

三种生物防腐剂联合处理对龙眼汁抑菌效果的研究

方田田, 余小林*, 胡卓炎, 赵雷, 陈颖聪

(华南农业大学食品学院, 广州 510642)

摘要: **目的** 研究纳他霉素、乳酸链球菌素和溶菌酶三种生物防腐剂对龙眼汁抑菌效果的影响。**方法** 设计两两复配和响应面实验, 以菌落总数为指标, 观察贮藏期间内的抑菌率变化, 得出最优抑菌组, 并测定最优组的一些理化指标。**结果** 由两两复配实验得出, 当添加总浓度为 200 mg/kg, 纳他霉素:溶菌酶=3:7、Nisin:溶菌酶=5:5、Nisin:纳他霉素=9:1 时的抑菌效果明显; 响应面实验结果显示三种生物防腐剂浓度均为 225 mg/kg 时的抑菌效果最好, 最大抑菌率为 84.2%。**结论** 三种生物防腐剂复配后添加于龙眼汁中, 能显著提高抑菌率, 延长保存期, 同时可在一定程度减缓 Vc 含量、总酸含量和色差的变化。

关键词: 龙眼汁; 纳他霉素; 乳酸链球菌素; 溶菌酶; 抑菌效果

Antimicrobial effects of combined treatments of 3 kinds of biological preservatives on Longan juice

FANG Tian-Tian, YU Xiao-Lin*, HU Zhuo-Yan, ZHAO Lei, CHEN Ying-Cong

(College of Food Science South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

ABSTRACT: Objective To research the inhibitory effect of natamycin, Nisin and lysozyme on Longan juice. **Methods** Through compound experiments and response surface experiments, with the total number of colonies as index, the optimal antimicrobial group was obtained based on the inhibition rate observed in the duration of storage. Some related physicochemical quotas of the optimal antimicrobial group were determined as well. **Results** Among the results of compound experiments, with the total concentration of 200 mg/kg, the antibacterial effect was obvious when Natamycin: lysozyme = 3:7, Nisin: lysozyme = 5:5 or Nisin: Natamycin = 9:1. Response surface experimental results showed that the inhibitory effect was the best when the concentration of 3 kinds of biological preservatives was all 225 mg/kg, and the inhibitory rate was 84.2%. **Conclusion** The combined use of 3 kinds of biological preservatives can significantly improve the inhibitory rate, prolong the shelf life, and also slow down the change of Vc content, total acid content and the chromatic aberration in some degree. **KEY WORDS:** Longan juice; natamycin; Nisin; lysozyme; inhibition effect

1 引言

随着生活水平的不断提高, 人们对食品的要求

越来越高, 更倾向于选择新鲜、富有营养、色香味俱全的食品, 安全、新鲜、营养、方便的果蔬汁在饮料市场上越来越受到人们的青睐^[1]。杀菌是果蔬汁加

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-32-07)

Fund: Supported by the Modern Agricultural Technology System Construction Projects Funded Projects (nycytx-32-07)

*通讯作者: 余小林, 教授, 主要研究方向为食品加工工艺。E-mail: yuxiaolin2002@163.com

*Corresponding author: YU Xiao-Lin, Professor, South China Agricultural University, No.483, Wushan Road, Tianhe District, Guangzhou 510642, China. E-mail: yuxiaolin2002@163.com

工、生产中的关键技术,其目的是杀死微生物、钝化酶活性等,但传统的热杀菌技术不可避免地会使果蔬汁的营养品质受到不同程度的影响。为满足消费者的要求。近年来果蔬汁的非热杀菌技术倍受关注,主要包括超声杀菌、超高压杀菌、脉冲电场杀菌、脉冲光杀菌、紫外光杀菌、辐射杀菌和防腐剂杀菌等^[2,3]。另一方面,将高效、安全、性能稳定和经济的生物防腐剂应用于果蔬汁等食品的保藏也成为了国内外研究的热点^[4-6]。目前常用的生物防腐剂有纳他霉素、溶菌酶、乳酸链球菌素(Nisin),除单一使用外,根据需要进行复配可起到防腐性能上协同增效、扩大抑菌范围、提高防腐效果的作用。

龙眼是亚热带特色水果之一,果肉味美香甜,风味独特,富含碳水化合物、蛋白质、脂肪、粗纤维、Vc 等多种成分,具有很高的营养价值和药用价值^[7]。龙眼的采收季节较集中,除鲜食外的加工品主要是龙眼干(桂圆肉)。龙眼果汁饮料的生产量不大,其原因之一是加热杀菌后的龙眼果汁风味劣变较明显。目前国内外对果汁的冷杀菌技术研究有较多报道^[8],但尚未见关于生物防腐剂应用于龙眼汁保鲜的研究报道。本文以龙眼汁为主要原料,选取纳他霉素、溶菌酶、Nisin 三种生物防腐剂,通过两两复配和响应面实验,研究其不同对比对龙眼汁短期保藏的效果,以期提供一种新鲜龙眼汁短期贮藏的方法。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

龙眼(广州华南农业大学校内市场);纳他霉素(北京东方瑞德生物技术有限公司);溶菌酶(上海伯奥生物科技有限公司,酶活力>10000 U/g);Nisin(浙江新银象生物工程有限公司,酶活力>1200 U/g);平板计数琼脂(广东省环凯微生物科技有限公司);2,6-二氯靛酚钠(分析纯,上海赛诺化工有限公司);抗坏血酸、氢氧化钠、草酸(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);3,5-二硝基水杨酸(分析纯,上海润捷化工有限公司)。

2.2 仪器与设备

超净工作台(SW-CJ-1FD,苏州安泰空气技术有限公司);温度梯度恒温箱(MTI-201B,日本 Eyela 公司);手提式不锈钢压力蒸汽灭菌锅(SYQ-DSX-280B,上海申安医疗器械厂);双层恒温振荡器(ZWY-A2102C,

上海智城分析仪器制造有限公司);色差计(CM-3500d,日本美能达公司);电热恒温水浴锅(DK-SD,上海一恒科技有限公司)。

2.3 实验设计

2.3.1 样品前处理

将新鲜龙眼清洗干净后去皮、去核、榨汁、过滤,所得龙眼汁立即在无菌操作台中分别加入一定量的防腐剂,搅拌均匀,快速分装于灭菌后的 100 mL 带盖 PET 瓶中,并置于 1℃冰箱内冷藏。每隔 7 d 分别取样,进行菌落总数和理化品质的分析。

2.3.2 两两复配实验设计

由前期单因素实验结果得出,纳他霉素、溶菌酶、Nisin 浓度各自为 200 mg/kg 时的抑菌效果最好,抑菌率分别达到 33.1%、45.7%、40.1%。因此,设定复配后每个实验组的总浓度为 200 mg/kg,将纳他霉素、溶菌酶及 Nisin 按照 1:9、3:7、5:5、7:3、9:1 的比例两两复配。以未添加防腐剂组为对照,分别测定各龙眼汁在 1℃冷藏期间的菌落总数,通过比较抑菌率大小得出两两复配最佳比例。

2.3.3 响应面实验设计

由前期单因素实验结果得出 200 mg/kg 浓度为基准,采用 Design Expert 8.05 实验设计软件,利用响应面中 Box-Behnken designs(BBD)设计纳他霉素、溶菌酶、Nisin 三者复配的三因素三水平中心组合实验,进行三种生物制剂添加浓度的条件优化,实验方案见表 1。

表 1 响应面优化实验因素水平
Table 1 Factor level of response surface optimization experiments

因素	水平		
	-1	0	1
A 纳他霉素浓度(mg/kg)	200	225	250
B 溶菌酶浓度(mg/kg)	200	225	250
C Nisin 浓度(mg/kg)	200	225	250

2.4 分析方法

2.4.1 菌落总数的测定

按国标 GB4789.2-2010 方法^[9]检测菌落总数,根据对照组与处理组的菌落总数,按下式计算抑菌率:

$$W=(C_0-C)/C_0\times 100\%。$$

式中, W: 抑菌率, %; C₀: 未处理龙眼汁菌落总数,

CFU/mL; C: 处理后龙眼汁菌落总数, CFU/mL。

2.4.2 龙眼汁品质指标的测定

Vc 测定按照 GB6195-1986(2,6 - 二氯酚酚滴定法)^[10]; 总酸测定采用酸碱中和滴定法^[11]; 总糖和还原糖按照参考文献的方法测定^[12]; 色泽的测定方法为: 取龙眼汁 10 mL 于专用的测色皿中, 用美能达色差仪测定 ΔE 、 L 、 a 、 b 值。

2.4.3 数据处理与分析

以上各指标测定均为 3 个平行, 分别取其平均值, 采用 Origin 75 和 SPSS(statistical product and service solutions)19.0 对数据进行分析。

3 结果与分析

3.1 三种生物防腐剂不同比例两两复配实验的结果

三种生物防腐剂不同比例两两复配对龙眼汁菌落总数的抑菌效果见图 1~图 3。由图 1 可知, 纳他霉素与溶菌酶两两复配的五组均在贮藏第 15 d 时抑菌率达到最大值, 之后随着贮藏时间延长, 抑菌率降低。纳他霉素:溶菌酶=1:9 时的抑菌效果最差; 纳他霉素:溶菌酶=3:7 时的抑菌率高于其余处理组, 在贮藏第 15 d 时的抑菌率最大值为 94.5%。

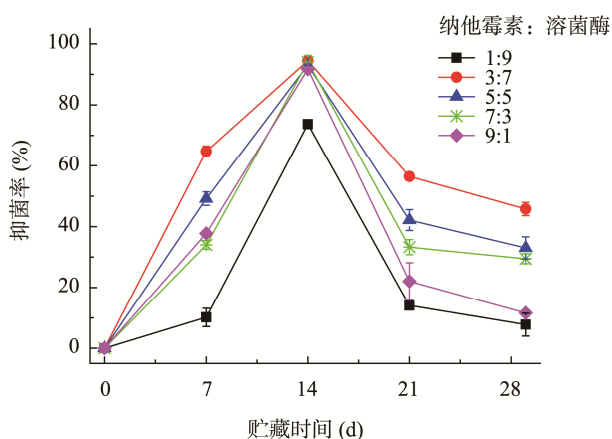


图 1 纳他霉素与溶菌酶不同比例两两复配对龙眼汁菌落总数抑菌率的影响

Fig. 1 Effect of natamycin with different proportions of lysozyme on the total number of colonies inhibitory rate in Longan juice

由图 2 可知, Nisin:溶菌酶=5:5 的抑菌效果最好, 抑菌率保持在 80%以上, 且在贮藏后期的抑菌率下降幅度不大; Nisin:溶菌酶=1:9 的抑菌效果较差。

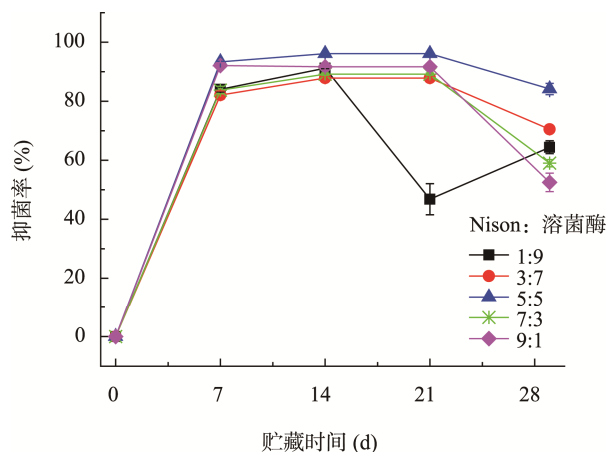


图 2 Nisin 与溶菌酶两两复配对龙眼汁菌落总数抑菌率的影响

Fig. 2 Effect of Nisin with different proportions of lysozyme on the total number of colonies inhibitory rate in Longan juice

图 3 表明, Nisin:纳他霉素=9:1 时的抑菌率可保持在 85%以上, 其次是 7:3 组, 1:9 组的抑菌效果相对最差。

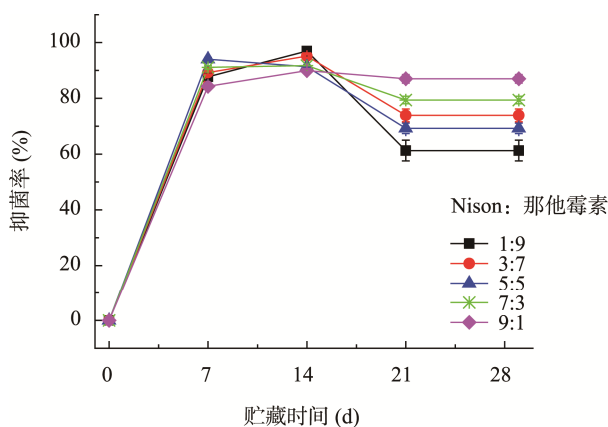


图 3 Nisin 与纳他霉素两两复配对龙眼汁菌落总数抑菌率的影响

Fig. 3 Effect of Nisin with different proportions of natamycin on the total number of colonies inhibitory rate in Longan juice

3.2 响应面实验结果

3.2.1 回归模型的建立及显著性检验

根据 2.3.3 设计方案进行实验, 结果如表 2 所示。在纳他霉素、Nisin、溶菌酶浓度均为 225 mg/kg 时, 抑菌率达到最大值 83.8%, 在纳他霉素浓度为 225 mg/kg、Nisin 浓度为 250 mg/kg、溶菌酶浓度为 250 mg/kg 时, 抑菌率达到最小值 30.1%。

表 2 响应面优化实验因素水平及结果
Table 2 Factor level and results of response surface optimization experiments

实验号	因素及水平			抑菌率(%)
	A	B	C	
1	1	1	1	57.2
2	-1	0	-1	70.5
3	-1	1	0	34.4
4	0	0	0	80.3
5	0	0	0	83.8
6	0	0	0	82.3
7	1	-1	0	47.0
8	0	1	-1	61.9
9	0	0	0	81.0
10	0	1	1	30.1
11	1	0	1	52.8
12	0	1	1	51.9
13	-1	-1	0	50.3
14	-1	0	1	44.8
15	0	-1	-1	59.0
16	1	0	-1	66.7
17	0	0	0	73.9

采用多元回归分析拟合试验结果, 得到以龙眼汁抑菌率 Y 为目标函数的二次回归模型:

$$Y=+80.29+2.96A-3.07B-9.81C+6.52AB+2.96AC-6.19BC-12.54A^2-20.52B^2-9.04C^2$$

本实验共有 17 组, 其中有 5 组零点中心实验, 用来估计实验误差。由表 3 的方差分析可知, 回归方程模型极显著($P < 0.01$), 方程的失拟项不显著($P > 0.05$), 且 $R^2=0.9755$, $R_{Adj}=0.9439$, 表明该回归模型与实际值有较好的拟合。回归方程的方差分析也表明, 对抑菌率作用极显著项是 C 、 AB 、 BC 、 A^2 、 B^2 、 C^2 。模型系数 P 值检验表明一次项、交互项、平方项均对响应值有相当大的影响, 各个具体实验因素对响应值不是简单的线性关系。由 F 值大小可以判断, 在所选范围内, 各因素对结果的影响排序为溶菌酶浓度 $>$ Nisin 浓度 $>$ 纳他霉素浓度。

3.2.2 因素间的交互影响分析

基于回归分析结果作出 3D 曲面如图 4, 图 4 形象、直观地展示了三种因素两两交互作用对响应值的影响。随着纳他霉素和 Nisin 浓度的增大, 抑菌率呈现先增大后减小的趋势, 且同时在浓度为 225 mg/kg 时, 抑菌率达到最大, 随着溶菌酶浓度的增大, 抑菌率呈现下降趋势。其中纳他霉素和 Nisin、Nisin 与溶菌酶交互作用显著, 纳他霉素与 Nisin 交互作用不显著。

表 3 方差分析
Table 3 Analysis of variance

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
模型	4331.61	9	481.29	30.91	< 0.001 显著
A	169.85	1	70.30	4.52	0.0712
B	75.58	1	75.58	4.85	0.0634
C	769.69	1	769.69	49.44	0.0002
AB	169.85	1	169.85	10.91	0.0131
AC	35.15	1	35.15	2.26	0.1766
BC	153.19	1	153.19	9.84	0.0165
A^2	662.30	1	662.30	42.54	0.0003
B^2	1772.92	1	1772.92	113.87	< 0.0001
C^2	344.44	1	344.44	22.12	0.0022
残差	108.99	7	15.57		
失拟项	51.52	3	17.17	1.20	0.4179 不显著
纯误差	57.46	4	14.37		
总误差	4440.60	16	$R^2=0.9755$	$R_{Adj}=0.9439$	

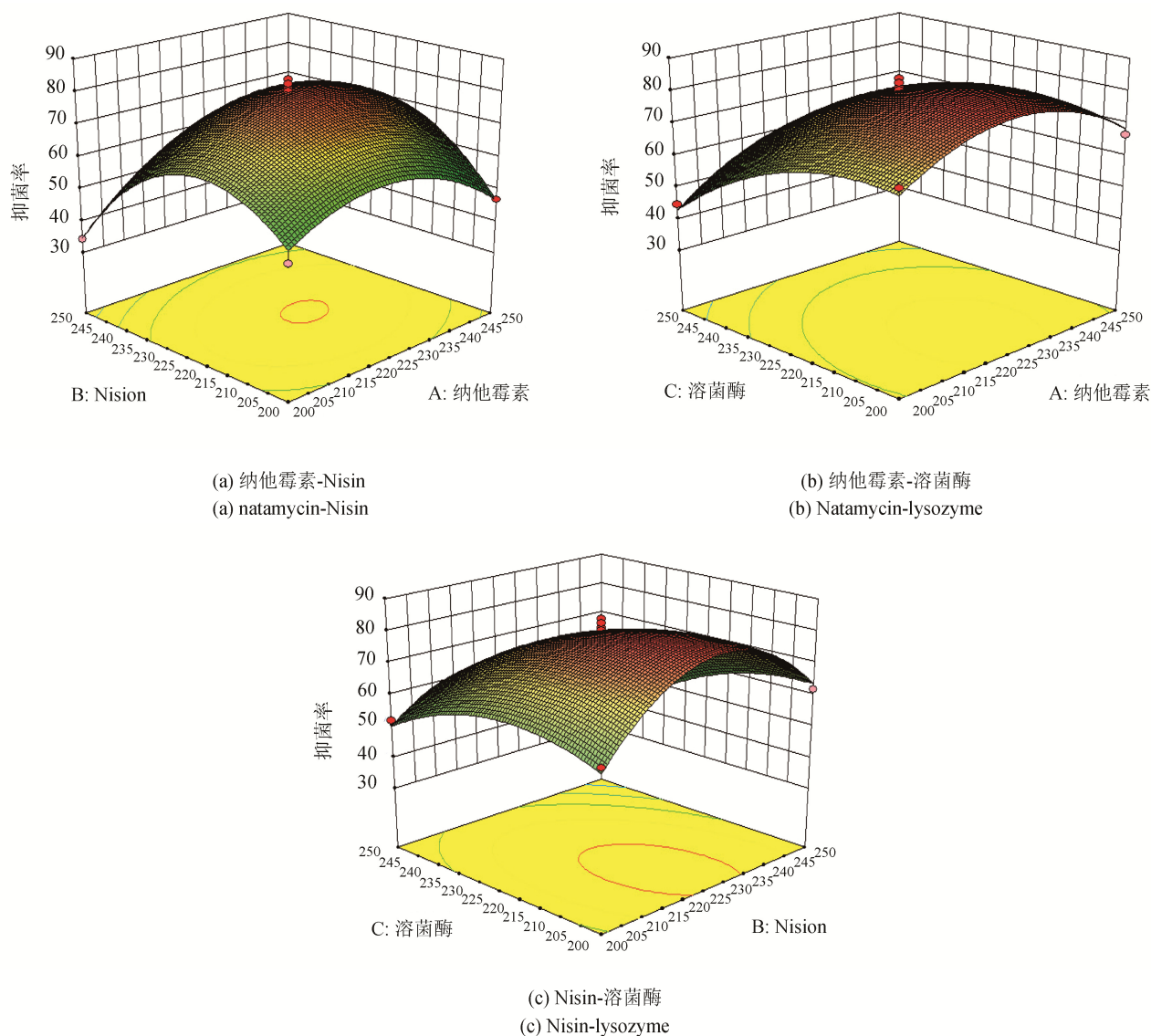


图4 不同因素两两交互作用对抑菌效果影响的响应曲面分析

Fig. 4 Response surface analysis of pairwise interaction of different factors influence on the inhibitory effect

由 Design-Expert 8.0.6 软件对实验结果进行分析处理, 得出龙眼汁抑菌率的最优条件为: 三种生物防腐剂的浓度均为 225 mg/kg 时, 模型预测的最大抑菌率为 83.8%。在此最优条件下进行 3 次平行验证实验, 得到的验证值为 84.2%, 与理论值相对误差为 0.475%, 没有显著差异, 表明模型能很好地预测此条件下对龙眼汁的实际抑菌率。

3.3 生物制剂联合处理对龙眼汁品质的影响

为考察生物制剂处理对龙眼汁营养成分的影响, 测定了对照组、两两复配优化、响应曲面优化处理后

龙眼汁在 1 °C 放置 28 d 的 Vc、总酸、还原糖以及色差值, 结果见表 4, 并将前期所做单因素实验的最优组结果放于表 4 中进行对比。由表 4 可知, X2、X3、X4 组的处理抑菌率达到 85% 左右, X1 组抑菌率为 45.8%, 均高于对照组和单因素实验最优组。四个复配组的 Vc 含量均高于对照组; 各组的还原糖含量差异不大; 色差值 ΔE , L 均高于对照组, 视觉上可观察到四个复配组的果汁均比对照组澄清。结果表明几种不同的天然防腐剂复配处理能有效地保持龙眼汁的营养品质和果汁原有色泽。

表 4 不同复配处理对龙眼汁品质影响
Table 4 The effect of different complex processing in Longan juice

指标	对照及单独使用组				复配方式			
	对照组	纳他霉素最 优组	Nisin 最优组	溶菌酶最优组	纳他霉素:溶菌酶 3:7(X1)	Nisin:溶菌酶 5:5(X2)	Nisin:纳他霉素 9:1(X3)	响应面优化组 (X4)
抑菌率(%)	0	33.1±0.67	45.7±0.34	40.1±0.87	45.8±0.56	84.1±0.72	86.9±0.53	84.2±0.78
Vc(mg/100 g)	6.89±0.03	7.31±0.04	7.89±0.01	8.32±0.05	10.33±0.04	7.27±0.08	5.36±0.07	11.22±0.09
总酸(%)	0.439±0.004	0.345±0.005	0.312±0.002	0.289±0.013	0.218±0.007	0.128±0.002	0.165±0.014	0.117±0.002
还原糖(mg/100 g)	25.51±0.25	25.34±0.31	24.87±0.20	24.65±0.23	25.71±0.28	23.14±0.31	25.62±0.34	24.57±0.32
ΔE	56.24±0.18	61.78±0.09	62.67±0.01	62.88±0.02	63.82±0.09	66.24±0.10	67.04±0.12	67.12±0.13
L	30.86±0.27	31.67±0.12	31.78±0.15	31.36±0.11	35.64±0.26	32.74±0.29	31.76±0.31	33.02±0.23
A	-0.74±0.03	-0.87±0.05	-0.83±0.02	-0.79±0.01	-0.85±0.03	-0.66±0.03	-0.56±0.04	-0.67±0.03
B	-2.69±0.014	-2.73	-2.83	-2.84	-2.86	-3.24	-2.8	-3.07

由表 4 可知, 通过三组两两复配实验(X2、X3、X4)得出最优抑菌率分别为 45.8%、84.6%、86.9%, 通过响应面实验得出最优组的抑菌率为 84.2%, 虽然略低于两组两两复配, 但明显高于三组单因素最优组(抑菌率分别为 33.1%、45.7%、40.1%)和一组两两复配(45.8%)。本文为探究性实验, 两两复配和响应面实验之间没有必然的联系, 分别研究各组不同复配对龙眼汁的抑菌效果和品质保持效果, 在此基础上, 可以考虑联合其他杀菌方式进一步杀菌, 再结合经济因素等, 为投入实际生产提供依据。

4 讨 论

纳他霉素的抑菌机制是通过与真菌细胞质膜上的甾醇分子结合, 破坏细胞质膜的渗透性, 引起菌内氨基酸、电解质等重要物质渗出而死亡^[13]; Nisin 主要抑制革兰氏阳性菌, 特别是对产生孢子的细菌有很强的抑制作用^[14]; 溶菌酶通常对革兰氏阳性菌的溶菌作用非常有效, 但对革兰氏阴性菌则无效或效果很差^[15]。三种生物防腐剂抑菌机制不同, 抑菌范围和效果也有所不同。研究发现三种生物防腐剂复配后的抑菌效果明显高于同浓度任一种单独使用的效果, 分析认为是通过复配, 将破坏细胞膜作用和溶菌作用相结合, 扩大了抑菌范围, 因而起到抑菌的增效作用。但是另一方面, 在龙眼汁贮藏期间的抑菌效果并没有随着防腐剂添加量的增加和贮藏时间的延长而增大, 而是在一定浓度一定贮藏时间内的抑菌效果最佳, 这可能因为防腐剂本身有一定的局限性。相比

较而言, Nisin 的抑菌作用要大于纳他霉素和溶菌酶, 因此, Nisin 分别与溶菌酶和纳他霉素复配后的抑菌效果优于纳他霉素与溶菌酶复配, 又以 Nisin:纳他霉素=9:1 比例复配时的效果最好。

本研究还表明, 两两复配和响应面最优组的龙眼汁在贮藏结束 28 d 时的细菌总数为 7.1×10^6 CFU/mL、 5.6×10^6 CFU/mL, 分别是对照组的 86.9% 和 84.2%, 说明生物防腐剂两两复配和响应面处理组具有一定抑菌效果, 但尽管如此, 各处理组的细菌总数均超过了《果、蔬汁饮料卫生标准》^[16]中菌落总数 < 500 CFU/mL 的标准要求。此结果说明仅采用添加生物防腐剂的办作用有限, 龙眼汁在贮藏期间, 微生物仍处于可生长繁殖状态, 生物防腐剂仅能延缓其生长速度, 不能完全将其杀死, 到贮藏后期随着微生物数量的增加, 这种延缓作用就越来越弱。因此, 为使无加热处理龙眼汁进一步提高贮藏期, 必须与其他冷杀菌技术相结合, 如超声波处理加生物防腐剂、脉冲电场处理加生物防腐剂等, 相关研究有待于今后进一步深入进行。

5 结 论

(1)三种生物防腐剂两两复配适宜比例为: 纳他霉素:溶菌酶=3:7、Nisin:溶菌酶=5:5、Nisin:纳他霉素=9:1; 处理后龙眼汁在 1 ℃贮藏 29 d 时的抑菌率分别为 45.8%、84.6%、86.9%。

(2)通过响应面优化实验得到的复配优化浓度为: 纳他霉素、Nisin、溶菌酶的浓度均为 225 mg/kg, 模

型预测的最大抑菌率为83.8%，验证值为84.2%。

(3)三种生物防腐剂复配后能延缓龙眼汁的Vc含量、总酸含量和色差的变化，起到维持龙眼汁品质的作用。

参考文献

- [1] 王允圃, 刘玉环, 阮榕生, 等. 食品热加工与非热加工技术对食品安全性的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(7): 463-465.
Wang YP, Liu YH, Ruan RS, *et al.* The impact of thermal and non-thermal processing technology for food security [J]. Food Ind Technol, 2011, 32(7): 463-465.
- [2] 王玉军. 食品加工中的非热杀菌技术[J]. 黑龙江粮食, 2009, (6): 52-53.
Wang YJ. The non-thermal sterilization technology of food processing [J]. Heilongjiang Grain, 2009, (6): 52-53.
- [3] 郑瑞生, 王则金. 食品冷杀菌技术的研究综述[J]. 河南工业大学学报, 2011, 32(6): 80-85.
Zheng RS, Wang ZJ. Review of food cold sterilization technology [J]. J Henan Univ Technol, 2011, 32(6): 80-85.
- [4] 张璟晶, 唐劲松, 王海波, 等. 溶菌酶、Nisin、壳聚糖复合保鲜剂对冰鲜银鲈保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(4): 323-326.
Zhang JJ, Tang JS, Wang HB, *et al.* Lysozyme, Nisin, chitosan complex film effected on chilled fresh pomfret [J]. Sci Technol Food Ind, 2014, 35 (4): 323-326.
- [5] 黄现青, 韩庆功, 崔艳红. 复合生物防腐剂杀菌效果优化及草莓保鲜效果研究[J]. 微生物学杂志, 2010, 30(1): 32-37.
Huang XQ, Han QG, Cui YH. Optimization of complex biological preservatives bactericidal effect and fresh strawberries effect [J]. J Microbiol, 2010, 30 (1): 32-37.
- [6] 孟晓华, 胡楚婷, 许琪琦, 等. 几种天然生物防腐剂对生鲜罗非鱼片防腐效果研究[J]. 农产品加工·学刊, 2012, 274(3): 52-54.
Meng XH, Hu CT, Xu QQ, *et al.* Several natural biological preservative effect on the fresh tilapia fillets research[J]. Proc Agric Prod J, 2012, 274(3): 52-54.
- [7] 田玉庭, 陈洁, 里淑婷, 等. 不同干燥方法对龙眼果肉品质特性的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2012, 40 (8): 162.
Tian YT, Chen J, Li ST *et al.* Effects of different drying methods on the quality characteristics of longan flesh [J]. Northwest A F Univ, 2012, 40(8): 162.
- [8] 王怡, 陆利霞, 熊晓辉. 天然防腐剂在鲜切水果和果汁保鲜中的研究进展[J]. 中国食品添加剂, 2012, 111(2): 143-147.
Wang Y, Lu LX, Xiong XH. Progress on the natural preservative in fresh-cut and juices [J]. China Food Add, 2012, 111(2): 143-147.
- [9] GB4789. 2-2010 食品微生物学检验-菌落总数测定[S].
GB4789. 2-2010 Microbiological examination of food- The total number of colonies was measured [S].
- [10] GB6195-1986 2, 6 - 二氯酚酚滴定法[S].
GB6195-1986 2, 6-dichloro-indophenol titration [S].
- [11] GB/T12456-2008 食品中总酸的测定[S].
GB/T12456-2008 Determination of total acid [S].
- [12] 李雪梅, 杨俊慧, 张利群, 等. 还原糖测定方法的比较[J]. 山东科学, 2008, 21(2): 18.
Li XM, Yang JH, Zhang LQ *et al.* Comparison of methods for determination of reducing sugar [J]. Shandong Sci, 2008, 21(2): 18.
- [13] 阎永贞, 周绪霞, 李卫芬, 等. 纳他霉素抑菌机理及其在食品中的应用[J]. 食品工业科技, 2010, (4): 365-366.
Yan YZ, Zhou XX, Li WF *et al.* Natamycin inhibitory mechanism and its application in food [J]. Food Ind Technol, 2010, (4): 365-366.
- [14] 夏云梯, 潘利华, 朱克美. 乳酸链球菌素(Nisin)的特性及在果汁饮料中的应用[J]. 饮料工业, 2000, (4): 14-15.
Xia YT, Pan LH, Zhu KM, *et al.* Nisin's characteristics and application in juice drinks [J]. Bever Ind, 2000, (4): 14-15.
- [15] 方元超, 梅丛笑, 尹宁. 溶菌酶及其应用前景[J]. 中国食品添加剂, 1999, (4): 39-43.
Fang YC, Mei CX, Yi N. Lysozyme and its application prospects [J]. China Food Add, 1999, (4): 39-43.
- [16] GB 19297-2003 果、蔬汁饮料卫生标准[S].
GB 19297-2003 Hygienic standard for fruit and vegetable juice [S].

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



方田田, 硕士研究生, 主要研究方向为果蔬食品加工工艺。
E-mail: anyangfangtian@163.com



余小林, 硕士, 教授, 主要研究方向为园艺产品加工与贮藏。
E-mail: yuxiaolin2002@163.com