

乳酸菌发酵对荔枝果渣理化性质的影响

龚小洁^{1,2}, 余元善¹, 徐玉娟¹, 吴继军¹, 肖更生¹, 邹波¹

(1. 广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所, 农业部功能食品重点实验室, 广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610) (2. 江西农业大学食品科学与工程学院, 江西南昌 330045)

摘要: 本文研究了干酪乳杆菌发酵过程中荔枝果渣中糖组分、有机酸、蛋白组成、多酚、色泽等品质的变化, 优化了干酪乳杆菌在荔枝果渣中的发酵条件。并在此发酵条件的基础上, 研究了其它五种乳酸菌代替干酪乳杆菌发酵后荔枝果渣营养品质的变化差异。结果表明, 荔枝果渣中含有丰富的蛋白质和酚类物质, 经 NaOH 调节其 pH 到 6.0 并添加 3 g/L 的碳酸钙灭菌后的荔枝果渣非常适合乳酸菌生长, 30 °C 下静置发酵 24 h 后, 六种乳酸菌的活菌数均达到 8.0 lgCFU/g 以上; 荔枝果渣乳酸菌发酵的过程中, 果渣的色泽和蛋白组成类型变化不显著 ($P>0.05$), 随着糖的消耗和乳酸的产生, 荔枝果渣的 pH 快速下降; 不同乳酸菌发酵 24 h 后的荔枝果渣的中糖组成、pH 值、可溶性总酚和抗氧化活性等品质指标有明细差异。

关键词: 荔枝果渣; 乳酸菌; 发酵; 品质

文章编号: 1673-9078(2015)10-257-262

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.10.042

Effect of Fermentation with Lactic Acid Bacteria on the Physicochemical Properties of Litchi Pomace

GONG Xiao-jie^{1,2}, YU Yuan-shan¹, XU Yu-juan¹, WU Ji-jun¹, XIAO Geng-sheng¹, ZOU Bo¹

(1. Agricultural Sciences/Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture/Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China) (2. College of Food Science & Food Engineering, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Changes in the quality parameters, including the sugar consumption, organic acid content, protein type, total phenolic content, and color, of the litchi pomace during fermentation with *Lactobacillus casei* were investigated, and the fermentation conditions were optimized. Additionally, under optimal fermentation conditions, fermentation characteristics and the quality of the litchi pomace following fermentation were evaluated using five other lactic acid bacteria and compared with those observed with *Lactobacillus casei*. Results showed that the litchi pomace was abundant in proteins and phenolics. Following the addition of sodium hydroxide (NaOH) and 3 g/L calcium carbonate to adjust the pH to 6.0 and kill bacteria, respectively, the litchi pomace was suitable for the growth of lactic acid bacteria. The viable count of six strains of lactic acid bacteria in the litchi pomace reached more than 8.0 lg CFU/mL after 24 h of fermentation at 30 °C. During fermentation, no significant changes ($P > 0.05$) in color and protein type were observed, and the pH of the litchi pomace decreased rapidly along with the consumption of sugar and the production of lactic acid. After fermentation, significant differences ($P < 0.05$) in the glucose and fructose content, pH, total phenolic content, antioxidant activity, and other quality indicators were observed among the litchi pomaces fermented with different types of lactic acid bacteria.

Key words: litchi pomace; lactic acid bacteria; fermentation; quality

我国是世界上最大的荔枝生产地, 占世界荔枝总产量的 70%, 2013 年仅广东省荔枝总产量就高达 122 万 t (2014 年广东统计年鉴)。由于荔枝成熟期集中且不耐贮藏, 而荔枝贮藏保鲜加工技术尚未取得突破,

收稿日期: 2015-02-02

基金项目: 国家支撑计划课题 (2012BAD31B03); 广东省科技计划项目 (2012B050500012); 广州市科技计划项目 (2014J4100188)

作者简介: 龚小洁 (1989-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 食品工程

通讯作者: 徐玉娟 (1974-), 女, 研究员, 研究方向: 农产品深加工

据统计荔枝每年有 20% 以上因腐烂变质造成损失^[1-2], 故荔枝产后深加工占荔枝产业的比重越来越大。随着我国荔枝产业的迅速发展, 荔枝加工产品种类日益增多, 荔枝酒、荔枝果汁等荔枝饮品因味道鲜美深受广大消费者喜爱, 在荔枝压榨生产荔枝汁的过程中会产生大量的可食用的荔枝果渣, 目前工业上荔枝果渣与荔枝果壳及果核一起被丢弃, 造成环境的污染和资源的浪费。

根据前期的实验表明, 荔枝果渣约占荔枝果肉含

量的20%，其糖、蛋白质、多酚和膳食纤维等营养成分含量高^[2]，是开发功能食品的潜在基料。随着社会的不断发展，人们对健康的日益重视，益生性乳酸菌由于具有延缓衰老、调节血脂、降低胆固醇、提高免疫力、抑制肿瘤等多方面的保健作用^[3-5]，其活菌产品越来越受到人们的青睐。目前，关于乳酸菌在荔枝果渣中发酵特性的报道较少。本文以活菌数为指标，优化了干酪乳杆菌在荔枝果渣中的发酵条件，并比较了荔枝果渣经干酪乳杆菌发酵后其糖组分、有机酸、蛋白组成、多酚、色泽等营养品质指标的变化。并在此基础上，进一步研究了其它五乳酸菌代替干酪乳杆菌发酵后荔枝果渣营养品质的变化差异，以期荔枝果渣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

荔枝果渣(淮枝)由广东省宝桑园健康食品有限公司提供；干酪乳杆菌(*Lactobacillus casei*)、保加利亚乳杆菌(*Lactobacillus bulgaricus*)、肠膜状明串珠菌(*Leuconostoc mesenteroides*)、嗜热链球菌(*Streptococcus thermophilus*)、乳酸链球菌(*Streptococcus lactis*)和植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)均为本实验室保存；福林酚试剂，国药集团化学试剂有限公司；MRS肉汤培养基 广东环凯微生物科技有限公司；其它试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

UV-1800 型分光光度计，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；PB-10 型 pH 计，Sartorius 公司；PX-250B-Z 型生化培养箱，上海博讯实业有限公司医疗设备厂；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，Thermo Fisher Scientific 公司；HWS24 型电热恒温水浴锅，上海一恒科技有限公司；UltraScan VIS 型全自动色差仪，美国 HunterLab 公司；Infinite M200PRO 型酶标仪，瑞士 TECAN 公司；高效液相色谱仪 日本岛津公司；HOP-5 型切割型湿法粉碎机，无锡赫普轻工设备技术有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 乳酸菌的活化复壮

在灭菌后的 MRS 肉汤培养液中接入各种乳酸菌的保藏培养物，30℃下静止培养 18 h。

1.3.2 荔枝汁果渣的乳酸菌培养

荔枝汁果渣经湿法粉碎机粉碎、调配、均质和热杀菌(85℃水浴 10 min)后，接种乳酸菌培养物(接种量约为 5.5 LgCFU/g)，置于 30℃的培养箱中静置培养，在规定的时间内取样，并用于微生物和其它理化指标的分析。

1.3.3 乳酸菌活菌量的测定

采用稀释倒平板法，具体原理和步骤参考 GB 4789-2010 中乳酸菌菌落总数的测定方法^[6]。

1.3.4 pH 值和可滴定酸的测定

pH 值用 pH 计直接测定；可滴定酸的测定参考 GB/T 12293-90 《水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定》中的方法，采用滴定法测定，总酸度以乳酸计^[7]。

1.3.5 糖组分含量的测定

糖组分含量的测定采用 HPLC 法测定^[8]。色谱柱：Shodex Asahipak NH₂P-50 4E(4.6 mm×250 mm, 5 μm) 色谱柱，柱温 30℃；检测器：蒸发光(ELSD)检测器检测，漂移管温度为 40℃；流动相：乙腈：H₂O(V/V)=3:1，流速为 1 mL/min，进样量为 20 μL。

发酵荔枝果渣样品先用 2 倍体积的热水(85℃)提取 2 次，合并上清液定容；接着，将提取液与无水乙醇按 1:1(体积比)混匀均匀，12 000 r/min 下离心 5 min，过 0.45 μm 滤膜后用于 HPLC 分析。

1.3.6 总蛋白质及不同溶剂中可溶解的蛋白含量分析

各成分蛋白参考毛晓英^[9]的方法，略改。称取 5 g 的荔枝果渣，果渣与水按 1:9 进行稀释，磁力搅拌 2 h，在 4℃下用 10000 r/min 下离心 25 min，上清液为清蛋白溶液；下层沉淀物按 1:9 与 1 mol/L 的 NaCl 混匀，磁力搅拌 2 h，在 4℃下用 10000 r/min 下离心 25 min，上清液即为球蛋白溶液；下层沉淀物与 70%的乙醇按 1:9 比例加入 70%的乙醇，磁力搅拌 2 h，在 4℃下用 10000 r/min 下离心 25 min，上清液即为醇蛋白溶液；下层沉淀物与 0.1 mol/L 的 NaOH 中按 1:9 混合，磁力搅拌 2 h，在 4℃下用 10000 r/m 下离心 25 min，上清液即为谷蛋白溶液；最后沉淀物中的蛋白即为其他蛋白。蛋白含量的测定采用凯氏定氮法，具体原理和方法参考 GB 5009.5-2010 中《食品中蛋白质的测定》的方法。

1.3.7 多酚的提取及其含量测定

自由酚、可溶性结合酚和不溶性结合酚的提取方法和原理参考文献^[10]，多酚的含量采用福林酚法进行测定^[11]，结果以焦性没食子酸含量计算。

1.3.8 抗氧化能力的测定

抗氧化能力的测定采用氧自由基吸收能力

(Oxygen Radical Absorbance Capacity, ORAC) 法测定, 结果以 mM TE (Trolox equivalent)/100g 表示, 具体方法参考文献^[11]。具体为: 50 g 荔枝果渣样品用 85% 酸性甲醇 (含 1% 盐酸, V/V) 提取 2 次, 合并两次的提取液, 定容后直接测定抗氧化能力。

1.3.9 色差的测定

采用全自动色差仪测定, 色差值以 L^* 、 a^* 、 b^* 和 ΔE^* 表示, 其中 ΔE^* 的计算公式为:

$$\Delta E^* = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

式中, L_0 、 a_0 、 b_0 表示为未发酵荔枝渣的色差值; L 、 a 、 b 表示发酵荔枝渣的色差值。

表 1 pH 和碳酸钙的添加对干酪乳杆菌发酵荔枝果渣中活菌数的影响

Table 1 Effect of pH and calcium carbonate on the viable count of *Lactobacillus casei* in fermented litchi pomace

样品组	处理方法	活菌数
处理1	荔枝果渣(pH为4.35)经湿法粉碎灭菌后, 直接接种发酵粉碎	5.98±0.14 ^a
处理2	荔枝果渣经湿法后, 用1M NaOH调节其pH到6.0, 灭菌接种发酵	7.87±0.32 ^b
处理3	荔枝果渣经湿法粉碎后, 用1M NaOH调节其pH到6.0并添加3g/L的碳酸钙, 灭菌接种发酵	8.36±0.22 ^c

注: (1) 湿法粉碎前, 荔枝果渣与 1.5 倍体积的水混合, 30 °C 下静置发酵 24h; (2) ^{a, b, c} 表示 0.05 水平下的显著差异。

前期单因素实验发现, pH 是影响荔枝渣乳酸菌发酵的主要因素之一, 添加少量的碳酸钙 (中和产生的乳酸, 减缓 pH 下降) 能明显促进乳酸菌的生长。表 1 提供了 pH 和碳酸钙的添加对干酪乳杆菌发酵荔枝果渣中活菌数的影响。以获取最高的乳酸菌活菌数为原则, 本研究确定了荔枝果渣乳酸菌发酵的最佳工艺为: 荔枝果按 2:3 (m/m) 混合, 用湿法粉碎机 (32 目) 将渣与水其粉碎, 用 1M NaOH 调节其 pH 到 6.0 并添加 3 g/L 的碳酸钙, 灭菌后接种乳酸菌在 30 °C 下静置发酵。

2.2 干酪乳杆菌在荔枝果渣发酵过程中的生长曲线

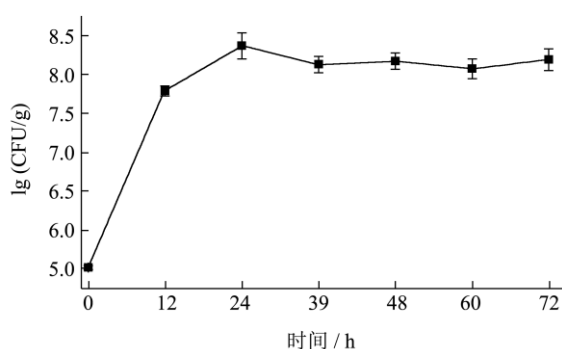


图 1 荔枝果渣发酵过程中干酪乳杆菌活菌数的变化

Fig.1 Changes in the viable count of *Lactobacillus casei* during the fermentation of litchi pomace

图 1 是荔枝汁果渣发酵期间干酪乳杆菌活菌量的

b 表示发酵荔枝渣的色差值。

1.4 统计分析

采用 SPSS 11.5 软件对数据进行方差分析 (ANOVA), 并采用 Duncan 新复极差法 (SSR) 进行多重比较, 结果以 $X \pm SD$ 表示, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果与分析

2.1 荔枝渣乳酸菌发酵 pH 值的确定

变化。由图 1 可知, 干酪乳杆菌在发酵期间并没有经历较长的延滞期而直接进入对数生长期, 发酵 24 h 后, 进入稳定期, 此时菌量达到 8.36 lg CFU/g。荔枝汁果渣干酪乳杆菌发酵的稳定期较长, 并且活菌数没有明显的下降, 有助于乳酸菌对荔枝果渣中的营养物质进行充分的生物转化。

2.3 荔枝果渣在干酪乳杆菌发酵过程中糖组

分、pH 值和可滴定酸含量的变化

由图 2a 可知, 果糖和葡萄糖是荔枝果渣 (淮枝) 中的主要糖分, 随着发酵的进行, 荔枝汁果渣中葡萄糖和果糖的含量均逐渐下降, 且葡萄糖的下降速率明显高于果糖, 说明干酪乳杆菌利用葡萄糖的效率高于果糖。另外, 果糖和葡萄糖的消耗和干酪乳杆菌的生长曲线没有明显的相关性, 说明在发酵的稳定期, 乳酸菌的生长代谢也较活跃, 需要消耗大量的果糖和葡萄糖。发酵期间, 干酪乳杆菌对葡萄糖和果糖的过程中会产生大量的乳酸, 导致荔枝果渣的 pH 值出现逐渐下降, 由于碳酸钙的缓冲作用, 发酵前期荔枝果渣的可滴定酸没有出现快速的升高 (图 2b)。

2.4 荔枝果渣在干酪乳杆菌发酵过程中蛋白质组分的变化

表 2 提供了干酪乳杆菌发酵过程中荔枝果渣中总蛋白质及不同溶剂中可溶解的蛋白含量的变化。从表

2 可知,荔枝果渣中的醇蛋白和清蛋白含量较少,清蛋白和谷蛋白分别占总蛋白的 16%和 21%,而其它类型的蛋白占总蛋白的 60%以上,说明荔枝果渣中很多含氮物可能跟果渣中的不溶性膳食纤维结合,难以被乙醇和不同离子强度的水溶液溶出。干酪乳杆菌发酵过程,荔枝果渣中各组蛋白含量的比例变化不显著,说明干酪乳杆菌分离蛋白质的能力较弱,难以将谷蛋白和其它蛋白水解并转化利用。

2.5 荔枝果渣在干酪乳杆菌发酵过程中色泽

的变化

表 3 提供了干酪乳杆菌发酵过程中荔枝果渣中色泽值的变化。由表 3 可知,随着发酵时间的延长,荔枝果渣的 L^* 、 b^* 、 ΔE^* 逐渐变大,其亮度增加,色泽偏向黄色,其中发酵后期变化较大。荔枝果渣中含有大量的单宁类物质,其颜色能随着 pH 的变化而发生氧化褐变。另外,发酵后期,随着菌体生长速率的下降,空气中溶入的氧气也能导致荔枝果渣中的酚类物质发生氧化褐变。一般认为 ΔE^* 小于 3 时,肉眼难以分辨出样品色泽的变化^[12],因此,荔枝汁果渣发酵前后,没有观察到其颜色发生明显的变化。

表 2 荔枝汁果渣干酪乳杆菌发酵过程中蛋白质组分含量 (g/100 g) 的变化

Table 2 Changes in the content of various proteins during the fermentation of litchi pomace with *Lactobacillus casei*

发酵时间	总蛋白	清蛋白	球蛋白	醇蛋白	谷蛋白	其它蛋白
0h	1.08±0.01 ^a	0.16±0.04 ^a	0.09±0.03 ^a	0.01±0.006 ^a	0.21±0.05 ^a	0.65±0.05 ^a
12h	1.05±0.06 ^a	0.16±0.03 ^a	0.07±0.02 ^a	0.01±0.007 ^a	0.24±0.06 ^a	0.57±0.04 ^a
24h	0.97±0.04 ^a	0.14±0.03 ^a	0.07±0.03 ^a	0.02±0.005 ^a	0.25±0.05 ^a	0.54±0.04 ^a
48h	1.03±0.06 ^a	0.13±0.04 ^b	0.10±0.04 ^a	0.02±0.004 ^a	0.33±0.04 ^b	0.56±0.05 ^a
72h	1.02±0.03 ^a	0.13±0.05 ^b	0.06±0.03 ^a	0.02±0.005 ^a	0.38±0.05 ^b	0.61±0.04 ^a

注: ^{a,b} 表示 0.05 水平下的显著差异。

表 3 荔枝汁果渣干酪乳杆菌发酵过程中色泽的变化

Table 3 Changes in color during fermentation of litchi pomace with *Lactobacillus casei*

发酵时间/h	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
0	53.44±0.05 ^a	7.04±0.14 ^a	6.40±0.16 ^a	-
12	53.96±0.26 ^a	6.70±0.22 ^b	7.45±0.21 ^b	1.26±0.13 ^a
24	53.55±0.24 ^a	6.82±0.22 ^b	7.26±0.26 ^b	1.12±0.10 ^a
36	54.67±0.21 ^b	6.46±0.16 ^c	8.56±0.15 ^c	2.55±0.20 ^b
48	55.13±0.28 ^b	6.17±0.19 ^d	8.73±0.27 ^c	3.01±0.28 ^c
60	55.40±0.27 ^b	6.05±0.27 ^c	8.87±0.29 ^c	3.31±0.26 ^c
72	58.43±0.56 ^c	6.44±0.19 ^d	10.3±0.25 ^d	6.37±0.11 ^d

注: ^{a,b,c,d} 表示 0.05 水平下的显著差异。

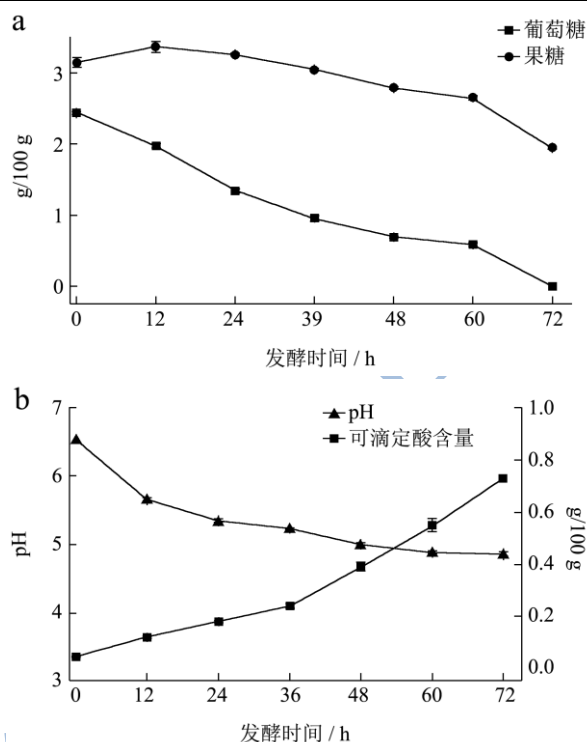


图 2 荔枝果渣干酪乳杆菌发酵过程中糖组分 (a)、pH 值和可滴定酸 (b) 含量的变化

Fig.2 Changes in the sugars (a), pH and titratable acid (b) during fermentation of litchi pomace with *Lactobacillus casei*

2.6 荔枝果渣在干酪乳杆菌发酵过程中多酚

含量的变化

由图 3 可知,荔枝果渣中含量丰富的多酚类物质,自由酚、可溶性结合酚和不溶性结合酚的含量 (mg/100 g) 分别为 7.78、44.13 和 101.30。其中,不溶性结合酚占总酚含量的 66.11%,不溶性结合酚主要跟荔枝果渣中的膳食纤维以酯键或糖苷键结合^[13]。荔枝果渣发酵期间,随着发酵时间的延长,自由酚的含量没有出现明显的变化,可溶性结合酚的含量呈现明显的下降趋势,而不溶性结合酚的含量呈现增加趋势,那可能跟干酪乳杆菌发酵期间产生的过氧化物酶能氧

化部分多酚类物质有关^[5,8]。另外,乳酸杆菌的发酵作用可能改变了荔枝果渣膳食纤维的内部结构,那也将导致不溶性结合酚的提取率提高^[11,14]。

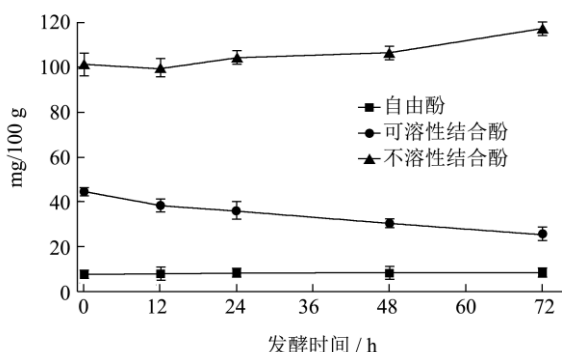


图3 荔枝果渣干酪乳杆菌发酵过程中各组酚含量的变化

Fig.3 Changes in the phenolic content during fermentation of litchi pomace with *Lactobacillus casei*

2.7 乳酸菌种类对荔枝果渣发酵后主要品质指标的影响

表4是其它五种乳酸菌代替干酪乳杆菌菌在30℃发酵24h后荔枝果渣中活菌数和主要营养品质

表4 荔枝果渣经不同乳酸菌发酵后活菌数和主要营养品质的变化

Table 4 Changes in color during fermentation of litchi pomace with *Lactobacillus casei*

菌类型	菌量/(lgCFU/g)	pH 值	果糖/(g/100 g)	葡萄糖/(g/100 g)	可溶性总酚/(mg/100 g)	抗氧化值/(mM TE/100 g)
对照 (未接种)	-	.56±0.07	3.14±0.02 ^d	2.43±0.06 ^a	89.44±2.51 ^a	4.72±0.08 ^e
干酪乳杆菌	8.36±0.38 ^a	.43±0.01	2.46±0.01 ^c	0.73±0.28 ^c	103.77±5.71 ^b	3.60±0.02 ^b
肠膜状明串珠菌	8.39±0.37 ^a	.16±0.04	0.36±0.02 ^a	0.81±0.12 ^b	92.80±3.35 ^a	3.53±0.03 ^a
保加利亚乳杆菌	8.69±0.34 ^a	.65±0.04	2.42±0.07 ^c	0.66±0.06 ^c	89.89±2.78 ^a	3.18±0.09 ^a
乳酸链球菌	8.81±0.31 ^a	.60±0.05	1.88±0.04 ^b	0.67±0.14 ^c	85.19±3.36 ^a	4.58±0.11 ^d
嗜酸链球菌	8.53±0.32 ^a	.29±0.04	1.93±0.08 ^b	0.59±0.04 ^d	92.58±5.59 ^a	4.11±0.19 ^c
植物乳杆菌	8.71±0.34 ^a	.22±0.01	0.45±0.01 ^a	0.87±0.07 ^b	95.04±4.89 ^b	5.01±0.14 ^f

注: a, b, c, d, e, f 表示 0.05 水平下的显著差异。

3 结论

3.1 荔枝果渣中含有丰富的蛋白质和酚类物质,经NaOH调节其pH到6.0并添加3g/L的碳酸钙灭菌后的荔枝果渣非常适合乳酸菌生长,30℃下静置发酵24h后,六种乳酸菌的活菌数达到8.0lgCFU/g以上。

3.2 荔枝果渣乳酸菌发酵的过程中,果渣的色泽和蛋白组成类型变化不显著。发酵过程中,随着糖的消耗和乳酸的产生,荔枝果渣的pH值快速下降;发酵24h后,各种乳酸菌发酵荔枝果渣中果糖的残留量有明细差异,其中肠膜状明串珠菌和植物乳杆菌发酵荔枝果渣的果糖残留量明显低于其它乳酸菌。同时,由于更多的糖被膜状明串珠菌和植物乳杆菌生物利用,导致

的变化。从表4可知,发酵24h后,六种乳酸菌的活菌数都达到8.0Lg CFU/mL以上,进一步说明荔枝果渣非常适合乳酸菌生长。另外,发酵24h后,各种乳酸菌发酵荔枝果渣中果糖的残留量有明细差异,其中肠膜状明串珠菌和植物乳杆菌发酵荔枝果渣的果糖残留量明显低于其它乳酸菌,说明肠膜状明串珠菌和植物乳杆菌对果糖的利用效率较高。同时,由于更多的糖被膜状明串珠菌和植物乳杆菌生物利用,导致其发酵后果渣的pH值明显低于其它四种乳酸菌(表4)。

荔枝果渣经六种乳酸菌发酵后,干酪乳杆菌和植物乳杆菌菌的可溶性总酚的含量明显高于未发酵的荔枝果渣,其它四个乳酸菌发酵荔枝果渣的可溶性总酚含量仅仅表现出轻微的增加。荔枝果渣经六种乳酸菌发酵后,仅植物乳杆菌的抗氧化活性表现出增加,其它五种乳酸菌的抗氧化活性均表现出下降,其中肠膜状明串珠菌和保加利亚乳杆菌的抗氧化值下降较明显。多酚是荔枝果渣中最主要的抗氧化成分,多酚的化学结构特性也影响其抗氧化活性,荔枝果渣经不同乳酸菌发酵后可溶性多酚和抗氧化活性差异较明显,说明乳酸菌能对荔枝果渣多酚进行生物转化^[11,14]。

其发酵后果渣的pH值明显低于其它四种乳酸菌。

3.3 荔枝果渣经不同乳酸菌发酵后,干酪乳杆菌和植物乳杆菌菌的可溶性总酚的含量明显高于未发酵的荔枝果渣。荔枝果渣干酪乳杆菌发酵期间,随着发酵时间的延长,自由酚的含量没有出现明显的变化,可溶性结合酚的含量呈现明显的下降趋势,而不溶性结合酚的含量呈现增加趋势。

参考文献

[1] Alves J A, Lima L C, Dias D R, et al. Effects of spontaneous and inoculated fermentation on the volatile profile of Lychee (*Litchi chinensis* Sonn) fermented beverages [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2010, 45(11):

- 2358-2365
- [2] 龚小洁,余元善,徐玉娟,等.荔枝汁中果肉沉淀物的营养成分分析及其稳定性研究[J].广东农业科学,2014,41(19): 90-93
GONG Xiao-jie, YU Yuan-Shan, XU Yu-juan et al. Analysis on nutritional components of litchi juice and stability of its pulp sediments [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2014, 41(19):90-93
- [3] Galdeano C M, Perdicon G. The probiotic bacterium *Lactobacillus casei* induces activation of the Gut Mucosal immune system through innate immunity [J]. Clinical and Vaccine Immunology, 2006, 13(2): 219-226
- [4] Saad N, Delattre C, Urdaci M, et al. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field [J]. Lwt-food Science and Technology, 2013, 50: 1-16
- [5] Zheng X, Yu Y, Xiao G, et al. Comparing product stability of probiotic beverages using litchi juice treated by high hydrostatic pressure and heat as substrates [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2014, 23: 61-67
- [6] 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
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
- [7] GB/T 12293-90-1989,水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定 [S].北京:中国标准文献出版社,1989
GB/T 12293-90-1989, Fruit and vegetable products-Determination of titratable acidity [S]. Beijing: China standard publishing house, 1989
- [8] Yu Y, Xiao G, Xu Y, et al. Effects of dimethyl dicarbonate (DMDC) on the fermentation of litchi juice by *Lactobacillus casei* as an alternative of heat treatment [J]. Journal of Food Science, 2014, 79: M947-M954
- [9] 毛晓英.核桃蛋白质的结构表征及其制品的改性研究[D].江苏无锡,江南大学,博士论文,2012
MAO Xiao-ying. Study on the structure characterization and products' modification of walnut protein [D].Wuxi Jiangsu, Jiangnan University, Doctor Dissertation, 2012
- [10] Ana R.F.D.C. de Ascensao, Ian A. Dubery. Soluble and wall-bound phenolics and phenolic polymers in *Musa acuminata* roots exposed to elicitors from *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* [J]. Phytochemistry, 2003, 63: 679-686
- [11] Yu Y, Xu Y, Wu J, et al. Effect of ultra-high pressure homogenisation processing on phenolic compounds, antioxidant capacity and anti-glucosidase of mulberry juice [J]. Food Chemistry, 2014, 153: 114-120
- [12] Cao X, Bi X, Huang, W, et al. Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage [J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2012, 16, 181-190
- [13] Beatriz A. Acosta-Estrada, Janet A. Gutierrez-Urbe, et al. Bound phenolics in foods, a review [J]. Food Chemistry, 2014, 152:46-55
- [14] Mccue PP, Shetty K. Phenolic antioxidant mobilization during yogurt production from soymilk using Kefir cultures [J]. Process Biochemistry, 2005, 40:1791-1797