

基于乳酸菌发酵法的 果坯保藏工艺

李媛 黄月 黄苇*
(华南农业大学 广东广州 510000)

摘要: 为研究基于乳酸菌发酵法的果坯保藏工艺,以三华李为对象,通过比较不同乳酸菌的食盐耐受能力、对数生长期长短和产酸能力大小来筛选发酵菌株;通过定期测定发酵液 pH、酸度、乳酸菌活菌数、霉菌酵母总数、果坯 a 值及硬度来比较不同菌株配比的发酵效果,并利用 Box-Behnken 实验设计方法和响应面分析优化发酵工艺参数。结果表明:植物乳杆菌和干酪乳杆菌更适合三华李果坯发酵,当两者以植物乳杆菌:干酪乳杆菌 = 3:1 的比例混菌发酵,食盐用量 5.0%,接种量 3.5%,葡萄糖用量 3.3%,发酵后的果坯常温保藏 90 d,果坯 a 值为 17.00,硬度为 1.51 N,颜色和硬度指标的综合值表现良好。

关键词: 三华李;保藏;发酵

Fruit billets stock preservation process based on lactic acid bacteria fermentation

LI Yuan, HUANG Yue, HUANG Wei*

(South China Agricultural University, Guangzhou 510000, China)

Abstract: Fruit billets preservation process on lactobacillus fermentation were studied on strains selecting by comparing the length of logarithmic growth phase and the size of acid producing capacity of different lactic acid bacteria, and strain ratio by comparing fermentation effect on determination of pH value, acidity, a value, hardness, number of lactic acid bacterial mold and yeast and optimization of fermentation process parameters by using Box-Behnken experiment design and response surface analysis. Result indicated that lactobacillus plantarum and lactobacillus casei were suitable for the fermentation. When the two party to lactobacillus plantarum of lactobacillus casei = 3:1, 5.0% salt, 3.5% inoculum size, 3.3% glucose, the color and hardness of the fruit billets performed well with a value of 17.00, the hardness of 1.51 N after preservation at room temperature of 90 d while finish fermentation.

Key words: sanhua plum; preservation; fermentation

中图分类号: TS255.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2017)06-0201-06

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2017.06.030

广东是全国最大的李生产省份,栽培面积约 100 万亩,产量约 50 万吨。除鲜食外,大量用于蜜饯凉果加工。三华李属于蔷薇科,中国李属中的一种,是广东省特色优质品种,李果肉呈紫红色,肉厚核小,味甜微酸,是加工凉果的上好水果^[1]。

三华李鲜果上市集中,常温下鲜果长期保鲜困难,生产上通常采用一次性制作果坯,作为半成品贮藏,供凉果加工周年使用。目前果坯普遍采用硫磺方式进行,易造成产品中的二氧化硫残留超标,这也是目前广式凉果产品质量不合格的主要原因。亚硫酸盐的过量使用还导致水果中的天然色素破坏严重,降低了水果的营养价值^[2-3]。果坯低硫、无硫保

藏成为保障凉果质量安全的关键技术之一。

乳酸菌(*Lactic acid bacteria*)发酵在蔬菜腌制保藏上广泛应用,乳酸菌生长过程中产生的代谢产物,能抑制腐败菌的生长,从而提高产品的保藏性,并赋予发酵产品特有的风味和营养保健价值^[4-6]。乳酸链球菌(*Lactococcus lactis*)可以产生特有的天然抑菌物质乳酸链球菌素(Nisin),具有广谱抑菌性,应用于果蔬发酵可抑制果蔬自带腐败菌的生长^[7]。干酪乳杆菌(*Lactobacillus casei*)被认为是调节免疫系统最有效的菌株之一,具有多种生物活性功能^[8],但在果蔬发酵方面的应用报道较少。植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)有高度的耐盐耐酸性,是目

收稿日期: 2016-09-22

作者简介: 李媛(1991-),女,在读研究生,研究方向: 果蔬加工与保藏, E-mail: ending.club@163.com。

* 通讯作者: 黄苇(1967-),女,教授,研究方向: 食品加工、包装与保藏, E-mail: weih007@scau.edu.com。

基金项目: 广东省农业厅项目(2016LM2151)。

前果蔬发酵应用最常见的乳酸菌株^[6-9]。本研究将这三种乳酸菌株在果坯发酵中的应用适性进行比较,并优选出发酵工艺参数,为乳酸菌发酵法应用于果坯安全保藏提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

三华李 广州市从化区龙丰园果子食品厂吕田水果生产示范基地; 植物乳杆菌 1.191、干酪乳杆菌 GIM1.204、乳酸链球菌 GIM1.196 广东省微生物菌种保藏中心; PA/PE 包装袋(用于袋装三华李进行发酵) 台州名科塑料有限公司; 蔗糖、麦芽糖、红糖 佛山市南海区平洲夏西东元食品厂; MRS 培养基 广东环凯微生物科技有限公司。

EZ-SX 500 N 质构仪 日本岛津公司; X-rite-SP60 积分球式分光光度计 爱色丽色彩仪器商贸有限公司; TU-1800 紫外可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司; 雷磁 pH-3C 数显 pH 计 上海仪电科学仪器股份有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 培养条件的确定

1.2.1.1 最佳生长温度测定 MRS 液体培养基中接入均为 2% 的植物乳杆菌、干酪乳杆菌、乳酸链球菌。分别在 20、25、30、37、40 °C 条件下培养 24 h, 取样测定菌液 OD 值, 重复三次, 取平均值。

1.2.1.2 发酵最佳碳源测定 以蔗糖、麦芽糖和红糖替代 MRS 培养基中的葡萄糖, 接种 4% 不同乳酸菌 37 °C 培养 24 h, 测定菌液的 OD 值, 重复三次, 取平均值。

1.2.1.3 食盐耐受性测定 在 MRS 培养基中加入 0.0%、2.5%、5.0%、7.5%、10.0% 的食盐, 接种 4% 不同乳酸菌培养 37 °C 24 h, 测定菌液的 OD 值, 重复三次, 取平均值。

1.2.2 乳酸菌菌种筛选 将供试乳酸菌分别按接种量 4% 接入 MRS 液体培养基中, 37 °C 恒温培养, 通过定期测定菌株的增殖速率和产酸能力来筛选发酵菌株。

1.2.3 菌种配比对果坯贮藏品质的影响 参照沈国华、严成、邓国丽等人^[10-12]的实验方法选择 3% 葡萄糖添加量及 4% 接种量, 通过乳酸菌食盐耐受性实验选择 5% 食盐添加量。以果: 水 = 1: 1.8 (质量比), 按果重加入 5% 食盐、3% 葡萄糖, 植物乳杆菌与干酪乳杆菌分别以配比为 1: 0.3: 1、1: 1: 1、1: 3: 0.1 混合, 按照果重 4% 的量接种, 封袋后 37 °C 贮藏发酵, 每个处理两个平行。定期抽样测定发酵液的 pH、酸度、果坯的色差值 a 和硬度, 以及乳酸菌菌落总数、霉菌酵母菌落总数。

1.2.4 响应面优化实验 选取糖 (X_1)、食盐 (X_2) 和接种量 (X_3) 作为自变量; 选择红度值 a (Y_1) 和硬度 (Y_2) 为响应值设计了共 17 个实验点的响应面实验。在前述实验及参考其他文献的基础上, 选择 3% 葡萄糖、5% 食盐、4% 接种量作为中心实验点, 根据 Box-Behnken 中心组合实验设计原理, 对糖 (X_1)、食盐 (X_2)、接种量 (X_3) 的用量水平编码如表 1 所示。

表 1 因素水平编码表

Table 1 Factors and levels code table

水平	因素		
	X_1 葡萄糖 (%)	X_2 食盐 (%)	X_3 接种量 (%)
-1	1.0	2.5	2.0
0	3.0	5.0	4.0
1	5.0	7.5	6.0

1.2.5 指标测定方法

1.2.5.1 可滴定酸度 食品安全国家标准《GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定》, 取发酵液 10 mL, 去 CO_2 蒸馏水稀释至 50 mL, 用 0.1N 的 NaOH 滴定, 酚酞作为指示剂, 结果以乳酸计。

1.2.5.2 a 值 采用 X-rite-SP60 积分球式分光光度计, Hunter Lab 表色法。a 值为正时, 数值越大, 表明三华李色泽越红。

1.2.5.3 硬度 采用岛津质构仪, 探头直径 3 mm, 刺穿深度 8 mm, 速度为 1 mm/s。

1.2.5.4 乳酸菌、霉菌酵母总数计数 食品安全国家标准《食品微生物学检验标准汇编 GB4789-2010》。

1.2.5.5 OD 值 采用 TU-1800 紫外可见分光光度计, 波长 600 nm。

1.3 统计与分析

采用 SPSS 19.0 软件进行差异性显著分析, Design-Expert 8.0.6 统计软件对响应面的实验数据进行方差分析及显著性检验。

2 结果与分析

2.1 培养条件的优选

2.1.1 不同温度对乳酸菌生长的影响 如图 1 所示, 三株菌在 20~40 °C 范围内均表现出相同的变化趋势, 随着温度的升高菌液浓度增大, 达峰值后又减少。植物乳杆菌对温度更加敏感, 随温度上升增殖更快, 峰值更高。三株乳酸菌的最适生长温度均为: 37 °C。这也与尚天翠^[13]的研究结果相符合。

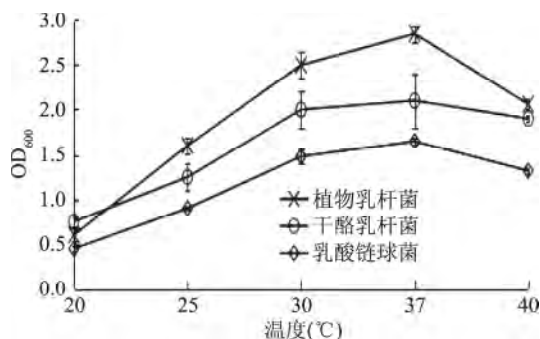


图 1 不同温度发酵后三种乳酸菌液的吸光度值

Fig.1 Absorbance value in three kinds of lactic acid bacteria fermented liquid under condition of different temperature

2.1.2 不同碳源底物对乳酸菌生长的影响 如图 2 所示, 三株乳酸菌增殖速率趋势一致: 葡萄糖 > 蔗糖 > 红糖 > 麦芽糖, 皆表现出当底物为葡萄糖时生长繁殖更快。蔗糖和麦芽糖为二糖, 红糖的主要成分为蔗糖, 因乳酸菌能直接利用单糖, 葡萄糖更利于三

株乳酸菌的生长^[14]。

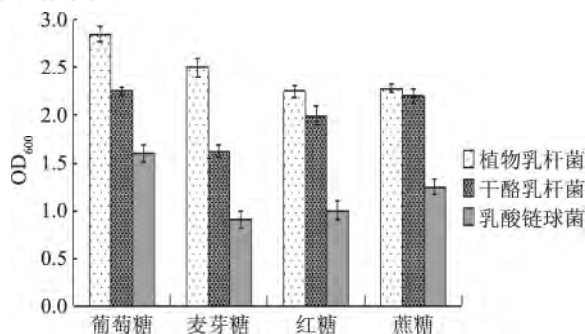


图2 不同碳源发酵后三种乳酸菌液的吸光度值

Fig.2 Absorbance value in three kinds of lactic acid bacteria fermented liquid under condition of different carbon source

2.1.3 不同食盐浓度对乳酸菌生长的影响 食盐使溶液带有渗透压,使微生物细胞脱水,发生质壁分离,抑制微生物的生理代谢活动,适量添加食盐有助于抑制发酵过程中腐败菌的生长。通过图3可以看出植物乳杆菌在2.5%食盐浓度下还能呈现增长趋势;在0%食盐浓度与2.5%食盐浓度下,干酪乳杆菌的菌液吸光度值没有差异,2.5%低浓度的食盐对干酪乳杆菌的生长基本不产生不利影响。食盐浓度升高,菌液OD值降低,菌体生长受到抑制。乳酸链球菌对食盐的耐受性较差,浓度达到5%时其OD值就接近于0;当浓度为10%时,三株菌的OD值均接近于0;菌体生长受到严重抑制。三种菌株对食盐的耐受性表现为:植物乳杆菌 > 干酪乳杆菌 > 乳酸链球菌。

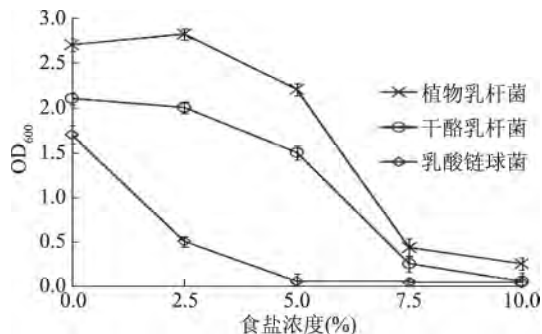


图3 不同食盐浓度发酵后三种乳酸菌液的吸光度值

Fig.3 Absorbance value in three kinds of lactic acid bacteria fermented liquid under condition of different salt concentration

注:字母不同表示具有显著性差异($p < 0.05$)。

2.2 乳酸菌菌种筛选

2.2.1 不同菌株生长曲线的测定 生长曲线分为延滞期、对数期、稳定期和衰亡期。由图4可以看出,植物乳杆菌的对数生长期中期为10h,增值速率高于干酪乳杆菌和乳酸链球菌,干酪乳杆菌的对数生长期中期为18h,而乳酸链球菌在22h才到达对数生长期中期,且延滞期比较长。菌株增殖速率:植物乳杆菌 > 干酪乳杆菌 > 乳酸链球菌。

2.2.2 不同菌株产酸能力的比较 由图5及图6可知,菌株的产酸能力:植物乳杆菌 > 干酪乳杆菌 > 乳酸链球菌。

综合比较,植物乳杆菌和干酪乳杆菌在更短时

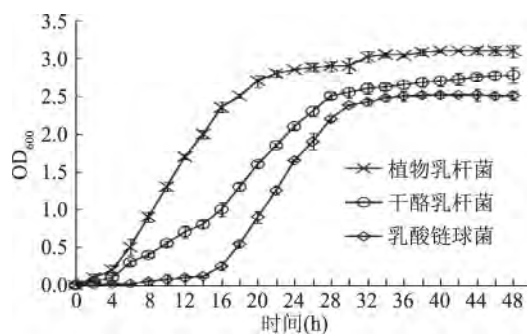


图4 不同乳酸菌的生长曲线图

Fig.4 The growth curve of different lactic acid bacteria

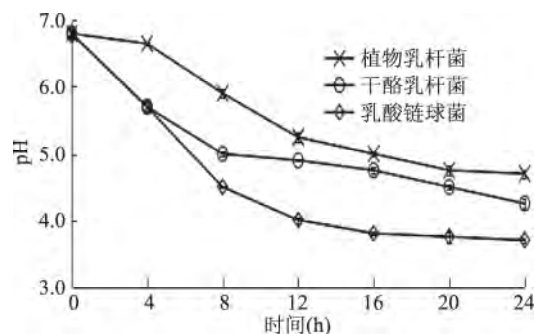


图5 不同乳酸菌发酵液pH随时间的变化

Fig.5 Changes of pH of lactic acid bacteria fermentation liquid with time

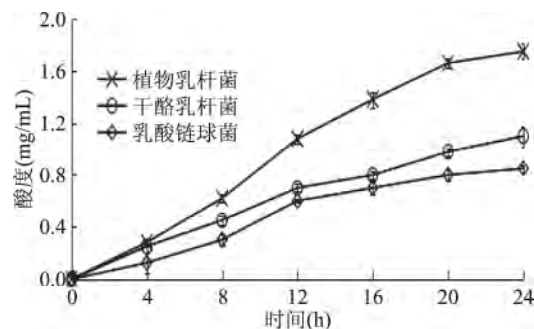


图6 不同乳酸菌发酵液酸度随时间的变化

Fig.6 Changes of acidity of lactic acid bacteria fermentation liquid with time

间内,迅速达到对数生长期,增殖速率快,迅速产酸,pH降低,有利于抑制杂菌生长,并且对高浓度食盐的耐受性较高,适合应用于三华李的发酵保藏。

2.3 菌种对比对果坯贮藏品质的影响

单一菌落发酵的纯培养工艺技术简单,多种微生物共同培养的混菌发酵对于发酵产品品质更为有利^[15-16]。

本实验研究比较植物乳杆菌、干酪乳杆菌单一菌株发酵和两菌株混菌发酵对三华李果坯品质的影响。

由图7及图8可知,当植物乳杆菌和干酪乳杆菌二者比例为3:1时,发酵液酸度最高。单一干酪乳杆菌发酵时,发酵液酸度最低。

由图9可知采用植物乳杆菌和干酪乳杆菌混菌发酵,当二者比例为3:1时,果坯的a值在各配比中最高。对比图8可知,发酵液酸度高,a值的下降受到抑制,有利于护色,这是因为发酵产生的乳酸、乙

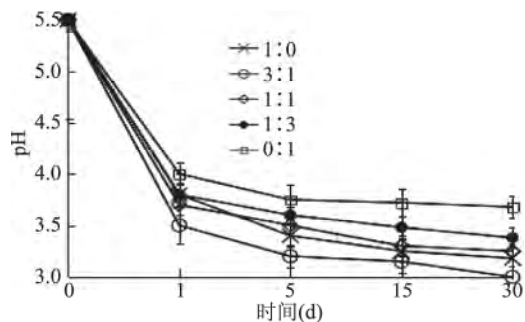


图7 菌种配比对发酵液 pH 的影响

Fig.7 Effect of strain ratio on fermentation liquid pH

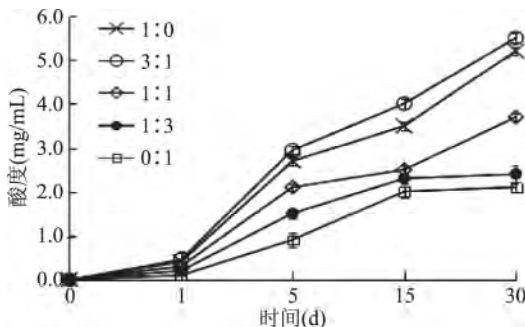


图8 菌种配比对发酵液酸度的影响

Fig.8 Effect of strain ratio on fermentation liquid acidity

酸等可以延缓酶促褐变的发生,且能维持花色苷的稳定所致^[17-18]。

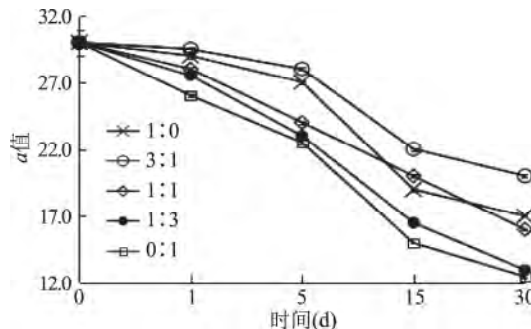


图9 菌种配比对果坯 a 值的影响

Fig.9 Effect of strain ratio on a value of fruit billets

由图8及图10可知,酸度变化与果坯硬度变化呈现负相关关系,酸度越大,果坯硬度越小。这是由于产酸量越高,果胶和纤维素物质水解越快,果坯硬度下降也越快^[19]。采用植物乳杆菌和干酪乳杆菌混菌发酵,当二者比例为3:1时,果坯硬度最小,但尚在可接受范围内。

由图11可知,干酪乳杆菌比例越高,乳酸菌活菌总量降低越快,30 d后检测不到乳酸菌菌群。干酪乳杆菌产酸能力和耐酸能力低于植物乳杆菌,酸度越大,干酪乳杆菌活菌数越少,乳酸菌活菌总数下降越快,致使酵母菌受到的竞争性抑制作用越小,增长越快。如图12显示,干酪乳杆菌比例越大,发酵液中酵母菌活菌数越多,单一干酪乳杆菌发酵至30 d时,酵母菌达到 1.0×10^6 CFU/mL,容易导致果坯长膜生花,影响果坯品质。

综合各指标考虑,选择植物乳杆菌和干酪乳杆

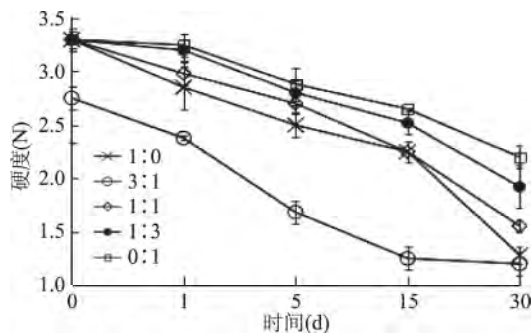


图10 菌种配比对果坯硬度的影响

Fig.10 Effect of strain ratio on hardness of fruit billets

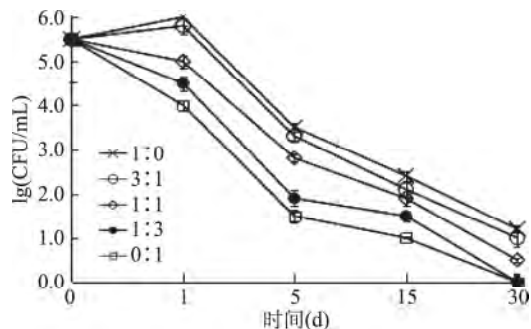


图11 菌种配比对发酵液中乳酸菌数量的影响

Fig.11 Effect of lactic acid bacteria number change of fermentation liquid

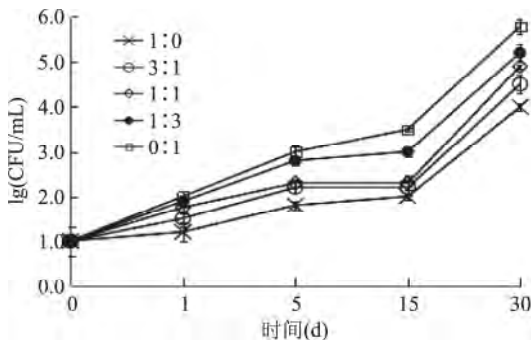


图12 菌种配比对发酵液中霉菌酵母菌数量的影响

Fig.12 Effect of fungal yeast number change of fermentation liquid

菌二者比例为3:1进行混菌接种。

2.4 响应面优化混菌发酵条件

利用 Design-Expert 8.0.6 统计软件对响应面的实验数据(表2)进行 a 值的方差分析及显著性检验,具体分析结果见表3。

该模型的不同处理间差异极显著($p < 0.0001$),失拟项不显著($p = 0.1822$),说明模型显著,拟合有效,方程能够反映响应值的变化。食盐对 a 值的影响最大,达到极显著水平,其次是葡萄糖、接种量,均达到显著水平。在 $\alpha = 0.05$ 显著水平剔除不显著项,建立各影响因素 X 和 Y_1 a 值之间的二次多项回归方程为: $Y_1 = 12.06 + 1.41X_1 - 0.31X_2 + 1.74X_3 - 0.19X_1X_2 - 0.2X_3^2$ 。

响应曲面图可以形象的描述各因素之间的交互作用,当相应曲面坡度比较平滑,说明响应值受因素的影响较小,反之坡度越陡则影响越大,如图13所

表3 对果坯 a 值回归方程各项回归分析Table 3 Regression analysis of regression equation on a value

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	$p > F$	显著性
模型	333.22	9.00	37.02	50.75	<0.0001	**
X_1	8.86	1.00	8.86	12.15	0.0102	*
X_2	54.60	1.00	54.60	74.84	<0.0001	**
X_3	6.73	1.00	6.73	9.23	0.0189	*
X_1X_2	3.44	1.00	3.44	7.22	0.0312	*
X_1X_3	0.25	1	0.25	0.52	0.4925	
X_2X_3	7.225E-003	1	7.225E-003	0.015	0.9005	
X_1^2	0.066	1	0.066	0.14	0.7213	
X_2^2	0.029	1	0.029	0.060	0.8134	
X_3^2	2.76	1.00	2.76	5.79	0.0470	*
残差	3.34	7.00	0.48			
失拟项	2.23	3.00	0.74	2.68	0.1822	
纯误差	1.11	4.00	0.28			
总值	47.51	16.00				

注: * 表示在 0.05 水平显著, ** 表示在 0.01 水平显著; 表 6 同。

表2 响应面法优化实验结果

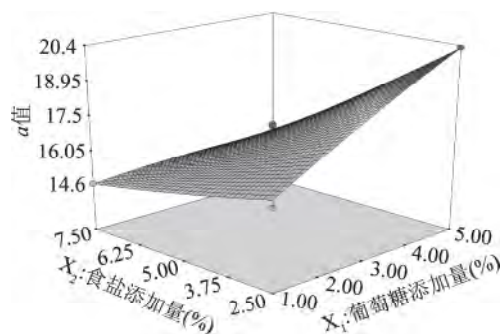
Table 2 Optimization test scheme of response surface method

实验号	X_1	X_2	X_3	$Y_1: a$ 值	$Y_2: 硬度$ (N)
1	1.0	2.5	4.0	16.02	1.53
2	5.0	2.5	4.0	20.32	1.35
3	1.0	7.5	4.0	14.67	1.69
4	5.0	7.5	4.0	15.26	1.55
5	1.0	5.0	2.0	14.79	1.58
6	5.0	5.0	2.0	16.13	1.56
7	1.0	5.0	6.0	14.72	1.43
8	5.0	5.0	6.0	17.06	1.39
9	3.0	2.5	2.0	16.64	1.45
10	3.0	7.5	2.0	12.76	1.75
11	3.0	2.5	6.0	18.92	1.38
12	3.0	7.5	6.0	15.21	1.48
13	3.0	5.0	4.0	16.07	1.56
14	3.0	5.0	4.0	17.22	1.54
15	3.0	5.0	4.0	16.41	1.61
16	3.0	5.0	4.0	16.23	1.46
17	3.0	5.0	4.0	17.12	1.63

示, 食盐添加量与葡萄糖添加量之间存在明显的交互作用, 这与回归分析结果一致。

利用 Design-Expert 8.0.6 统计软件对响应面的实验数据(表 2) 进行硬度的方差分析及显著性检验, 具体分析结果见表 4。

该模型的不同处理间差异显著($p = 0.0241$), 失拟项不显著($p = 0.6224$), 说明模型显著, 拟合有效, 方程能够反映响应值的变化。食盐、接种量对硬度有极显著的影响, 葡萄糖对硬度影响不显著。回归分析结果显示各个因素之间对果坯硬度的影响不存在交互作用。在 $\alpha = 0.05$ 显著水平剔除不显著项, 建

图13 食盐添加量和葡萄糖添加量对果坯 a 值的交互影响Fig.13 Interaction of salt content and glucose content on a value

立各影响因素 X 和硬度 Y_2 之间的二次多项回归方程为: $Y_2 = 1.50 + 0.038X_2 - 0.041X_3$

根据统计软件分析实验数据, 以色差值 a 值和硬度大为优, 确定各因子的优化参数。分析该优化条件下的最佳工艺条件为食盐用量为 5.0%, 接种量为 3.5%, 葡萄糖用量为 3.3%, 发酵果坯的 a 值为 16.60, 硬度 1.57 N。在最优条件下进行实验验证, 发酵后, 常温保藏 90 d, 得到的 a 值为 17.00, 硬度 1.51 N, 说明该模型能较好的预测发酵效果。

3 结论

三菌株均表现出在 37 °C 条件下, 以葡萄糖为碳源底物有最佳的生长趋势。在发酵过程中, 一定的食盐浓度可以抑制杂菌生长而不会对乳酸菌的生长产生太大的不利影响, 发酵体系的酸度迅速下降有利于抑制初始杂菌数。相比于乳酸链球菌, 植物乳杆菌和干酪乳杆菌的食盐耐受性更高, 菌株增殖速率更快, 菌株的产酸能力更强。植物乳杆菌和干酪乳杆菌更适用于李果坯的发酵保藏。

当两种菌株混合发酵时, 随着植物乳杆菌的比例增大, 发酵液的 pH 越小, 酸度越大, 乳酸菌活菌数越大, 腐败菌数量越小, 果坯 a 值也基本随植物乳杆菌的比例增大而增大, 硬度则反之。这可能与植物

表4 对果坯硬度回归方程各项回归分析

Table 4 Regression analysis of regression equation on hardness

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	$p > F$	显著性
模型	0.17	9.00	0.02	4.89	0.0241	*
X_1	0.02	1.00	0.02	4.77	0.0653	
X_2	0.07	1.00	0.07	19.07	0.0033	**
X_3	0.05	1.00	0.05	14.38	0.0068	**
$X_1 X_2$	4.000E-004	1	4.000E-004	0.11	0.7546	
$X_1 X_3$	1.000E-004	1	1.000E-004	0.026	0.8755	
$X_2 X_3$	1.000E-002	1	1.000E-002	2.64	0.1481	
X_1^2	3.184E-003	1	3.184E-003	0.84	0.3896	
X_2^2	2.632E-005	1	2.632E-005	6.951E-003	0.9359	
X_3^2	7.605E-003	1	7.605E-003	2.01	0.1993	
残差	0.03	7.00	0.00			
失拟项	0.01	3.00	0.00	0.65	0.6224	
纯误差	0.02	4.00	0.00			
总值	0.19	16.00				

乳杆菌的产酸能力有关,酸性条件有利于果坯花色的维持,且能抑制腐败菌的生长,但果胶和纤维素物质在酸性条件下会加快水解,导致果坯硬度下降。当植物乳杆菌和干酪乳杆菌以3:1的比例进行混菌发酵,与单一菌种及其他比例混菌发酵相比较,发酵后果坯色泽最佳,发酵体系产酸相对量高,能维持一定数量的乳酸菌活菌数,发酵液中腐败菌在安全范围内,虽然该实验组果坯硬度最低,但仍能保持整果形状,尚可接受。植物乳杆菌和干酪乳杆菌在混合发酵过程中对果坯品质影响的机理还有待进一步的研究。

通过响应面实验结果分析可知,影响发酵后果坯 a 值的主次因素:食盐浓度>葡萄糖添加量>菌液接种量;影响发酵后果坯硬度的主次因素:食盐浓度>菌液接种量,葡萄糖添加量对果坯硬度没有显著影响。优化后的混菌发酵条件为:食盐5.0%,接种量为3.5%,葡萄糖3.3%。发酵后常温保藏果坯90 d a 值为17.00,硬度为1.51 N,果坯颜色深红,果实完好,硬度符合要求。

参考文献

- [1] 余养道. 三华李丰产栽培技术[J]. 福建果树, 2003(3): 5-6.
- [2] 曾晓房, 叶绍环, 白卫东. 广式凉果降硫技术研究进展[J]. 食品与机械, 2011(3): 156-159.
- [3] 王菲, 黄月, 黄苇, 等. 果坯低硫贮藏方法研究[J]. 农产品加工·学刊, 2014(15): 12-14, 17.
- [4] 吕嘉彬, 齐文华. 乳酸菌的生理功能及在食品酿造工业中的应用[J]. 食品科技, 2007(10): 13-17.
- [5] Schillinger U, Geisen R, Holzapfel W H, et al. Potential of antagonistic microorganisms and bacteriocins for the biological preservation of foods[J]. Trends in Food Science and Technology,

1996(7): 158-164.

- [6] 马霞, 韩迪, 张吉, 等. 乳酸菌在发酵果蔬中的应用[J]. 中国乳品工业, 2013, 41(1): 40-42, 64.
- [7] 赵春燕, 王源, 孟晓曦, 等. 乳链菌肽的研究现状及应用进展[J]. 中国酿造, 2010(5): 13-16.
- [8] 曹瑞博, 汪建明. 干酪乳杆菌的功能性研究及其应用[J]. 中国食品添加剂, 2009(S1): 169-172.
- [9] 于志会, 刘志强. 植物乳杆菌在食品工业中的应用[J]. 吉林农业科技学院学报, 2012(3): 32-33.
- [10] 沈国华, 叶玉仙. 果肉型混合发酵蔬菜汁饮料加工技术研究(一)——优良菌种及发酵条件的比较研究[J]. 饮料工业, 2004(5): 16-20.
- [11] 严成. 复合果蔬汁益生菌发酵乳的工艺研究[J]. 食品科学, 2007(9): 401-404.
- [12] 邓泽丽, 李洪军, 甘奕. 山楂饮料发酵工艺[J]. 食品与发酵工艺, 2015(10): 86-89.
- [13] 尚天翠. 温度及pH条件对乳酸菌生长影响的研究[J]. 伊犁师范学院学报: 自然科学版, 2011(3): 32-36.
- [14] Lilly D M. Probiotics: Growth Promoting factors produced by microorganisms[J]. Science, 1965, 147(5): 747-748.
- [15] 徐颖宣, 徐尔尼, 冯乃宪, 等. 微生物混菌发酵应用研究进展[J]. 中国酿造, 2008(9): 1-4.
- [16] 任雯雯, 朱正兰, 李芳, 等. 传统泡菜混合发酵和单独发酵过程的比较研究[J]. 中国食物与营养, 2015(2): 34-38.
- [17] 侯俊财. 发酵酸菜保藏过程中品质变化规律及防腐护色的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2014.
- [18] 曾朝珍, 张永茂, 康三江, 等. 果蔬褐变抑制机理研究进展[J]. 北方园艺, 2013(5): 186-190.
- [19] 马之胜, 王越辉, 贾云云, 等. 桃果实果胶、可溶性糖、可滴定酸含量和果实大小与果实硬度关系的研究[J]. 江西农业学报, 2008(10): 45-46.