不同乳酸菌在冬瓜汁中的发酵特性研究

陈晓维[1,2]，余元善[2]，吴继军[2]，徐玉娟[2]，邹波[2]

（1.仲恺农业工程学院轻工食品学院，广东广州 510631）（2.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）

摘要：向鲜榨并经巴氏灭菌的冬瓜汁中接入不同的乳酸菌（干酪乳杆菌、嗜热链球菌、植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、鼠李糖乳杆菌、双歧杆菌和保加利亚乳杆菌）进行发酵，比较发酵过程中乳酸菌活菌数、pH 值、可滴定酸、总糖、还原糖、总多酚和色泽等变化和发酵后挥发性风味物质种类与相对含量。结果表明，冬瓜汁营养丰富，上述各种乳酸菌均能在冬瓜汁中很好地生长，其中干酪乳杆菌的生长速率（对数生长期）略低于其他 6 种菌；另外，七种乳酸菌发酵后冬瓜汁中主要挥发性风味物质主要有酸类、醇类、酯类、醛类、酮类五类，保加利亚乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的挥发性风味物质最多。除双歧杆菌之外其他六种乳酸菌发酵的冬瓜汁理化性质差别不大，双歧杆菌发酵的冬瓜汁在总色差上明显高于其他乳酸菌，且双歧杆菌的产酸能力最强，在发酵期间其可滴定酸含量最高。

关键词：乳酸菌；冬瓜汁；发酵；品质

文章篇号：1673-9078(2018)07-155-160 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.7.023

Fermentation Characteristics of Wax Gourd Juice by Various Lactic Acidbacteria

CHEN Xiao-wei[1,2], YU Yuan-shan[2], WU Ji-jun[2], XU Yu-juan[2], ZOU Bo[2]

(1.Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510631, China)(2.Sericultural & Agri-Food Research Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture/Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China)

Abstract: The changes of lactic acid bacterial number, pH, total titratable acidity, total sugar, reducing sugar, total polyphenol, color and volatile components after fermentation in pasteurised wax gourd juices were studied when fermented with various lactic acid bacteria (*Lactobacillus casei*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, *lactobacillus lilactobacillus*, *Bifidobacteria* and *Lactobacillus bulgaricus*). The results showed that the wax gourd juice was rich in nutrients and all the above lactic acid bacteria could grow well in the wax gourd juice. The growth rate of *Lactobacillus casei* (logarithmic growth phase) was slightly lower than that of other six kinds of bacteria. In addition, the main volatile flavor substances of melon juice via seven kinds of lactic acid bacteria fermentation are acids, alcohols, esters, aldehydes and ketones, and *Lactobacillus bulgaricus* fermentation of melon juice resulted in the highest content of volatile flavors. Except *Bifidobacteria*, other six kinds of lactic acid bacteria gave little difference in physical and chemical properties of the fermented gourd juice. The total color of the *Bifidobacteria* fermented wax groud juice was significantly higher than those by other lactic acid bacteria. *Bifidobacteria* showed the strongest acid-producing capacity, with the highest titratable acid content during fermentation.

Key words: lactic acid bacterial; white gourd juice; fermentation; quality

冬瓜（学名：*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.），属葫芦科，一年生草本植物，为夏秋季节主要蔬菜之一[1]。冬瓜含有丰富的蛋白质、碳水化合物、维生素以及矿质元素等营养成分，还有一定的药用功效。据《本草纲目》记载：冬瓜，味甘、微寒、无毒、主治小腹水胀，利小便，止渴。捣汁吸，止消渴烦闷，解毒。益气耐老，除心满，去头面热，消热毒痛肿，利大小肠。久服，轻身耐老，补肝明目，悦泽面容。此外，冬瓜中还含有大量的丙醇二酸，能有效地抑制糖类转化为脂肪，对于防止人体发胖具有重要意义[2]。冬瓜耐贮藏运输、耐热性强、肉质洁白、脆爽多汁，是适于现代化农产品加工的良好原料[3]。目前市场上关于冬瓜的产品比较单一，主要有冬瓜糖、冬瓜饮料等。但随着经济增长和人们生活水平的日益提高，消

收稿日期：2018-01-08

基金项目：国家重点研发计划课题（2017YFD0400703）；广东省省级科技计划项目（2017B020207005）；2016 年广东省省级现代农业科技创新联盟建设（2016LM2151）

作者简介：陈晓维（1993-），女，在读硕士研究生，研究方向：食品科学

通讯作者：徐玉娟（1974-），女，研究员，研究方向：农产品深加工

费者的营养与保健意识日益增强，冬瓜产品已渐渐不能满足人们的需求，低热量、低脂肪的蔬菜汁饮料越来越受到人们的青睐，因此天然保健饮料具有广阔的发展前景。

乳酸菌是一类以糖为原料发酵产生乳酸的细菌，活菌体及其代谢产物对人体具有延缓衰老、调节血脂、降低胆固醇、提高免疫力和抑制肿瘤等多方面的保健作用[4]。目前，关于冬瓜乳酸菌发酵饮料的报道还较少，如果将冬瓜汁经乳酸菌发酵，由普通的冬瓜汁饮料发展成为具有特殊疗效作用的功能性冬瓜汁饮料产品，对于提高人民健康水平、拓展冬瓜加工途径、增加饮料品种有着重要的意义。

本研究采用经鲜榨后再经巴氏灭菌的冬瓜汁为原料，加入七种不同乳酸菌进行发酵，比较发酵过程中乳酸菌活菌数、pH 值、可滴定酸、总糖、还原糖、总多酚、色泽等变化和发酵后挥发性风味物质种类和相对含量，以期为研发出一种新型的功能性冬瓜汁乳酸菌发酵饮料提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

冬瓜，购买于广东广州；干酪乳杆菌、嗜热链球菌、植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌、鼠李糖乳杆菌、双歧杆菌和保加利亚乳杆菌购自上海润盈生物工程有限公司；MRS 培养基和肉汤，广东环凯微生物科技有限公司；焦性没食子酸，天津市科密欧化学试剂有限公司；其他试剂均为国产分析纯。

1.2 仪器与设备

UHT 灭菌装置，上海雅程有限公司；榨汁机，美的集团公司；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；UV1800 型紫外可见分光光度计，日本岛津公司；PB-10 型 pH 计，Sartorius 公司；UltraScan VIS 型全自动色差仪，美国 HunterLab 公司；Agilent 1200 series 型高效液相色谱仪，美国安捷伦科技有限公司；Agilent 6890N/5975B 型气相色谱-质谱连用仪，美国安捷伦科技有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 冬瓜汁制备

将冬瓜去皮去瓤后切成小块，用榨汁机榨汁，过两层纱布，获得的冬瓜汁用沸水浴煮沸 5 min，罐装入无菌的玻璃瓶中，贮藏于-20 ℃冷库中备用。

1.3.2 乳酸菌培养物制备

把 7 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 ℃，静止发酵）中培养 18 h。

1.3.3 冬瓜汁的乳酸菌发酵培养

冬瓜汁解冻后，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 冬瓜汁，每瓶分别接入各种乳酸菌培养物（接种量 6.0 Lg CFU/mL 左右），置于 30 ℃培养箱中培养，每隔 8 h 取样 1 次，并测定相应的理化和微生物指标。

1.3.4 乳酸菌活菌数的测定

采用稀释倒平板法，具体原理和步骤参考 GB 4789.35-2010 中乳酸菌菌落总数的测定方法[6]。

1.3.5 pH 和可滴定酸的测定

pH 值用 pH 计直接测定。可滴定酸的测定：按照 GB/T 12293-90《水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定》，采用滴定法测定，总酸度以柠檬酸计[7]。

1.3.6 糖组分的测定

总糖采用苯酚硫酸法测定，结果以葡萄糖含量计算[8]。还原糖（蔗糖、果糖和葡萄糖的总含量）的测定采用 HPLC 法测定[9]。色谱柱：Shodex Asahipak NH_2 P-50 4E（4.6 mm×250 mm）色谱柱；柱温：30 ℃；检测器：蒸发光（ELSD）检测器；流动相：乙腈:H_2O（*V*/*V*）=3:1；流速：1.0 mL/min。进样量为 10 μL，并采用外标（葡萄糖、果糖和蔗糖为标准品）法定量。

1.3.7 总酚含量的测定

采用福林酚法测定[10]，结果以没食子酸当量表示。

1.3.8 冬瓜汁色差的测定

采用色差仪（透视模式）测定发酵冬瓜汁样品的色泽（Hunter L、a 和 b 值表示），结果以总色差值ΔE计[11]，计算公式为：$\Delta E=[(L-L_0)^2+(a-a_0)^2+(b-b_0)^2]^{1/2}$ 式中，L_0、a_0、b_0 表示未发酵冬瓜汁的 Hunter 参数；L、a、b 表示发酵冬瓜汁的 Hunter 参数。

1.3.9 发酵后挥发性风味物质的测定

准确称取 4 g 冬瓜汁样品，加入 1.5 g 无水氯化钠，置于 15 mL 样品瓶中，在电热恒温加热搅拌器中 50 ℃水浴平衡 30 min，再插入老化好的 SPME 针头萃取 40 min，最后将吸附好分析组分的萃取头插入 GC-MS 进样器中解吸 5 min。

GC-MS 的色谱条件为采用 DB-5MS 弹性毛细管柱（30 m×0.25 mm×0.25 μm），氦气为载气，其流速为 20 mL/min；进样口温度为 270 ℃；程序升温方式为初始温度 35 ℃，以 4 ℃/min 的速率升至 250 ℃，继续升至 280 ℃并保持 10 min。GC-MS 的质谱条件为

EI 离子源（70 eV），离子源温度 230 ℃，接口温度为 280 ℃，质量扫描范围 *m/z* 10~450。

1.4 统计分析

所有的不同处理均重复三次，数据结果采用统计软件 SPSS 19.0 进行方差分析（Duncan's multiple range tests），数值以平均值±SD 表示，并用 Origin 8.5.1 软件制图。

2 结果与分析

2.1 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中乳酸菌数量的变化

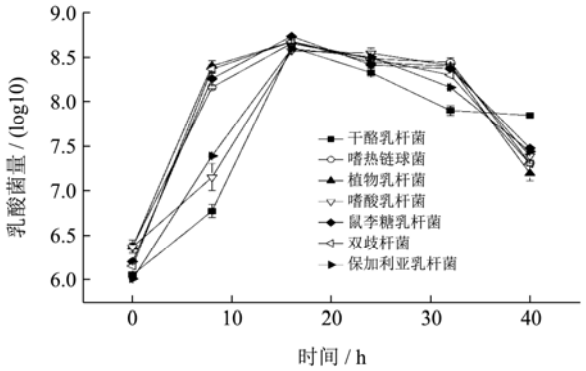


图 1 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中乳酸菌数量的变化

Fig.1 Changes of lactic acid bacteria in wax gourd juice during fermentation of different lactic acid bacteria

从图 1 可以看出，菌种经过了前期的活化和复壮，在接种到冬瓜汁中后，很快进入对数生长期，发酵的前 24 h，冬瓜汁中的营养物质充足，乳酸菌数呈指数增长。其中，干酪乳杆菌、保加利亚乳杆菌和双歧杆菌在开始发酵 8 h 时生长缓慢，其他 4 种乳酸菌的生长速率接近。发酵 24 h 后，荔枝汁中各种乳酸菌总数均达到 8.5 Lg CFU/mL 以上，它们的生长进入稳定期，在 32 h 后开始下降，只有干酪乳杆菌还处于稳定期。这表明冬瓜汁营养丰富，非常适合乳酸菌生长。

2.2 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中 pH 值和可滴定酸的变化

由图 2 可知，冬瓜汁的最初 pH 值约为 5.25。在 40 h 内，随着发酵时间的延长，7 种乳酸菌发酵的冬瓜汁的 pH 值均呈下降趋势；其中，干酪乳杆菌发酵的冬瓜汁的 pH 值在发酵 8 h 后变化不大，在发酵前 16 h pH 值比其他 6 种菌高；而保加利亚乳杆菌发酵的冬瓜汁在发酵前 8 h 其 pH 值在干酪乳杆菌和其他 5 种乳酸菌之间。在发酵 24 h 后，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁 pH 值下降趋势接近，在发酵 40 h 后，冬瓜汁的 pH 值约为 3.15。

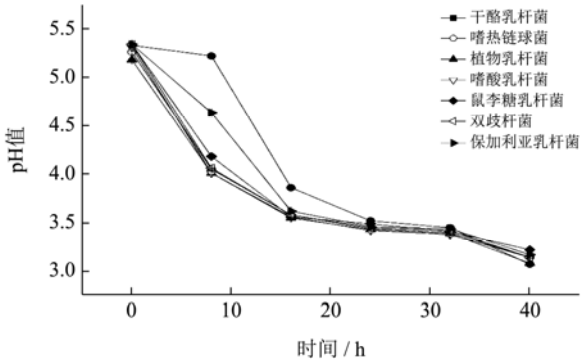


图 2 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中 pH 值的变化

Fig.2 Changes of pH value in wax gourd juice during fermentation of different lactic acid bacteria

从图 3 可看出，冬瓜汁的初始可滴定酸含量约为 0.4 g/L。在发酵 40 h 内，随着发酵时间的延长，7 种乳酸菌发酵的冬瓜汁所产生的可滴定酸呈上升趋势。

其中，干酪乳杆菌、嗜热链球菌、植物乳杆菌和嗜酸乳杆菌在发酵 40 h 内的冬瓜汁所产生的可滴定酸呈一直上升趋势且上升趋势接近；鼠李糖乳杆菌和保加利亚乳杆菌在发酵 32 h 后的冬瓜汁所产生的可滴定酸趋于稳定；而双歧杆菌发酵的冬瓜汁在发酵前 32 h 所产生的可滴定酸都比其他 6 种乳酸菌所产生的可滴定酸含量高，在 24 h 时可滴定酸含量达到最高值，有 4.26 g/L，而在发酵 32 h 后其可滴定酸的含量趋于平稳。

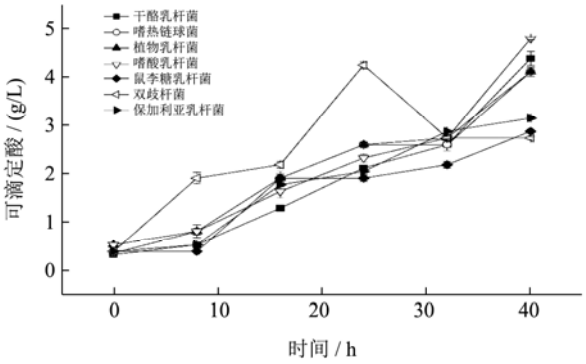


图 3 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中可滴定酸含量的变化

Fig.3 Changes of titratable acid in wax gourd juice during fermentation of different lactic acid bacteria

2.3 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中总糖和还原糖含量的变化

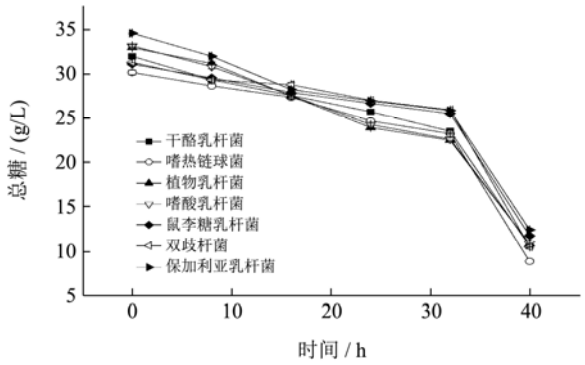


图 4 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中总糖含量的变化

Fig.4 Changes of total sugar content in wax gourd juice during fermentation of different lactic acid bacteria

从图 4 可以看出，随着发酵时间的增加，七种乳酸菌发酵期间的冬瓜汁中总糖的含量均呈下降的趋势，在发酵 40 h 后，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁残留的总糖含量约为 10.83 g/L。其中，鼠李糖乳杆菌、双歧杆菌和保加利亚乳杆菌的下降趋势接近，在发酵 32 h 时总糖含量比其他四种乳酸菌高；而干酪乳杆菌、嗜热链球菌、植物乳杆菌和嗜酸乳杆菌发酵期间冬瓜汁总糖含量下降的趋势相似。在发酵前 32 h，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁中总糖含量处于缓慢下降的趋势，在发酵 32 h 后，总糖含量下降速率加快，这可能是在酵 32 h 前乳酸菌处于对数增长期，需消耗的糖较多。

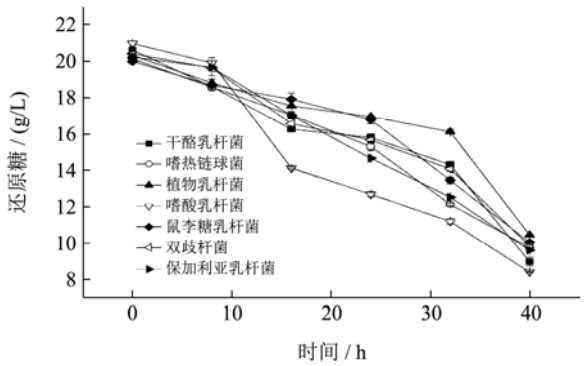


图 5 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中还原糖含量的变化

Fig.5 Changes of reducing sugar content in wax gourd juice during fermentation of different lactic acid bacteria

图 5 提供了冬瓜汁经七种不同乳酸菌发酵期间其还原糖（蔗糖、果糖和葡萄糖的总含量）消耗量的动态变化情况。从图 5 可知，随着发酵时间的延长，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁中还原糖含量呈下降趋势。在发酵的过程中，嗜酸乳杆菌发酵的冬瓜汁中还原糖的减少速率略快于其他乳酸菌，而植物乳杆菌发酵的冬瓜汁中还原糖的减少速率略低于其他乳酸菌，其他乳酸菌发酵的冬瓜汁中还原糖的下降趋势相似。

2.4 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中总酚含量的变化

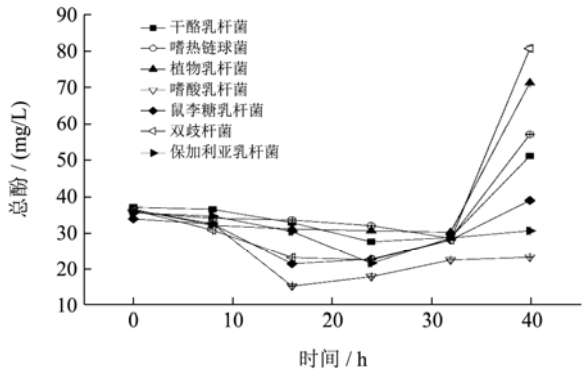


图 6 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中总酚含量的变化

Fig.6 Changes of total phenolic content in wax gourd juice during fermentation of different lactic acid bacteria

由图 6 可知，冬瓜汁中总酚含量不高，约为 35 mg/L。在发酵前 16 h，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁中总酚含量均呈下降趋势，而嗜酸乳杆菌发酵的冬瓜汁中总酚含量下降速率最快，其次是鼠李糖乳杆菌和双歧杆菌，两者下降趋势相似；其他四种乳酸菌发酵的冬瓜汁中总酚含量下降较为缓慢。在发酵期间，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁中总酚含量都呈先下降后上升的趋势，其中除嗜酸乳杆菌之外的 6 种乳酸菌均在发酵 32 h 后总酚含量上升，双歧杆菌上升速率最快，其次分别为植物乳杆菌、嗜热链球菌、干酪乳杆菌、鼠李糖乳杆菌、保加利亚乳杆菌，而嗜酸乳杆菌在发酵 16 h 后总酚含量开始上升，但上升的趋势较为缓慢。在发酵 40 h 后，双歧杆菌发酵的冬瓜汁中总酚含量最高，约为 80.74 mg/L；而嗜酸乳杆菌发酵的冬瓜汁中总酚含量最低，约为 23.47 mg/L。

2.5 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中色差的变化

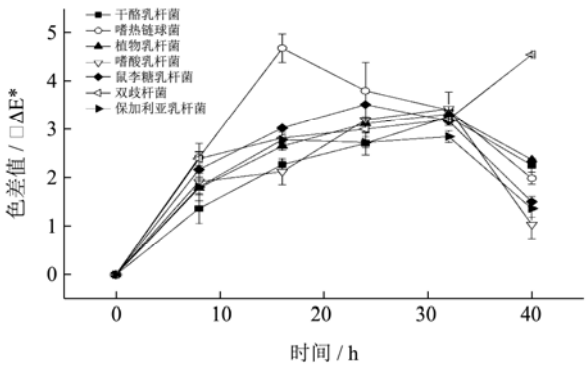


图 7 不同乳酸菌种发酵期间冬瓜汁中色差的变化

Fig.7 Changes of chromatic aberration in wax gourd juice during fermentation of different lactic acid bacteria

由图 7 可以看出，与原汁相比，随着发酵时间的延长，7 种不同乳酸菌发酵的冬瓜汁的色差值均呈增大趋势。其中，发酵 16 h 时，嗜热链球菌发酵的冬瓜汁的色差值最大，为 4.67，发酵 16 h 后呈下降的趋势；双歧杆菌发酵的冬瓜汁在发酵期间色差值呈一直增加的趋势，在发酵 40 h 后，色差值为 4.54；鼠李糖乳杆菌发酵的冬瓜汁的色差值在发酵 24 h 时达到最大值，发酵 24 h 后呈下降的趋势；其他 4 种乳酸菌发酵的冬瓜汁的色差值均在发酵 32 h 时色差值最大，发酵 32 h 后呈下降的趋势。

2.6 不同乳酸菌种发酵冬瓜汁后挥发性成分种类和相对含量

表 1 是不同乳酸菌种发酵冬瓜汁后其主要香气成分种类和相对含量。从表 1 可知，乳酸菌发酵后冬瓜汁中主要挥发性风味物质主要有酸类、醇类、酯类、醛类和酮类五类。干酪乳杆菌发酵的冬瓜汁中共检出 114 种挥发性物质，嗜热链球菌发酵的冬瓜汁中共检出 116 种，植物乳杆菌共检出 109 种，嗜酸乳杆菌发酵的冬瓜汁中共检出 107 种，鼠李糖乳杆菌和双歧杆菌发酵的冬瓜汁中都共检出 108 种，保加利亚乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的挥发性物质最多，有 122 种。其中，干酪乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的酸类物质和醇类的相对含量较高，明显多于其他类物质；嗜热链球菌发酵的冬瓜汁中检出的酸类和醇类含量较高，明显高于其他类物质；植物乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的酸类和醛类含量较高；而嗜酸乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的酸类物质的相对含量最低，只有 11.62%；鼠李糖乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的酸类含量明显高于其他类物质；双歧杆菌发酵的冬瓜汁中检出的酸类物质含量最高，占 59.42%；保加利亚乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的酸类和醛类物质含量相对较大，明显多于其他类物质。

表 1 不同乳酸菌种发酵冬瓜汁后挥发性成分种类和相对含量

Table 1 Different lactobacillus fermented wax gourd melon juice species and the relative content of volatile components

发酵冬瓜汁	项目	酸类	醇类	酯类	醛类	酮类	其它	总计
干酪乳杆菌	数量	12	18	18	12	12	29	114
	相对含量/%	56.26	14.99	1.61	8.50	2.84	5.47	89.68
嗜热链球菌	数量	13	17	19	8	9	34	116
	相对含量/%	45.49	16.27	2.18	8.09	2.62	10.09	84.74
植物乳杆菌	数量	12	10	10	10	5	44	109
	相对含量/%	52.06	7.29	1.43	13.35	2.26	10.19	86.58
嗜酸乳杆菌	数量	7	14	13	8	8	45	107
	相对含量/%	11.62	21.08	0.57	10.98	1.73	41.94	87.92
鼠李糖乳杆菌	数量	9	14	15	7	10	39	108
	相对含量/%	43.62	9.75	1.38	9.36	5.02	20.28	89.40
双歧杆菌	数量	13	6	12	11	9	44	108
	相对含量/%	59.42	6.92	0.38	6.50	1.16	11.70	88.30
保加利亚乳杆菌	数量	10	15	14	11	12	44	122
	相对含量/%	42.67	11.93	4.06	14.58	5.49	9.47	90.53

3 结论

3.1 冬瓜汁营养丰富，上述各种乳酸菌均能在冬瓜汁中较好生长而产生菌体。在发酵过程中，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁均产酸，其可滴定酸均呈上升的趋势，双歧杆菌发酵的冬瓜汁中可滴定酸含量高于其他六种乳酸菌。随着发酵时间的延长，七种乳酸菌发酵的冬瓜汁中总糖和还原糖含量均呈下降趋势，在发酵 32 h 后，总糖和还原糖含量下降速率加快，这可能是由于在发酵 32 h 前乳酸菌处于对数增长期，需消耗的糖较多。本研究中，乳酸菌发酵的冬瓜汁中总多酚含量在发酵的前 32 h 均呈下降趋势，在发酵 32 h 后增加，这可能是冬瓜汁中一些结合态的多酚被乳酸菌产生的一些糖苷酶或酯酶水解释放所致[12]。

3.2 与原汁相比，在乳酸菌的发酵期间，冬瓜汁的总色差值也呈增加趋势。在冬瓜汁乳酸菌发酵和贮藏期间，多酚的氧化和美拉德反应产物都能导致冬瓜汁颜色发生变化[13]。其中双歧杆菌发酵的冬瓜汁的总色差值一直处于增加的趋势，说明双歧杆菌不适合用于发酵冬瓜汁。七种乳酸菌发酵后冬瓜汁中主要挥发性风

味物质主要有酸类、醇类、酯类、醛类、酮类、硅氧烷类六类，保加利亚乳杆菌发酵的冬瓜汁中检出的挥发性风味物质最多。除双歧杆菌之外其他六种乳酸菌发酵的冬瓜汁理化性质差别不大，双歧杆菌发酵的冬瓜汁在总色差上明显高于其他乳酸菌。

参考文献

[1] Zaini N A M, Anwar F, Hamid A A, et al. Kundur [Benincasa hispida (Thunb.) Cogn.]: A pote.1ntial source 9for valuable nutrients and functional foods [J]. Food Research International, 2011, 44(7):2368-2376. DOI:10.1016/j.foodres.2010.10.024

[2] 凌芝.菠菜冬瓜汁复合饮料的研制[J].饮料工业,2008,11(10):4-6
LING Zhi. Preparation of compounded juice drink of spinach and wax gourd [J]. Beverage Industry, 2008, 11(10): 4-6

[3] 张赟彬,缪存铅,徐丽蓓,等.乳酸菌发酵型冬瓜汁饮料的研制[J].上海应用技术学院学报(自然科学版),2010,10(2):77-82
ZHANG Yun-bin, MIAO Cun-qian, XU Li-bei, et al. Study on the fermentation technology of white gourd juice with lactic acid bacteria [J]. Journal of Shanghai Institute of Technology (Natural Science), 2010, 10(2): 77-82

[4] 路四海,赵瑞香,牛生洋,等.乳酸菌降低胆固醇作用及其机理的研究进展[J].食品与发酵工业,2012,38(2):163-167
LU Si-hai, ZHAO Rui-xiang, NIU Sheng-yang, et al. Progress in the effect of lactic acid bacteria on cholesterol-lowering and its mechanism [J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(2): 163-167

[5] 邓开野,许成钿.冬瓜汁乳酸发酵饮料的工艺研究[J].现代食品科技,2007,23(12):59-62,82
DENG Kai-ye, XU Cheng-dian. Study on the fermentation technology of white gourd juice with lactic acid bacteria [J]. Modern Food Science and Technology, 2007, 23(12): 59-62, 82

[6] GB 4789.35-2010,食品微生物学检验乳酸菌检验[S]
GB 4789.35-2010, Food Microbiological Test Lactobacillus Test [S]

[7] GB/T 12293-90-1989,水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定[S]
GB/T 12293-90-1989, Determination of Titrable Acidity of Fruit and Vegetable Products [S]

[8] 周振,周能.苯酚-硫酸法测定仁东大蒜中的总糖[J].食品研究与开发,2012,33(6):137-142
ZHOU Zhen, ZHOU Neng. Determination of total sugar in ren dong garlic by phenol-sulfuric acid method [J]. Food Research and Development, 2012, 33(6): 137-142

[9] Yu Y, Xiao G, Xu Y, et al. Slight fermentation with lactobacillus fermentium improves the taste (sugar: acid ratio) of citrus (citrus reticulata cv. chachiensis) juice [J]. Journal of Food Science, 2015, 80(11): M2543-M2547

[10] 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(12): 114-120

[11] Holcroft D M, Kader A A. Controlled atmosphere-induced changesin pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 17(36): 19-32

[12] Vinson J A, Su X, Zubik L, et al. Phenolantioxidant quantity and quality in foods fruits [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2001, 49(11): 5315-5321

[13] Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, et al. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods [J]. Trends in Food Science and Technology, 2001, 11(21): 340-346