

火龙果发酵饮品低温发酵过程中微生物变化规律分析

黄道梅¹, 孟繁博¹, 陈曦¹, 班骞², 郑秀艳¹, 李国林¹, 林茂¹

(1. 贵州省农业科学院现代农业发展研究所, 贵州贵阳 550006)

(2. 贵州省农业科学院草业研究所, 贵州贵阳 550006)

摘要: 为探索火龙果发酵饮品发酵过程中主要微生物的变化规律, 了解接种发酵与自然发酵对饮品发酵过程中微生物的影响, 文章以红心火龙果为研究对象, 通过接种发酵与自然发酵两种不同方式, 对火龙果饮品低温(18℃)发酵过程中的pH、可溶性固形物、主要微生物指标进行测定。结果表明, 低温条件下(18℃), 接种发酵相比于自然发酵, 在发酵第9d时, 两者乳酸菌数达到最大值分别为 5.20×10^8 cfu/mL、 1.14×10^9 cfu/mL, 后期自然发酵乳酸菌数下降速度高于接种发酵; 整个发酵过程中酵母菌一直保持增长趋势, 接种发酵酵母菌数低于自然发酵; 霉菌和大肠菌群在发酵中期生长旺盛, 发酵第13d, 接种发酵与自然发酵霉菌数达到最大值分别为11.60 cfu/mL、602.00 cfu/mL, 发酵第9d, 接种发酵与自然发酵大肠菌群数达到最大值分别为0.36 MPN/mL、46 MPN/mL。试验表明接种发酵乳酸菌作用更加突出, 并且抑制了部分杂菌的生长繁殖, 有效降低霉菌和大肠菌群的生长繁殖, 对火龙果发酵饮品的品质控制更加有利。该研究为火龙果低温发酵饮品的进一步研究提供参考。

关键词: 火龙果发酵饮品; 低温发酵; 接种发酵; 乳酸菌; 酵母菌

文章编号: 1673-9078(2019)01-103-108

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.1.015

Analysis of Microbial Changes in Fermented Beverage of Pitaya during Low Temperature Fermentation

HUANG Dao-mei¹, MENG Fan-bo¹, CHEN Xi¹, BAN Qian², ZHENG Xiu-yan¹, LI Guo-lin¹, LIN Mao¹

(1. Integrated Agricultural Development Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China) (2. Institute of Prataculture, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China)

Abstract: To explore the changes of main microorganisms and understand the effects of inoculated fermentation and natural fermentation on microorganisms in the fermentation process of pitaya beverage, the pH, soluble solids and main microbial species were assayed in the inoculated and natural fermentation processes of Hongxin pitaya beverage at low temperature (18℃). The results showed that lactic acid bacteria reached the maximum values of 5.20×10^8 cfu/mL using inoculated fermentation and 1.14×10^9 cfu/mL using natural fermentation on the 9th day. The decrease rate of lactic acid bacteria in natural fermentation was higher than that in inoculated fermentation during further fermentation period. Yeast maintained a growth trend during the whole fermentation process, while the number of inoculated yeasts was lower than that of natural fermentation. The number of mold and coliform group grew vigorously in the middle fermentation period, the mold reached the maximum values of 11.60 cfu/mL using inoculated fermentation and 602.00 cfu/mL using natural fermentation on the 13th day of fermentation, and coliform group reached the maximum values of 0.36 MPN/mL and 46 MPN/mL on the 9th day of fermentation. The study revealed that inoculated fermentation had dominant lactic acid bacteria compared with natural fermentation, which inhibited the growth and reproduction of some hybrids, and also effectively reduced the growth and reproduction of mold and coliform bacteria, and was more beneficial

收稿日期: 2018-08-23

基金项目: 贵州省服务企业行动计划(黔科合平台人才[2016]5712号); 贵州省工程技术研究中心项目(黔科和人才平台[2016]5203号); 贵州省农科院自主创新专项(黔农科院自主创新科研专项[2014]018号); 贵州省农业公关项目(黔科合支撑[2016]2535号); 贵州省农科院青年基金项目(黔农科院青年基金[2017]22号); 贵州省农业科学院2017年度学术新苗培养及创新探索专项(黔农科院青年基金[2018]97号); 贵州省农科院科技成果培育与人才培养项目(黔农科院CR合字[2014]04号)

作者简介: 黄道梅(1989-), 女, 硕士, 研究方向: 农产品贮藏与加工

通讯作者: 林茂(1979-), 女, 博士, 研究方向: 农产品贮藏与加工

to the quality control of fermented pitaya beverage. This study provides a reference for further research on low temperature-fermented pitaya juice.

Key words: pitaya fermented beverage; low temperature fermentation; inoculation fermentation; lactic acid bacterial; yeast

乳酸发酵果蔬饮料是指以果蔬为主要原料,经乳酸发酵、调味等工艺所制得的饮料,它兼具果蔬与乳酸发酵的风味和营养功能,果蔬香气突出典型,口感协调,酸味柔和,回味绵长。果蔬汁与益生乳酸菌结合起来,可以发挥两者最大的健康功效^[1,2],随着水果酵素产品的兴起,果蔬汁乳酸菌发酵饮品也开始逐渐进入人们视野。乳酸菌是一类可发酵糖产酸的中温型细菌,被广泛应用于传统发酵食品中。随着市场的发展,乳酸菌被越来越多的应用到果蔬加工中,提高了果蔬产品的营养价值、保藏性和附加值^[3~5]。德、日、韩等一些国家早已对发酵果蔬饮料进行了大量研究与开发,特别是日本,其果蔬饮料市场的发展趋势已经进入良好轨道,这些国家和地区先后开发出的众多果蔬发酵饮品具有独特风味且营养丰富,颇受市场欢迎^[6~8]。近几年,国内学者先后对一些果蔬汁进行乳酸发酵,主要包括芒果、苹果、红枣、西瓜、香蕉、火龙果等,取得了初步进展^[9~12]。利用现代微生物发酵技术并结合传统果蔬制品加工工艺,未来必将在果蔬加工领域中占据举足轻重的地位^[1]。目前,果蔬发酵产品在生产过程中多为中温型乳酸菌发酵,其发酵温度相对较高,通常为25~30℃,极易造成发酵周期短、易过酸和过热,高级醇类生成量小,产品粗糙、不细腻,而适宜的低温发酵能有效控制挥发性酸的产生,有利于改善产品的质量^[13,14]。

火龙果营养丰富,功能独特,富含植物性蛋白、维生素、矿物质和水溶性膳食纤维,花青素含量高,极具营养保健价值,是开发乳酸发酵饮品的优质原料^[15]。目前,果蔬发酵饮料领域,大多数研究以乳酸菌接种发酵为主,少有关于自然发酵的报道。本研究在前期大量工艺研究的基础上,以红心火龙果为原料,采用自然发酵与接种发酵两种方式,在低温18℃条件下,对火龙果饮品发酵过程中的微生物变化规律进行探索,以期掌握火龙果低温发酵过程中主要微生物的变化情况,对比两种不同发酵方式的优缺点,弥补现今火龙果汁低温发酵过程研究的空白,为火龙果精深加工技术的进一步研发提供借鉴,为今后火龙果汁与益生乳酸菌的结合提供基础^[16]。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

火龙果:品种为贵州紫红龙,采购于贵州省火龙果之乡罗甸火龙果基地,大小均一,无机械损害、无腐烂。

发酵菌剂:尚川牌酵素益生菌菌粉。

辅料:包括冰糖、柠檬采购于贵阳当地农贸市场。

系列合成培养基(MRS、孟加拉红、营养琼脂),均为生化试剂(BR)。

1.2 仪器与设备

SPX-150B-Z 电热恒温培养箱,上海博迅实业有限公司;VORTEX 涡旋振荡器,上海达姆实业有限公司;SJ-CJ-2FDQ 超净工作台,苏洁医疗器械(苏州)有限公司;BKQ-B50II 全自动高压蒸汽灭菌器,山东博科生物产业有限公司;XC-30 菌落计数器,上海海恒机电仪表有限公司;雷磁 PHS-25 型酸度计,上海仪电科学仪器股份有限公司;手持折光仪,厦门中村光学仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 火龙果发酵饮品制备

选取完全成熟且新鲜无腐烂的紫红龙红心火龙果,去皮,切分为约1cm厚的片状,将其与冰糖质量比为6:1的比例,以一层鲜果一层冰糖的方式放入发酵桶中,按比例加入菌粉(接种发酵)或不加入菌粉(自然发酵),加入一小片鲜柠檬,压实密封,置于18℃电热恒温培养箱进行低温发酵。

1.3.2 取样方式

取样前将发酵饮品搅拌均匀,取适量样品用无菌200目滤布过滤留滤液进行指标测定,低温发酵(18℃)饮品于1、5、9、13、17、21d取样。

1.3.3 pH、可溶性固形物测定

由pH计、手持折光仪直接进行测定。

1.3.4 菌落总数测定

参照GB 4789.2-2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》。

1.3.5 乳酸菌数测定

参照GB 4789.35-2016《食品微生物学检验 乳酸菌检验》。

1.3.6 酵母菌及霉菌数测定

参照GB 4789.15-2016《食品微生物学检验霉菌和酵母计数》。

1.3.7 大肠菌群数测定

参照 GB 4789.3-2016《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》。

1.3.8 数据处理

试验数据及其图表绘制采用 EXCEL、Origin 8.1 等软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 火龙果酵素果饮在发酵过程中 pH、可溶性固形物变化

测定了整个发酵过程中接种发酵与自然发酵火龙果饮品的 pH、可溶性固形物, 测定结果见图 1。

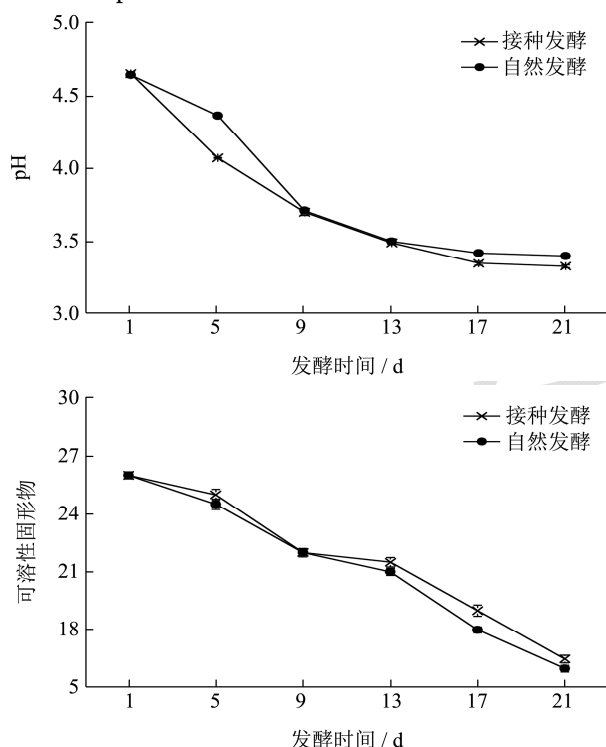


图 1 不同发酵时期火龙果饮品的 pH、可溶性固形物变化

Fig.1 Changes of pH for pitaya juice during fermentation

由图 1 可知, 在整个发酵过程中, 两种不同发酵方式火龙果饮品的 pH 呈现先下降后趋于稳定的变化趋势, 接种发酵火龙果饮品的 pH 略低于自然发酵, 二者之间无明显差异; 两种不同发酵方式火龙果饮品中可溶性糖保持下降趋势, 且无明显差异, 发酵第 21 d 时, 两者可溶性固形物均从 26 下降至 16 左右, pH 下降至 3.4 以下, 结合感官可判定为发酵终点。

2.2 火龙果酵素果饮在发酵过程中菌落总数变化

测定了整个发酵过程中接种发酵与自然发酵火龙果饮品的菌落总数, 测定结果见图 2。

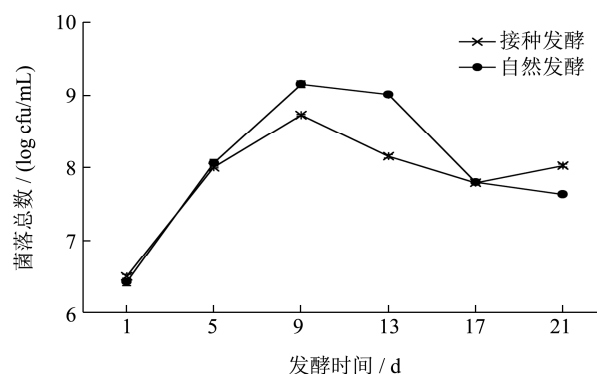


图 2 不同发酵时期火龙果饮品的菌落总数变化

Fig.2 Changes of total bacterial count in pitaya juice during fermentation

由图 2 可知, 在发酵过程中, 接种发酵与自然发酵火龙果饮品中的菌落总数变化趋势大体保持一致, 发酵第 1 d 菌落总数分别为 3.15×10^6 cfu/mL、 2.65×10^6 cfu/mL, 发酵前 5 d, 两种发酵方式饮品中的菌落总数以基本相同的生长速度快速上升, 第 5 d 分别达到 1.01×10^8 cfu/mL、 1.16×10^8 cfu/mL, 从发酵第 5 d 起, 自然发酵火龙果饮品中的菌落总数继续快速上升, 而接种发酵火龙果饮品中的菌落总数增长速率较之减慢, 发酵第 9 d 分别达到峰值 5.30×10^8 cfu/mL、 1.41×10^9 cfu/mL, 发酵第 9 d 后, 两种不同发酵方式火龙果饮品中菌落总数均开始逐渐下降, 发酵后期至发酵结束, 接种发酵火龙果饮品中菌落总数始终保持下降趋势, 而自然发酵火龙果饮品中菌落总数起初迅速下降, 发酵第 17 d 后, 开始有所增幅。

火龙果发酵饮品是一个以乳酸菌、酵母菌、少量醋酸菌等多种菌种混合发酵的过程, 由图 2 结果分析可知, 发酵前期, 接种发酵与自然发酵火龙果饮品中菌落总数保持同步增长, 无明显差异; 发酵第 5 d 后自然发酵由于杂菌较多导致细菌快速增长, 而接种发酵由于接入了乳酸菌, 使其成为优势菌株, 繁殖的同时抑制了其他杂菌的生长; 发酵后期, 由于火龙果饮品中 pH 的不断降低抑制了部分不耐酸细菌的生长, 致使菌落总数下降。

2.3 火龙果酵素果饮在发酵过程中乳酸菌数变化

测定了整个发酵过程中接种发酵与自然发酵火龙果饮品的乳酸菌数, 测定结果见图 3。

由图 3 可知, 发酵第 1 d, 两者乳酸菌数分别为 2.70×10^6 cfu/mL、 2.65×10^6 cfu/mL 发酵前期, 接种发

酵与自然发酵火龙果饮品中乳酸菌数均保持快速上升趋势,且自然发酵火龙果饮品中乳酸菌数增长速率略高于接种发酵,发酵第5 d,两者乳酸菌数快速增长至 10^8 cfu/mL以上,发酵第5 d后,两种不同发酵方式火龙果饮品中乳酸菌数继续增长,增长速率有所下降,发酵第9 d两者中乳酸菌数达到峰值分别为 5.20×10^8 cfu/mL、 1.14×10^9 cfu/mL,随后接种发酵与自然发酵火龙果饮品中乳酸菌数开始呈现下降趋势,自然发酵火龙果发酵饮品中乳酸菌数急剧下降,由发酵第9 d乳酸菌数 1.14×10^9 cfu/mL下降至 3.75×10^7 cfu/mL(发酵第17 d);接种发酵火龙果饮品中乳酸菌数下降速度明显低于自然发酵,发酵后期乳酸菌数高于自然发酵(第21 d:接种发酵 1.03×10^8 cfu/mL、自然发酵 4.25×10^7 cfu/mL)。

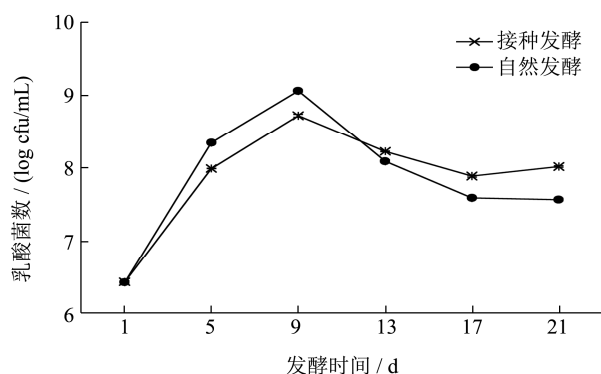


图3 不同发酵时期火龙果饮品的乳酸菌数变化

Fig.3 Changes of lactic acid bacterial count in pitaya juice during fermentation

结合图1、图2分析可知,由于低温兼酸性环境会抑制大部分细菌的生长,乳酸菌为火龙果饮品发酵过程中的绝对优势菌株,发酵前期,接种发酵火龙果饮品因人工接入菌株打破了微生态平衡系统,抑制了部分乳酸菌的生长,发酵中后期,自然发酵的乳酸菌由于低温且酸度不断降低使得乳酸菌数急剧下降,接种发酵因接入的优良乳酸菌具有耐低温耐酸性能使得乳酸菌数下降缓慢且后期乳酸菌数明显高于自然发酵。

2.4 火龙果酵素果饮在发酵过程中酵母菌数

变化

测定了整个发酵过程中接种发酵与自然发酵火龙果饮品的酵母菌数,测定结果见图4。

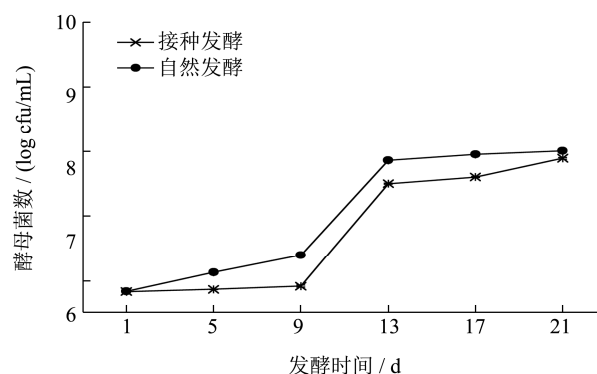


图4 不同发酵时期火龙果饮品的酵母菌数变化

Fig.4 Changes of yeast count in pitaya juice during fermentation

由图4可知,整个发酵过程中,接种发酵与自然发酵火龙果饮品中酵母菌数整体均呈现增长趋势,前期和后期增长速率缓慢,中期快速增长。发酵前期,接种发酵火龙果饮品中酵母菌数增长速率非常缓慢,基本稳定并维持在 100.10 cfu/mL以下,自然发酵火龙果饮品中酵母菌数开始缓慢增加,发酵第9 d已由 48.01 cfu/mL增加至 635.08 cfu/mL;发酵中期,两者中酵母菌数均呈现急剧增加趋势且增长速率基本一致,发酵第13 d后,自然发酵火龙果饮品中酵母菌数基本维持在 10^6 cfu/mL数量级,接种发酵火龙果饮品中酵母菌数略有增加,维持在 10^5 cfu/mL数量级。

酵母菌因耐低温耐酸性较好,成为火龙果果饮发酵后期中的优势菌株,接种发酵因接入的优良乳酸菌成为发酵系统中的绝对优势菌株,相比于自然发酵,抑制了少部分酵母菌的生长,这可能是整个发酵过程中接种发酵火龙果饮品中酵母菌数低于自然发酵的原因之一。部分产香酵母菌对发酵产品后期香味形成有积极作用,验证了发酵食品研究领域自然发酵香味比接种发酵香味更加浓郁的研究结果^[17,18]。

2.5 火龙果酵素果饮在发酵过程中霉菌数变化

测定了整个发酵过程中接种发酵与自然发酵火龙果饮品的霉菌数,测定结果见表1。

表1 不同时期火龙果饮品中霉菌数

Table 1 Mold count in pitaya juice during fermentation

发酵方式	不同发酵时间霉菌数/(cfu/mL)					
	1 d	5 d	9 d	13 d	17 d	21 d
接种发酵	0	16.60±1.14	31.60±2.07	11.60±1.14	0	0
自然发酵	0	29.80±1.48	55.20±1.92	602.00±13.04	104.80±1.79	35.00±2.74

由表 1 可知,在整个发酵过程中,两种不同发酵方式火龙果发酵饮品中霉菌数均呈现先升后降的总趋势,接种发酵整个发酵过程中霉菌数检出较少,仅在发酵中期检测到,后期无检出;自然发酵相比接种发酵霉菌数明显较高,发酵第 13 d 霉菌数达到 602.00 cfu/mL (接种发酵霉菌数为 11.60 cfu/mL),后期明显减少,发酵结束时减少至 35.00 cfu/mL。由此分析可知,自然发酵由于杂菌较多,优势菌种不够突出,使得部分霉菌在火龙果饮品发酵过程中得以生长存在,接种发酵可明显抑制霉菌的生长繁殖,可见接种发酵对火龙果低温发酵饮品的安全及品质上有所改善^[19]。

2.6 火龙果酵素果饮在发酵过程中大肠菌群数变化

测定了整个发酵过程中接种发酵与自然发酵火龙果饮品的大肠菌群数,测定结果见表 2。

表 2 不同时期火龙果饮品中大肠菌群数

Table 2 Coli group count in pitaya juice during fermentation

发酵方式	不同发酵时间大肠菌群数/(MPN/mL)					
	1 d	5 d	9 d	13 d	17 d	21 d
接种发酵	2.3	2.3	0.36	<0.3	<0.3	<0.3
自然发酵	2.3	4.3	46	2.3	<0.3	<0.3

由表 2 可知,接种发酵在整个发酵过程中,火龙果饮品中大肠菌群数前期可检出少量,发酵中后期无检出;自然发酵火龙果饮品中大肠菌群数呈现先上升后下降的趋势,发酵第 9 d 检出 46 MPN/mL,发酵后期无检出。分析发现接种发酵方式能有效降低火龙果饮品低温发酵过程中大肠菌群的生长繁殖,进一步证实了接种发酵能有效改善火龙果低温发酵饮品的安全、品质。

3 结论

3.1 通过对火龙果饮品低温发酵过程中优势微生物(菌落总数、乳酸菌数、酵母菌数)的测定,更好的掌握火龙果饮品低温发酵过程中的优势微生物的动态变化规律:发酵过程中,乳酸菌为火龙果发酵饮品的主导发酵菌株,启动整个发酵过程,酵母菌为发酵后期优势微生物。接种发酵相比于自然发酵,优势乳酸菌更加突出,发酵更为充分,彻底,并且抑制了部分杂菌的生长繁殖,对火龙果发酵饮品的品质控制更加有利,但其后期酵母菌数明显低于自然发酵。

3.2 通过对火龙果饮品低温发酵过程中有害微生物(霉菌数、大肠菌群数)的测定,数据表明:霉菌、大肠菌群繁盛于火龙果饮品的发酵中期,前期和后期

基本检测不到,值得提出的是,接种发酵能有效降低霉菌和大肠菌群的生长繁殖,因此进一步验证了接种发酵能改善发酵产品质量安全的研究结果。

参考文献

- [1] Fonteles T V, Costa M G M, Jesus A L T D, et al. Optimization of the fermentation of cantaloupe juice by *Lactobacillus casei*, NRRL B-442 [J]. Food & Bioprocess Technology, 2012, 5(7): 2819-2826
- [2] Joshi V K, Somesh S. Preparation and evaluation of sauces from lactic acid fermented vegetables [J]. Journal of Food Science & Technology, 2010, 47(2): 214-218
- [3] 廖雪义,郭丽琼,林俊芳,等.益生乳酸菌在发酵果蔬饮品开发上的应用[J].食品工业,2014,7:223-229
LIAO Xue-yi, GUO Li-qiong, LIN Jun-fang, et al. Application of probiotics in the development of fermented fruit and vegetable drinks [J]. Food Industry, 2014, 7: 223-229
- [4] Dey T B, Chakraborty S, Jain K K, et al. Antioxidant phenolics and their microbial production by submerged and solid state fermentation process: a review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2016, 53: 60-74
- [5] Dwivedi M, Kumar P, Laddha N C, et al. Induction of regulatory T cells: a role for probiotics and prebiotics to suppress autoimmunity [J]. Autoimmunity Reviews, 2016, 15(4): 379-392
- [6] Mozzi F, Ortiz M E, Bleckwedel J, et al. Metabolomics as a tool for the comprehensive understanding of fermented and functional foods with lactic acid bacteria [J]. Food Research International, 2013, 54(1): 1152-1161
- [7] Peres C M, Peres C, Hernández-Mendoza A, et al. Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteria-with an emphasis on table olives [J]. Trends in Food Science & Technology, 2012, 26(1): 31-42
- [8] 陈荣豪,陈文学,陈海明,等.乳酸菌发酵过程中番木瓜饮料的主要成分分析与抗氧化活性变化[J].食品科学,2018, 39(6):222-229
CHEN Rong-hao CHEN Wen-xue, CHEN Hai-ming, et al. In the fermentation process of lactic acid bacteria beverage papaya main component analysis and antioxidant activity change [J]. Journal of Food Science, 2018, 39(6): 222-229
- [9] 钟宝.蓝莓乳酸菌发酵饮料的研制[J].食品研究与开发, 2015,36(18):95-97
ZHONG Bao. Development of blueberry lactobacillus

- fermentation beverage [J]. Food Research and Development, 2015, 36(18): 95-97
- [10] 廖雪义,郭丽琼,邱灵燕,等.芒果源高降胆固醇乳酸菌的特性及其作用机制[J].中国食品学报,2016,5:10-18
LIAO Xue-yi, GUO Li-qiong, QIU Ling-yan, et al. Characteristics and mechanism of mango source high cholesterol lactic acid bacteria [J]. Chinese Journal of Food Science, 2016, 5: 10-18
- [11] 沈晓怡,何艳梅,覃丽娟,等.红心火龙果营养果醋加工工艺研究[J].中国调味品,2016,41(11):91-94
SHEN Xiao-yi, HE Yan-mei, TAN Li-juan, et al. Study on processing technology of red heart fire dragon fruit nourishing fruit vinegar [J]. Chinese Dressing, 2016, 41(11): 91-94
- [12] 李亚辉,马艳弘,张宏志,等.山药果蔬在乳酸菌发酵过程中组分及生物活性变化[J].食品科学,2017,38(10):137-142
LI Ya-hui, MA Yan-hong, ZHANG Hong-zhi, et al. Changes in composition and biological activity of Chinese yam fruits and vegetables during lactobacillus fermentation [J]. Food Science, 2007, 38(10): 137-142
- [13] 郭城.乳酸菌发酵香蕉牛奶饮料工艺的研究[J].中国乳品工业,2016,44(3):62-64
GUO Cheng. Study on fermentation of banana milk beverage by lactobacillus [J]. China Dairy Industry, 2016, 44(3): 62-64
- [14] 班骞,黄道梅,林茂.低温乳酸菌在果蔬发酵饮品中的应用前景-以贵州火龙果酵素为例[J].现代食品,2017,19:59-61
BAN Qian, HUANG Dao-mei, LIN Mao. Application prospect of low-temperature lactobacillus in fruit and vegetable fermentation drinks -a case study of phyllostachys edulis in Guizhou [J]. Modern Food, 2017, 19: 59-61
- [15] 段振华.火龙果的营养评价与加工技术[J].食品研究与开发,2018,39(10):215-219
DUAN Zhen-hua. Nutrition evaluation and processing technology of pitaya [J]. Food Research and Development, 2018, 39(10): 215-219
- [16] 马晓伟,林小晖,杜冰.益生菌发酵火龙果饮料的工艺研究[J].饮料工业,2017,20(3): 48-52
MA Xiao-wei, LIN Xiao-hui, DU Bing. Study on the process of probiotics fermentation pitaya beverage [J]. Beverage Industry, 2017, 20(3): 48-52
- [17] 李晓博,胡文忠,姜爱丽,等.自然发酵与人工接种发酵酸菜的研究进展[J].食品与发酵工业,2016,42(3):251-255
LI Xiao-bo, HU Wen-zhong, JIANG Ai-li, et al. Research progress of natural fermentation and artificially inoculated fermented sauerkraut [J]. Food and Fermentation Industry, 2016, 42(3): 251-255
- [18] 孟繁博,张万萍,吴康云.接种发酵对酸菜品质的影响[J].食品与机械,2017,33(3):179-183
MENG Fan-bo, ZHANG Wan-ping, WU Kang-yun. Effects of inoculation and fermentation on the quality of pickled cabbage [J]. Food and Machinery, 2017, 33(3): 179-183
- [19] 洪冰,曾许珍,李阿敏,等.乳酸菌接种发酵对大头菜品质的影响[J].食品科学,2016,37(11):147-153
HONG Bing, ZENG Xu-zhen, LI A-min, et al. Effects of lactic acid bacteria on quality of kohlrabi [J]. Food Science, 2016, 37(11): 147-153

(上接第 64 页)

- [34] Zhu Y M, Rudell R D, Mattheis P J. Characterization of cultivar differences in alcohol acyltransferase and 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene expression and volatile ester emission during apple fruit maturation and ripening [J]. Postharv Biology Technol, 2008, 49: 330-339
- [35] 隋静.草莓果实发育过程和采后处理对其芳香物质和醇酰基转移酶活性影响研究[D].山东:山东农业大学,2007
SUI Jing. Effects of fruit development period and post-harvest treatment on aromatic substances and aat activity in strawberry [D]. Shandong: Shandong Agricultural University, 2007
- [36] Forney C F, Kalt W, Jordan M A. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage [J]. Hort Science, 2000, 35: 1022-1026
- [37] 刘静轩,许海峰,王得云,等.两个耐贮性不同的红肉苹果株系果实硬度与香气成分及相关酶活性与基因表达差异分析[J].园艺学报,2017,44(2):330-342
LIU Jing-xuan, XU Hai-feng, WANG De-yun, et al. Changes of firmness, aroma, cell wall-modifying enzyme activities and analysis of related-gene expression in 2 red flesh apple strains during fruit storage [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2017, 44(2): 330-342