

酸辣菜的护绿工艺及腌制液配方优化的研究^①

肖秋雨¹, 肖亮亮², 钟 锐², 冯娉华¹, 侯大军¹

1. 西南大学 食品科学学院, 重庆 400716; 2. 镇远县肖家园食品有限公司, 贵州 镇远 557700

摘要: 以青辣椒为原料, 采用单因素和 4 因素 3 水平正交实验, 以 Δa^* 为指标考察青辣椒浸泡前后的色泽变化, 得出辣椒绿色防护的最佳条件, 即在温度为 40 ℃时, 0.3% 柠檬酸和 0.06% D-异抗坏血酸钠复合溶液中浸泡 45 min, 辣椒的绿色防护效果最好。同时通过 4 因素 3 水平正交实验, 依据感官评价标准, 得到了酸辣菜腌制液的最佳配方, 即将 8% 食盐, 2% 糖, 0.4% CaCl_2 和 8% 蒜姜(1:1)加入到 pH 值为 3.5-4.0 的腌制溶液中, 即可得到风味、口感、质地优良的酸辣菜制品。

关键词: 护绿; 腌制; 酸辣菜

中图分类号: TS205.5; S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)08-0059-06

辣椒是人们喜食的蔬菜, 营养丰富, 在我国各地广泛种植, 产量居世界第一^[1]。辣椒果实未成熟时呈绿色, 成熟后呈红色、黄色或紫色^[2]。未成熟时呈绿色的辣椒称之为青辣椒, 青辣椒的绿色是由其叶绿素所呈现的, 叶绿素中的镁原子易被氢离子、锌离子、铜离子取代, 当氢离子取代镁原子后, 叶绿素生成脱镁叶绿素, 颜色就由原来的绿色变为褐色; 当锌离子、铜离子取代镁原子后, 叶绿素生成叶绿素的锌盐或铜盐, 颜色就由原来的绿色变为深绿色^[3]。此外, 光照、pH 值的变化、氧化等都会造成叶绿素分解, 引起青辣椒颜色的变化^[4]。绿色是绿色果蔬制品品质的一个重要指标, 现绿色果蔬制品的护绿方法主要有使用单一的护绿剂、复配护绿剂以及染色剂等 3 种, 单一的护绿剂效果不如复配的护绿剂效果好, 而染色剂会使产品不需染色的部分也染上颜色。基于上述原理, 国内外学者对一些蔬菜腌制过程中的护绿技术进行了研究, 如李金红^[5]对辣椒的护绿工艺条件进行了研究, 结果表明, 即在浓度为 600 mg/L CuSO_4 溶液中烫漂 1 min, 护绿效果较好; 郑连姬等^[6]对白魔芋中多酚氧化酶活性测定及其护色进行了研究, 得出在对魔芋烘烤中护色效果最好的是 L-半胱氨酸, 其次是植酸和柠檬酸; 罗璇等^[7]在青辣椒腌制生产保绿工艺的研究中, 用 0.06% 抗坏血酸, 0.15% ZnSO_4 浸泡处理可得到最适酱青椒保绿的工艺; 王毅等^[8]对青椒香辣酱护绿工艺进行研究时, 发现护脆处理用浓度为 0.35% CaCl_2 浸泡青椒 10 min, 护脆效果较好; 用 0.3% 柠檬酸溶液或 0.5% 异抗坏血酸钠溶液对青椒浸泡 25 min, 能达到护绿的效果, 但对两者的复配效果未做详细的研究。因此, 本文在其他蔬菜护绿研究的基础上, 选取了柠檬酸、D-异抗坏血酸钠两种绿色保护剂组成复配护绿剂, 以青椒为原料, 研究青椒护绿和酸辣菜腌制工艺条件, 为实际生产提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

1.1.1 实验材料

青椒, 蒜姜, 购于重庆市北碚城南永辉超市; 食盐, 四川久达盐业集团有限公司; 蔗糖, 购于重庆市北

① 收稿日期: 2019-03-04

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2018]2317)。

作者简介: 肖秋雨(2000-), 女, 主要从事食品科学与工程的研究。

通信作者: 侯大军, 副教授。

磅天生丽街永辉超市; D-异抗坏血酸钠(食品级), 柠檬酸(食品级), 氯化钙(食品级), 河南千志商贸有限公司.

1.1.2 实验设备

Ultras Scan PRO 测色仪, 亨特立联合实验室有限公司; JA5002 电子天平, 上海精天电子仪器有限公司; BSA323S 电子分析天平, 赛多利斯科学仪器(北京)有限公司; SW-CJ-2F 型超净实验台, 苏州安泰空气技术有限公司; HH-4B 型数显恒温水浴锅, 常州荣华仪器制造有限公司.

1.2 实验方法

1.2.1 酸辣辣椒加工工艺流程

腌制液



原料→挑选→去柄→清洗→护绿→装瓶(坛)→腌制→袋装→真空包装→杀菌冷却→感官评定→检查→成品

1.2.2 柠檬酸质量浓度对青辣椒色泽的影响

设定青辣椒在柠檬酸溶液中护绿处理时间为 60 min, 处理温度为 35 °C, 添加柠檬酸, 质量浓度依次为 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5%, 0.7%, 0.9%, 1.1% 对青辣椒进行浸泡处理, 测定青辣椒处理前后的 a^* 和 Δa^* 值的变化.

1.2.3 D-异抗坏血酸钠质量浓度对青辣椒色泽的影响

设定青辣椒在 D-异抗坏血酸钠溶液中护绿处理时间为 60 min, 处理温度为 35 °C, 添加 D-异抗坏血酸钠, 质量浓度依次为 0%, 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.10%, 0.12% 对青辣椒进行浸泡处理, 测定青辣椒处理前后的 a^* 和 Δa^* 值的变化.

1.2.4 护绿处理温度对青辣椒色泽的影响

以单因素实验确定的柠檬酸质量浓度、D-异抗坏血酸钠质量浓度, 按照 1:1 比例复配成护绿液, 以处理时间 60 min 不变, 设计温度为 20 °C, 25 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C 对青辣椒进行浸泡处理, 测定青辣椒处理前后 a^* 和 Δa^* 值的变化.

1.2.5 护绿处理时间对青辣椒色泽的影响

以单因素实验确定的柠檬酸质量浓度、D-异抗坏血酸钠质量浓度, 按照 1:1 比例复配成护绿液, 以处理温度 30 °C 不变, 设计时间为 0 min, 45 min, 60 min, 75 min, 90 min, 105 min, 120 min 对青辣椒进行浸泡处理, 测定青辣椒处理前后的 a^* 及 Δa^* 值变化.

1.2.6 青辣椒最佳护绿条件优化

根据单因素实验结果, 选择柠檬酸、D-异抗坏血酸钠、护绿温度和护绿时间, 设计 4 因素 3 水平正交实验, 见表 1.

表 1 青辣椒最佳护绿条件正交实验因素水平表

水 平	因 素			
	柠檬酸 添加量(A)/%	D-异抗坏血酸钠 添加量(B)/%	温度(C) /°C	时间(D) /min
1	0.2	0.05	30	45
2	0.3	0.06	35	60
3	0.4	0.07	40	75

1.2.7 酸辣辣椒腌制液配方优化

通常泡菜制品的品质主要是由香气、滋味、质地来决定的, 而香、味、质感主要与腌制液中的食盐质量浓度、糖质量浓度、氯化钙质量浓度和香料(姜:蒜=1:1)的含量等因素水平有关^[9]; 泡菜生产主要依靠乳酸菌的发酵作用, 酸泡菜是在厌氧环境下进行乳酸发酵而制成的酸性食品^[10], 酸泡菜在腌制过程中经历乳酸发酵, 利用乳酸的积累和低盐保存产品不腐败, 并增进风味, 因而要生产出最大量的乳酸, 就需要添加适量的食盐、糖、氯化钙和姜蒜. 根据影响腌制效果因素, 选择食盐、糖、氯化钙和姜蒜, 设计 4 因素 3 水平正交实验, 以感官评分为标准, 进行腌制液质量浓度优化. 因素水平见表 2.

表2 酸辣辣椒腌制液配方优化正交实验因素水平表

水平	因素			
	食盐(A)/%	糖(B)/%	氯化钙(C)/%	姜蒜(D)/%
1	6	2	0.2	4
2	8	4	0.4	6
3	10	6	0.6	8

1.3 测定方法

1.3.1 青辣椒色泽的测定

使用 Ultras Scan PRO 测色仪进行颜色测定,参数设置如下:反射镜为最小类型,仪器模式为消除镜面反射,观测面积设置为 4.826 mm^2 . 采用亨特均匀表色系 L^*, a^*, b^* . L^* 值表示明度, $L^*=0$ 表示黑色, $L^*=100$ 表示白色; a^* 值表示红-绿色, a^* 值为正数表示红色,负数表示绿色,0 表示中性色; b^* 值表示蓝-黄色, b^* 值为正数表示黄色,负数表示蓝色,0 表示中性色^[11]. 因为青椒色泽呈深绿色,对 L^* 值和 b^* 值干扰比较大,所以 L^* 值和 b^* 值不精确,因此本研究只考虑 a^* 值. 分别对样品的顶部、中部和末端进行 3 次测定,而后计算平均值为样品 a^* .

$$\Delta a^* = a^*_{\text{处理后}} - a^*_{\text{处理前}}$$

Δa^* 值越小,说明处理前后 a^* 值相差越小,绿色防护的效果也就越好.

1.3.2 感官评定方法

选择经过训练的感官评定人员 10 人,按表 3 的标准对样品色泽、质地、口感、风味进行综合评分^[12].

表3 酸辣辣椒感官评分标准

项目	满分	评分标准
色泽	40(分)	鲜绿色(31-40);绿色(21-30);暗绿色(11-20);褐绿色(1-10)
质地	20(分)	脆嫩(16-20);较脆嫩(11-15);脆度弱(6-10);无脆度(0-5)
口感	20(分)	温和(16-20);较温和(11-15);生辣味淡(6-10);生辣味严重(0-5)
风味	20(分)	发酵风味明显(16-20);较明显(11-15);不明显(6-10);无发酵风味(0-5)

1.3.3 实验数据分析处理方法

采用 EXCEL 进行图表的绘制,SPSS 软件进行相关数据的处理.

2 结果与分析

2.1 柠檬酸质量浓度对青辣椒色泽的影响

柠檬酸对青辣椒有一定的护绿作用,主要原因是:第一,柠檬酸可使果蔬中叶绿素的镁原子在适宜酸性条件下形成的显绿共轭体系更加稳定,从而减少叶绿素中的镁原子被氢离子取代的机会;第二,柠檬酸是一种螯合能力极强的螯合剂,可螯合叶绿素中的镁离子或叶绿素衍生物中的金属离子,从而与叶绿素或叶绿素衍生物形成配合物,其形成的配合物稳定性增强,可提高叶绿素的稳定性,减缓青辣椒在加工储存过程中绿色色泽的降解速度^[13-14].

从图 1 可看出,随着柠檬酸质量浓度的逐渐增加,青椒的 Δa^* 值逐渐下降,然后又逐渐上升. 柠檬酸添加量在 0.3% 左右时, Δa^* 值下降到最低点,说明此时青辣椒的绿色保持效果最佳,随着柠檬酸添加量的增加, Δa^* 值反而呈现逐渐增加,绿色保持效果逐渐降低,这可能是柠檬酸添加量过多时,在酸性条件下形成的显绿共轭体系以及螯合能力减弱,从而导致护绿效果降低. 因此,综合考虑,在腌制青辣椒护绿处理时,柠檬酸的最佳使用质量浓度为 0.3%.

2.2 D-异抗坏血酸钠质量浓度对青辣椒色泽的影响

从图 2 可看出,随着 D-异抗坏血酸钠添加量的增加,青辣椒的 Δa^* 值呈现下降,说明青辣椒绿色保持效果越来越好. 当 D-异抗坏血酸钠添加量低于 0.06% 范围时, Δa^* 值下降较快,在 0.06%, Δa^* 最小,超过 0.06% 时, Δa^* 变化不大,略有增加的趋势. D-异抗坏血酸钠的护绿原理是因为其具有较强的还原性,从而可保持果蔬中显绿共轭体系的稳定,同时还可防制果蔬的氧化;在最佳添加量的情况下,护绿

效果较好;当添加量过多时,多余的抗坏血酸被氧化,反而破坏了显绿共轭体系的稳定^[15].因此,综合考虑,在腌制青辣椒护绿处理时 D-异抗坏血酸钠的最佳使用质量浓度为 0.06%.

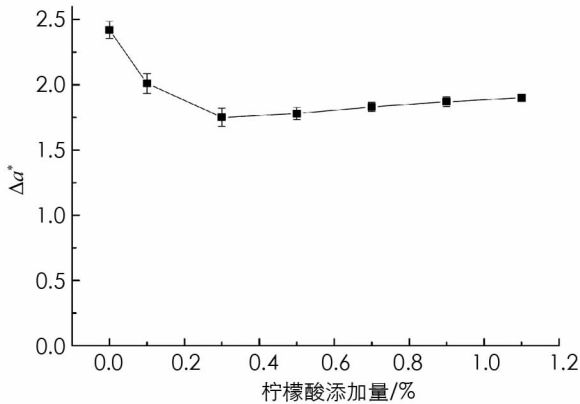


图 1 柠檬酸添加量对青辣椒色泽的影响

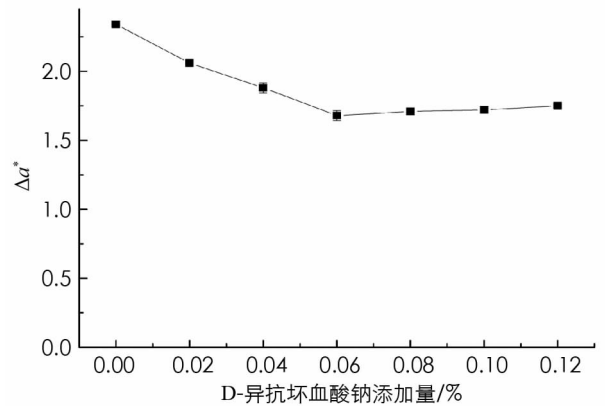


图 2 D-异抗坏血酸钠添加量对青辣椒色泽的影响

2.3 护绿处理温度对青辣椒色泽的影响

由图 3 可知,随着处理温度的逐步升高,青辣椒的 Δa^* 值逐渐下降,护绿效果较好.在温度低于 35℃时,青辣椒的 Δa^* 值下降明显,35℃后青辣椒的 Δa^* 值变化较为平缓.青辣椒中含有大量的叶绿素和种类繁多、含量丰富的有机酸,在果蔬活体中它们被分隔在不同区域,有机酸没有与叶绿素接触,因而没有引起叶绿素降解.适宜的温度不会破坏果蔬活体,在一定程度上还能促进护绿剂的反应,以及促进护色剂发挥作用,但是温度过高会破坏果蔬活体导致叶绿素完全暴露在有机酸的环境中,造成叶绿素中的镁原子被两分子氢离子取代,生成脱镁叶绿素,引起叶绿素降解.因此,综合考虑,在腌制青辣椒护绿处理时处理温度设置为 35℃为宜.

2.4 护绿处理时间对青辣椒色泽的影响

护绿处理时间过长对青辣椒的形态和营养物质的流失都有影响.由图 4 可知,在浸泡温度为 35℃时,随着护绿时间的逐步增加, Δa^* 值呈逐渐下降的趋向;护绿时间为 90 min 时, Δa^* 值最小,护绿效果最好,但形态较差;护绿时间为 60 min 时, Δa^* 值略大于前者,但形态比较好;90 min 以后的护绿处理显示, Δa^* 值变化较为平缓,形态也较差.因此,综合考虑,在保证护绿效果的前提下,在腌制青辣椒护绿处理时处理时间设置为 60 min 为宜.

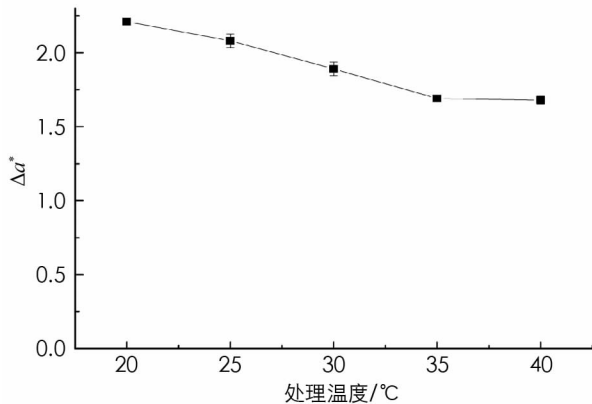


图 3 护绿处理温度对青辣椒色泽的影响

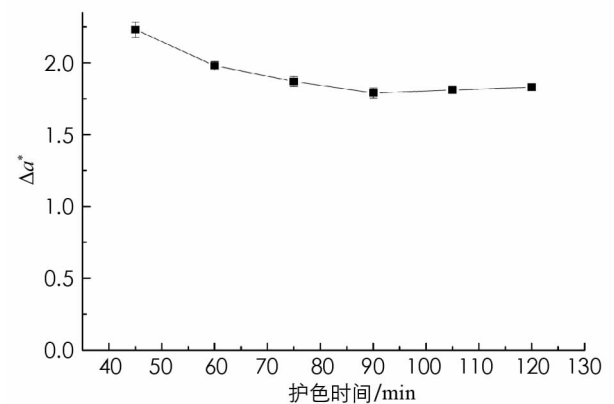


图 4 护绿处理时间对青辣椒色泽的影响

2.5 青辣椒护绿处理正交优化

青椒护绿处理实验方案及极差分析见表 4.

表 4 青辣椒护绿处理正交实验结果

实验号	柠檬酸 添加量(A)/%	D-异抗坏血酸 钠添加量(B)/%	温度(C) /°C	时间(D) /min	Δa^*
1	1	1	1	1	0.65
2	1	2	2	2	1.03
3	1	3	3	3	0.73
4	2	1	2	3	1.08
5	2	2	3	1	1.62
6	2	3	1	2	1.04
7	3	1	3	2	0.56
8	3	2	1	3	0.62
9	3	3	2	1	0.63
K_1	2.41	2.29	2.31	2.90	
K_2	3.74	3.27	2.74	2.63	
K_3	1.81	2.40	2.91	2.43	
\bar{K}_1	0.803	0.763	0.770	0.967	
\bar{K}_2	1.247	1.090	0.913	0.877	
\bar{K}_3	0.603	0.800	0.970	0.810	
R	0.644	0.327	0.200	0.157	
最优方案	A_2	B_2	C_3	D_1	

极差分析显示, 各因素的显著性排序由大到小依次为 $A > B > C > D$, 因此柠檬酸的添加量对青椒的护绿效果影响最大, 其次是 D-异抗坏血酸钠添加量、温度和时间. 最佳处理组合为 $A_2B_2C_3D_1$, 即在质量浓度为 0.3% 柠檬酸、0.06% 的 D-异抗坏血酸钠复配护绿液中, 恒温 40 °C, 浸泡 45 min.

2.6 酸辣椒腌制液配方优化

酸辣椒腌制液配方优化实验方案及极差分析见表 5.

表 5 酸辣椒腌制液配方优化正交实验结果

实验号	食盐(A)/%	糖(B)/%	氯化钙(C)/%	姜蒜(D)/%	感官评定
1	1	1	1	1	70
2	1	2	2	2	75
3	1	3	3	3	80
4	2	1	2	3	95
5	2	2	3	1	90
6	2	3	1	2	75
7	3	1	3	2	80
8	3	2	1	3	75
9	3	3	2	1	82
K_1	225	245	220	242	
K_2	260	240	252	230	
K_3	237	237	250	250	
\bar{K}_1	75.0	81.7	73.3	80.7	
\bar{K}_2	86.7	80.0	84.0	76.7	
\bar{K}_3	79.0	79.0	83.3	83.3	
R	11.7	2.7	10.0	6.6	
最优方案	A_2	B_1	C_2	D_3	

由表 5 可知, 影响产品品质的主要因素是食盐质量浓度, 其次是氯化钙质量浓度、姜蒜质量浓度、糖的质量浓度. 极差分析显示, 各因素的显著性排序由大到小依次为 $A > C > D > B$. 最佳处理组合为 $A_2B_1C_2D_3$, 即将经过护绿处理的青辣椒腌制在含食盐 8%, 姜蒜 8% (1:1), 氯化钙 0.4%, 糖 2%, pH 值为 3.5—4.0 的腌制液中腌制, 即可得出色、香、味品质均佳的酸辣椒制品.

3 结 论

柠檬酸、D-异抗坏血酸钠两种护色剂对青辣椒均有较好的护绿作用,单因素实验表明,柠檬酸添加量应为 0.3%,D-异抗坏血酸钠添加量应为 0.06%。同时,通过正交实验获得在质量浓度为 0.3%的柠檬酸和 0.06%的 D-异抗坏血酸钠(1:1)复配溶液中,当温度保持在 40 °C 并浸泡 45 min 时,所得青辣椒护绿效果最佳。

通过实验对酸辣椒腌制液配方进行研究后得出,将经过护绿处理的青辣椒泡制在含食盐 8%,姜蒜 8%(1:1),氯化钙 0.6%,糖 2%,pH 值为 3.5—4.0 的腌制液中腌制,即可得出色、香、味品质均佳的酸辣辣椒制品。

参考文献:

- [1] 王永平,张绍刚,何嘉,等.国内外辣椒产业发展现状及趋势[J].现代农业科学,2009,16(6):267-270.
- [2] 马克,米勒.点燃味觉的神奇果实[M].北京:中国友谊出版公司,2006:23-25.
- [3] 谢笔钧.食品化学[M].北京:科学出版社,2004:384-385.
- [4] 高伟民,阚健全,陈科委,等.青辣椒腌制过程中护色技术的研究[J].食品工业科技,2012,33(7):232-235.
- [5] 李金红.辣椒腌制护色保脆和软包装工艺[J].江苏调味副食品,2009,26(6):38-40.
- [6] 郑连姬,钟耕,张盛林,等.白魔芋中多酚氧化酶活性测定及其护色研究[J].西南大学学报(自然科学版),2007,29(2):119-121.
- [7] 罗璇,肖萌.青辣椒腌制生产中保绿工艺的研究[J].中国调味品,2014,39(1):9-13.
- [8] 王毅,刘学文.青椒香辣酱护绿护脆工艺的研究[J].中国调味品,2011,36(2):85-87.
- [9] 彭光华,王清章.辣椒的护绿工艺条件及酸泡菜配方优化的研究[J].中国调味品,2001,26(4):20-22.
- [10] 胡杨,项松涛,杨宇清,等.泡菜中产细菌素的乳酸菌分离研究[J].西南大学学报(自然科学版),2012,34(3):145-147.
- [11] 吴金松,郑炯,田宝明,等.鲜红辣椒腌制保藏的护色技术[J].食品与发酵工业,2013,39(12):177-180.
- [12] 张甫生,吴金松.保脆处理对泡红辣椒脆度与色泽影响的研究[J].食品工业科技,2013,34(10):254-257.
- [13] 高伟民.青辣椒在加工及储存过程中护色技术的研究[D].重庆:西南大学,2012.
- [14] 郑剑.山野菜(鸭儿芹)软包装的护绿工艺研究[J].食品研究与开发,2006,27(6):98-99.
- [15] 刁源,高伦江,尹旭敏,等.黄秋葵泡菜护绿保脆方案和调味配方研究[J].西南农业学报,2014,27(6):2611-2616.

On Optimum Green-Protecting Conditions and Optimum Formula of Pickled Chili Peppers

XIAO Qiu-yu¹, XIAO Liang-liang²,
ZHONG Kun², FENG Pin-hua¹, HOU Da-ju¹

1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Zhenyuan Xiaojia Yuan Food Co. Ltd., Zhenyuan Guizhou 557700, China

Abstract: In this paper, green chili pepper was used as raw material, and single-factor test and four-factor three-level orthogonal test was used to investigate the color change of green chili pepper before and after soaking with Δa^* as the index, and the optimum green-protecting conditions of chili peppers was obtained. The results show that green chili peppers immersed in complex liquid which contained 0.3% citric acid and 0.06% sodium D-isoascorbate at 40 °C for 45 minutes can protect the green best. The optimized formula of the pickling solution of pickled chili pepper by sensory evaluation methods by four factor-three level orthogonal test is as follows: 8% salt, 2% sugar, 0.4% CaCl_2 and 8% garlic ginger (1:1) added to the pickling solution with pH of 3.5—4.0, and the pickled chili pepper products with good flavor, taste and texture were obtained.

Key words: green-protecting; pickling; pickled chili pepper

责任编辑 周仁惠