

潘银珍, 谢玉娟, 李仲巧, 等. 鱼香肉丝工业化生产胡萝卜护色工艺优化 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(8): 252-258. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070091

PAN Yinzhen, XIE Yujuan, LI Zhongqiao, et al. Optimization of Carrot Color Preserving Technology in Industrial Production of Fish Flavored Shredded Pork[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(8): 252-258. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070091

· 工艺技术 ·

鱼香肉丝工业化生产胡萝卜护色工艺优化

潘银珍, 谢玉娟, 李仲巧, 周芷冉, 田 瑾, 刘晓翠*
(西华大学食品与生物工程学院, 四川成都 610039)

摘要: 为防止鱼香肉丝中胡萝卜褐变, 尽量维持胡萝卜明亮的颜色, 该研究以色差值和感官评分为考查指标, 比较了乙二胺四乙酸二钠 (EDTA-2Na)、L-抗坏血酸 (V_C)、异抗坏血酸钠和柠檬酸对鱼香肉丝中胡萝卜的护色效果; 研究了其质量分数、浸泡时间和温度对胡萝卜的护色效果。通过单因素与正交试验结合确立最适合胡萝卜的护色剂复配配方为: 柠檬酸 0.3%, 乙二胺四乙酸二钠 (EDTA-2Na) 0.4%, L-抗坏血酸 (V_C) 0.3%, 异抗坏血酸钠 0.2%。其中, 柠檬酸浓度对护色效果影响最大, 异抗坏血酸钠影响最小; 护色条件为 25 °C、30 min; 在此护色条件下处理的胡萝卜的色差变化最小 (ΔE 值为 4.19)。将胡萝卜与护色液以重量比 1:4 的比例在 25 °C 环境下浸泡 30 min, 后通过漂烫、冷却、脱水, 再制成鱼香肉丝, 其中的胡萝卜颜色和品质保持较好。该研究结果可为鱼香肉丝的工业化生产提供理论基础。

关键词: 胡萝卜, 护色, 工艺, 鱼香肉丝, 护色剂复配, 保藏品质

中图分类号: TS217

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2023)08-0252-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022070091



本文网刊:

Optimization of Carrot Color Preserving Technology in Industrial Production of Fish Flavored Shredded Pork

PAN Yinzhen, XIE Yujuan, LI Zhongqiao, ZHOU Zhiran, TIAN Jin, LIU Xiaocui*

(School of Food and Bioengineering, Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: In order to prevent the browning of carrots in fish flavored shredded pork and try to maintain the bright color of carrots as much as possible, the color difference value (ΔE) and sensory score were used as test indexes. The color-preserving effects of ethylene diamine tetraacetic acid disodium (EDTA-2Na), L-ascorbic acid (V_C), sodium ascorbate and citric acid on carrots in fish flavored shredded pork were compared. Moreover, the effects of its concentrations, soaking time and temperature on carrot color protection were studied. The formula of the most suitable color protecting agent for carrots was determined by combining single factor and orthogonal experiment: Citric acid 0.3%, disodium ethylenediamine tetraacetate (EDTA-2Na) 0.4%, L-ascorbic acid (V_C) 0.3%, sodium erythorbate 0.2%, among which the concentration of citric acid had the greatest effect on the color protection effect, sodium isoascorbate had the least effect. The color protection condition was 25 °C for 30 min. The color difference of carrots treated under this condition was the least (ΔE value was 4.19). The carrot and color protection solution were soaked at 25 °C for 30 min at a weight ratio of 1:4. After blanching, cooling and dehydration to made fish flavored shredded pork. The color and qualities of the carrot were well maintained. The research results would provide a theoretical basis for the industrialized production of fish flavored shredded pork.

Key words: carrots; color protection; process; fish flavored shredded pork; color protection compound; preservation quality

鱼香肉丝是深受海内外人士喜爱的一道久负盛名的中国传统风味名菜^[1], 它色泽红润, 咸酸甜辣, 且

有特殊的鱼香味^[2], 它营养均衡, 具有优质的蛋白质、脂肪酸和丰富的矿质元素^[3]。随着人们生活水平的

收稿日期: 2022-07-12

基金项目: 四川省科技计划项目 (2020YFN0151)。

作者简介: 潘银珍 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 果蔬保鲜与精深加工, E-mail: 473784272@qq.com。

* 通信作者: 刘晓翠 (1986-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 果蔬保鲜与精深加工, E-mail: xiaocuilu777@126.com。

不断提升,方便营养的工业化菜肴制品逐渐成为消费市场的新宠^[4]。对鱼香肉丝这类经典川菜品种进行工业化开发,使之成为方便菜肴是一种趋势^[5]。通过对传统鱼香肉丝的适当加工和处理,可将其制成真空包装的、微波加热后即可食用的方便食品^[6]。目前对方便菜肴的研究已有部分成果,如黄继伟等^[7]通过将鱼香肉丝原料的分装和单因素正交实验,使木耳、青笋的脆度和颜色都有所提升;蒋子敬等^[8]通过改进咖喱味调料酱配比和加工工艺,优化了咖喱牦牛肉方便菜肴的生产工艺;赵越等^[9]通过检测菌落总数、水分含量等,确定了红烧肉方便菜肴制品采用真空包装方式更加保鲜;卢雪松等^[10]用新鲜猪肝作原料,得到制作泡椒猪肝粒的加工工艺;殷方玉^[11]以粘度值、挂糊率为理化指标,用响应面分析,得到方便菜肴水滑肉的生产工艺。

目前,鱼香肉丝方便菜肴已有许多科研学者研究过,如黄继伟等^[7]主要研究了鱼香肉丝方便米饭中鱼香肉丝速热菜肴包的制作工艺及口感品质。通过对原料的分装与护脆与护色处理,有效地保护了食材的风味和质地,增强了该食品的可食用性。黄文垒^[12]改良了鱼香肉丝的加工工艺与保鲜技术,并对辅料进行硬化和护色处理,保证了木耳丝和笋丝在贮藏期具有良好的口感和色泽。但鱼香肉丝中的配菜胡萝卜的护色研究等还不够完善,工业化鱼香肉丝中的配菜胡萝卜在生产、贮运、销售中容易出现非酶促褐变,包括美拉德反应^[13]、抗坏血酸氧化^[14]、 β -胡萝卜素变色^[15]等,从而影响了其品质。因此,寻找鱼香肉丝胡萝卜安全有效的护色方法,减少其褐变已成为鱼香肉丝加工中亟需解决的问题,所以本研究对胡萝卜的护色方面进行详细研究,以完善鱼香肉丝方便菜肴的生产工艺,为后续鱼香肉丝方便菜肴产业的发展建设提供更多的理论支持,旨在为鱼香肉丝方便菜肴工业化提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

猪肉、胡萝卜、木耳、青笋、大豆油、葱、姜、蒜、豆瓣酱、泡椒酱、淀粉、食盐、味精、白糖、生抽、老抽、醋、料酒 均购于成都沃尔玛超市;乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)、异抗坏血酸钠、L-抗坏血酸(V_C)、柠檬酸 均为食用级产品;氯化钠、石油醚、蛋白胨、酵母浸粉 福晨(天津)化学试剂有限公司;丙酮 成都科隆化学品有限公司;无水硫酸钠 成都科龙化工试剂厂;无水葡萄糖 天津市致远化学试剂有限公司;琼脂 北京索莱宝科技有限公司。

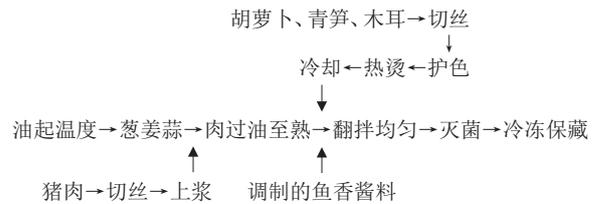
JA2003 型电子天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;TW-BZJ-2-4 型真空包装机 上海沃迪智能装备股份有限公司;JBSC2 型恒温搅拌水浴锅 巩义市予华仪器有限责任公司;UV2800 型光束紫外可见分光光度计 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;TD-5M 型台式低速离心机 四川蜀科仪器有限公

司;BPX-82 型精密恒温培养箱 成都世纪方舟科技有限公司;1384 型生物安全柜 中国赛默飞世尔;GI54DWS 型全自动高温灭菌锅 致微(厦门)仪器有限公司;WF32-16MM 型色差仪 深圳市威福光电科技有限公司

1.2 实验方法

1.2.1 鱼香肉丝的制作工艺

1.2.1.1 工艺流程 鱼香肉丝的制作工艺流程参考文献 [7] 进行实验。



1.2.1.2 工艺要点 猪肉的处理:将猪肉清洗、切丝,再将食盐、料酒、淀粉、水混合搅拌均匀后的腌制料与肉丝混合均匀,其中食盐、料酒、淀粉、水的用料质量比为 1:1:2:8,搅拌均匀,腌制。

胡萝卜处理:将胡萝卜清洗去皮切丝,再将胡萝卜丝放入护色液浸泡护色,后热烫 1~3 min,捞出过凉水后离心机脱水 7~8 s,备用。

木耳处理:将木耳泡发后,清洗切丝,切好的木耳丝在热水中煮 1~3 min 后,捞出过凉水,再离心机脱水 12 min,备用^[16]。

青笋处理:将青笋去皮、清洗后切成大小均匀的丝状,备用。

猪肉过油:将葱姜蒜加入微微热的油中,爆香后将腌制好的肉丝加入热油(140~160 ℃)中,过油至肉丝变黄。

鱼香肉丝酱料由红泡椒、豆瓣酱、味精、盐、白糖、生抽、老抽、醋、生粉、水调制而成,经多次实验,酱料具体用量为:以 100 g 肉计算,酱料具体用料为红泡椒 20 g、豆瓣酱 5 g、味精 1 g、盐 5 g、白糖 8 g、生抽 2 g、老抽 2 g、醋 8 g、生粉 6 g、水 10 g。

真空包装:用真空包装机将翻拌好的鱼香肉丝包装起来,巴氏杀菌(80 ℃, 30 min)过凉水迅速冷却之后速冻(-18 ℃)起来。

1.2.2 胡萝卜护色加工工艺

1.2.2.1 工艺流程 胡萝卜 → 清洗 → 去皮 → 切丝 → 护色 → 热烫 → 冷却 → 脱水 → 保鲜

1.2.2.2 工艺要点 胡萝卜的挑选、清洗:挑选新鲜饱满,大小整齐,无病虫害、无霉烂的胡萝卜作原料,并且实验期间采用同一生产商的胡萝卜,避免品种不一的误差。将胡萝卜表面灰尘、杂质清洗干净。

去皮:使用去皮刀将胡萝卜皮去净。

切丝:用切丝刀将胡萝卜切成大小均匀的细丝。

护色:将胡萝卜丝浸泡在四倍重量的护色液(质量分数为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5% 的柠檬酸、

乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)、L-抗坏血酸(V_C)、异抗坏血酸钠)中,浸泡条件为 25 °C 下浸泡胡萝卜丝 60 min。

热烫:将浸泡护色液后的胡萝卜丝在沸水中热烫 1~3 min,钝化酶的活性。

冷却:将烫过的胡萝卜用纯净水冲凉到 35 °C 以下。

脱水:将冷却后的胡萝卜丝放入离心机中脱水 7~8 s。

将胡萝卜丝放入保鲜库中保鲜,方便后续鱼香肉丝的制作。

1.2.3 不同质量分数的护色剂对胡萝卜的护色效果

1.2.3.1 柠檬酸质量分数 采用 1.2.2 的方法处理胡萝卜,使用不同的柠檬酸质量分数(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)的护色液浸泡,后制作成鱼香肉丝成品,冷冻 3 d 后通过色差来确定出护色效果较好的柠檬酸质量分数^[17]。

1.2.3.2 乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)质量分数 采用 1.2.2 的方法处理胡萝卜,使用不同的乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)质量分数(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)的护色液浸泡,后制作成鱼香肉丝成品,冷冻 3 d 后通过色差来确定出护色效果较好的乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)质量分数。

1.2.3.3 L-抗坏血酸(V_C)质量分数 采用 1.2.2 的方法处理胡萝卜,使用不同的 L-抗坏血酸(V_C)质量分数(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)的护色液浸泡,后制作成鱼香肉丝成品,冷冻 3 d 后通过色差来确定出护色效果较好的 L-抗坏血酸(V_C)质量分数。

1.2.3.4 异抗坏血酸钠质量分数 采用 1.2.2 的方法处理胡萝卜,使用不同的异抗坏血酸钠质量分数(0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%)的护色液浸泡,后制作成鱼香肉丝成品,冷冻 3 d 后通过色差来确定出护色效果较好的异抗坏血酸钠质量分数。

1.2.3.5 正交试验设计 根据单因素实验结果,以色差为评定值对护色剂质量分数筛选进行 $L_9(3^4)$ 正交试验^[18-19],因素水平见表 1。

表 1 正交试验因素水平
Table 1 Orthogonal experiment factor level

水平	A.柠檬酸质量分数(%)	B.EDTA-2Na质量分数(%)	C. V_C 质量分数(%)	D.异抗坏血酸钠质量分数(%)
1	0.3	0.1	0.1	0.1
2	0.4	0.2	0.3	0.2
3	0.5	0.4	0.4	0.3

1.2.4 护色时间、温度确定实验

1.2.4.1 护色时间 采用 1.2.2 的方法处理胡萝卜,使用 1.2.3 中确定的最佳护色液配方浸泡胡萝卜,浸泡时间分别为 20、30、40、50、60 min,浸泡温度为 25 °C,制作加工成鱼香肉丝成品,冷冻 3 d 后通过色差值来确定护色效果最好的护色时间。

1.2.4.2 护色温度 采用 1.2.2 的方法处理胡萝卜,使用 1.2.3 中确定的最佳护色液配方浸泡胡萝卜,浸泡温度分别为 15、25、35、45、55 °C,浸泡时间为 60 min,制作加工成鱼香肉丝成品,冷冻 3 d 后通过色差值来确定护色效果最好的护色温度。

1.2.5 鱼香肉丝保藏实验 按照以上实验所确定的最佳工艺制作加工出鱼香肉丝成品,分别在冷冻 3、6、9、12、15 d 测定胡萝卜的色差、胡萝卜素、褐变度、感官评分以及鱼香肉丝的菌落总数、感官评分,观察胡萝卜颜色在贮藏过程中的变化及鱼香肉丝保藏过程中微生物的生长情况,以未用护色剂的同工艺样品作为对照组。

1.2.6 理化特性测定

1.2.6.1 色差值测定 采用 WF32-16MM 色差仪,对处理前后的胡萝卜表面进行色度测量,每次测量 3 次取平均值,以 ΔE 值作为参考,比较不同处理对胡萝卜品质的影响。 $(\Delta E = (\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)$,其中 L^* 为明度指数, $L^*=0$ 表示为黑色, $L^*=100$ 表示为白色; $a^*>0$ 表示红色程度, $a^*<0$ 表示绿色程度; $b^*>0$ 表示黄色程度, $b^*<0$ 表示蓝色程度^[8]。将 ΔE 作为反映品质变化指标,值越小表示品质越好,反之品质越差^[20]。

1.2.6.2 胡萝卜素测定 样品通过石油醚-丙酮(1:0.5, v/v)混合液萃取,使之与非类胡萝卜素成分分离,在 451 nm 波长下用 1 cm 比色皿以石油醚作空白测定萃取溶液的消光度,可以计算出食品中总胡萝卜素的含量^[21]。

$$\text{总胡萝卜素(mg/100 g)} = (E \times V \times 100 \times 1000) / (E1 \times W \times 100) = 4E$$

式(1)

式中, E 为样品在 451 nm 波长下吸光度; E1 为 1% β -胡萝卜素石油醚溶液在 451 nm 波长下的消光值, V 为样品中总胡萝卜素石油醚提取液定溶毫升数, W 为样品重量, g。

1.2.6.3 褐变度测定 将样品充分研细,称取 5.0 g,加水定容至 50 mL,静置 2 h 后取 5 mL,再加入 95% 的乙醇 5 mL,5000 r/min 离心 15 min,在 420 nm 处测定吸光度,吸光度的大小直接表示褐变度^[22]。

1.2.6.4 菌落总数 根据《GB 4789.2-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》稍作修改来进行菌落总数的测定^[23],以 CFU/g 计,超过 5×10^4 CFU/g(以 1 g 计算为 4.70)为微生物超标^[24]。菌落总数用平板计数培养基(PCA)测定。

1.3 感官评价

采用评分法进行感官评定,将样品放在白色盘子上,选择 10 位(5 男 5 女)具有相关知识和经验的专业人员作为评定人员^[25],在专用的感官评价房内进行评定,需评定胡萝卜的色泽、味道、组织状态以及鱼香肉丝的外观、气味、滋味、口感。按照感官评分

细则打分^[26], 结果取平均值记^[27]。具体评分细则见表 2 和表 3。

表 2 胡萝卜感官评分标准
Table 2 Sensory evaluation standard of carrots

评价项目	评价标准	所占分值(分)
色泽	呈胡萝卜的淡橙色, 色泽均匀, 有光泽	21~40
	胡萝卜色泽较淡, 比较均匀, 光泽略差	11~20
	胡萝卜色泽较浓, 均匀性差, 无光泽	1~10
味道	有甜味, 香味浓	21~30
	有甜味, 香气淡	11~20
	无甜味, 无香气	1~10
组织状态	肉眼观察无杂质, 表面均匀且口感较脆	21~30
	较有韧性, 不易断	11~20
	无韧性, 易断	1~10

表 3 鱼香肉丝方便菜肴感官评分标准
Table 3 Sensory evaluation standard of fish flavored shredded pork

评价项目	评价标准	所占分值
外观(20)	菜肴色泽红亮; 蔬菜、肉保持固有色泽, 组织饱满	17~20
	菜肴色泽红亮; 蔬菜、肉保持固有色泽, 组织状态有点干	12~16
	菜肴色泽微红亮; 蔬菜、肉组织状态干或软	9~12
	菜肴色泽较暗; 蔬菜、肉组织状态干或软	5~8
	菜肴色泽很暗; 蔬菜、肉组织很干或软烂	0~4
气味(25)	具有鱼香肉丝的特有气味, 风味浓郁	21~25
	具有鱼香肉丝的特有气味, 风味较好	16~20
	具有鱼香肉丝的特有气味, 风味一般	11~15
	稍具有鱼香味, 风味较差	6~10
	没有鱼香味	0~5
滋味(30)	酸甜咸辣均有, 且味道和谐	25~30
	酸甜咸辣均有, 且味道稍欠和谐	19~24
	酸甜咸辣均有, 且味道不和谐	13~18
	酸甜咸辣不均衡	7~12
	某味道特别突出, 让人不想入口	0~6
口感(25)	肉丝嫩度合适; 蔬菜爽口清脆	21~25
	肉丝稍干; 蔬菜脆度欠佳	16~20
	肉丝稍干; 蔬菜无脆度, 发软	11~15
	肉丝干柴; 蔬菜完全发软	6~10
	肉丝干柴; 蔬菜毫无嚼劲	0~5

1.4 数据处理

所有实验都进行三次重复, 结果用“平均值±标准差”来表示, 采用 SPSS 25 对数据进行统计分析, 采用 Origin 2022 软件制图。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

图 1 为不同护色剂对鱼香肉丝中胡萝卜 ΔE 的影响, 由图 1 可知不同护色剂的护色效果显著, 在不同护色剂质量分数 0.1%~0.5% 范围内, 随着柠檬酸质量分数的增加, ΔE 整体呈现减小的趋势, 在质量分数为 0.4% 时, ΔE 最小, 即柠檬酸质量分数为 0.4% 时, 样品与新鲜胡萝卜的色差最小, 护色效果最好, 柠檬酸通过抗氧化防止其引起的多种褐变反应^[28]; 随

着 EDTA-2Na 质量分数的增加, ΔE 呈现“W”的走势, 先减少后增大, 再减小, 再增大, EDTA-2Na 质量分数为 0.4% 时护色效果最好, EDTA-2Na 可以阻止或延缓食品发生褪色氧化及风味改变等反应对食品起到护色稳定抗氧化和防腐的作用^[29]; 随着 L-抗坏血酸(V_C)质量分数的增加, ΔE 整体呈现先增大后减小再增大的趋势, 且差异不是特别大, L-抗坏血酸(V_C)质量分数 0.3% 护色效果最显著, 抗坏血酸可以通过消耗护色液及环境中的氧使胡萝卜中的成分不被氧化, 从而保持胡萝卜的颜色; 随着异抗坏血酸钠质量分数的增加, ΔE 整体呈现先减小后增大再减小的趋势, 且整体误差较小, 比较稳定, 异抗坏血酸钠质量分数 0.2% 时护色效果最好。不同护色剂的不同质量分数间均有显著性差异。因此后续采用这四种护色剂进行正交实验。

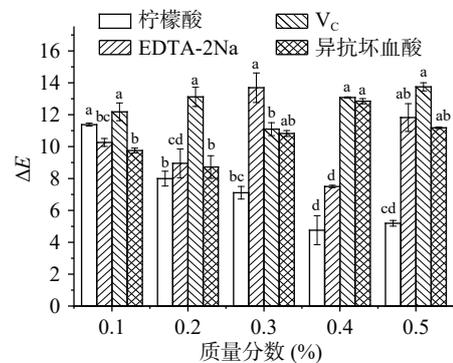


图 1 不同质量分数护色剂护色效果

Fig.1 Color protection effect of different mass fraction color protectants

注: 不同小写字母表示各组间差异性显著, $P < 0.05$; 图 2~图 7 同。

2.2 正交试验结果

由表 4 可知, $R_A > R_B > R_C > R_D$, 因此影响胡萝卜色泽因素的主次顺序依次为 $A > B > C > D$ 。由 K 值分析及正交结果可知护色工艺的最佳条件为 $A_1B_3C_2D_2$, 即以 0.3% 柠檬酸, 0.4% EDTA-2Na, 0.3% 抗坏血酸, 0.2% 异抗坏血酸钠复合液进行护色处理。

表 4 正交试验设计与结果

Table 4 Orthogonal experimental design and results

实验号	A	B	C	D	ΔE
1	1	1	1	1	4.66
2	1	2	2	2	4.98
3	1	3	3	3	4.36
4	2	1	2	3	6.39
5	2	2	3	1	11.81
6	2	3	1	2	6.95
7	3	1	3	2	8.84
8	3	2	1	3	16.17
9	3	3	2	1	8.54
k1	4.67	6.63	9.26	8.34	
k2	8.38	10.99	6.64	6.92	
k3	11.18	6.62	8.34	8.97	
R	6.52	4.37	2.62	2.05	

2.2.1 最佳组合的验证实验 根据正交试验得出的最佳配方(柠檬酸质量分数 0.3%, EDTA-2Na 质量分数 0.4%, 抗坏血酸质量分数 0.3%, 异抗坏血酸钠质量分数 0.2%)进行验证实验得出 ΔE 值 4.19, 低于正交表中 ΔE 最低值, 因此, 此优化条件为最佳工艺条件。

2.3 护色时间、温度对护色效果的影响

由图 2A 可知, 在护色时间 20~60 min 范围内, 随着护色时间的延长, ΔE 值呈现出先下降后升高的趋势, 即随着护色时间的延长, 护色效果越来越好, 在 30 min 达到最强, 护色剂充分发挥作用。所以 30 min 是护色的最佳时间。由图 2B 可以看出, 在护色温度 15~55 °C 范围内, 随着温度的升高, ΔE 值呈现先降低后升高的趋势, 即护色效果整体随温度升高而下降。究其原因主要是美拉德反应随着反应温度升高而增大^[30-31], 通常在 30 °C 以上较快, 20 °C 以下较慢^[32]。整体来看 25 °C 的护色效果最好。由此, 确定最佳护色温度为 25 °C。综上所述, 胡萝卜护色时间 30 min, 护色温度 25 °C 效果最佳。

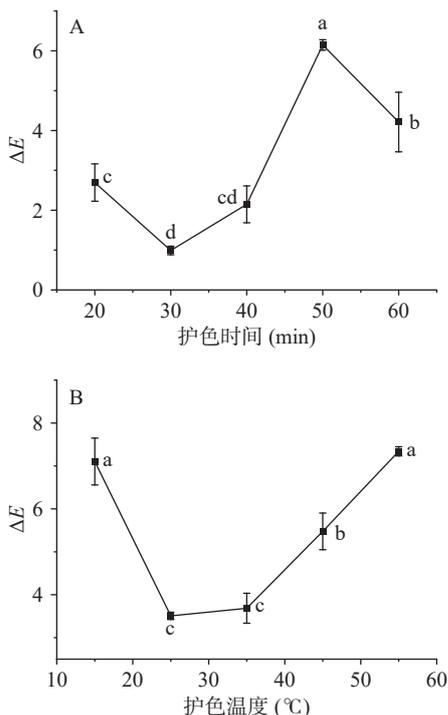


图 2 不同护色时间和温度的护色效果

Fig.2 Color protection effect of different color protection time and temperature

2.4 保藏过程中鱼香肉丝品质变化

2.4.1 色差, 胡萝卜素, 褐变度结果与分析 由图 3 可知, 随着鱼香肉丝冷冻时间的延长, ΔE 整体呈现上升的趋势, 即随着鱼香肉丝冷冻时间的延长, 胡萝卜的颜色变化越大; 未用护色剂处理的胡萝卜色差变化差异更明显。由图 4 可知, 随着冷冻时间的延长, 胡萝卜中胡萝卜素的含量整体是呈现下降的趋势, 即冷冻时间越长, 胡萝卜素越少; 冷冻时间延长, 由于胡萝

卜素分解, 胡萝卜素含量降低^[33], 未用护色剂处理的胡萝卜胡萝卜素与处理组整体差异不明显。由图 5 可知, 随着冷冻时间的延长, 褐变度整体呈现增大的趋势, 即随着冷冻时间的延长, 褐变程度越来越大, 且对照组的褐变程度更大, 整体差异明显; 冷冻时间延长, 随着褐变反应的进行, 颜色变化越大, 所以褐变度增加。

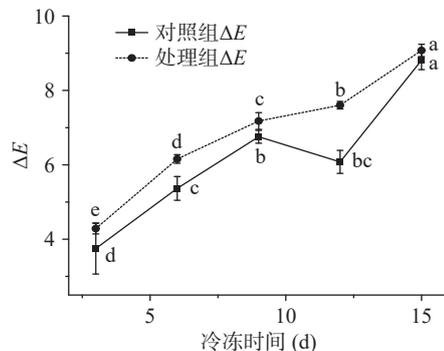


图 3 色差变化图

Fig.3 Color difference diagram

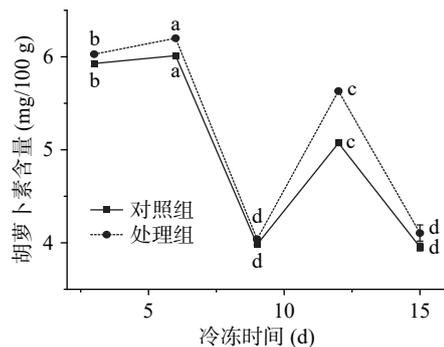


图 4 胡萝卜素含量变化图

Fig.4 Change diagram of carotene content

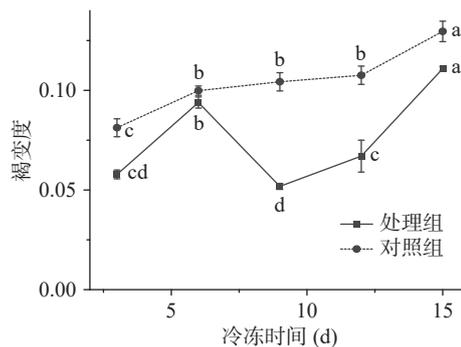


图 5 褐变度变化图

Fig.5 Browning degree change diagram

2.4.2 菌落总数测定 根据表 5 可知, 整体灭菌效果良好, 且第 6 d 测得菌落数为零后, 降低稀释倍数继续检测, 第 9 处理组菌落总数突然增大可能是由于降低了稀释倍数。根据《QB/T 5471-2020 方便菜肴》要求可知, 方便菜肴要求菌落总数应小于等于 10^4 CFU/25 g, 而本实验结果远小于国家标准, 说明鱼香肉丝方便菜肴的杀菌冷冻条件符合要求。

2.4.3 感官评价 由图 6 和图 7 可以得出, 胡萝卜

表 5 菌落总数变化

Table 5 Orthogonal experimental design and results

冷冻时间(d)	菌落数(CFU/25 g)	
	处理组	对照组
3	ND	ND
6	ND	ND
9	100	ND
12	ND	ND
15	ND	ND
18	10	8

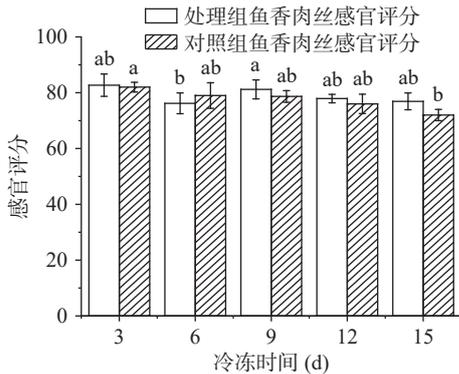


图 6 处理组胡萝卜和鱼香肉丝感官评分

Fig.6 Sensory score of carrot and fish flavored shredded pork in treatment group

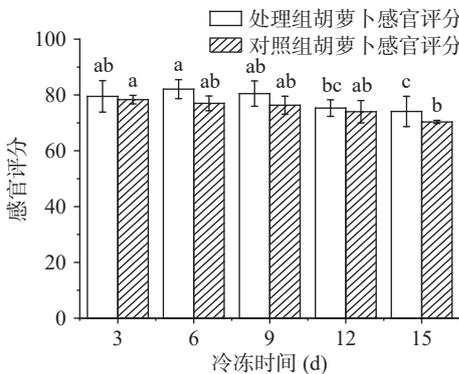


图 7 对照组胡萝卜和鱼香肉丝感官评分

Fig.7 Sensory score of carrot and fish flavored shredded pork in control group

的感官评分随着冷冻时间的延长, 整体呈现出降低的趋势。胡萝卜随着冷冻时间加长, 颜色口感均会退步, 贮藏第 6 d 口感最佳, 此时胡萝卜的感官评分较高; 鱼香肉丝的感官评分随着冷冻时间的延长, 整体呈现出降低的趋势。未用护色剂处理的胡萝卜感官评分均低于护色处理之后的胡萝卜感官评分。由未用护色剂处理的胡萝卜炒制的鱼香肉丝的感官评分也低于处理之后的感官评分。正常来说, 鱼香肉丝随着冷冻时间加长, 颜色口感均会退步, 从感官评分结果可知, 贮藏之后的感官无显著性差异, 且处理之后的鱼香肉丝的感官评分较高。

3 结论

通过单因素实验确定出柠檬酸护色效果最好的质量分数为 0.4%: 乙二胺四乙酸二钠(EDTA-2Na)

为 0.4%; L-抗坏血酸(V_C)为 0.1%; 异抗坏血酸钠为 0.2%。通过正交实验确定了胡萝卜的最佳护色配方为柠檬酸 0.3%, EDTA-2Na 0.4%, 抗坏血酸 0.3%, 异抗坏血酸钠 0.2%。通过实验确定了护色最佳温度为 25 ℃, 最佳时间为 30 min。保藏实验的结果表明, 随着鱼香肉丝冷冻时间的延长, 胡萝卜的褐变度加深、胡萝卜素含量减少、色差变大、感官评分降低, 鱼香肉丝的感官评分降低, 但胡萝卜经过护色处理后炒制的鱼香肉丝感官评分较高, 胡萝卜的褐变加深程度、色差变化均低于未经处理的胡萝卜, 且菌落总数符合国家标准, 杀菌储藏条件合适。

参考文献

[1] 项丰娟, 宋琳琳, 赵良. 气调包装技术用于鱼香肉丝保鲜的初步研究[J]. 食品科技, 2014, 39(5): 43-46. [XIANG F J, SONG L L, ZHAO L, et al. Preliminary study on modified atmosphere packaging technology for preservation of fish-flavored shredded pork[J]. Food Science and Technology, 2014, 39(5): 43-46.]

[2] 王荣钰, 徐萍, 肖伦兵, 等. 四川特色风味方便菜肴市场调查研究[J]. 新农业, 2017(1): 4-8. [WANG R Y, XU P, XIAO L B, et al. Research on the market of Sichuan characteristic and convenient dishes[J]. New Agriculture, 2017(1): 4-8.]

[3] 童文峰, 袁继红, 周仁容, 等. 鱼香肉丝在烹饪前后营养成分的评价[J]. 食品工业科技, 2020, 41(10): 306-311. [DONG W F, YUAN J H, ZHOU R K, et al. Evaluation of nutritional components of fish flavored shredded meat before and after cooking[J]. Food Industry Technology, 2020, 41(10): 306-311.]

[4] 白婷, 替博文, 汪正熙, 等. 回锅肉不同加工阶段的风味特征分析[J]. 现代食品科技, 2021, 37(8): 244-257. [BAI T, ZAN B W, WANG Z X, et al. Analysis of flavor characteristics of double cooked pork in different processing stages[J]. Modern Food Technology, 2021, 37(8): 244-257.]

[5] 赵炬阳, 孔保华, 刘骞, 等. 中式传统菜肴方便食品研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(4): 1342-1349. [ZHAO J Y, KONG B H, LIU Q, et al. Research progress of convenience food in traditional Chinese cuisine[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2015, 6(4): 1342-1349.]

[6] BUCKLEY M, COWAN C, MCCARTHY M. The convenience food market in great britain: Convenience food lifestyle (CFL) segments[J]. *Appetite*, 2007, 49(3): 600-617.

[7] 黄继伟, 肖宇, 黄韬睿, 等. 鱼香肉丝方便菜肴包中蔬菜包的工艺优化研究[J]. 农产品加工, 2022(3): 23-25, 30. [HUANG J W, XIAO Y, HUANG T R, et al. Study on the process optimization of vegetable bag in fish flavored shredded pork convenience dish bag[J]. Processing of Agricultural Products, 2022(3): 23-25, 30.]

[8] 蒋子敬, 郭训练, 李文秀, 等. 咖喱牦牛肉方菜肴生产工艺优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(9): 181-188, 193. [JIANG Z J, GUO X L, LI W X, et al. Optimization of production process of curry yak meat dishes[J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(9): 181-188, 193.]

[9] 赵越, 姜启兴, 许艳顺, 等. 包装方式对红烧肉方便菜肴制品保鲜品质的影响[J]. 食品科技, 2017, 42(6): 47-53. [ZHAO Y, JIANG Q X, XU Y S, et al. Effect of packaging methods on the

- fresh-keeping quality of braised meat convenience dishes[J]. *Food Technology*, 2017, 42(6): 47-53.]
- [10] 卢雪松, 丁捷, 任正伟, 等. 方便菜肴泡椒猪肝粒生产工艺优化[J]. *中国调味品*, 2016, 41(8): 45-48. [LU X S, DING J, REN Z W, et al. Optimization of production process of pork liver granules with pickled peppers[J]. *Chinese Condiments*, 2016, 41(8): 45-48.]
- [11] 殷方玉. 方便菜肴水滑肉的研制[D]. 郑州: 河南农业大学, 2017. [YIN F Y. Development of convenient dish water sliced meat [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2017.]
- [12] 黄文垒. 方便菜肴鱼香肉丝工艺改良与综合保鲜技术的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2011. [HUANG W L. Research on the process improvement and comprehensive preservation technology of fish flavored shredded meat in convenient dishes [D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2011.]
- [13] 褚治宏. 试分析胡萝卜的营养价值[J]. *旅游纵览(下半月)*, 2015(4): 295. [CHU Z H. Try to analyze the nutritional value of carrots[J]. *Tourism Overview (the Second Half of the Month)*, 2015 (4): 295.]
- [14] BLUNT P. Protective effect of carrot (*Daucus carota* L.) against lindane-induced hepatotoxicity in rats[J]. *Phytotherapy Research*, 2015, 12(6): 434-436.
- [15] 严怡红. 胡萝卜营养价值与功能食品加工[J]. *食品研究与开发*, 2003(6): 120-122. [YAN Y H. Nutritional value of carrots and functional food processing[J]. *Food Research and Development*, 2003(6): 120-122.]
- [16] 魏玉驰, 陈书星, 顾善兰. 一种冷冻鱼香肉丝的生产方法: 中国, 103798833A[P]. 2014-05-21. [WEI Y C, CHEN S X, GU S L. A production method of frozen fish flavored shredded meat: China, 103798833A[P]. 2014-05-21.]
- [17] DU Y, DOU S, WU S. Efficacy of phytic acid as an inhibitor of enzymatic and non-enzymatic browning in apple juice[J]. *Food Chemistry*, 2012, 135(2): 580-582.
- [18] 吕远平, 赵志峰, 谭敏, 等. 麻辣金针菇休闲食品的工艺研究[J]. *食品科学*, 2007(4): 371-373. [LÜ Y P, ZHAO Z F, TAN M, et al. Study on the technology of spicy *Flammulina velutipes* snack food[J]. *Food Science*, 2007(4): 371-373.]
- [19] 杨松, 伍玉茜, 陈敏, 宋亚琼. 正交试验法优化软包装莲藕片护色工艺[J]. *安徽农业科学*, 2018, 46(3): 134-136, 144. [YAGN S, WU Y D, CHEN M. Optimization of color preservation technology of lotus root chips by orthogonal experiments[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2018, 46(3): 134-136, 144.]
- [20] PARK J, KIM S, MOON B. Changes in carotenoids, ascorbic acids, and quality characteristics by the pickling of paprika (*Capiscum annum* L.) cultivated in Korea[J]. *Journal of food science*, 2011, 76(7): pp.C1075-C1080.
- [21] SOGI D S, SIDDIQ M, ROIDUONG S, et al. Total phenolics, carotenoids, ascorbic acid, and antioxidant properties of fresh-cut mango (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkin) as affected by infrared heat treatment[J]. *J Food Sci*, 2012, 77(11): C1197-202.
- [22] WEGENER S, KAUFMANN M, KROH L W. Influence of l-pyroglutamic acid on the color formation process of non-enzymatic browning reactions[J]. *Food Chem*, 2017, 232: 450-454.
- [23] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. GB 4789.2-2010 食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010. [National Health Commission of the People's Republic of China. GB 4789.2-2010 National standard for food safety. Microbiological examination of food. Determination of total bacterial count [S]. Beijing: China Standards Press, 2010.]
- [24] 章建浩, 秦芸桦, 陈学兰, 等. 超市生鲜猪肉高氧 MAP 气调保鲜包装研究[J]. *食品科学*, 2005(7): 234-238. [ZHANG J H, QIN Y H, CHEN X L, et al. Study on hyperoxia map modified atmosphere fresh-keeping packaging of fresh pork in supermarket[J]. *Food Science*, 2005(7): 234-238.]
- [25] 芦健萍. 响应面法优化鱼香肉丝风味蛋糕工艺的研究[J]. *农产品加工*, 2020(13): 41-45. [LU J P. Study on optimization of fish flavored shredded pork flavored cake by response surface methodology[J]. *Agricultural Products Processing*, 2020(13): 41-45.]
- [26] 中华人民共和国农业部. NY/T 1330-2007 绿色食品 方便主食食品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007. [Ministry of Agriculture of the PRC. NY/T 1330-2007 Green food. Instant staple food [S]. Beijing: China Standards Press, 2007.]
- [27] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. GB 2726-2016 食品安全国家标准 熟肉制品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [National Health Commission of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. GB 2726-2016 National standard for food safety cooked meat products [S]. Beijing: China Standards Press, 2016.]
- [28] 石晓玲, 周爱梅, 王敏儿, 等. 南瓜护色工艺的研究[J]. *食品科技*, 2011, 36(12): 83-86, 91. [SHI X L, ZHOU A M, WANG M E, et al. Study on color protection technology of pumpkin[J]. *Food Science and Technology*, 2011, 36(12): 83-86, 91.]
- [29] 彭梦瑶, 高畅, 迟原龙, 等. 胡萝卜泡菜的无硫护色条件研究[J]. *食品科技*, 2017, 42(9): 34-38. [PENG M Y, GAO C, CHI Y L, et al. Study on sulfur free color protection conditions of carrot pickles[J]. *Food Technology*, 2017, 42(9): 34-38.]
- [30] WHITAKER M. The biochemistry and control of enzymatic browning[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 1995, 6(6): 195-200.
- [31] BARBAGALLO R N, CHISARI M, PATANE C. Use *in vivo* of natural anti-browning agents against polyphenol oxidase activity in minimally processed eggplant[J]. *Chem Eng T*, 2012, 27: 49-54.
- [32] 吴惠玲, 王志强, 韩春, 等. 影响美拉德反应的几种因素研究[J]. *现代食品科技*, 2010, 26(5): 441-444, 440. [WU H L, WANG Z Q, HAN C, et al. Study on several factors affecting Maillard reaction[J]. *Modern Food Technology*, 2010, 26(5): 441-444, 440.]
- [33] 王丰, 李保国, 申江, 等. 胡萝卜冰温干燥实验研究[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(1): 101-104. [WANG F, LI B G, SHEN J, et al. Study on color protection technology of pumpkin[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2012, 38(1): 101-104.]