水平	因素		
	A 紫外灯压/V	B 紫外辐照时间/min	C 灯距/cm
1	180	10	50
2	200	20	56
3	220	30	60

由表4可知,通过正交试验筛选出来的最佳工艺条件为 $A_1B_2C_1$,即紫外灯压为180 V,处理时间为20 min,与紫外灯的距离为50 cm。

表4 紫外杀菌试验结果

Tab.4 Results of Ultraviolet Radiation sterilization

试验号	因素			致死量
	A 紫外灯压	B 紫外辐照时间	C 灯距	
1	1	1	1	10
2	1	2	2	9
3	1	3	3	9
4	2	1	2	8.5
5	2	2	3	10
6	2	3	1	9
7	3	1	3	8
8	3	2	1	10
9	3	3	2	9
均值1	9.333	8.833	9.667	
均值2	9.167	9.667	8.833	
均值3	9.000	9.000	9.000	
极差	0.333	0.834	0.834	

注:试验结果中是采用菌液致死量与CK样的比较得出的,以1~10来表示致死量,10则表示致死量100%,以此类推。

整体而言,紫外杀菌对于大肠菌群的杀灭效果均较好,各因素极差都较小。但是,通过极差的比较可以知道,这3个因素对于大肠杆菌的致死量的影响的主次关系是 $B=C>A$,也就是处理时间和灯距(待处理样品位于紫外灯下的垂直距离)是影响紫外杀菌的较主要的因素,所以在使用紫外灯对FD蔬菜块进行辐照杀菌时,在保证安全辐照的前提下主要考虑处理时间和灯距等因素。同时也可以知道,在一定范围内紫外灯压对大肠杆菌的杀菌万方数据

效果是灯压越小越好,当然这并不绝对;而处理时间在一定范围内对杀菌效果的影响是先成正比后成反比,本试验中对于单纯的大肠杆菌而言,最佳的杀菌时间是20 min左右,也就是说大肠杆菌处理20 min即被全部杀死;而灯距在一定范围内对杀菌效果的影响却是先成反比后成正比,对于大肠杆菌杀灭,最佳灯距在50 cm左右。当然,对于将紫外与臭氧连用处理时还可以考虑进一步调整灯距,要在保证安全辐照的前提下,尽可能确定最佳灯距。

2.2.3 大肠杆菌对微波的敏感性

将制得的大肠杆菌进行微波杀菌处理,主要考虑微波功率、作用时间,以及菌种的水分含量(对应的烘干时间)等因素对微波杀菌的效果的影响,经过初步的单因素试验,选定正交试验的因素水平,如表5所示。微波杀菌试验结果见表6。

表5 微波敏感性试验因素水平

Tab.5 Factor level of Microwave sterilization

水平	因素		
	A 微波功率/W	B 微波作用时间/min	C 菌样的烘干时间/min
1	132.7	1	8
2	261.9	2	5
2	364.9	3	2

表6 微波杀菌试验结果

Tab.6 Results of Microwave sterilization

试验号	因素			致死量
	A 微波功率	B 微波作用时间	C 菌样的烘干时间	
1	1	1	1	2
2	1	2	2	8
3	1	3	3	10
4	2	1	2	8.5
5	2	2	3	2
6	2	3	1	8.5
7	3	1	3	10
8	3	2	1	8
9	3	3	2	10
均值1	6.667	6.833	6.167	
均值2	6.333	6.000	8.833	
均值3	9.333	9.500	7.333	
极差	3.000	3.500	2.666	

注:试验结果中是采用菌液致死量与CK样的比较得出的,以1~10来表示致死量,10则表示致死量100%,以此类推。

由表6可知,通过正交试验筛选出来的最优的

工艺条件为 $A_3B_3C_2$,也就是第9组的试验条件,即微波功率为 364.9 W,杀菌时间 3 min,水分含量即对应的菌样烘干时间控制在 5 min 左右。

通过极差的比较还可以知道,这3个因素对于大肠杆菌的致死量的影响的主次关系是 $B>A>C$,也就是最关键的影响因素是杀菌作用时间,而当使用微波对FD蔬菜块进行杀菌时,关键的也是在确保其品质的情况下尽可能延长作用时间。同时也可以发现,微波功率在一定范围内对杀菌效果是越大越好,作用时间在一定范围内也是越长越好。但是,对于FD蔬菜块作用时最主要的问题是产品含水量低,在大功率的作用下无法保证杀菌时间,而要延长杀菌时间就务必要降低功率,所以后期应考虑调整产品的含水率,以确保尽可能大的功率和尽可能长的作用时间。

2.2.4 大肠杆菌对臭氧-紫外联合处理的敏感性

根据臭氧和紫外敏感性试验的结果,考虑进行臭氧-紫外并联试验,确定的因素水平见表7。主要考虑了臭氧质量浓度、处理时间、灯距,以及紫外灯压等方面因素的影响。

表7 臭氧-紫外敏感性试验因素水平

Tab.7 Factor level of Ozone-Ultraviolet Radiation sterilization

水平	因素			
	A 臭氧质量浓度/(mg/L)	B 处理时间/min	C 灯距/cm	D 紫外灯压/V
1	0.36	10	40	180
2	0.48	20	45	200
3	0.84	30	50	220

由表8可知,最优杀菌工艺条件是 $A_3B_3C_3D_2$,也就是臭氧质量浓度为 0.84 mg/L,处理时间为 30 min,灯距为 50 cm,紫外灯压为 200 V。

通过极差的比较,知道这4个因素对杀菌效果的影响的主次关系是 $B>A=C=D$ 。因素B也就是处理时间对杀菌效果的影响最大,其次是A、C、D,而且这3个因素影响力相仿。此外还可以看出,臭氧质量浓度与杀菌效果是成正比的,也就是在一定浓度范围内,臭氧质量浓度越高,杀菌效果越好;处理时间对于杀菌效果的影响是关键的,当处理时间达到一定值的时候,杀菌效果非常明显,而对于FD蔬菜块处理时应该考虑延长处理时间,但是可以推测处理时间的延长也会达到一个平衡值,超过这个平衡值延长时间也没有意义;前面单一紫外处理时在 50~60 cm 范围内最佳灯距确定

万方数据

为 50 cm,这里选定水平时就进一步缩短了灯距,发现在 40 与 45 cm 的灯距条件下杀菌效果远没有 50 cm 的好,联合试验确定的最佳灯距依然是 50 cm,所以当对FD蔬菜块进行杀菌处理时,灯距不妨固定为 50 cm,这也方便试验的操作和分析;此处最佳紫外灯压为 200 V,分析可能是由于不同的灯压条件下紫外灯各个区域光谱的强度不同,而在 200 V 时可能有利于提高臭氧-紫外的联合杀菌效果,对FD蔬菜块处理时也可以作类似考虑,从而提高效率。

表8 臭氧-紫外杀菌试验结果

Tab.8 Results of Ozone-Ultraviolet Radiation sterilization

试验号	因素				致死量
	A 臭氧质量浓度	B 处理时间	C 灯距	D 紫外灯压	
1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	10
4	2	1	2	3	2
5	2	2	3	1	2
6	2	3	1	2	10
7	3	1	3	2	10
8	3	2	1	3	2
9	3	3	2	1	10
均值1	4.667	4.667	4.667	4.667	
均值2	4.667	2.000	4.667	7.333	
均值3	7.333	10.000	7.333	4.667	
极差	2.666	8.000	2.666	2.666	

注:试验结果是采用菌液致死量与CK样的比较得出的,以1~10来表示致死量,10则表示致死量100%,以此类推。

2.2.5 大肠杆菌对臭氧-微波联合处理的敏感性

根据前面臭氧和微波的敏感性试验结果确定的臭氧-微波串联杀菌的因素水平见表9。对于臭氧和微波串联使用时考虑的主要因素有臭氧质量浓度、臭氧处理时间(即前处理时间)、水分含量(即对应的菌样烘干时间)、微波功率、微波处理时间(即后处理时间)等。

由表10可知,臭氧-微波试验确定的最优杀菌工艺为 $A_1BCD_1E_2$,其中发现整体杀菌效果都很好,而且因素B和C,也就是前处理时间和菌样的烘干时间在表9中的两个水平下对于杀菌效果的影响无差别,也就是对于大肠杆菌,这两种水平都足以使其失活。而另外3个因素较好的水平应确

定为臭氧质量浓度 0.48 mg/L,微波功率 261.9 W,微波作用时间 3 min。

表 9 臭氧-微波敏感性试验因素水平

Tab. 9 Factor level table of Ozone- Microwave sterilization

水平	因素				
	A 臭氧质量浓度/(mg/L)	B 前处理时间/min	C 菌样的烘干时间/min	D 微波功率/W	E 后处理时间/min
1	0.48	20	5	261.9	2
2	0.84	30	2	364.9	3

表 10 臭氧-微波杀菌试验结果

Tab. 10 Results of Ozone- Microwave sterilization

试验号	因素					致死量
	A 臭氧质量浓度	B 前处理时间	C 菌样的烘干时间	D 微波功率	E 后处理时间	
1	1	1	1	1	1	10
2	1	1	1	2	2	10
3	1	2	2	1	1	10
4	1	2	2	2	2	10
5	2	1	2	1	2	9
6	2	1	2	2	1	9
7	2	2	1	1	2	10
8	2	2	1	2	1	8
均值 1	10.000	9.500	9.500	9.750	9.250	
均值 2	9.000	9.500	9.500	9.250	9.750	
极差	1.000	0.000	0.000	0.500	0.500	

注:试验结果是采用菌液致死量与 CK 样的比较得出的,以 1~10 来表示致死量,10 则表示致死量 100%,以此类推。

通过比较极差知道,因素 A、D、E 对杀菌效果影响的主次关系是 $A > D = E$ 。所以对 FD 蔬菜块进行处理时应主要考虑臭氧质量浓度;对于本试验,臭氧处理时间为 20 min 或 30 min 没什么差别,但是对于 FD 蔬菜块进行处理时还应考虑时间的影响效果;对前面的臭氧杀菌处理研究发现,菌样的烘干时间(在一定时间范围内)对臭氧杀菌效果几乎无影响,其对臭氧-微波联合杀菌处理也几乎没有

影响。而 FD 蔬菜块含水量极低,如果对其进行增湿处理再用微波干燥虽有一定的可行性,但是却显得没什么必要,而且微波处理还有其不均匀性,所以对 FD 蔬菜块处理时可以不考虑这方面的影响;对于微波功率,在一定的样品条件下,其是与微波处理时间成反比的,而且影响力相仿。所以,对于 FD 蔬菜块进行处理时不妨在设定的微波功率下调节可处理时间,这也是因为 FD 蔬菜块含水量过低,如果功率过高,那么可处理时间极其短暂,也就不具有研究意义了。

3 结 语

1)通过臭氧敏感性试验可以确定最优杀菌工艺条件为 $A_3B_2C_3D_1$ 或 $A_3B_2C_3D_3$,即臭氧质量浓度为 0.84 mg/L,处理时间为 30 min,温度为 37℃,烘干时间为 2 min 或 8 min 均可。

2)通过紫外敏感性试验研究可以知道,控制适当的杀菌条件可以得到 100% 的大肠菌群致死量,通过正交试验得到的最优杀菌工艺条件为紫外灯压 180 V,处理时间 20 min,与紫外灯的距离选择为 50 cm。

3)通过微波敏感性试验可以知道,虽然主要的影响因素是微波功率和处理时间,但是关键的仍然是调节水分含量,而通过正交试验得到的最优杀菌条件是微波功率为 364.9 W,杀菌时间为 3 min,水分含量及对应的烘干时间控制在 5 min 左右。

4)通过臭氧-紫外联合处理试验可以知道,最优杀菌工艺条件为 $A_3B_3C_3D_2$,也就是臭氧质量浓度为 0.84 mg/L,处理时间为 30 min,灯距为 50 cm,紫外灯压为 200 V。而且主要的影响因素是处理时间。

5)通过臭氧-微波联合杀菌处理得到的最优杀菌工艺条件为:臭氧质量浓度 0.48 mg/L,前处理时间为 20 min 或 30 min 均可,菌样烘干时间为 2 min 或 5 min 均可,微波功率 261.9 W,微波作用时间为 3 min。主要的影响因素是臭氧质量浓度。

6)在上述最优条件下均可达到大肠杆菌致死率 100%。这对于后期 FD 蔬菜块的大肠杆菌的控制,起到了一定的指导作用。

参考文献(References):

- [1] 迟永军. 臭氧——在食品加工空间灭菌方面的应用[J]. 食品安全, 2004(7):1.
CHI Yong-jun. Ozone——Application in the air sterilization in food plant[J]. Food Safety, 2004(7):1. (in Chinese).
- [2] Kirstie D Andrews, John A Hunt, Richard A Black. Effects of sterilisation method on surface topography and in-vitro cell
万方数据

- behaviour of electrostatically spun scaffolds[J]. **October**, 2006: 1014-1026.
- [3] 祁景琨. 紫外灯的应用与检测[J]. **实验动物科学与管理**, 2005(6): 54-55.
QI Jing-kun. Application and detect of UV lamp[J]. **Laboratory animal science and management**, 2005(6): 54-55. (in Chinese)
- [4] 诸定昌, 赵轶. 紫外杀菌在食品工业中的应用[J]. **加工技艺**, 2003(12): 53-54.
ZHU Ding-chang, ZHAO Yi. UVC Disinfection on food industry[J]. **PROCESSING**, 2003(12): 53-54. (in Chinese)
- [5] 胡中旺, 徐凤霓, 张秀兰. 双分子激发态紫外灯灭菌效果试验分析[J]. **疾病控制杂志**, 2004(8): 381.
HU Zhong-wang, XU Feng-ni, ZHANG Xiu-lan. An analysis on sterilization efficacy of excimer lamp[J]. **Disease control magazine**, 2004(8): 381. (in Chinese)
- [6] 傅大放, 周涛, 钱科. 生物固体微波杀菌及机理研究[J]. **微波学报**, 2003(12): 70-72.
FU Da-fang, ZHOU Tao, QIAN Ke. Study on microwave sterilization and its mechanism for biosolids[J]. **Journal of Microwaves**, 2003(12): 70-72.
- [7] Lu Xinhua. Characteristic impedance variation of the TEM cell caused by the introduction of the equipment under test[J]. **International Symposium on EMC**, 1999: 596-599.
- [8] Monahan R L, North T M, Xiong A Z. Characterization of large TEM cells and their interaction with large DUT for vehicle immunity testing and an antenna factor determination[J]. **IEEE International Symposium on EMC**, 1999: 245-249.
- [9] 郭月红, 李洪军. 微波杀菌技术在食品工业中的应用[J]. **保鲜与加工**, 2006(1): 44-45.
GUO Yue-hong, LI Hong-jun. Application of microwave sterilization on the food industry[J]. **Storage Process**, 2006(1): 44-45. (in Chinese)
- [10] 陈秀英. 菌种保存方法的比较[J]. **中国卫生检验杂志**, 2002(4): 231.
CHEN Xiu-ying. Compare the methods to protect fungi[J]. **Chinese journal of health lab technology**, 2002(4): 231. (in Chinese)
- [11] 方光远, 张志成, 晏文梅. 几种不同条件下细菌菌种保存试验[J]. **金陵科技学院学报**, 2004(9): 30-31.
FANG Guang-yuan, ZHANG Zhi-cheng, YAN Wen-mei. Bacterial strains preservation experiments under different conditions[J]. **Journal of Jinling Institute of Technology**, 2004(9): 30-31. (in Chinese)

(责任编辑:秦和平,李春丽)