



DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20150029

## 植物乳杆菌发酵枸杞胡萝卜汁工艺的优化

安兴娟<sup>1</sup>, 张瑶<sup>1,2</sup>, 姬阿美<sup>1</sup>, 马翠萍<sup>1</sup>, 牛天鸣<sup>1</sup>, 罗学刚<sup>1,2</sup>

(1. 工业发酵微生物教育部重点实验室, 天津科技大学生物工程学院, 天津 300457;

2. 天津市工业微生物重点实验室, 天津科技大学, 天津 300457)

**摘要:** 以枸杞和胡萝卜为原料、植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)CGMCC8198 为发酵菌株,通过单因素实验及正交实验,优化建立了植物乳杆菌发酵果蔬汁的制作工艺. 发酵原料的最佳配比为枸杞汁与胡萝卜汁体积比 3:7、蔗糖 6%、明胶 0.03%、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)0.02%、*L. plantarum* CGMCC8198 接种量 5%,30℃发酵 5 h 后转 0~4℃熟化处理 20 h. 由此所得发酵果蔬汁呈橘红色,相态均匀;口感酸甜柔和、爽口,具有胡萝卜和枸杞特有的香味. 利用倾注法测得活菌数为  $7.1 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$ ,生物传感分析仪测得葡萄糖含量为 0.098%.

**关键词:** 发酵果蔬汁; 植物乳杆菌; 发酵工艺; 感官评价

中图分类号: Q81 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2016)03-0020-05

## Optimizing the Preparation Technics for *Lactobacillus plantarum*-fermented Medlar-carrot Juice

AN Xingjuan<sup>1</sup>, ZHANG Yao<sup>1,2</sup>, JI Amei<sup>1</sup>, MA Cuiping<sup>1</sup>, NIU Tianming<sup>1</sup>, LUO Xuegang<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Industrial Fermentation Microbiology, Ministry of Education, College of Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;

2. Tianjin Key Laboratory of Industrial Microbiology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

**Abstract:** To establish the optimum technics for *L. plantarum*-fermented fruit-vegetable juice, the juice of medlar and carrot was used in this research as the raw material and *L. plantarum* CGMCC8198 as the starter strain, and then single factor experiments and orthogonal experiments were performed. The optimum fermentation conditions were as follows: the ratio of medlar juice to carrot juice was 3:7, saccharose was 6%, gelatin 0.03%, carboxymethylcellulose sodium (CMC-Na) 0.02%, and *L. plantarum* CGMCC8198 with an inoculation amount of 5%. The optimum fermentation was carried out at 30℃ for 5 h and followed by mature treatment at 0~4℃ for 20 h. The fermented fruit-vegetable juice was orange in color and homodispersed. It tastes sweet, sour and soft, and has the unique flavor of carrot and medlar. Using the plate pouring method, we found the living bacterium number was  $7.1 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$  in the final product. In addition, the detection with the biosensor analyzer and the viscosimeter showed that the content of glucose is 0.098%.

**Key words:** fermented fruit-vegetable juice; *L. plantarum*; fermentation technology; sensory evaluation

当今,生活水平提高、生活模式变迁所带来的生活作息不规律等问题,致使越来越多的人患上高血脂血症等慢性疾病<sup>[1-3]</sup>.

乳酸菌是一种存在于人体内的益生菌<sup>[4-7]</sup>,可以改善人体胃肠道功能,恢复人体肠道内的菌群平衡<sup>[8-9]</sup>;抑制腐败菌繁殖<sup>[10]</sup>,清除肠道垃圾;增强人体

免疫力和抵抗力;有效降低高血脂引发的各种心脑血管疾病发病率<sup>[11-14]</sup>等. 前期研究筛选获得了 1 株益生菌新菌株——植物乳杆菌(*L. plantarum*)CGMCC 8198,研究表明该菌株具有优良的益生功效,小鼠实验证实其具有明显的调节胃肠道功能,并能显著降低因摄入高脂饮食所造成的肥胖及高血脂病变<sup>[15]</sup>,有

收稿日期: 2015-03-11; 修回日期: 2015-11-26

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2012AA022108); 天津科技大学大学生实验室创新基金资助项目(1404A301X)

作者简介: 安兴娟(1992—),女,河北人,本科生; 通信作者: 罗学刚,副教授, luoxuegang@tust.edu.cn.

效预防动脉粥样硬化的发生,其在灌胃给予  $5 \times 10^7 \text{ kg}^{-1}$  时的效果与临床一线降血脂药物辛伐他汀  $10 \text{ mg/kg}$  剂量效果相当,且安全无毒副作用。目前,已将该菌株及其功能申报了国家专利<sup>[16-17]</sup>。

水果与蔬菜是低热量的食物,其中所含的单糖、无机盐、维生素均易被人体吸收,而且是人体不可缺少的营养成分。其中,特别是药食同源性果蔬,因其优良的营养健康功效,历来为人们所重视。枸杞为茄科枸杞属植物的成熟果实,是我国的名贵传统中药。《本草纲目》就有枸杞养生的记载<sup>[18]</sup>。此外,《本草纲目》称萝卜为“蔬中最有益者”,胡萝卜素有“小人参”的美誉,含有较多的胡萝卜素,用油炒熟后食用,在人体内转化为维生素 A,可提高机体免疫力<sup>[19]</sup>,间接消灭癌细胞。另外,胡萝卜还含有硫胺素、核黄素、尼克酸、Zn、Mn、K、Na、Ca、Fe 等微量元素,可以补中气、健胃消食、安五脏,辅助治疗消化不良、咳嗽、夜盲症。目前,国内外尚未见有枸杞胡萝卜混合果蔬汁乳酸菌发酵饮料的研究报道。因此,本研究利用胡萝卜、枸杞为原料,通过单因素实验及正交实验等方法,优化建立了植物乳杆菌 (*L. plantarum*) CGMCC 8198 发酵果蔬汁的制备工艺,从而为相关发酵果蔬类饮品的研究开发提供实验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 菌种与培养基

植物乳杆菌 (*L. plantarum*) CGMCC8198 为本实验室保存。

MRS 培养基:蛋白胨 10 g,牛肉膏 10 g,酵母膏 5 g,乙酸钠 5 g,柠檬酸三铵 2 g,磷酸氢二铵 2 g,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.58 g,  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0.25 g,葡萄糖 20 g,吐温 80 1 mL,定容至 1 L,  $115^\circ\text{C}$  灭菌 20 min。

#### 1.1.2 原料、试剂与仪器

枸杞和新鲜胡萝卜均为市售产品。

酵母膏、牛肉膏、蛋白胨、葡萄糖、乳糖、氯化钠、蔗糖、明胶、羧甲基纤维素钠 (CMC-Na) 等,均为市售产品。

TG16B 型高速台式离心机,湖南凯达科学仪器有限公司;LRH-150 型生化培养箱,上海齐欣科学仪器有限公司;4R2204CN 型电子天平,奥豪斯仪器(上海)有限公司;SW-CJ-2FD 型双人超净工作台,苏净

集团苏州安泰空气技术有限公司;PSSJ-4V 型精密 pH 计,上海精密科学仪器有限公司;LDZX-75KBS 型立式压力蒸汽灭菌锅,上海申安医疗器械厂;DY-2 型厌氧培养箱,浙江义乌冷冻机总厂;生物传感分析仪,山东省科学院生物研究所;NDJ-5S 型数字旋转黏度计,上海地学仪器研究所。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 菌种发酵剂的冻存与活化制备

冻存:取活化至对数生长期的菌液 800  $\mu\text{L}$  于 1 mL 的 EP 管中,加入 200  $\mu\text{L}$  60% 的甘油,混匀,  $-80^\circ\text{C}$  保存。

活化:取  $-80^\circ\text{C}$  冻存的乳杆菌,以 1% 的接种量接入 10 mL 的 MRS 培养基中,  $37^\circ\text{C}$  厌氧培养箱中培养至活菌数达到  $10^8 \text{ mL}^{-1}$ ,按此法活化 3 代。

#### 1.2.2 工艺流程

原料→清洗→预煮(切片)→榨汁→过滤调配比例→添加食品添加剂→灭菌→冷却→接种→发酵→低温熟化→成品

其操作要点为:选择成熟度适中、表皮与果肉呈鲜艳红色或橙红色、无病虫害、无机械损伤的胡萝卜及红润、较大的干枸杞,洗净后将胡萝卜切成薄片后与水按 1:2 的比例放入温度  $90 \sim 100^\circ\text{C}$  的热水中煮 5 min 后冷却,枸杞则放入 1:10 的热水中浸泡 3 min。将冷却后的胡萝卜薄片、枸杞分别连同水一起放入榨汁机中榨汁。用滤网过滤即可得胡萝卜汁与枸杞汁。将二者以一定比例混合后,添加一定量的蔗糖、明胶、CMC-Na,接种一定量的 *L. plantarum* CGMCC8198,在一定温度下发酵 5 h 后转  $0 \sim 4^\circ\text{C}$  低温熟化处理 20 h,即得最终产品。

### 1.3 优化实验

#### 1.3.1 枸杞汁和胡萝卜汁配比的优化

将乳酸菌按 5% 的接种量接入枸杞汁与胡萝卜汁体积比分别为 1:9、2:8、3:7 和 4:6 的混合液中,在  $30^\circ\text{C}$  下发酵 5 h,  $0 \sim 4^\circ\text{C}$  冷藏熟化 20 h。然后比较色泽及口感,选择枸杞汁、胡萝卜汁的最佳配比。

#### 1.3.2 发酵条件优化<sup>[20-27]</sup>

(1) 发酵时间的确定:在发酵温度  $30^\circ\text{C}$ 、接种量 5%、蔗糖 8%、枸杞汁与胡萝卜汁体积比 3:7 的条件下对果蔬汁分别发酵 4、5、6、7 h,  $0 \sim 4^\circ\text{C}$  冷藏熟化 20 h,对不同发酵时间的果蔬汁进行感官评价。

(2) 发酵温度的选择:在接种量 5%、蔗糖 8%、枸杞汁与胡萝卜汁体积比 3:7、发酵时间为 5 h 的条件下,分别在 28、30、32、34  $^\circ\text{C}$  对果蔬汁进行发酵,在  $0 \sim 4^\circ\text{C}$  冷藏熟化 20 h,对不同发酵温度的果蔬汁进

行感官评价。

(3) 接种量的选择: 在发酵温度 30 ℃、蔗糖 8%、枸杞汁与胡萝卜汁体积比 3 : 7、发酵时间为 5 h 的条件下, 分别按接种量 3%、4%、5%、6% 对果蔬汁进行发酵, 在 0~4 ℃冷藏熟化 20 h, 对不同接种量的果蔬汁进行感官评价。

(4) 蔗糖含量的选择: 在发酵温度 30 ℃、接种量 5%、枸杞汁与胡萝卜汁体积比 3 : 7、发酵时间 5 h 的条件下, 分别采用蔗糖含量为 4%、6%、8%、10%, 对果蔬汁进行发酵, 在 0~4 ℃冷藏熟化 20 h, 对不同蔗糖含量的果蔬汁进行感官评价。

(5) 稳定剂的选择: 将胡萝卜汁与枸杞汁调配好比例后, 按不同比例添加明胶及耐酸性 CMC-Na, 然后按工艺流程操作得到成品。将成品置于 4 ℃冰箱保存, 通过观察明显的相界面(即分层现象)出现的时间, 记录得到稳定时间。

## 1.4 产品检测

### 1.4.1 菌落总数测定

按照 GB 4789.2—2010《食品安全国家标准·食品微生物学检验·菌落总数测定》<sup>[28]</sup>的倾注法进行测定: 取 1 mL 成品进行 10 倍梯度稀释, 取 10<sup>-6</sup>、10<sup>-7</sup>、10<sup>-8</sup> 这 3 个稀释度与 MRS 培养基进行倾注, 37 ℃恒温生化培养箱中倒置培养过夜。

表 2 枸杞、胡萝卜不同配比时发酵果蔬汁的感官评价

Tab. 2 Sensory evaluation on the fermented fruit-vegetable juice with different proportions of medlar and carrot

V(枸杞汁) : V(胡萝卜汁)	颜色	口感	气味
1 : 9	橘黄色, 颜色深	胡萝卜味太重, 几乎无枸杞味	胡萝卜香味浓, 无枸杞香味
2 : 8	橘黄色, 颜色暗	胡萝卜味重, 枸杞味很小	胡萝卜香味浓, 枸杞香味太淡
3 : 7	橘红色, 颜色亮	口味适中, 涩味小	香味适宜
4 : 6	橘红色, 颜色暗	胡萝卜味适宜, 枸杞味稍重, 涩	香味适宜

## 2.2 单因素实验

### 2.2.1 发酵时间的确定

当发酵时间为 5 h 的时候, 产品综合评分最高(表 3)。此时, 产品酸度适宜、香气较浓, 因此选择发酵时间为 5 h 作为单因素最佳发酵时间。

表 3 不同发酵时间枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁的感官评价

Tab. 3 Sensory evaluation on the fermented medlar/carrot juice with different fermentation time

时间/h	pH	感官评价/分
4	4.15	7.0
5	4.07	7.1
6	4.01	6.5
7	3.98	6.3

### 2.2.2 发酵温度的优化

当发酵温度由 28 ℃逐渐升高到 34 ℃时, 产品的

### 1.4.2 产品的感官品质评价<sup>[29]</sup>

本实验通过评分(10 分制)测试, 选择固定的 10 人综合样品的色、香、味、组织状态等指标做出评分, 评分标准见表 1。采用生物传感分析仪测定发酵果蔬汁中葡萄糖的含量。

表 1 枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁感官评定标准

Tab. 1 Sensory evaluation on the fermented fruit-vegetable juice

项目	评分标准	分数
口感	细腻滑润, 爽口, 酸甜, 柔和适宜	4.0
组织状态	紧密, 均匀, 无气泡, 无杂质, 不分层	3.0
气味	香气浓郁, 清爽宜人, 有枸杞和胡萝卜特	3.0
滋味	有的香味, 无异味	

## 2 结果与分析

### 2.1 枸杞汁和胡萝卜汁配比的确定

为了确保发酵饮料能够具有理想的色泽和口感, 首先对原料枸杞汁与胡萝卜汁的配比进行了优化, 结果见表 2。由表 2 可知, 枸杞汁与胡萝卜汁的体积比为 3 : 7 时, 发酵液为橘红色, 颜色亮, 枸杞与胡萝卜口味适中, 涩味较轻, 兼有两者的香味, 因此, 选用枸杞汁、胡萝卜汁以体积比 3 : 7 混合比较合适。

综合评分先升高后降低, 当温度为 30 ℃的时候发酵产品口感最好(表 4)。因此, 选择发酵温度为 30 ℃。

表 4 不同发酵温度枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁的感官评分

Tab. 4 Sensory evaluation on the fermented medlar/carrot juice with different fermentation temperature

发酵温度/℃	pH	感官评价/分
28	4.32	6.7
30	4.07	8.2
32	3.86	7.3
34	3.67	7.0

### 2.2.3 接种量的优化

当接种量为 5% 时产品综合品质较高, 接种量太高, 产品中会有残留菌种的不良气味, 且发酵速度过快, 香气较差(表 5)。因此, 选择 5% 作为发酵剂的接

种量.

表5 不同接种量枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁的感官评价

Tab. 5 Sensory evaluation on the fermented medlar/carrot juice with different inoculation

接种量/%	pH	感官评价/分
3	4.29	6.0
4	4.14	6.2
5	4.07	6.5
6	4.06	5.9

#### 2.2.4 蔗糖含量的优化

蔗糖含量太低,产品偏酸;蔗糖含量太高,产品偏甜.当蔗糖含量为8%时,酸甜适中口感好,产品综合品质较高(表6).因此,蔗糖最适含量为8%.

表6 不同蔗糖含量枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁的感官评价

Tab. 6 Sensory evaluation on the fermented medlar/carrot juice with different concentration of saccharose

蔗糖含量/%	pH	感官评价/分
4	4.14	6.5
6	4.07	7.3
8	4.06	8.0
10	4.03	7.5

#### 2.2.5 稳定性实验结果

枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁稳定性实验结果见表7.由表7可知,枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁稳定剂的最适用量为明胶0.03%、CMC-Na 0.02%.

表7 枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁稳定性实验结果

Tab. 7 The results of phase stability test on the fermented medlar/carrot juice

明胶/%	CMC-Na/%	稳定时间/h	分层情况	感官评价/分
0.01	0.01	56	稍有分层	8.3
0.01	0.02	52	稍有分层	8.5
0.03	0.01	48	分层明显	7.8
0.03	0.02	120	无明显分层	8.9
0.05	0.01	46	分层	8.4
0.05	0.02	25	分层	8.1

#### 2.3 枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁正交实验结果

根据前面各单因素实验对评分结果的影响,选择蔗糖、接种量和时间对评分结果影响较大的3个因素进行正交实验.由正交实验结果(表8)可知,3个因素中主次影响顺序为:蔗糖>接种量=时间,即蔗糖的添加量对产品的最终口感有着重要的影响,接种量和发酵时间对产品品质的影响程度相当.因此,确定最佳工艺条件为蔗糖含量6%、接种量5%、发酵时间5h.

表8 枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁正交实验结果

Tab. 8 The results of orthogonal test for the fermentation parameters of medlar/carrot juice

实验号	蔗糖/%	接种量/%	时间/h	感官评价/分
1	4	4	4	7.6
2	4	5	5	8.1
3	4	6	6	8.0
4	6	4	6	8.4
5	6	5	5	9.0
6	6	6	4	8.7
7	8	4	5	8.3
8	8	5	6	7.9
9	8	6	4	8.8
$K_1$	23.7	24.3	25.1	
$K_2$	26.1	25.0	25.4	
$K_3$	25.0	25.5	24.3	
$k_1$	7.9	8.1	8.4	
$k_2$	8.7	8.3	8.5	
$k_3$	8.3	8.5	8.1	
$R$	0.8	0.4	0.4	

#### 2.4 产品检测

##### 2.4.1 菌落总数测定

按照GB 4789.2—2010《食品安全国家标准·食品微生物学检验·菌落总数测定》<sup>[28]</sup>的倾注法进行测定,菌落总数为 $7.1 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$ ,菌落总数符合国家标准.

##### 2.4.2 产品的感官品质

按照最优工艺条件优化所制的枸杞、胡萝卜发酵果蔬汁呈橘红色,混合状态均匀,无明显分层;口感酸甜柔和、爽口,具有枸杞和胡萝卜特有的香味.

作为活菌饮料,产品中应含有适量的葡萄糖以维持乳杆菌的存活,但同时又不宜太多以确保菌株不发生旺盛的增殖与发酵.通过生物传感分析仪分析测得本实验所制备的成品中每100 mL中葡萄糖含量为98.33 mg 即(0.098%).根据前人研究显示:在葡萄糖含量为0.09%的饥饿胁迫条件下,植物乳杆菌在30℃发酵培养条件下约6h可将这些葡萄糖基本耗尽;而在温度低于7℃时,植物乳杆菌的生长将处于停滞状态<sup>[30-32]</sup>.结合这些研究可知,优化制备的成品中含有适宜的残留葡萄糖含量(0.09%),将有助于在常规4℃低温长期贮存及室温短期放置条件下维持产品中植物乳杆菌(*L. plantarum*) CGMCC8198的基本存活.

### 3 结论

枸杞、胡萝卜混合果蔬汁的乳酸菌发酵工艺为:

新鲜胡萝卜榨成汁,枸杞用温水泡开后榨汁,然后经接种活化的植物乳杆菌(*L. plantarum*)CGMCC8198,30℃发酵5h后转至0~4℃进行熟化处理20h。根据感官评价得到最佳配比为:枸杞汁与胡萝卜汁体积比3:7、蔗糖6%、明胶0.03%、CMC-Na 0.02%。利用倾注法测得活菌数为 $7.1 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$ 。产品呈橘红色,均匀混合状态,无明显分层沉淀;口感酸甜柔和、爽口,具有胡萝卜和枸杞特有的香味。目前,我国市场上真正意义上的益生菌发酵果蔬汁饮品十分稀少,大多是一些复配勾兑饮品,因此本工作可为相关保健饮品的研究开发提供实验依据,同时所研制的益生菌发酵果蔬汁饮料将具有广阔的市场前景。

### 参考文献:

- [1] 李瑞,孙静. 高血脂患者饮食结构与相关因素结局调查研究[J]. 医药论坛杂志,2012,33(11):88-90.
- [2] 张仁丽. 矿区居民高血糖及高血脂调查分析[J]. 社区医学杂志,2013,11(2):51-52.
- [3] 何玲,王佐伟. 3239 人体检高血压、高血糖、高血脂情况调查分析[J]. 当代医学,2013,19(2):8-10.
- [4] 陈静,张玉苍,何连芳. 乳酸菌产细菌素的研究进展及其应用前景[J]. 安徽农业科学,2011,39(4):1925-1927.
- [5] 辛玲,郭本恒,吴正钧. 3株乳杆菌在模拟消化环境中存活性能的研究[J]. 中国乳品工业,2005,33(5):15-17.
- [6] 孙立国,莫蓓红,蒋能群. 植物乳杆菌 ST-III 对实验性动物高胆固醇血症影响的研究[J]. 乳业科学与技术,2004(4):150-152.
- [7] 张刚. 乳酸细菌:基础、技术和应用[M]. 北京:化学工业出版社,2007:41-45.
- [8] 肖仔君,钟瑞敏,陈惠音,等. 植物乳杆菌的生理功能与应用[J]. 中国食品添加剂,2005(2):87-89.
- [9] 朱文森,刘稳. 乳酸菌细菌素的分子生物学研究进展[J]. 中国微生态学杂志,2000,12(2):113-123.
- [10] 刘冬梅,李理,杨晓泉,等. 用牛津杯法测定益生菌的抑菌活力[J]. 食品研究与开发,2006,27(3):110-111.
- [11] 陈历水,丁庆波,吴伟莉,等. 发酵果蔬汁的功能特性研究进展[J]. 食品工业科技,2012,33(11):418-425.
- [12] Coudeyras S, Forestier C. Microbiota and probiotics: Effects on human health[J]. Canadian Journal of Microbiology, 2010, 56(8):611-650.
- [13] Grover S, Rashmi H M, Srivastava A K, et al. Probiotics for human health: New innovations and emerging trends [J]. Gut Pathogens, 2012, 4:15.
- [14] Kubiszewska I, Januszewska M, Rybka J, et al. Lactic acid bacteria and health: Are probiotics safe for human? [J]. Postępy Higieny i Medycyny Doswiadczałnej (Online), 2014, 68:1325-1334.
- [15] Gu Xiangchao, Luo Xuegang, Wang Chongxi, et al. Cloning and analysis of bile salt hydrolase genes from *Lactobacillus plantarum* CGMCC No. 8198 [J]. Biotechnology Letters, 2014, 36(5):975-983.
- [16] 张同存,罗学刚,古向超. 高耐胆盐能力的菌株及胆盐水解酶基因:中国,201310491340.4[P]. 2013-10-21.
- [17] 张同存,罗学刚,古向超. 植物乳杆菌在降血脂和辅助减肥方面的作用:中国,201310518617.8[P]. 2013-10-29.
- [18] 王淑芝,陈琛爱,王秋萍,等. 简介胡萝卜的营养药用价值[J]. 黑龙江医学,2002,26(9):705.
- [19] 王亚军,安巍,石志刚,等. 枸杞药用价值的研究进展[J]. 安徽农业科学,2008,36(30):13213-13214,13218.
- [20] 郭莉,江燕,黄明发. 胡萝卜汁发酵饮料的研究进展[J]. 食品与药品,2007,9(4):35-37.
- [21] 余翔,冯艳丽,高峰,等. 黄瓜、胡萝卜发酵果蔬汁的工艺研究[J]. 饮料工业,2010,13(11):26-29.
- [22] 陈宇. 花椰菜乳酸菌饮料的研制[J]. 轻工科技,2002(2):89-91.
- [23] Carr J G. Microbes I have known: A study of those associated with fermented products[J]. Journal of Applied Bacteriology, 1983, 55(3):383-401.
- [24] 张菊华,单杨,李高阳. 乳酸菌发酵蔬菜汁的研究进展[J]. 饮料工业,2003(6):27-31.
- [25] 李剑芳,顾宝维. 胡萝卜汁双歧杆菌饮料生产工艺及其稳定性研究[J]. 食品工业科技,1996(4):46-48.
- [26] 孟宪军,朱继英. 乳酸发酵复合蔬菜浆的工艺研究[J]. 食品与发酵工业,2003(1):87-89.
- [27] 严成. 复合果蔬汁益生菌发酵乳的工艺研究[J]. 食品科学,2007,28(9):401-404.
- [28] 中华人民共和国卫生部. GB 4789.2—2010 食品安全国家标准·食品微生物学检验·菌落总数测定[S]. 北京:标准出版社,2010.
- [29] 段善海,缪铭,陈凌远. 多株乳酸菌发酵制作果汁型饮料的研究[J]. 食品科学,2005,25(1):138-141.
- [30] 张甲庆. 环境胁迫对植物乳杆菌 KLDS1.0391 葡萄糖代谢和细菌素合成的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2014.
- [31] 田丰伟. 缓解氧化应激乳酸菌的筛选、表征和功能评价研究[D]. 无锡:江南大学,2012.
- [32] De Angelis M, Gobbetti M. Environmental stress responses in *Lactobacillus*: A review [J]. Proteomics, 2004, 4(1):106-122.

责任编辑:郎婧