

红萝卜泡菜微波杀菌工艺的优化

Optimization of radish pickle microwave sterilization process

陈姝娟 陈安均 何利 刘书亮

CHEN Shu-juan CHEN An-jun HE Li LIU Shu-liang

(四川农业大学食品学院, 四川 雅安 625014)

(College of Food Science, Sichuan Agricultural University, Yaan, Sichuan 625014, China)

摘要:通过单因素试验确定以微波功率、杀菌时间和仪器设置温度 3 个因素来进行正交试验,研究微波杀菌工艺对红萝卜泡菜品质的影响。结果表明:最佳工艺条件为微波功率 750 W、杀菌时间 8 min,仪器设置温度 60 °C,3 个因素对红萝卜泡菜品质影响的主次顺序为仪器设置温度>微波功率>杀菌时间,微波功率和杀菌温度对泡菜品质有显著性影响($P < 0.05$)。在该最佳条件下,测得其 Vc 含量为 25.86 mg/100 g,亚硝酸盐为 5.08 mg/kg,细菌致死率为 2.99,酵母致死率为 3.11,感官评分为 9.2,综合评分为 8.01。与传统的巴氏杀菌相比,微波加热应用于红萝卜泡菜杀菌使其 Vc 损失降低,并使其细菌总数和酵母数量降低,具有更高的感官品质。

关键词:红萝卜;泡菜;微波杀菌;品质

Abstract: The effects of microwave sterilization process on the quality of radish pickle were studied. Three factors of microwave power, sterilization time and sterilization temperature were chosen for the orthogonal test via single factor experiment. The optimum processing conditions confirmed by the orthogonal test was microwave power at 750 W, sterilization for 8min, setting temperature of instrument at 60 °C. The results showed that the different conditions, i.e. sterilization temperature, microwave power and sterilization time, influenced the quality of radish pickle decreasing systematically. Moreover, sterilization temperature and microwave power influenced in the quality of radish pickle significantly ($P < 0.05$). Vc content, nitrite content, bacteria lethal rate, yeast lethal rate, sensory score and composite score of samples obtained by optimal technological condition were 25.86 mg/100 g, 5.08 mg/kg, 2.99, 3.11, 9.2 and 8.01, respectively. Therefore, the application of microwave sterilization on radish pickle can not only reduce the amount of bacteria and yeast,

but also maintain high nutritional value and sensory quality.

Keywords: radish; pickle; microwave sterilization; quality

萝卜泡菜是一种常见的中式泡菜,是以萝卜为原料,经中低浓度食盐水泡渍发酵而制得的蔬菜制品。萝卜泡菜含水量高,易滋生微生物,微生物的污染势必影响其品质,甚至变质。传统的热力杀菌方法主要是利用较长时间的加热来对萝卜泡菜进行杀菌,这势必会影响产品色泽、硬度和口味^[1],同时泡菜中的营养成分^[2]也会遭到一定程度的破坏和降解^[3]。微波杀菌是热效应和生化效应共同作用的结果,在短时间内可使食品迅速升温,导致生物体内部蛋白质和生理活性物质破坏或变异,使其生长发育异常甚至死亡^[4-6]。同热力杀菌相比,微波杀菌具有热作用时间短^[7]、升温速度快、加热均匀、能耗小、易穿透,对食品原有的营养成分和风味影响程度低、易实现工厂化连续生产等特点^[8]。微波杀菌的方式在盐渍榨菜、盐渍青菜中有所涉及^[9],但仅对菌落总数、感官指标和亚硝酸盐含量进行分析,且评价不够全面,而且未见对红萝卜泡菜的微波杀菌工艺优化的相关报道。因此,本研究拟对红萝卜泡菜的微波杀菌工艺进行优化,选择微波杀菌功率、微波杀菌时间和仪器设置温度 3 个因素对红萝卜泡菜的 Vc 含量、亚硝酸盐含量、细菌总数、酵母菌数和感官品质等指标进行测定,通过试验结果的分析获得适宜的微波杀菌条件,保证产品的品质、外观和风味,旨在为今后微波杀菌在泡菜中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

红皮萝卜、红辣椒、花椒、生姜、食盐、调味料:均购于当地农贸市场;

抗坏血酸、对氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺:分析纯,上海科进精细化学有限公司;

2,6-二氯靛酚、亚铁氰化钾、乙酸锌:分析纯,上海化学试剂总厂;

碳酸氢钠、偏磷酸、草酸、硼砂、乙酸锌、亚硝酸钠:分析

基金项目:四川省科技支撑计划项目(编号:2013NZ0055)

作者简介:陈姝娟,女,四川农业大学讲师,博士。

通讯作者:陈安均(1970-),男,四川农业大学副教授,博士。

E-mail:anjunc003@163.com

收稿日期:2015-10-12

纯,成都科龙化工试剂厂;

平板计数琼脂培养基、孟加拉红培养基、MRS培养基、BGLB培养基:杭州微生物试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

微波科学实验炉:ORW08S-3H型,南京澳润微波科技有限公司;

电子天平:AF1804型,上海精密科学仪器有限公司;

落地式真空包装机:DZ-700/2ES型,成都星火包装机械有限公司;

精密台式pH计:TP310型,北京时代新维测控设备有限公司;

电热恒温水浴锅:HWS24型,上海一恒科技有限公司;

紫外分光光度计:UV6000型,上海元析科学仪器有限公司;

自动手提式蒸汽灭菌器:YXQ-LS-18SI型,上海博迅实业有限公司;

立式自动电热压力蒸汽灭菌锅:LDZX-40AI型,上海三申医疗核子仪器厂;

洁净工作台:SW-CJ-1F型,苏州安泰空气技术有限公司;

冰箱:FYL108L型,北京福意联电器有限责任公司。

1.3 方法

1.3.1 红萝卜泡菜的制作 称取食盐300g,加入2000g纯净水,加入适量的姜、蒜和辣椒,再加入老盐水500g,最后加入已洗净、晾干的长4~5cm,宽4~5cm,厚1cm的片状红萝卜1800g,室温下发酵5~10d,以泡菜酸度为0.5%时即为发酵终止。

1.3.2 单因素试验设计

(1)微波功率对红萝卜泡菜品质的影响:固定仪器设置温度为65℃,分别采用600,650,700,750,800W的微波功率对蒸煮袋包装的红萝卜泡菜杀菌6min,考察微波功率对红萝卜泡菜Vc、亚硝酸盐、细菌总数、酵母菌数和感官评分的影响。

(2)仪器设置温度对红萝卜泡菜品质的影响:固定微波功率为800W,仪器设置温度分别为40,50,60,70,80℃,对蒸煮袋包装的红萝卜泡菜杀菌6min,考察仪器设置温度对红萝卜泡菜Vc、亚硝酸盐、细菌总数、酵母菌数和感官评分的影响。

(3)杀菌时间对红萝卜泡菜品质的影响:固定仪器设置温度为60℃,微波功率为800W,分别对红萝卜泡菜微波杀菌处理4,6,8,10,12min,考察杀菌时间对红萝卜泡菜Vc、亚硝酸盐、细菌总数、酵母菌数和感官评分的影响。

(4)包装材料对红萝卜泡菜品质的影响:固定仪器设置温度为60℃,微波功率为800W,分别对用蒸煮袋(Z)、A级真空袋(A)、A级加厚真空袋(A+)包装的样品处理8min,考察包装材料对红萝卜泡菜Vc、亚硝酸盐、细菌总数、酵母菌数和感官评分的影响。

1.3.3 正交优化试验 在单因素试验的基础上,可以确定泡菜微波杀菌的最佳条件。选择影响微波杀菌工艺的微波功率、仪器设置温度、杀菌时间3个重要的因素,设计正交表进

行试验,Vc、亚硝酸盐含量、菌落总数、酵母数、感官评价测定为指标,确定最佳发酵工艺条件。

1.4 测定与评定方法

1.4.1 Vc的测定 按GB6195—1986执行。

1.4.2 亚硝酸盐的测定 按GB5009.33—2010执行。

1.4.3 细菌总数的测定 按GB4789.2—2010执行。

1.4.4 酵母菌数的测定 按GB4789.15—2010执行。

1.4.5 微生物致死率的计算 微生物的致死作用的评价用微生物致死率^[10]来表示,其表达式为:

$$\lg S = \lg(N_0/N), \quad (1)$$

式中:

lgS——微生物致死率;

N₀——微波处理前样品中微生物数,CFU/g;

N——微波处理后样品中微生物数,CFU/g。

1.4.6 感官评定 筛选10名具有食品专业背景的人员来组成感官评定小组。为了确保感官评定结果的准确性,小组成员在进行评定之前的12h内不允许吃辛辣的食物和饮酒,在评定样品之前必须漱口,并需间隔10min才能对下一个样品进行评定^[11]。评定标准见表1。

表1 红萝卜泡菜感官评定标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of radish pickle

指标及分数	色泽	气味	滋味	质地
一级 (8~10分)	色泽新鲜,汤汁清亮	具有发酵型香气,无不良气味	滋味鲜美酸甜咸味适宜,无不良味道或不良口感	质地脆嫩
二级 (6~8分)	色泽偏暗沉,无异物,汤汁不清亮	无泡菜应有香气及其他异味	酸咸度较适中,口味淡薄,无不良味道	菜质脆嫩度较差
三级 (6分以下)	无光泽,发黑发暗有霉花浮膜,汤汁不清亮	无泡菜应有香气,有酸败、腐烂或难闻气味	过酸或过咸,有苦味涩味或不良口感	菜质脆嫩度差,咀嚼有渣

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果

2.1.1 微波功率对红萝卜泡菜品质的影响 由图1~3可知,微波功率越高,对细菌和酵母菌的致死率越高,亚硝酸盐含量越少;而随着微波功率的增加,Vc含量和感官评分却呈现逐步减少的趋势,可能是高微波功率会破坏Vc并影响产品的质地、色泽等感官品质。但当功率达到700W后,其对感官评分的影响趋势趋于平缓,当微波功率大于750W后,Vc含量下降的趋势减缓;而当微波功率从700W上升到800W时,对细菌和酵母菌的杀菌效果呈现明显的增强趋势。选择仪器的最大功率800W进行后续试验。

2.1.2 仪器设置温度对红萝卜泡菜品质的影响 由图4~6可知,随着温度的增加Vc含量下降明显,亚硝酸盐呈缓慢下

降趋势;细菌和酵母菌的致死率随着温度的增加均呈现升高的趋势,但当温度高于 70 °C 后,致死率变化趋于平缓;感官评分随着温度的升高而降低,尤其是温度高于 60 °C 后,感官

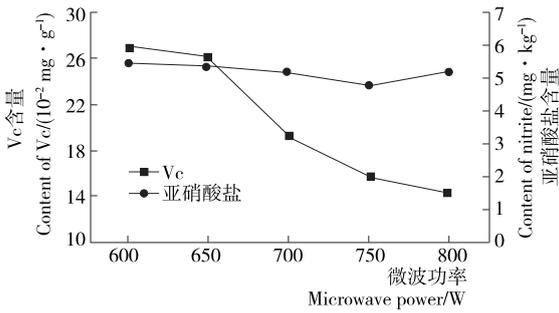


图 1 微波功率对红萝卜泡菜 Vc 和亚硝酸盐含量的影响

Figure 1 Influence of microwave power on Vc and nitrite content radish pickle

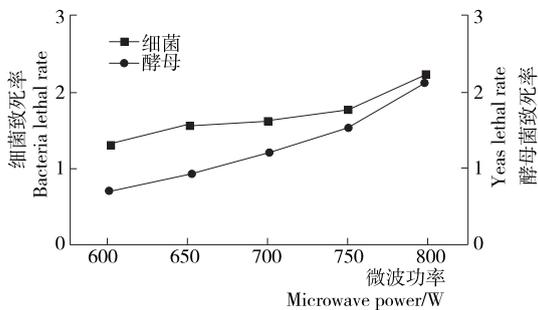


图 2 微波功率对红萝卜泡菜细菌和酵母菌致死率的影响

Figure 2 Influence of microwave power on of bacteria and yeast lethal rate of radish pickle

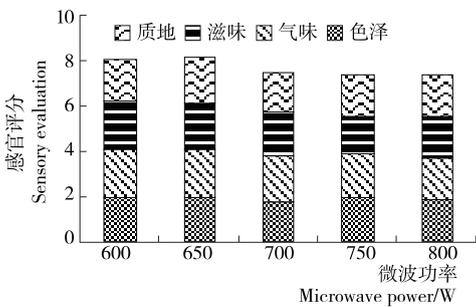


图 3 微波功率对红萝卜泡菜感官评分的影响

Figure 3 Influence of microwave power on sensory score of radish pickle

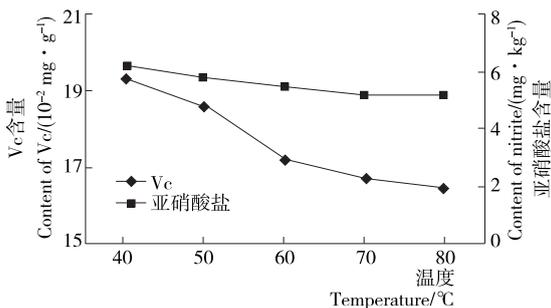


图 4 微波功率对红萝卜泡菜 Vc 和亚硝酸盐含量的影响

Figure 4 Influence of microwave temperature on Vc and nitrite content of radish pickle

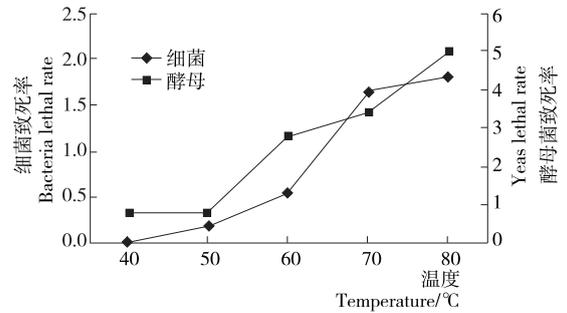


图 5 微波功率对红萝卜泡菜细菌和酵母菌致死率的影响

Figure 5 Influence of microwave temperature on bacteria and yeast lethal rate radish pickle

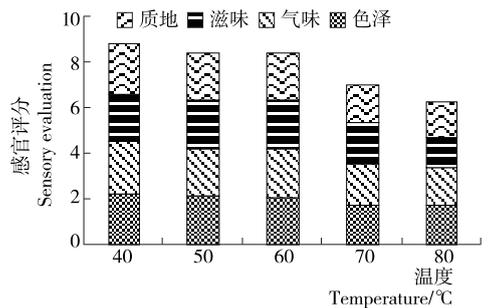


图 6 微波温度对红萝卜泡菜感官评分的影响

Figure 6 Influence of microwave temperature on sensory score of radish pickle

评分下降明显,可能是过高的温度会显著影响泡菜的色泽、滋味和气味,造成感官评分较低。综合考虑,选择 60 °C 为最佳的微波加热温度。

2.1.3 杀菌时间对红萝卜泡菜品质的影响 由图 7~9 可知,Vc 含量和亚硝酸盐都随着处理时间的增加而降低,但 8 min 后,其下降的趋势变得平缓;细菌和酵母菌的致死率随着处理时间的增加而增加,超过 10 min 后,其酵母菌致死率的上升趋势也变得缓慢;处理时间越长,泡菜的感官评分越低,尤其是超过 8 min 后,其分值下降明显,可能是长时间的杀菌会显著影响产品的质地、色泽,使得感官评分显著下降。综合考虑,选择 8 min 为最佳微波加热时间。

2.1.4 包装材料对红萝卜泡菜品质的影响 由图 10~12 可知,不同包装材料对各项指标的影响不大,正交试验剔除此因素,后续正交试验均选择蒸煮袋进行密封包装。

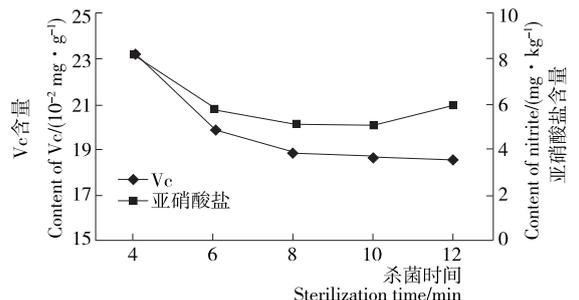


图 7 杀菌时间对红萝卜泡菜 Vc 和亚硝酸盐含量的影响

Figure 7 Influence of sterilization time on Vc and nitrite content of radish pickle

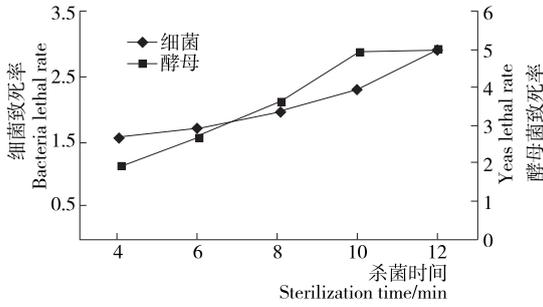


图8 杀菌时间对红萝卜泡菜细菌和酵母菌致死率的影响
Figure 8 Influence of sterilization time on bacteria and yeast lethal rate radish pickle

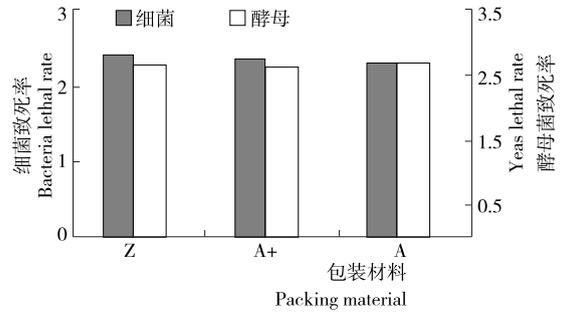


图11 包装材料对红萝卜泡菜细菌和酵母菌致死率的影响
Figure 11 Influence of packing materials on bacteria and yeast lethal rate radish pickle

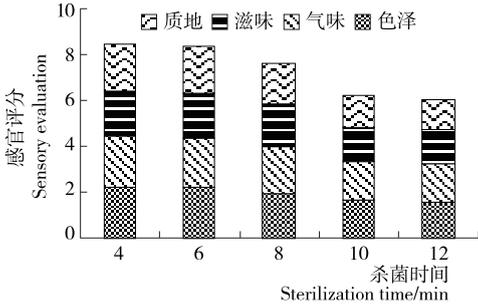


图9 杀菌时间对红萝卜泡菜品质的影响
Figure 9 Influence of sterilization time on sensory score of radish pickle

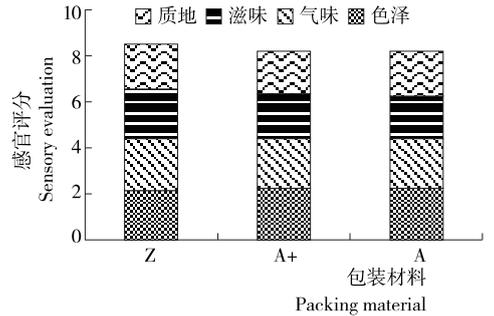


图12 包装材料对红萝卜泡菜感官评分的影响
Figure 12 Influence of packing materials on sensory score of radish pickle

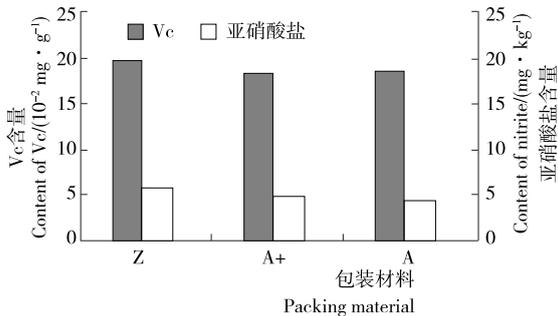


图10 包装材料对红萝卜泡菜Vc和亚硝酸盐含量的影响
Figure 10 Influence of packing materials on Vc and nitrite content of radish pickle

2.2 正交试验结果

在单因素试验结果的基础上,选择微波功率、仪器设置温度和杀菌时间3个因素(见表2)进行正交试验,结果见表3。

表2 正交试验因素水平表

Table 2 Factors of orthogonal test

水平	A 微波功率/W	B 杀菌时间/min	C 仪器设置温度/℃
1	700	7	55
2	750	8	60
3	800	9	65

表3 正交试验结果和极差分析结果

Table 3 Orthogonal experiment and range analysis

试验号	A	B	C	空列	Vc/ ($10^{-2} \text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	亚硝酸盐减少量/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	细菌 lgS	酵母 lgS	感官评分	综合评分
1	1	1	1	1	19.21	2.962	2.14	1.46	9.1	6.24
2	1	2	2	2	23.81	1.546	2.91	2.26	8.6	7.22
3	1	3	3	3	15.69	0.174	3.04	2.96	6.6	5.33
4	2	1	2	3	25.73	4.329	1.92	2.52	8.7	7.99
5	2	2	3	1	21.10	-0.468	3.09	3.26	8.2	6.53
6	2	3	1	2	24.71	0.085	2.36	2.43	7.3	6.89
7	3	1	3	2	18.03	1.601	2.58	3.56	9.0	6.36
8	3	2	1	3	24.09	0.568	2.59	3.42	8.3	7.26
9	3	3	2	1	24.63	1.300	2.31	3.44	6.8	7.30
k_1	6.263	6.863	6.797	6.690						
k_2	7.137	7.003	7.503	6.823						
k_3	6.973	6.507	6.073	6.860						
r	0.874	0.496	1.430	0.170						

C>A>B
较优水平 A₂B₂C₂

根据杀菌后红萝卜泡菜的理化指标、杀菌效果和感官评分来优化微波杀菌的工艺条件。以 Vc、亚硝酸盐减少量、细菌 lgS、酵母 lgS 和感官评分为指标进行方差分析,并采用综合评分法进行判定(Vc、亚硝酸盐减少量、细菌 lgS、酵母 lgS 和感官评分的权重分别设为 0.20,0.20,0.25,0.25,0.10)。

在本试验中,综合分越高越好。由表 3 可知,各因素对红萝卜泡菜品质的影响因素主次顺序为 C>A>B,最佳工艺条件为 A₂B₂C₂,即:微波功率 750 W,杀菌时间 8 min,仪器设置温度 60 ℃。该条件下所得产品的综合评分为 8.01(见表 5),优于正交各试验组。由表 4 可知,因素微波功率和杀菌温度对综合评分有显著影响(P<0.05)。

2.3 巴氏对照试验

对比两种不同的杀菌方式:微波杀菌(微波功率 750 W,杀菌时间 8 min,仪器设置温度 60 ℃),通过正交试验优化得到;巴氏杀菌^[9](杀菌温度 85 ℃,杀菌时间 15 min)。由表 5 可知,微波杀菌后的红萝卜泡菜的 Vc 含量高于巴氏杀菌处理后的泡菜;微波杀菌对泡菜的细菌和酵母菌的致死率都高

于巴氏杀菌的泡菜;微波杀菌所得的红萝卜泡菜外观鲜亮、口感脆嫩,感官评分也高于巴氏杀菌所得泡菜;仅微波杀菌后泡菜的亚硝酸盐的含量稍高于巴氏杀菌后泡菜,但王刚等^[9]研究发现在储存前期微波杀菌的泡菜中亚硝酸盐的含量高于巴氏杀菌的泡菜,随着储存期的延长,微波杀菌的泡菜中亚硝酸盐的含量就会低于巴氏杀菌的泡菜。此外,微波杀菌后泡菜的综合评分不仅高于正交试验组,也明显比巴氏杀菌的评分高,结果表明经正交试验优化确定的工艺条件为最优杀菌条件。

表 4 方差分析结果

Table 4 Results of variance analysis

方差来源	偏差平方和	自由度	F	F 临界值	显著性
A	1.293	2	26.938		*
B	0.393	2	8.188	19.000	
C	3.067	2	63.896		*
空列	0.048	2	1.000		
误差	0.050	2			

表 5 两种杀菌方法的对照试验结果

Table 5 Results of verifying test of two sterilization methods (n=3)

杀菌方式	Vc/ (10 ⁻² mg·g ⁻¹)	亚硝酸盐/ (mg·kg ⁻¹)	细菌 lgS	酵母 lgS	感官评分	综合评分
微波杀菌	25.86±1.230	5.08±0.31	2.99±0.98	3.11±0.36	9.2±1.85	8.01±0.37
巴氏杀菌	23.09±2.333	5.03±0.87	2.27±0.65	2.43±0.47	8.7±2.35	7.06±1.01

3 结论

相比传统的热力杀菌方式,微波杀菌可以在较低的温度下进行杀菌,使产品达到良好的杀菌效果的同时,能很大程度上保证产品的营养指标和感官品质。通过单因素和正交试验设计,优选得到红萝卜泡菜的最佳微波杀菌条件为:微波功率 750 W,杀菌时间 8 min,仪器设置温度 60 ℃。在此最优条件下杀菌处理后的红萝卜泡菜产品的综合评分 8.01。仪器设置温度、微波功率对红萝卜泡菜产品的品质具有显著性影响,需要严格控制。

微波杀菌可降低杀菌温度和时间,下一步将考虑对微波杀菌产品的货架期进行预测研究,为微波杀菌产品的应用提供理论指导和依据。

参考文献

[1] 许雅楠,池承灯,姚丽娜.四川泡菜的制作工艺及风味形成原理[J].农产品加工:学刊,2014(7):31-32.
 [2] 陈影,王锦慧,张文菱子,等.乳酸菌发酵黄瓜泡菜品质的研究[J].食品与机械,2015,31(4):208-211.
 [3] 陈铁壁,肖乐,杨盟盟,等.金桂花中总黄酮的微波辅助提取工艺优化[J].食品与机械,2015,31(3):185-188.
 [4] BHATTACHARJEE M K, DELSOL J K. Does microwave sterilization of growth media involve any non-thermal effect [J]. Journal of Microbiological Methods, 2014, 96(1): 70-72.

[5] NOVOTNY M, SKRAMLIK J, SUHAJDA K, et al. Sterilization of biotic pests by microwave radiation [J]. Procedia Engineering, 2013, 57(4): 1 094 -1 099.
 [6] CZYLKOWSKI D, HRYCAK B, JASINSKI M, et al. Atmospheric pressure microwave microplasma microorganism deactivation [J]. Surface & Coatings Technology, 2013, 234 (15): 114-119.
 [7] PENG J, J TANG M, JIAO Y, et al. Dielectric properties of tomatoes assisting in the development of microwave pasteurization and sterilization processes [J]. LWT - Food Science and Technology, 2013, 54(2): 367-376.
 [8] ITARASHIKI T, HAYASHI N, YONESU A. Sterilization effect of nitrogen oxide radicals generated by microwave plasma using air [J]. Vacuum, 2014, 110 (11): 213-216.
 [9] 王刚,熊发祥.不同杀菌方式对盐渍泡菜品质变化的影响[J].中国调味品,2012,37(2):59-61.
 [10] 姜斌,胡小松,廖小军,等.超高压对鲜榨果蔬汁的杀菌效果[J].农业工程学报,2009,25(5):234-238.
 [11] 王睿,雷鸣.糟粕微波灭菌工艺试验研究[J].现代食品科技,2010,26(2):169-171.