

荔枝汁经乳酸菌发酵后营养品质的变化及贮藏稳定性研究

郑欣^{1,2}, 余元善¹, 吴继军¹, 徐玉娟¹, 肖更生^{1,2}, 程银棋^{1,3}

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 广东广州 5106101) (2. 江西农业大学生物科学与工程学院, 江西南昌 330045) (3. 华中农业大学食品科学技术学院, 湖北武汉 430023)

摘要: 研究了荔枝汁分别经干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和肠膜状明串珠菌发酵后及4℃贮藏期间乳酸菌活菌数、主要营养品质和色泽的变化。研究表明: 三种乳酸菌都能在荔枝汁中很好的生长, 发酵12h后, 活菌数均达到最大值(9.0个对数以上); 三种菌对荔枝汁中糖和有机酸的转化和利用有明显差异, 其中干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌发酵荔枝汁后产生了高达37.5 g/L的胞外多糖; 荔枝汁分别经三种乳酸菌发酵后, 多酚和Vc含量均变化不显著, L*值均明显下降($P<0.05$), 且色泽变得更白。另外, 三种菌发酵荔枝汁在4℃贮藏期间, 没有明显的后发酵发生, 但经过28d的低温贮藏后, 肠膜状明串珠菌的活菌数下降到了7.0对数以下, 而干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌仅仅下降了不到0.5个对数。

关键词: 乳酸菌; 发酵; 荔枝汁; 贮藏稳定性

文章编号: 1673-9078(2013)12-2909-2914

Quality Changes of Litchi Juice after Fermentation and the Stability during Low-temperature Storage

ZHENG Xin^{1,2}, YU Yuan-shan¹, WU Ji-jun¹, XU Yu-juan¹, XIAO Geng-sheng^{1,2}, CHENG Yin-qi^{1,3}

(1. Sericulture & Agri-food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510610, China)

(2. College of Bioscience & Bioengineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

(3. College of Food Science Technology, Hua Zhong Agricultural University, Wuhan 430023, China)

Abstract: In this study, litchi juice was fermented at 30℃ by probiotics of *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus* and *Leuconostoc mesenteroides*, and the changes of microbial count and quality of fermented litchi juice during storage at 4℃ were also investigated. Results showed that the three lactic acid bacteria grew rapidly in litchi juice, and received the highest number (above 9.0 log) after fermented 12 h. The three lactic acid bacteria showed obvious difference in utilizing sugar and organic acid of litchi juice, where *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus bulgaricus* produced as much as 37.5 g/L exopolysaccharides. Moreover, after 12 h fermentation, the polyphenol and Vc contents appeared no significant change ($p>0.05$). But L^* values were significantly decrease ($p<0.05$), and the color became more pale in all fermented litchi juice. During storage of 28 d at 4℃, no further fermentation was found in all fermented litchi juice, but the number of *Leuconostoc mesenteroides* dropped to less than 7 log, whereas *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus bulgaricus* only decreased 0.5 log.

Key words: Lactic acid bacteria; fermentation; litchi juice; storage stability

益生菌是一种能有效提高宿主肠道平衡的活性微生物。大多数益生菌为乳酸菌, 其中被广泛使用的有植物乳杆菌、干酪乳杆菌、嗜热乳杆菌和保加利亚乳杆菌。研究表明, 在食品中添加益生菌能够给人体带来很多健康帮助, 包括降低血清中的胆固醇含量, 提

收稿日期: 2013-08-31

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAD31B03); 广东省科技厅工业攻关项目(2012B010300028)

作者简介: 郑欣(1990-), 男, 硕士, 研究方向为食品微生物

通讯作者: 肖更生(1965-), 男, 研究生, 研究员, 研究方向为农产品加工

高肠道功能, 加强免疫能力和降低罹患癌症的风险^[1]。目前, 乳酸菌已经广泛应用于乳制品的发酵中, 但乳酸菌发酵乳制品中高胆固醇含量和消费者中存在的乳糖不耐受现象成为了乳酸菌发酵奶制品的两个弊端。近些年来, 随着消费者对健康关注度的不断提高, 对非牛乳的乳酸菌发酵产品的需求也越来越大。水果和蔬菜不仅富含矿物质、维生素、膳食纤维和抗氧化成分等营养物质, 并且也不会引起消费者产生乳糖不耐受现象, 胆固醇含量也很低。因此, 发展以水果和蔬菜的乳酸菌发酵产品将具有很广阔的前景。

荔枝 (*Litchi chinensis*) 是生长在热带和亚热带地区一种的水果, 在中国主要分布在广西与广东地区。其富含含有维生素、矿物质、膳食纤维、酚类和多糖等营养物质^[2]。目前, 荔枝主要以鲜食为主, 导致很多果型不佳的荔枝大量堆积, 而荔枝深加工是解决这些果型不佳的荔枝的最好方式^[3]。目前, 荔枝深加工的品种比较单一, 市场上主要以荔枝干为主。而把荔枝汁作为一种发酵基质, 通过乳酸菌发酵成非乳果汁饮料的报道较少。我们在前面的研究中发现荔枝汁营养丰富, 其所富含的营养能够很好地促进乳酸菌的生长, 且发酵后果汁产品的风味也能被消费者接受^[4]。本文在前面研究的基础上, 比较了荔枝汁经三种益生乳酸菌(干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和肠膜状明串珠菌)发酵后营养品质变化, 并重点研究了乳酸菌发酵荔枝汁在低温贮藏期间的稳定性, 以期为荔枝汁乳酸发酵产品的开发提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

荔枝: 白糖罂 (*Litchi chinensis Baitangying*), 购于本地水果市场。

乳酸菌种: 保加利亚乳杆菌 (*Lactobacillus bulgaricus*) 购置于广东省微生物菌种保藏中心; 干酪乳杆菌 (*Lactobacillus casei*) 和肠膜状明串珠菌 (*Leuconostoc mesenteroides*) 为本实验室保存。

试剂: MRS 肉汤培养基购于广东环凯微生物科技有限公司; 福林酚试剂由国药集团化学试剂有限公司生产; 苯酚购于阿拉丁试剂有限公司; 酒石酸、苹果酸、乳酸、乙酸、柠檬酸、果糖、葡萄糖、蔗糖和抗坏血酸(标准品) 购自 Sigma-Aldrich 公司; 其它化学试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

PB-10 型 pH 计, 德国 Sartorius 公司; 打浆机, 美的集团公司; SPX-250B-Z 型生化培养箱, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; SW-CJ-2FD 型无菌操作台, 苏净集团苏州安康空气技术有限公司; Biofuge Stratos Sorvall 型台式高速冷冻离心机, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司; UV1800 型紫外分光光度计, 日本岛津公司; YXQ-LS-50S 型立式蒸汽灭菌器, 上海博讯实业有限公司医疗设备厂; Agilent 1200 series 高效液相色谱仪, 美国 Agilent 公司; AR1500 型流变仪, 美国 TA 公司; UltraScan VIS 型全自动色差仪, 美国 HunterLab 公司。

1.3 试验方法

1.3.1 荔枝汁的制备

将荔枝鲜果的皮壳和核去掉, 打浆后过两层纱布, 获得的荔枝汁经巴氏杀菌 (90 °C, 30s) 后, 罐装入无菌的复合铝箔袋中, 贮藏于 -20 °C 冰柜库中备用。

1.3.2 乳酸菌培养物制备

将三种乳酸菌的保藏培养物分别置于 MRS 肉汤中进行活化复壮, 活化复壮后再在 MRS 肉汤 (30 °C, 静止发酵) 中培养 12 h。

1.3.3 荔枝汁的乳酸菌发酵培养

荔枝汁解冻后, 置于无菌操作台上, 分别在已灭菌的 500 mL 三角瓶中加入 400 mL 荔枝汁, 向每瓶中分别接入各种乳酸菌培养物[接种量 5.25 lg(CFU/mL) 左右], 置于 30 °C 培养箱中静止发酵, 发酵 12 h 后将其分装于 50 mL 的无菌的带盖 PET 瓶中, 置于 4 °C 低温贮藏, 每隔 7 d 取样分析微生物和理化指标。

1.3.4 乳酸菌菌量的测定

直接参考 GB 4789-2010 乳酸菌菌落总数的测定方法^[5]。

1.3.5 pH 的测定

用德国 Sartorius PB-10 型 pH 计直接测定。

1.3.6 糖组分、维生素 C 和有机酸的高效液相色谱法 (HPLC) 测定

参照 Chinnici F. 等的方法并在此基础上改进^[6]。

1.3.7 总酚含量的测定

采用福林酚法测定^[7]。将 1 mL 用蒸馏水稀释 40 倍的发酵荔枝汁样品与 2 mL 福林酚试剂混合, 接着加入 2 mL 10% 的 Na_2CO_3 , 摇匀, 避光静置 1 h 后, 测定其在 700 nm 处的吸光值。总酚含量以没食子酸表示。

1.3.8 胞外多糖的提取及含量的测定^[8]

取 600 μL 发酵荔枝汁与 300 μL 40% 的三氯乙酸混合, 在 -20 °C 冰箱中放置 10 min, 接着于 4 °C 放置 2 h, 12000 \times g 离心 5 min 去除菌体和杂蛋白; 接着, 取 200 μL 上清液与 1 mL 冰冷的无水乙醇混合, 置于 4 °C 冰箱中过夜, 同样 12000 \times g 离心 5 min 收集多糖沉淀, 多糖经 75% 的乙醇清洗两遍后, 用 1 mL 蒸馏水溶解; 溶解后的多糖采用苯酚-硫酸比色法测定其含量, 结果以葡萄糖含量计算。

1.3.9 粘度的测定

粘度采用 AR1500 型流变仪测定, 测定时使用 60 mm、2° 锥板下的流变模式, 测定温度为 25 °C, 剪切速率为 0.1~100 s^{-1} , 样品点选定为 30 个。结果以剪切速率为 30 s^{-1} 时的粘度表示。

1.3.10 荔枝汁色差的测定

采用 UltraScan VIS 型全自动色差仪 (反射模式) 对发酵荔枝汁样品的色泽进行测定, 以未发酵的荔枝汁为色差测定的参比样, 色差结果以 L^* 、 a^* 、 b^* 和 ΔE 表示。

1.4 数据分析

采用 SPSS 11.5 软件对数据进行方差分析 (ANOVA), 并用 Microcal Origin 7.5 (美国 Microcal 公司) 软件制图。显著性水平取 0.05。

2 结果与分析

2.1 三种乳酸菌在荔枝汁发酵过程中的生长

动力学

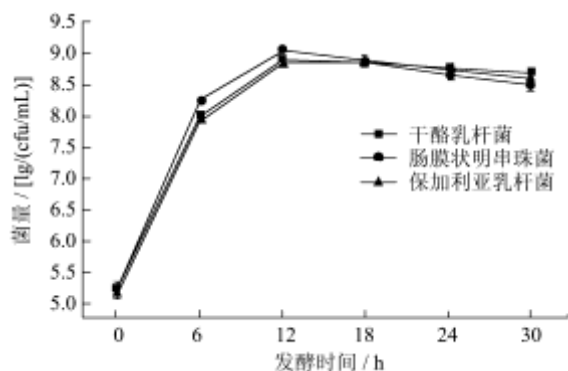


图 1 三种乳酸菌在荔枝汁中的生长动力学

Fig.1 Growth kinetic of three strains of lactic acid bacteria in litchi juice

图 1 是三种乳酸菌在荔枝汁中发酵 (30 °C) 的生长曲线。由图 1 可知, 三种乳酸菌在荔枝汁的发酵期间并没有经历明显的延滞期而直接进入对数生长期, 发酵 6 h 后, 三种菌的生长速率均有所下降, 并在发酵 12 h 后, 三种乳酸菌的菌量均达到最大值。其他一些研究者发现, 干酪乳杆菌等乳酸菌在石榴汁、桑果汁、和苹果汁等的发酵期间, 均呈现出 6~12 h 的延滞期^[9]。因此, 与其它果汁相比, 荔枝汁是较适合作为乳酸菌发酵的果汁, 其所含的营养物质和环境能够更好地促进乳酸菌的生长。

2.2 荔枝汁经三种乳酸菌发酵后主要营养品质的变化

表 1 是荔枝汁经乳酸菌发酵 12 h 后主要营养品质的变化。从表 1 可知, 白糖罂品种荔枝汁中蔗糖是主要糖, 高达 80 g/L, 而果糖和葡萄糖的含量分别为 35.6

和 37.75 g/L。随着乳酸菌的生长, 发酵 12 h 后, 三种乳酸菌对荔枝汁中糖的转化和消耗有明显差异。其中荔枝汁经干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌发酵 12 h 后, 蔗糖全部水解转化为果糖和胞外多糖, 并且葡萄糖含量下降了 28% 左右。而荔枝汁经肠膜状明串珠菌发酵 12 h 后, 也有 75% 的蔗糖水解转化为果糖和胞外多糖, 并且葡萄糖已被全部消耗 (表 1)。

三中乳酸菌在荔枝汁发酵期间, 胞外多糖的产生量表现出显著差异 ($p < 0.05$)。干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌的多糖产生量是肠膜状明串珠菌的 10 倍, 两者的胞外多糖含量高达 25 g/L 以上。并且, 由于胞外多糖的产生, 干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌发酵后荔枝汁的粘度也升高了 50 倍以上, 分别达到 181.7 和 216.7 mPa·s, 而肠膜状明串珠菌发酵后荔枝汁的粘度增加不显著 ($p > 0.05$) (表 1)。乳酸菌胞外多糖是乳酸菌在生长代谢过程中分泌到细胞壁外的荚膜多糖和黏多糖的总称, 随着对其研究的深入, 乳酸菌胞外多糖的在工业方面的增稠效果及在生理方面的抗肿瘤、抗溃疡、提高免疫力及降低胆固醇等活性功效被越来越多的发现^[10]。

白糖罂品种荔枝汁中主要有机酸是酒石酸、苹果酸、柠檬酸和乙酸。随着乳酸菌的生长, 糖组分被不断消耗, 产生了大量的乳酸和 (或) 乙酸代谢产物。发酵 12 h 后, 干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌分别产生了 17.17 和 15.65 g/L 的乳酸, 没有乙酸产生, 而肠膜状明串珠菌产生了 5.29 g/L 的乳酸和 8.25 g/L 的乙酸 (表 1)。同时, 荔枝汁经三种乳酸菌发酵后, 自身的苹果酸可能经过苹果酸-乳酸发酵 (MLF) 途径被代谢转化了^[11], 其中干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌转化苹果酸的能力明显强于肠膜状明串珠菌。而肠膜状明串珠菌则对柠檬酸表现出了很强的转化利用能力, 其它两种乳酸菌却没有对柠檬酸表现出明显的转化利用能力。随着发酵期间乳酸和乙酸的大量产生, 干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和肠膜状明串珠菌发酵荔枝汁 12 h 后, 其 pH 值分别由发酵前的 5.14 下降到 4.09、3.93 和 4.1 (表 1)。

三种乳酸菌发酵荔枝汁后, 荔枝汁中总酚和 Vc 的含量变化不显著 ($P > 0.05$)。但荔枝汁经三种乳酸菌发酵后, 浑浊度提高, L^* 值均明显下降 ($P < 0.05$), 而 a^* 值和 b^* 值则明显上升 ($P < 0.05$), 说明乳酸发酵后荔枝汁的色泽变得更白, 没有明显的褐变发生。

2.3 荔枝汁经三种乳酸菌发酵后在低温贮藏期间的稳定性研究

表 1 荔枝汁经乳酸菌发酵后主要营养品质的变化

Table 1 Effect of fermentation of lactic acid bacteria on quality of litchi juice

营养品质	发酵前	发酵后		
		干酪乳杆菌	肠膜状明串珠菌	保加利亚乳杆菌
pH	5.14±0.01 ^a	4.09±0.01 ^b	3.93±0.01 ^b	4.1±0.01 ^b
总酚/(mg/L)	475.48±3.13 ^a	495.79±7.50 ^a	479.89±4.14 ^a	504.53±8.89 ^a
维生素 C/(mg/L)	280.71±2.56 ^a	357.75±4.73 ^b	331.89±3.84 ^b	337.75±1.81 ^b
胞外多糖/(g/L)	0.0779±0.009 ^a	37.905±1.11 ^c	4.275±0.37 ^b	42.465±2.04 ^c
粘度/(mPa·s)	4.21±0.03 ^a	181.7±0.12 ^b	3.24±0.02 ^a	216.7±0.22 ^c
果糖/(g/L)	35.60±1.2 ^a	77.34±2.42 ^b	95.14±3.22 ^c	75.99±1.78 ^b
葡萄糖/(g/L)	37.75±2.05 ^a	23.62±1.36 ^b	ND	22.70±1.03 ^b
蔗糖/(g/L)	80.03±3.14 ^a	ND	24.01±1.16 ^b	ND
酒石酸/(g/L)	0.30±0.01 ^a	0.41±0.01 ^a	0.56±0.01 ^a	0.39±0.01 ^a
苹果酸/(g/L)	2.26±0.13 ^a	ND	1.61±0.02 ^a	ND
乳酸/(g/L)	ND	17.17±0.06 ^b	5.69±0.03 ^a	15.65±0.1 ^b
乙酸/(g/L)	1.76±0.04 ^a	1.63±0.03 ^a	8.25±0.07 ^b	1.41±0.02 ^a
柠檬酸/(g/L)	2.05±0.03 ^a	2.39±0.04 ^a	ND	2.63±0.03 ^a
L*	74.68±0.24 ^a	63.10±0.18 ^b	56.45±0.22 ^c	61.66±0.17 ^b
a*	-4.53±0.04 ^a	-0.49±0.02 ^c	-1.37±0.03 ^b	-0.62±0.04 ^c
b*	4.43±0.05 ^a	19.15±0.22 ^c	16.16±0.16 ^b	19.25±0.20 ^c
ΔE*	-	19.16	21.91	20.11

注：a、b、c 表示同一行各数值之间的显著性差异 (p<0.05)。

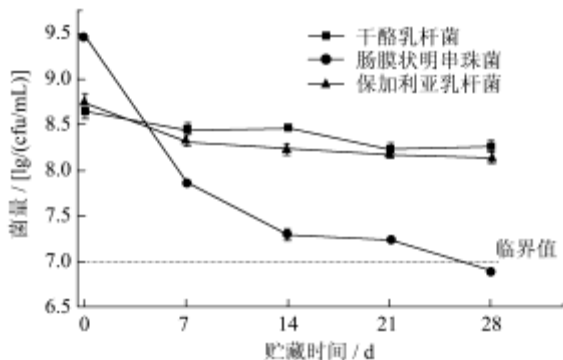


图 2 乳酸菌发酵荔枝汁在低温贮藏期间活菌量的变化

Fig.2 Changes of viable cell counts in fermented litchi juice during cold storage

荔枝汁经三种乳酸菌发酵后，在 4 °C 低温贮藏期间乳酸菌活菌数和主要营养品质的变化也被研究了。结果发现，在 4 °C 低温贮藏期间，干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和肠膜状明串珠菌发酵荔枝汁中三种乳酸菌的活菌数均呈现下降趋势，其中肠膜状明串珠菌的下降速率最快，经过 28 d 的低温贮藏，肠膜状明串珠菌的活菌数下降到了 7.0 对数以下，而干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌仅仅下降了不到 0.5 个对数，其乳酸菌活菌数远高于 7 个对数以上的国际标准^[12]。

在 4 °C 低温贮藏期间，干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和肠膜状明串珠菌发酵荔枝汁的糖组分、有机酸

组分、pH 值、胞外多糖等营养指标的变化不显著 (P>0.05)，说明其在低温贮藏期间没有后发酵的发生。一些研究表明，酸奶或某些果汁乳酸发酵饮料在低温贮藏期间有后发酵发生，其糖和有机酸组分会发生变化。在我们研究中，荔枝汁在低温贮藏前，各种乳酸菌已经发酵进入稳定后期，荔枝汁的营养和 pH 等可能已不利于乳酸菌继续发酵生长，因此没有后发酵现象产生^[13]。

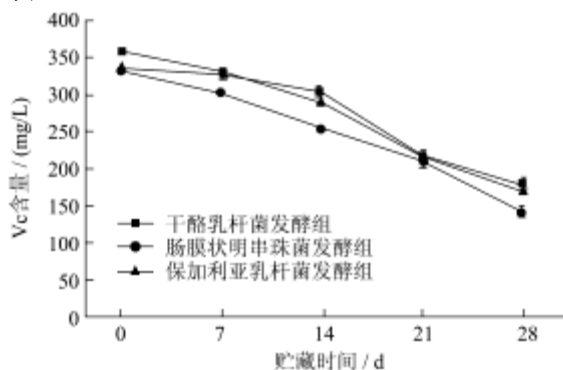


图 3 乳酸菌发酵荔枝汁在低温贮藏期间 Vc 含量的变化

Fig.3 Changes of Vc in fermented litchi juice during cold storage

而在 4 °C 低温贮藏期间，干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和肠膜状明串珠菌发酵荔枝汁中 Vc 的含量均呈现明显下降的趋势，经 28 d 的贮藏后，抗坏血酸的

保留率分别为 49.61%、42.85% 和 50.11%，三种乳酸菌发酵荔枝汁在 4 °C 低温贮藏期间的抗坏血酸保留率没有显著差异 ($P>0.05$)。抗坏血酸在低温贮藏期间的下降与其氧化、自身降解有关^[4]。可能由于低温贮藏期间抗坏血酸的氧化分解，降低了乳酸菌发酵荔枝汁中氧气含量，在整个低温贮藏期间，三种乳酸菌发酵荔枝汁的多酚含量没有明显的变化 ($P>0.05$)。

表 2 乳酸菌发酵荔枝汁在低温贮藏期间色泽指标的变化

Table 1 Changes of color parameters in fermented litchi juice during cold storage

菌种	贮藏时间/d	L*	a*	b*	ΔE*
干酪乳杆菌	0	63.10±0.21	-0.49±0.02	19.15±0.12	19.16
	7	63.51±0.32	-0.44±0.03	19.93±0.24	19.54
	14	63.21±0.17	-0.50±0.02	20.03±0.16	19.78
	21	63.21±0.22	-0.57±0.04	20.04±0.23	19.77
	28	64.21±0.15	-0.51±0.03	20.26±0.11	19.40
肠膜状明串珠菌	0	56.45±0.18	-1.37±0.03	16.16±0.11	21.91
	7	57.45±0.23	-1.23±0.03	16.69±0.14	21.40
	14	56.99±0.16	-1.44±0.05	16.89±0.16	21.86
	21	57.89±0.22	-1.29±0.02	16.63±0.22	21.01
保加利亚乳杆菌	0	61.66±0.21	-0.62±0.04	19.25±0.08	20.11
	7	62.51±0.24	-0.53±0.03	19.56±0.14	19.83
	14	63.28±0.19	-0.56±0.03	20.27±0.26	19.91
	21	64.31±0.20	-0.41±0.02	20.73±0.32	19.75
	28	63.93±0.14	-0.54±0.03	20.70±0.17	19.90

表 2 提供了 4 °C 低温贮藏期间三种乳酸菌发酵荔枝汁色泽指标的变化。从表 2 中可知，三种乳酸菌发酵荔枝汁的 L* 值、a* 值、b* 值和 ΔE 都未出现明显的变化 ($P>0.05$)，也没有观察到褐变的发生。荔枝汁褐变的主要原因有糖类物质与氨基酸发生的美拉德反应、Vc 和酚类物质的氧化及焦糖化反应。在 4 °C 贮藏 28 d 的过程中，果糖和葡萄糖都没有变化，总酚也没有因为氧化而消耗，Vc 含量虽然降低，但仍然保留了 50% 的含量。因而并不会造成明显的美拉德反应和酶促褐变，同时 4 °C 的低温贮藏也杜绝了由于高温而引起的焦糖化反应的发生。贮藏过程中 L* 值保持在高位和 a* 值维持在负值也验证了褐变反应并未明显发生，在最大程度的保持了荔枝汁原有的色泽。

3 结论

3.1 干酪乳杆菌、肠膜状明串珠菌和保加利亚乳杆菌都能在荔枝汁中很好的生长，并在发酵 12 h 时达到最大的菌量。

3.2 荔枝汁经干酪乳杆菌、肠膜状明串珠菌和保加利亚乳杆菌发酵 12 h 后，三种乳酸菌对荔枝汁中糖组分和有机酸组分的转化和利用有明显差异。其中干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌在发酵荔枝汁后产生了高达 37.5 g/L 的胞外多糖，导致发酵荔枝汁的粘稠度显著升高。另外，三种乳酸菌发酵后，荔枝汁的多酚含量和 Vc 含量变化不显著，发酵荔枝汁的 L* 值均明显下降 ($P<0.05$)，且色泽变得更白。

3.3 三种乳酸菌发酵荔枝汁在 4 °C 贮藏期间，没有明显的后发酵发生，且多酚含量和色泽没有发生明显变化，但经过 28 d 的 4 °C 低温贮藏后，肠膜状明串珠菌的活菌数下降到了 7.0 对数以下，而干酪乳杆菌和保加利亚乳杆菌仅仅下降了不到 0.5 个对数。另外，干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和肠膜状明串珠菌发酵荔枝汁中 Vc 的含量在 4 °C 贮藏期间均呈现明显下降的趋势，经 28 d 的贮藏后，抗坏血酸的保留率分别为 49.61%、42.85% 和 50.11%。

参考文献

- [1] kyung Young Yoon, Edward E Woodams, Yong D Hang. Production of probiotic cabbage juice by *lactic acid bacteria* [J]. *Bioresource Technology*, 2006, 97:1427-1430
- [2] Wall M M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii [J]. *J. Food Compos. Anal.*, 2006, 19: 655-663
- [3] Sun J, Jiang Y, Shi J, et al. Antioxidant activities and contents of polyphenol oxidase substrates from pericarp tissues of litchi fruit [J]. *Food Chem.*, 2010, 119: 753-757
- [4] 郑欣, 余元善, 吴继军, 等. 不同乳酸菌在荔枝汁中发酵特性研究 [J]. *广东农业科学*, 2013, 7: 95-98
- [5] Zheng X, Yu Y S, Wu J J, et al. Study on fermentation characteristic of various lactic acid bacteria in litchi juice [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013, 7: 95-98
- [5] 中华人民共和国国家标准. 食品安全国家标准食品微生物学检验 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010
- [6] The national standard of the people's Republic of China. The national food safety standards of Food microbiological examination [S]. Beijing: China standard publishing house, 2010
- [6] Chinnici F, Spinaelli U, Riponi C, et al. Optimization of the determination of organic acids and sugars in fruit juices by ion-exclusion liquid chromatography [J]. *J. Food Comp. Anal.*, 2005, 18: 121-130
- [7] Cao X M, Zhang Y, Zhang F S, et al. Effects of high

- hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2011, 91: 877-885
- [8] 周跃斌,王伟,周向荣.苯酚-硫酸比色法测定毛竹叶多糖的研究[J].*现代食品科技*,2008,24(2):180-184
Zhou Y B, Wang W, Zhou X R. Determination of Polysaccharides in *Phyllostachys pubescens* Leaves by Phenol-vitriolic Colorimetry [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2008, 24(2): 180-184
- [9] Mousavi Z E, Mousavi SM, Razavi S H, et al. Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria [J]. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 2011, 27: 123-128
- [10] Z Ahmed, Yanping Wang, Nomana Anjum, et al. Characterization of new exopolysaccharides produced by coculturing of *L. kefirifaciens* with yoghurt strains [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2013, 59: 377-383
- [11] 林晓姿,梁璋成,何志刚,等.植物乳杆菌 R23 酵解枇杷汁有机酸的动态分析[J].*中国食品学报*,2011,3:187-191
Lin X Z, Liang Z C, He Z G, et al. Dynamic Analysis of Organic Acids in Glycolytic Loquat Juice Using *Lactobacillus Plantarum* R23 [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2011, 3:187-191
- [12] Szilárd Kun, Judit M Rezessy-Szabó, Quang D Nguyen, et al. Changes of microbial population and some components in carrot juice during fermentation with selected *Bifidobacterium* strains [J]. *Process Biochemistry*, 2008, 43: 816-821
- [13] Costa M G M, Fonteles T V, Jesus A L T, et al. Sonicated pineapple juice as substrate for *L. casei* cultivation for probiotic beverage development: process optimization and product stability [J]. *Food Chemistry*, 2013, 139: 261-266
- [14] Zerdin K, Rooney M L, Vermué J. The vitamin C content of orange juice packed in an oxygen scavenger material [J]. *Food Chemistry*, 2003, 82(3): 387-395