

# 防腐剂协同紫外杀菌对油塔子杀菌效果及品质的影响

沈阿倩, 陈舒唱, 冯作山, 白羽嘉, 王雅茹, 张倩婷, 黄文书  
(新疆农业大学食品科学与药学学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 本文以油塔子为研究对象, 通过不同防腐剂的添加量、紫外杀菌时间和紫外杀菌距离考察各因素对菌落总数、霉菌/酵母菌、大肠杆菌数量、色差和感官评分的影响。利用正交试验确定最佳杀菌工艺为: 0.012%的Nisin添加量、紫外杀菌45 min, 距离为10 cm。此工艺条件处理后, 结果表明: 冷藏条件下, 实验组油塔子在保藏19 d时, 霉菌/酵母菌数量为2.85 log (cfu/g), 超过国家标准限值2.18 log (cfu/g), 而对照组油塔子在保藏9 d时, 霉菌/酵母菌数量达到了2.28 log (cfu/g), 为腐败油塔子; 常温保藏条件下, 实验组在第5 d时霉菌/酵母菌超标, 而对照组第3 d时就测得其霉菌/酵母菌超过国家标准数量, 为2.43 log (cfu/g)。本试验的复合杀菌处理将油塔子的货架期在常温条件下延长到4 d, 在冷藏条件下延长到17 d, 为油塔子工业化提供了理论依据。

**关键词:** 油塔子; 紫外杀菌; 防腐剂; 菌落总数; 保藏

文章篇号: 1673-9078(2020)01-136-142

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.1.019

## Effects of Antiseptic Co-UV Sterilization on the Bactericidal Effect and Quality of Youtazi

SHEN A-qian, CHEN Shu-chang, FENG Zuo-shan, BAI Yu-jia, WANG Ya-ru, ZHANG Qian-ting,  
HUANG Wen-shu

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

**Abstract:** In order to explore the effects of different treatments (different antiseptics, UV sterilization time, UV sterilization distance) on the quality of Youtazi (aerobic bacteria, moulds/yeasts, *Escherichia coli* count, color difference and sensory evaluation), single factor and orthogonal experiments were employed to determine the optimal parameters. The results showed that the optimum sterilization conditions were Nisin addition 0.012%, sterilization time 45 min and sterilization distance 10 cm. At -4 °C, the amount of mold/yeast bacteria reached 2.85 log (cfu/g) after 19 days of storage in the experimental groups, which exceeded the national standard limit of 2.18 log (cfu/g), while the amount of mold/yeast bacteria reached 2.28 log (cfu/g) only after 9 days in the control group; in ambient temperature, the amount of mold/yeast bacteria exceeded the standard limit on the 5th days in the experimental groups, while in the control group the amount of mold/yeast bacteria was 2.43 log (cfu/g) on the 3rd day, which exceeded the national standard already. The storage of Youtazi in ambient temperature and -4 °C were prolonged to 4 days and 17 days, respectively. This research could provide theoretical basis for the industrialization of Youtazi.

**Key words:** Youtazi; UV sterilization; antiseptic; aerobic bacteria; storage

油塔子是以面粉、水、羊尾油、植物油、酵母粉、盐等原料加工而成, 因其形状似塔, 故称油塔子<sup>[1]</sup>。它色白明亮, 面薄似纸, 层次分明, 油多且不腻, 香软而不粘, 是新疆人民喜爱的一种美食<sup>[2]</sup>。目前, 油塔子只是作为一种地方性美食, 通过手工作坊进行加工, 现制现售, 在制作过程中容易受到微生物的侵染, 使得油塔子在保藏期间极易腐败变质, 货架期只有 1~

2 d, 严重影响油塔子产业化发展, 延长其保藏期可使油塔子进行工业化生产并推广<sup>[3,4]</sup>。

现代食品杀菌技术主要有热杀菌、化学杀菌和非热杀菌<sup>[5,6]</sup>。紫外杀菌是一种能有效控制微生物污染的物理非热杀菌方法, 以其杀菌彻底、无化学残等特点被食品行业内广大研究人员所研究<sup>[7,8]</sup>。目前, 紫外杀菌技术在我们的生活中应用比较广泛, 在液体<sup>[9]</sup>、气体<sup>[10]</sup>和固体<sup>[11]</sup>的杀菌均有涉及。化学杀菌即是通过添加防腐剂来达到杀死或抑制食品中微生物的目的<sup>[12]</sup>。近年来, 越来越多的研究人员将乳酸链球菌素 (Nisin)<sup>[13]</sup>、那他霉素、苯甲酸钠和抗坏血酸等防腐剂用于面

收稿日期: 2019-07-31

基金项目: 国家重点研发计划重点专项项目 (2018YFD0400103-1)

作者简介: 沈阿倩 (1996-), 女, 在读硕士, 研究方向: 农产品加工

通讯作者: 黄文书 (1975-), 女, 博士, 教授, 研究方向: 农产品加工

制品的防腐保藏<sup>[14-17]</sup>,说明通过添加防腐剂延长食品保藏期是最常用且最经济的方法之一<sup>[18]</sup>。国内紫外杀菌结合防腐剂对油塔子的杀菌研究还鲜见报道。

本试验研究主要通过防腐剂结合紫外杀菌用于油塔子杀菌中,利用正交试验优化其杀菌工艺。主要目的是延长油塔子的货架期,提高其商品价值,以期为油塔子产业化发展提供实验基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

特制一等小麦粉(蛋白质10.3%),中粮八一面业有限公司产品;高筋粉(蛋白质12%),金健米业股份有限公司;菜籽油,新疆乌鲁木齐海阳霞油脂科技有限公司;羊尾油,购买于新疆农业大学餐厅;加碘日晒自然盐,中盐上海市盐业有限公司;安琪高活性干酵母,安琪酵母股份有限公司;酵母浸粉,蛋白胨,牛肉膏,生物试剂,北京奥博星生物技术有限责任公司;马铃薯葡萄糖琼脂,青岛高科园海博生物技术有限公司;其他试剂均为分析纯。

### 1.2 仪器与设备

ISQ-500H型陈列蒸包柜,广州市英纽特西厨设备有限公司;BCD-269WDGB型海尔冰箱,青岛海尔股份有限公司;ZWY-200D智城恒温培养振荡器,上海智城分析仪器制造有限公司;SW-CJ-2FD型双人单面净化工作台,苏州净化设备有限公司;KG-SX-500型蒸汽灭菌器,Japan;DHP-9052型电热恒温培养箱,上海市一恒科学仪器有限公司;NH-A-1808高品质电脑色差仪;AL204-IC型电子天平,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 不同因素对油塔子保藏影响的单因素试验

(1) 防腐剂最适添加量的确定:称取原料,分别加入不同浓度的 Nisin (0.004%、0.008%、0.012%、0.016%、0.020%)、那他霉素(0.004%、0.008%、0.012%、0.016%、0.020%)、山梨酸钾(0.015%、0.030%、0.045%、0.060%、0.075%)。根据油塔子工艺<sup>[1]</sup>制成成品,冷却后包装(均用自封袋包装)置于室温下保藏 24 h,进行测定。

(2) 紫外杀菌时间的确定:根据(1)得到的结果,选用 5 个杀菌时间(15 min、30 min、45 min、60 min、75 min)进行处理,并冷却包装。

(3) 紫外杀菌距离的确定:根据(1)以及(2)得到的结果,选用 5 个杀菌距离(10 cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm)进行处理,并冷却包装。

#### 1.3.2 复合杀菌方式对油塔子杀菌效果的影响

杀菌效果与油塔子在制作过程中防腐剂的添加量(A)、杀菌时间(B)、杀菌距离(C)等因素都有很大的关系,根据单因素试验的结果选择3因素3水平进行正交试验,探究最优的油塔子杀菌工艺。正交试验因素水平设计见表1。

表1 油塔子防腐剂和紫外复合杀菌正交试验因素与水平

Table 1 Factors and levels of orthogonal for Youtazi antiseptic and UV sterilization

水平	A Nisin添加量	B 杀菌时间	C 杀菌距离
-1	0.008	30	10
0	0.012	45	20
1	0.016	60	30

#### 1.3.3 最优杀菌工艺的验证试验

把试验分成2组,为空白对照组和实验组,空白对照组不添加任何处理,实验组由正交试验得出的最优杀菌工艺进行处理,将包装好的油塔子置于室温以及(4±1)℃下保藏,定期测定指标。

#### 1.3.4 指标测定

表2 油塔子感官评分表

Table 2 Sensory evaluation of Youtazi

指标	评分标准
硬度(20分)	软硬适中(15.1~20分);稍硬或稍软(9.1~15分);过硬或过软(9分以下)。
弹性(20分)	有弹性,压下能回复(15.1~20分);稍有弹性,回复慢有坑(9.1~15分);无弹性,按下不能回复(9分以下)。
口感(20分)	有油塔子香味,口感好,不粘牙(15.1~20分);口感一般(9.1~15分);口感差(9分以下)。
色泽(10分)	色泽为白或浓淡黄色(7.1~10分);淡黄色,灰白(4.1~7分);发青、棕色(4分以下)。
气味(10分)	油塔子香味浓郁(7.1~10分);一般(4.1~7分);有异味(4分以下)。
形态(10分)	外形完美,薄厚均匀(7.1~10分);较完美(4.1~7分);不完美,有残缺(4分以下)。
组织(10分)	孔大小均匀层次明显(7.1~10分);无较大气孔,较均匀,层次较明显(4.1~7分);较大气孔,不均匀,层次不明显(4分以下)。

(1) 微生物指标的测定: 菌落总数<sup>[19]</sup>检测: 依据 GB/T 4789.2-2010 进行测定; 霉菌/酵母数量<sup>[20]</sup>检测: 依据 GB 4789.15-2010 进行测定; 大肠杆菌数<sup>[21]</sup>的检测: 依据 GB 4789.3-2010 进行测定

(2) 感官评定: 选取6人(3男3女, 平均年龄24岁, 均为食品专业学生) 组成感官品评专家小组, 根据感官评价表进行打分, 感官评价表见表2。

(3) 色差的测定: 油塔子的色差测定参照李曼的方法稍做修改<sup>[22]</sup>。用色差仪测定油塔子的色泽, 每个油塔子取6个测定点, 每次测量3个油塔子, 取平均值。

### 1.3.5 数据处理

采用Origin 8.5进行作图, SPSS 20进行差异性分析, 显著性水平 $p < 0.05$ 。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单因素实验

#### 2.1.1 防腐剂对油塔子菌落总数的影响

由图1可知, 各处理组菌落总数相比对照组(2.23 log (cfu/g)) 均呈下降趋势, 表明三种防腐剂对油塔子抑菌效果显著。三种防腐剂的抑菌效果随着添加量的增加而增强, 其中Nisin的抑菌效果优于山梨酸钾和那他霉素。这可能是因山梨酸钾在酸性环境下的杀菌作用较好, 在中性环境下较弱<sup>[23]</sup>, 而油塔子的pH为6.3左右接近中性, 不利于山梨酸钾的抑菌作用; 而那他霉素对霉菌/酵母菌有很强的抑制作用, 但对细菌杀灭效果差<sup>[24]</sup>, 因此其对油塔子中菌落总数的抑制效果较差。当Nisin添加量为0.012%和0.016%时, 油塔子菌落总数分别为1.47 log (cfu/g) 和1.39 log (cfu/g), 随着添加量的增加, 菌落总数只减少了0.08 log (cfu/g), 从经济利益角度, 选用Nisin添加量为0.012%时, 为防腐剂的最适添加量。

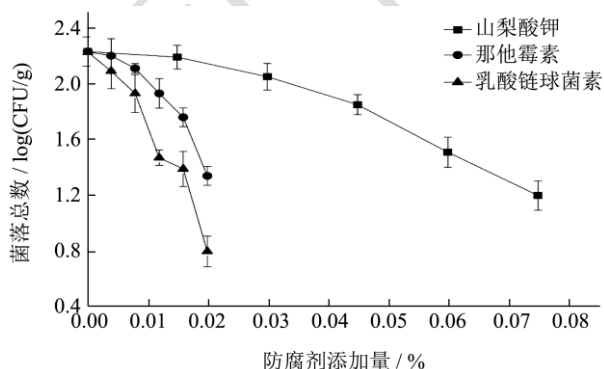


图1 防腐剂对油塔子菌落总数的影响

Fig.1 Effect of antiseptic on aerobic plate count in Youtazi

#### 2.1.2 紫外杀菌时间对油塔子菌落总数的影响

由图2可知, 紫外杀菌时间对油塔子的杀菌效果

突出, 随着杀菌时间的延长, 菌落总数下降, 这和杨明扬等人<sup>[8]</sup>的研究结果一致。当紫外杀菌时间为 30 min 时, 测得油塔子的菌落总数为 1.25 log (cfu/g), 杀菌时间为 45 min 时, 油塔子的菌落总数为 0.93 log (cfu/g), 当杀菌时间延长到 60 min 时, 菌落总数为 0.9 log (cfu/g), 和 45 min 相比, 无显著差异 ( $p > 0.05$ ), 从实际生产操作节时省电的角度, 选用杀菌时间 45 min 为适宜的杀菌时间。

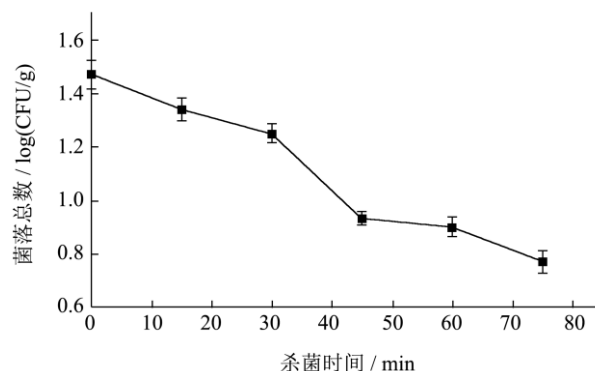


图2 紫外杀菌时间对油塔子菌落总数的影响

Fig.2 Effect of antiseptic on UV sterilization time in Youtazi

#### 2.1.3 紫外杀菌距离对油塔子菌落总数的影响

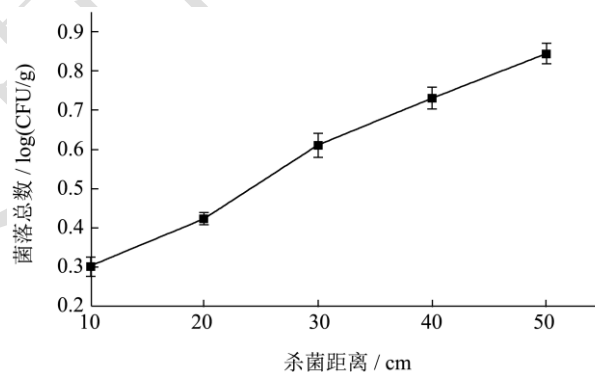


图3 紫外杀菌距离对油塔子菌落总数的影响

Fig.3 Effect of antiseptic on UV sterilization distance in Youtazi

由图3可知, 紫外杀菌距离越近, 油塔子的菌落总数数值越低。当杀菌距离为10 cm时, 油塔子保藏24 h 的菌落总数为0.3 log (cfu/g), 杀菌效果优于杀菌距离为50 cm时, 当杀菌距离为20 cm时, 菌落总数为0.42 log (cfu/g), 当杀菌距离为30 cm时, 菌落总数为0.62 log (cfu/g), 上升了0.2 log (cfu/g)。紫外杀菌距离对油塔子中菌落总数的杀灭效果无显著差异 ( $p > 0.05$ ), 这与张薇薇等<sup>[25]</sup>人研究紫外杀菌距离对炼乳空桶的结论相似, 可能是由于紫外杀菌距离与防腐剂、紫外杀菌时间条件相结合, 使油塔子中的菌落总数降低, 从实际操作角度, 选择杀菌距离为20 cm时为适宜的杀菌距离。为得到更显著的杀菌效果, 将后续正交试验测定时间调整为48 h。

## 2.2 油塔子复合杀菌工艺正交试验结果与分析

由表3正交试验结果可得,各因素对于菌落总数影响的主次顺序为B>A>C,即杀菌时间对试验结果影响最大;对于感官评价影响的主次顺序为A>B>C(防腐剂添加量>杀菌时间>杀菌距离)。由表4可知,防腐剂添加量对油塔子感官评价影响显著( $p<0.05$ )。根据水平

平均值(K)得出各指标的最优水平组为:菌落总数( $A_3B_3C_1$ ),感官评价( $A_2B_2C_1$ )。由于各指标得出的最优水平不一致,正交结果表明油塔子菌落总数未超过国家标准,并与单因素实验结果相符,防腐剂添加量越大,杀菌时间越长,杀菌距离越近,杀菌效果越好。综合考虑油塔子的感官品质,确定最优水平组合为 $A_2B_2C_1$ ,即添加Nisin 0.012%、杀菌时间45 min、杀菌距离10 cm为油塔子最佳复合杀菌条件。

表3 正交试验结果与分析

Table 3 Results and analysis of orthogonal experiments

试验号	因素				感官评价	菌落总数/log(cfu/g)
	添加量	杀菌时间	杀菌距离	空列		
1	1 (0.016)	0 (45)	-1 (10)	1	88.55	0.60
2	0 (0.012)	0	1 (30)	-1	93.55	1.09
3	-1 (0.008)	0	0 (20)	0	89.15	1.8
4	1	-1 (30)	1	0	85.85	1.69
5	1	1 (60)	0	-1	85.25	0.48
6	-1	1	1	1	89.00	0.73
7	0	-1	0	1	87.20	1.64
8	-1	-1	-1	-1	86.60	1.94
9	0	1	-1	0	92.75	0.69
-----						
菌落总数	K1	4.47	5.27	3.23	3.51	
	K2	3.42	3.49	3.92	4.18	
	K3	2.77	1.9	3.51	2.97	
	k1	1.49	1.76	1.08	1.17	
	k2	1.14	1.16	1.31	1.39	
	k3	0.92	0.63	1.17	0.99	
	R	0.57	0.74	0.23	0.4	
	优水平	A3	B3	C1	D3	
-----						
感官评价	K1	264.75	259.65	267.9	265.4	
	K2	273.5	271.25	261.6	267.75	
	K3	259.65	267	264.75	264.75	
	k1	88.25	86.55	89.3	88.47	
	k2	91.17	90.42	87.2	89.25	
	k3	86.55	89	88.25	88.25	
	R	4.62	3.87	2.1	1	
	优水平	A2	B2	C1	D2	

表4 感官评价正交试验结果方差分析

Table 4 Variance analysis of orthogonal experiments results using sensory evaluation as index

因素	偏差平方和	自由度	均方	F值	显著性
A	32.711	2	16.355	19.699	*
B	22.961	2	11.480	13.827	
C	9.576	2	4.788	5.766	
误差	1.661	2	0.830		

## 2.3 验证试验的结果

### 2.3.1 最优复合杀菌工艺对油塔子微生物数量的影响

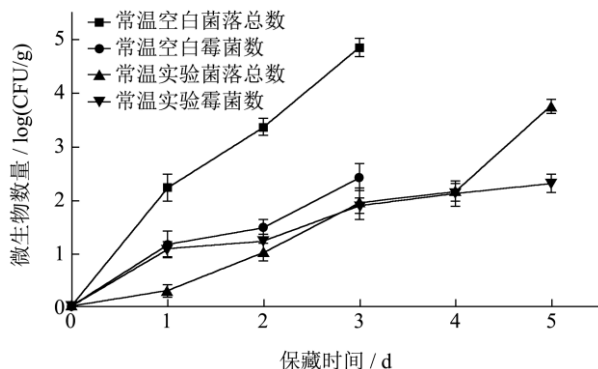


图4 油塔子在常温保藏期间微生物的变化

Fig.4 Microbial changes during storage at room temperature of Youtazi

由图4可知, 常温保藏下, 菌落总数呈上升趋势, 杀菌后的菌落总数较对照组上升缓慢。对照组保藏第1 d时, 菌落总数为2.23 log (cfu/g), 霉菌数为1.18 log (cfu/g), 而实验组的油塔子在保藏1 d时, 检出菌落总数0.3 log (cfu/g) 和霉菌数1.08 log (cfu/g), 实验组杀菌效果优于对照组。国家标准中规定面包糕点的菌落总数在 $10^5$  cfu/g以下, 霉菌/酵母菌限定数为150 cfu/g<sup>[26]</sup>, 故本试验以此进行衡量, 油塔子中微生物数值一旦超过此标准即停止检测。空白组油塔子的霉菌/酵母菌数在第3 d时为2.43 log (cfu/g), 超过国家标准的规定2.18 log (cfu/g) 为腐败油塔子, 而实验组油塔子霉菌/酵母菌在保藏5 d时超过国家标准, 为2.3 log (cfu/g), 说明本试验所使用的复合杀菌方法可延长油塔子的保藏时间。本试验不同处理组样品在其对应的保藏期内, 均未检出大肠杆菌。

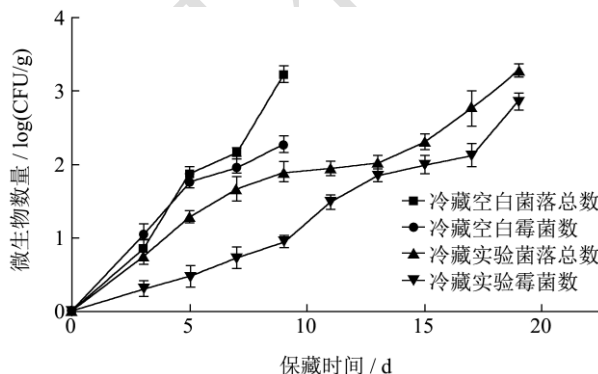


图5 油塔子在冷藏期间微生物的变化

Fig.5 Microbial changes during cold storage of Youtazi

由图5可知, 在冷藏条件下, 随着保藏时间的延长, 对照组和实验组油塔子的菌落总数和霉菌/酵母菌均呈上升趋势。实验组比对照组的保藏时间长, 说明实

验组的杀菌处理对微生物有抑制作用。在保藏9 d时, 对照组的霉菌/酵母菌数量达到2.28 log (cfu/g), 超过国家标准的合格数量, 为腐败油塔子。而实验组的油塔子霉菌/酵母菌数在保藏19 d时超过国家标准2.18 log (cfu/g), 为2.85 log (cfu/g)。说明本试验所使用的复合杀菌工艺能延长油塔子的保藏期。

### 2.3.2 最优复合杀菌工艺对油塔子感官评价的影响

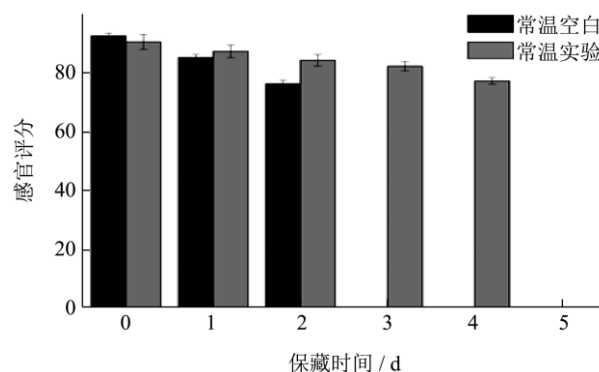


图6 油塔子在常温保藏期间感官评分的变化

Fig.6 Sensory evaluation changes during storage at room temperature of Youtazi

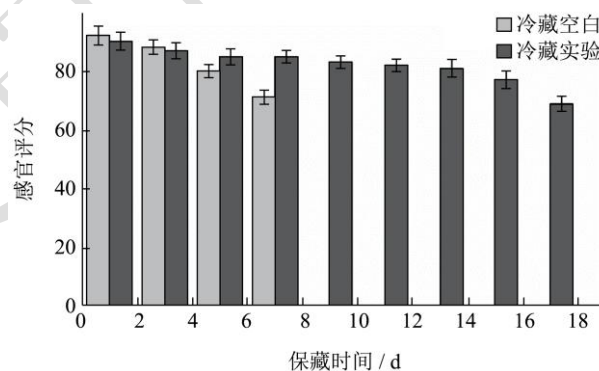


图7 油塔子在冷藏期间感官评分的变化

Fig.7 Sensory evaluation changes during cold storage of Youtazi

由图6可知, 在常温保藏下, 对照组感官评价得分呈下降趋势, 而实验组的感官评价下降较缓慢, 且第4 d时的感官评价得分高于对照组第2 d, 油塔子的腐败变质会影响其口感, 降低其食用品质, 说明本试验所用的杀菌方法效果明显, 可以减缓油塔子的腐败变质。在冷藏保藏条件下, 从图7可知, 对照组和实验组的感官评价均呈下降趋势, 对照组油塔子感官评分下降趋势显著 ( $p < 0.05$ ); 实验组感官评分在第13 d之前一直高于80分且下降趋势不显著 ( $p > 0.05$ ), 说明本试验的复合杀菌工艺对油塔子在常温以及冷藏条件下保藏均有显著效果, 能延长油塔子保藏期。

### 2.3.3 最优复合杀菌工艺对油塔子L\*值的影响

L\*值代表亮度指数 (0代表黑色, 100代表白色),

油塔子的色泽及其稳定性对于评价油塔子的品质非常重要<sup>[22]</sup>,由表5可知,在常温保藏条件下,对照组油塔子的 $L^*$ 值随着保藏时间的延长呈下降趋势,可能是因为油塔子中的脂肪发生非酶褐变,生成黑色素一类物质,导致 $L^*$ 值下降;而经过保藏的实验组油塔子的 $L^*$ 值随着保藏时间的延长呈现先上升后下降的趋势,这与张根生等人<sup>[27]</sup>实验得出的结论一致,二次杀菌会使鸡肉饼 $L^*$ 值先上升后下降,说明紫外处理会使油塔子表面色泽变暗,但随着保藏时间的延长,油塔子表面色泽会缓慢回升。在冷藏条件下,对照组的油塔子随着保藏时间的延长, $L^*$ 值快速下降且和刚蒸出的油塔子差异显著( $p<0.05$ );而实验组油塔子的 $L^*$ 值呈先上升后下降的趋势,与常温保藏时 $L^*$ 值变化趋势一致。说明本试验综合保鲜在常温和冷藏条件下均可以改善油塔子保藏期间的外观色泽,使保藏后的油塔子更能被消费者接受。

表5 油塔子在常温/冷藏期间 $L^*$ 值的变化

Table 5  $L^*$  changes during storage at room temperature or

-4 °C of Youtazi		
组别	保藏时间/d	$L^*$
常温对照组	0	83.00±1.30 <sup>d</sup>
	1	80.53±2.38 <sup>c</sup>
	2	80.14±3.03 <sup>bc</sup>
常温实验组	0	77.05±1.41 <sup>a</sup>
	1	77.75±2.15 <sup>a</sup>
	2	79.74±2.34 <sup>bc</sup>
	3	79.72±1.14 <sup>bc</sup>
	4	78.57±1.59 <sup>ab</sup>
冷藏对照组	0	83.00±1.30 <sup>e</sup>
	3	80.53±2.37 <sup>cde</sup>
	5	79.21±2.08 <sup>bcd</sup>
	7	78.91±1.45 <sup>abc</sup>
冷藏实验组	0	77.05±1.41 <sup>a</sup>
	3	77.91±2.15 <sup>ab</sup>
	5	77.75±2.84 <sup>ab</sup>
	7	82.70±1.62 <sup>fg</sup>
	9	81.78±2.14 <sup>de</sup>
	11	81.31±4.17 <sup>efg</sup>
	13	81.24±2.12 <sup>efg</sup>
15	81.03±1.39 <sup>def</sup>	
17	81.00±2.10 <sup>def</sup>	

注:同列不同小写字母表示差异显著( $p<0.05$ )。

### 3 结论

本试验通过正交试验,确定了最优杀菌工艺为:

防腐剂选用 Nisin 0.012%,紫外杀菌时间为 45 min,紫外杀菌距离为 10 cm。通过综合杀菌工艺处理发现,复合杀菌工艺不仅能在常温保藏条件下延长油塔子的保藏期,在冷藏条件下更能将油塔子的保藏期有效延长到 17 d,是目前市场上油塔子的保藏期 6 倍。油塔子的货架期是限制其快速发展的主要因素,本试验在低温冷藏条件下通过紫外杀菌处理防止油塔子的二次污染,添加防腐剂抑制油塔子内部微生物的生长繁殖,最大限度的延长了油塔子的货架期,为油塔子工业化提供了实验基础。

### 参考文献

- [1] 付冰. 新疆油塔子的产业化生产工艺研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2015  
FU Bing. Study on the industrial production technology of Xinjiang Youtazi [D]. Wulumuqi: Xinjiang Agricultural University, 2015
- [2] 王怡伟. 薄皮包子和油塔子[J]. 烹调知识, 2009,21:49  
WANG Yi-wei. Thin crust buns and Youtazi [J]. Cooking knowledge, 2009, 21: 49
- [3] 屈凌波, 孙中叶. 国外主食产业化发展趋势及经验[J]. 农业工程技术(农产品加工业), 2014,3:23-25  
QU Ling-bo, SUNG Zhong-ye. Development trend and experience of foreign staple food industrialization [J]. Agricultural Engineering Technology, 2014, 3: 23-25
- [4] Sim S Y, Noor Aziah A A, Cheng L H. Characteristics of wheat dough and Chinese steamed bread added with sodium alginates [J]. Food Hydrocolloids, 2011, 25(5): 951-957
- [5] 姜艳. 冷却肉栅栏保鲜技术的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨商业大学, 2016  
JIANG Yan. Application of hurdle technology in the preservation technology of chilled meat [D]. Harbin: Harbin University of Commerce, 2016
- [6] 周佳仪, 周子涵, 周锐, 等. 超高压生鲜莲藕汁加工技术研究[J]. 农产品加工, 2019,12:52-55  
ZHOU Jia-yi, ZHOU Zi-han, ZHOU Rui, et al. Study on fresh lotus root juice with high pressure processing [J]. Farm Products Processing, 2019, 12: 52-55
- [7] Jian L, Qian Z, Yang C, et al. Use of UV-C treatment to inhibit the microbial growth and maintain the quality of Yali pear [J]. Journal of Food Science, 2010:75-75
- [8] 杨明扬, 王飞, 孟庆阳. 紫外线降低片猪肉表面微生物研究[J]. 肉类工业, 2018,4:27-29  
YANG Ming-yang, WANG Fei, MENG Qing-yang. Study on the decrease of surface microorganism of demi carcass pork

- by ultraviolet [J]. Meat Industry, 2018, 4: 27-29
- [9] Jawaad A A, Marliya I, Mohammed F. Investigate the efficacy of UV pretreatment on thermal inactivation of *Bacillus subtilis* spores in different types of milk [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2019, 52: 387-393
- [10] 房小健. 紫外线联合臭氧催化对室内空气动态消毒的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2013
- FANG Xiao-Jian. Research on dynamic disinfection of indoor air applying UV and catalytic ozonation [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013
- [11] Isohanni P M I, Lyhs U. Use of ultraviolet irradiation to reduce *Campylobacter jejuni* on broiler meat [J]. Poultry Science, 2009, 88(3): 661-668
- [12] 陈玥. 低温等离子体对生鲜湿面表面杀菌研究及装置开发 [D]. 天津: 天津科技大学, 2017
- CHEN Yue. Study on low-temperature plasma sterilization on surface of fresh wet noodle and design of sterilization device [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2017
- [13] Azita K, Mohammad H E, Mahmoud A, et al. Shelf-life extension of vacuum packed emulsion-type sausage using combination of natural antimicrobials [J]. Food Control, 2019, 104: 139-146
- [14] 张小华, 操庆国, 郭钦. 新型防腐剂对面制品中微生物抑菌效果的研究 [J]. 食品研究与开发, 2018, 39(20): 13-18
- ZHANG Xiao-hua, CAO Qing-guo, GUO Qin. Comparison of antibacterial effects of new preservatives on microorganism in flour products [J]. Food Research and Development, 2018, 39(20): 13-18
- [15] 彭博, 刘琴, 丁士勇. 山梨糖醇对面包储藏期间品质的影响 [J]. 中国粮油学报, 2018, 33(1): 19-25
- PENG Bo, LIU Qin, DING Shi-yong. Effect of sorbitol on bread qualities during storage [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2018, 33(1): 19-25
- [16] 林真, 张温玲, 陈健. 广式豆沙月饼的防腐配方开发及保质期研究 (英文) [J]. Agricultural Science & Technology, 2017, 18(11): 2171-2174
- LIN Zhen, ZHANG Wen-ling, CHEN Jian. Study on preservative formula and shelf life of cantonese style moon cakes [J]. Agricultural Science & Technology, 2017, 18(11): 2171-2174
- [17] 邵源. 延长馒头保质期措施的研究和实施 [D]. 郑州: 河南工业大学, 2014
- SHAO Yuan. Extending the shelf life of Chinese steamed bread validation and implementation of measures [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2014
- [18] 张杏亚, 李姣, 李亚蕾. 冷鲜牛肉复合保鲜剂的筛选与优化 [J]. 食品工业科技, 2019, 40(12): 185-190
- ZHANG Xing-ya, LI Jiao, LI Ya-lei. Selection and optimization of compound natural preservative for cold fresh beef [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(12): 185-190
- [19] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 食品微生物学检验 菌落总数测定: GB 4789.2-2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010
- National Institute for Nutrition and Food Safety Chinese Center for Disease Control and Prevention: Food Microbiological Examination Aerobic Plate Count: GB 4789.2-2010 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010
- [20] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数: GB 4789.15-2016 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- National Institute for Nutrition and Food Safety Chinese Center for Disease Control and Prevention: Food Microbiological Examination Enumeration of Molds and Yeasts: GB 4789.15-2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016
- [21] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 食品微生物学检验 大肠菌群计数: GB 4789.3-2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010
- National Institute for Nutrition and Food Safety Chinese Center for Disease Control and Prevention: Food Microbiological Examination Enumeration of Coliforms: GB 4789.3-2010 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2010
- [22] 李曼. 生鲜面制品的品质劣变机制及调控研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2014
- LI Man. Deterioration mechanisms of fresh noodles and the regulation technology thereof [D]. Wuxi: Jiang Nan University, 2014
- [23] 王琪, 田雅多, 黄燕妮. 防腐剂对水煮花生防腐效果的研究 [J]. 粮食与油脂, 2017, 30(1): 49-52
- WANG Qi, TIAN Ya-duo, HUANG Yan-ni. Study on the effect of preservative on the shelf life of boiled peanuts [J]. Cereals & Oils, 2017, 30(1): 49-52
- [24] 李作美, 黄恩泽. 乳酸链球菌素协同纳他霉素在豆腐保鲜中的应用 [J]. 中国酿造, 2019, 38(2): 169-172
- LI Zuo-mei, HUANG En-ze. Application of nisin and natamycin in the preservation of tofu [J]. China Brewing, 2019, 38(2): 169-172

现代食品科技