

# 乳酸菌发酵山药果蔬饮料配方与工艺优化

陈娟娟, 周延清, 王向楠

(河南师范大学 生命科学学院; 绿色药材生物技术河南省工程实验室;  
河南省高校道地中药材保育及利用工程技术研究中心, 河南 新乡 453007)

**摘 要:**以铁棍山药、葡萄、番茄、胡萝卜、苹果、蜂蜜为原料,优化出由50%山药浆、10%葡萄汁、20%番茄汁、10%胡萝卜汁和10%苹果汁组成的原浆,用植物乳杆菌CZ、植物乳杆菌CA、植物乳杆菌CB按照1:1:1比例制成的发酵剂,按照原浆78%、蜂蜜3%、蔗糖13%和发酵剂6%的比例配制混合,32℃发酵8h,获得功能型乳酸菌发酵山药果蔬饮料。其蛋白质、脂肪、还原性糖、钠和维生素C的质量浓度及pH值依次为 $0.004\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.0121\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.080\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.000182\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.000102\text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $4.0\pm 0.2$ 。

**关键词:**山药,乳酸菌,发酵,果蔬饮料

**中图分类号:**Q939

**文献标志码:**A

山药为薯蓣科多年蔓生草本植物薯蓣的块茎。铁棍山药是河南焦作的著名特产之一。怀山药中的极品,具有重要药用价值、营养价值和保健价值。中医认为铁棍山药可以养脾益胃<sup>[1]</sup>、助消化<sup>[2]</sup>、滋肾益精<sup>[3-4]</sup>、益肺止咳<sup>[5]</sup>、降血糖<sup>[6]</sup>、治疗冠心病<sup>[7]</sup>、延年益寿<sup>[8]</sup>等多种功能。葡萄酸甜可口,味道鲜美,从医学上说葡萄具有增强食欲、抗疲劳、补血、防癌和抗癌、补肾及利尿的功效<sup>[9-12]</sup>。番茄所含有的营养物质很丰富,像苹果酸、柠檬酸、葡萄糖、果糖等,这些成分具有助消化和营养的功效。另外,番茄还含有丰富的胡萝卜素和维生素C、部分B类维生素、蛋白质、纤维素、钙、磷、铁等物质,以及具有抑菌作用的“番茄素”等<sup>[13]</sup>。苹果味道鲜美,堪称水果之王,一种低能量的果类,每一百克的苹果只可以产生60 Kcal的热量,是减肥者最爱;苹果中营养成分可溶性较大,极易被人体吸收,因此有了“活水”的美誉,使硫元素易于溶解,从而使皮肤光滑细嫩<sup>[14]</sup>。另外还具有降低胆固醇<sup>[15]</sup>、通便止泻<sup>[16]</sup>、养血安神<sup>[16]</sup>、维持机体电解质的平衡<sup>[17]</sup>等多种功能。胡萝卜有着土人参与的美誉,可提高机体的防癌抗癌能力,具有抗氧化,延缓衰老的功效,具有对维生素A安全补充等功能<sup>[18-23]</sup>。蜂蜜是一种味道甜蜜的天然食品,其含有丰富的单糖,这些单糖不需要经过人体消化,就可以被人体所吸收利用,对于妇女和儿童,特别是老人,都是很好的保健品,因而也被称为老人的牛奶。蜂蜜中的主要的成分除了葡萄糖和果糖等糖之外,还含有多种维生素、氨基酸。蜂蜜的营养价值高、保健效果好,具有清热解毒、润燥滋阴、安神养心之功效<sup>[24]</sup>、缓解心血管疾病症状<sup>[25]</sup>、保护肝脏<sup>[25]</sup>、增强抵抗力<sup>[26]</sup>、促进胃肠蠕动<sup>[27]</sup>。另外乳酸菌也具有调节胃肠道的微生态平衡<sup>[28-37]</sup>、有助于食物的消化和吸收、抑制病原微生物<sup>[38-50]</sup>、改善肠道功能、降低血液中胆固醇质量浓度<sup>[51]</sup>、缓解乳糖不耐症、预防衰老及抗癌<sup>[52]</sup>等多种功能。为了增加水果和蔬菜的附加值、克服发酵果蔬奶类饮料易引起乳糖不适症和富贵病等不足和解决发酵型果蔬饮料不能满足市场和消费者的需要等问题,本研究以铁棍山药、葡萄、番茄、苹果、胡萝卜、蜂蜜为主要添加材料,经过乳酸菌发酵作用制成功能性饮料,目的在于开发一种功能性乳酸菌发酵山药果蔬汁饮料及其制备方法。

收稿日期:2015-06-12;修回日期:2015-11-03.

基金项目:河南省道地药材保育及利用创新型科技团队(C20130037);河南师范大学研究生科研创新项目(YL201417);河南省基础与前沿技术研究计划项目(092300410009).

第1作者简介:陈娟娟(1987-),女,河南鲁山人,河南师范大学硕士研究生,研究方向为应用微生物, E-mail:568672563@qq.com.

通信作者:周延清,教授,博士, E-mail:yqzhou@htu.cn.

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 试验材料

铁棍山药(产自河南焦作)、葡萄(产自河南郑州)、番茄(产自河南新乡)、苹果(超市购买的红富士苹果)、胡萝卜(产自河南新乡)、蜂蜜(超市购买的混合蜂蜜)、植物乳杆菌 CZ、植物乳杆菌 CA、植物乳杆菌 CB(本实验室分离鉴定保存)。

#### 1.1.2 培养基

MRS 培养基<sup>[53]</sup>:蛋白胨 10.0 g,牛肉膏 10.0 g,葡萄糖 20.0 g,酵母粉 5.0 g,无水乙酸钠 5.0 g,  $K_2HPO_4$  2.0 g,柠檬酸氢二铵 2.0 g,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5 g,硫酸锰 0.2 g, Tween-80 1.0 mL,加蒸馏水定容到 1000.0 mL,调 pH 6.3, 115 °C, 灭菌 30 min.

### 1.2 方法

#### 1.2.1 工艺流程

1.2.1.1 山药→挑选→清洗→去皮→漂烫→切片→护色→清洗→打碎→过滤→糊化→糖化→山药浆

1.2.1.2 葡萄→挑选→清洗→打碎→过滤→葡萄汁

1.2.1.3 苹果→挑选→清洗→去皮→切片→打碎→过滤→苹果汁

1.2.1.4 胡萝卜→挑选→清洗→切片→漂烫→打碎→过滤→胡萝卜汁

1.2.1.5 番茄→挑选→清洗→去皮→切片→打碎→过滤→番茄汁

1.2.1.5 原汁(浆)混合→添加蜂蜜→匀质→灭菌→冷却→接种→发酵→冷却→储藏(后发酵)→成品

#### 1.2.2 操作要点

1.2.2.1 原料的选择:铁棍山药、苹果、葡萄、番茄、胡萝卜要求新鲜、无机械损伤、无霉变斑点、无腐烂、无病虫害危害。

1.2.2.2 清洗:用流动的清水清洗所有材料,在清洗过程中注意不要损害原料的外皮。

1.2.2.3 去皮、切片:所有原料的去皮和切片用不锈钢刀。

1.2.2.4 灭菌:采用巴氏杀菌法,在 95 °C 恒温下加热处理 30 min,自然冷却。

#### 1.2.3 铁棍山药护色条件的优化

铁棍山药护色效果的测定方法<sup>[54]</sup>:采用消光值的方法:称量 2.0 g 铁棍山药粉于 25.0 mL 烧杯内,加入 20.0 mL 的甲醇水溶液,混匀后放在 40 °C 水浴中保温 30 min,取出并快速用冷水冷却至室温,双层滤纸抽滤,在 420 nm 的条件下测定上清液的吸光值,以甲醇为参比,结果用  $A_{420}$  表示褐变的程度.吸光值越小说明护色效果越好,从而检测护色效果。

山药护色条件的优化:研究表明只用一种方法处理,对酶促褐变的抑制难以达到理想的成效,酸性试剂和其他抑制剂混合使用时效果会更好<sup>[54]</sup>.因此选择了因素 A:氯化钠质量浓度,因素 B:抗坏血酸质量浓度,因素 C:柠檬酸质量浓度,因素 D:护色时间(min)作为铁棍山药护色工艺的 4 个因素,通过正交设计来优化确定铁棍山药最佳护色条件,具体试验方法如表 1 所示。

#### 1.2.4 铁棍山药糖化条件的优化<sup>[55]</sup>

山药中含有大量的淀粉,加入适量的淀粉酶可以将山药中的淀粉和糊化时产生的糊精转化为单糖,以便于乳酸菌的利用.根据淀粉酶的说明书酶的最适温度是 45~65 °C 之间以及最适 pH 是 6.0~6.5,选择了因素 A:时间(min)、因素 B:温度(°C)、因素 C:酶的加入量作为铁棍山药糖化条件的 3 个因素,在 pH 是 6.3 的条件下,通过正交设计优化确定糖化条件,具体试验方法表如表 2.糖化效果通过检测还原糖的质量浓度来检测,还原糖质量浓度的检测采用菲林试剂滴定法<sup>[56]</sup>。

表1 山药最佳护色工艺的正交试验因素与水平设计表

水平	因素 A	因素 B	因素 C	因素 D
1	0.30	0.15	0.18	30
2	0.40	0.20	0.20	45
3	0.50	0.25	0.22	60

表2 糖化正交试验因素与水平设计表

水平	因素 A	因素 B	因素 C
1	20	55	0.3
2	30	60	0.5
3	40	65	0.7

### 1.2.5 果蔬饮料配方的研制

通过单因素试验,按照表3确定复合汁配方中主要原料铁棍山药、苹果、葡萄、番茄、胡萝卜的添加比例,并按照表4进行感官评价。

表3 山药浆、葡萄汁、番茄汁、胡萝卜汁、苹果汁混合配方的单因素试验

组号	山药浆体积/mL	葡萄汁体积/mL	番茄汁体积/mL	胡萝卜汁体积/mL	苹果汁体积/mL
1	50	15	15	5	15
2	50	10	20	10	10
3	50	20	15	5	10
4	50	25	10	5	10
5	50	20	15	5	15
6	50	15	20	10	10
7	60	10	15	5	5
8	60	15	15	5	5
9	60	10	10	5	10
10	60	10	10	5	15
11	60	20	10	5	5
12	60	15	10	5	10

山药浆:经过漂烫和护色处理的山药片质量:水质量=1:2;苹果、葡萄、番茄和胡萝卜均为原汁。

表4 混合原浆评分标准

项目	结果	评分(满分30分)
色泽	色泽晶莹	0~5
气味	具有山药、葡萄、番茄、胡萝卜、苹果的混合气味	0~10
滋味	略甜,是山药、葡萄、番茄、胡萝卜、苹果混合风味	0~5
组织状态	均匀无凝块	0~10

### 1.2.6 乳酸菌发酵果蔬饮料的发酵条件的优化

为了获得好品质的功能饮料,设计了正交试验,以感官评价为指标,确定以因素A:发酵剂接种量因素B:发酵时间、因素C:发酵温度(℃)、因素D:白砂糖的添加量作为发酵果蔬饮料生产工艺的四个因素,每个因素三个水平,采用L9(3<sup>4</sup>)正交试验设计来优化工艺条件,其中因素水平表见表5,感官评分标准见表6。

表5 发酵工艺的正交试验因素与水平设计表

水平	因素 A	因素 B	因素 C	因素 D
1	4	8	37	5
2	5	10	39	6
3	6	12	42	7

表6 发酵果蔬饮料感官评价标准

项目	结果	评分(满分30分)
色泽	颜色稍紫,略带粉色	0~5
气味	具有山药、葡萄、番茄的混合气味	0~10
滋味	酸甜,是山药、葡萄、番茄的混合风味和乳酸菌发酵产生的特殊风味	0~10
组织状态	均匀无凝块	0~5

### 1.2.7 产品质量指标

#### 1.2.7.1 感官指标

色泽呈橙红色,质地均匀稳定,无杂质,气味清香,有独特的乳酸菌发酵香味。

#### 1.2.7.2 理化指标

(1)碳水化合物质量浓度的测定<sup>[57]</sup>

根据 GB/T 5009.7-2008《食品中还原糖的测定》,检测发酵果蔬饮料中还原糖的质量浓度。

#### (2)脂肪质量浓度的测定<sup>[58]</sup>

根据 GB/T 5009.6-2003《食品中脂肪的测定》,检测发酵果蔬饮料中脂肪的质量浓度。

#### (3)蛋白质质量浓度的测定<sup>[59]</sup>

根据 GB/T 5009.5-2010《食品中蛋白质的测定》,检测发酵果蔬饮料中蛋白质的质量浓度。

#### (4)维生素 C 质量浓度的测定<sup>[60]</sup>

标准溶液的配制及检测:把维生素 C 标准品用 5% 偏磷酸水溶液分别配制成质量浓度为  $0.005 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.01 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.012 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.015 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.018 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$  的维生素 C 标准溶液,用  $0.45 \mu\text{m}$  膜过滤后,吸取  $10 \mu\text{L}$  进样分析,高效液相色谱仪的工作条件如表 7。样品检测:准确的吸取  $1 \text{ mL}$  的样品置于  $10 \text{ mL}$  容量瓶中用  $6 \text{ mL}$  5% 偏磷酸水溶液溶解,并震荡  $30 \text{ s}$  后定容,离心 ( $8000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $10 \text{ min}$ ,  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ ),取上清液经  $0.45 \mu\text{m}$  膜过滤后,吸取  $10 \mu\text{L}$  进样分析,高效液相色谱仪的工作条件如表 7。

表 7 高效液相色谱仪的工作条件

色谱分析条件	参数
进样量	$10 \mu\text{L}$
柱子	Agilent C18Zorbax XD
流速	$1 \text{ mL/min}$
流动相	$0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ HAC-NaAC 缓冲液 (pH3.5)/甲醇 (95/5, v/v)
检测波长	$254 \text{ nm}$
柱温	$30 \text{ }^\circ\text{C}$

#### (5)钠元素质量浓度的测定<sup>[61-62]</sup>

标准溶液的配制及检测:以  $1 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{mL}^{-1}$  的钠元素标准溶液作为母液,用双蒸水配制浓度为  $0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.0002 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.0005 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.0001 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.0015 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $0.002 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$  钠标准溶液,然后取标准溶液用原子吸收光谱仪,采用火焰原子吸收法在  $589 \text{ nm}$  波长条件下检测,并计算绘制标准曲线。

样品检测:准确的吸取发酵样品  $4 \text{ mL}$  置  $50 \text{ mL}$  的三角瓶中,加入  $8 \text{ mL}$  的浓硝酸和  $4 \text{ mL}$  高氯酸,混匀后置于消化炉内  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  消化至溶液澄清,然后  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  加热使酸完全蒸发,当三角瓶内只剩白色固体时取出,最后用  $4 \text{ mL}$  的双蒸水溶解得到待测样品。然后将待测样品稀释到合适浓度后用原子吸收光谱仪,采用火焰原子吸收法在  $589 \text{ nm}$  波长条件下测定,并根据标准曲线计算样品中钠质量浓度。

#### (6)pH 值的测定

采用 pHS-3C 精密 pH 计测定,并记录数据。

### 1.2.7.3 微生物指标

#### (1)乳酸菌活菌数的测定

平板计数法:取  $1 \text{ mL}$  新鲜培养液,稀释到  $10^{-6}$ 、 $10^{-7}$ 、 $10^{-8}$ ,准确吸取  $100 \mu\text{L}$  涂到 MRS 固体培养基上,  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  培养过夜,然后计数并记录数据。

#### (2)大肠杆菌质量浓度的检测<sup>[63]</sup>

根据国家标准 NY/T 434-2007 规定果蔬饮料中大肠菌群(MPN/100g)的检出量小于等于 3 个<sup>[64]</sup>,其中规定大肠菌群的检出根据食品安全国家标准 GB/T 47893-2010《食品微生物学检验大肠菌群计数》检测。

#### (3)霉菌质量浓度的检测<sup>[65]</sup>

根据国家标准 NY/T 434-2007 规定果蔬饮料中霉菌(MPN/100g)的检出量小于等于 20 个<sup>[66]</sup>,其中规定霉菌的检出根据食品安全国家标准 GB 4789.15-2010《食品微生物学检验霉菌和酵母计数》检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 铁棍山药护色条件的优化

通过正交试验,对铁棍山药护色的条件进行优化,确定最佳的护色条件。计算正交试验结果并进行极差

分析(表8)。由表可知,铁棍山药护色工艺中每个因素对护色效果的影响力依次为  $C > B > A > D$ ,最佳工艺条件为  $A_1B_1C_3D_2$ ,即氯化钠是 0.2%,抗坏血酸是 0.15% 柠檬酸是 0.22%,护色的时间是 45 min。本研究得出的山药护色的条件与苏等<sup>[66]</sup>的研究研究结果相似,说明该方法是可行的。

表8 护色剂配方的正交试验与分析结果

实验序号	因素 A	因素 B	因素 C	因素 D	褐变值(10×A420)
1	1	1	1	1	3.20
2	1	2	2	2	3.60
3	1	3	3	3	2.91
4	2	1	2	3	3.72
5	2	2	3	1	3.10
6	2	3	1	2	3.62
7	3	1	3	2	2.54
8	3	2	1	3	4.01
9	3	3	2	1	4.23
K1	9.71	9.46	10.83	10.53	T=30.93
K2	10.44	10.71	11.55	9.76	—
K3	10.78	10.27	8.54	10.64	—
极差 R	1.07	1.25	3.01	0.88	—
主次顺序	C	B	A	D	—
优水平	(0.30)A <sub>1</sub>	(0.15)B <sub>1</sub>	(0.22)C <sub>3</sub>	(45)D <sub>2</sub>	—
优组合	—	—	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>3</sub> D <sub>2</sub>	—	—

注:—表示空白。

## 2.2 铁棍山药糖化条件的优化

通过正交试验,对铁棍山药的糖化条件进行优化,确定最佳的糖化条件。根据试验设计对铁棍山药糖化后,通过菲林试剂的方法检测糖化效果,计算正交试验结果并进行极差分析

(表9),从表中可知影响糖化效果各因素主次顺序是  $A > C > B$ ,且最佳糖化条件是  $A_3B_2C_2$ ,即  $\alpha$ -淀粉酶添加量是 0.5%,60℃糖化 40 min。该结果与说明书上淀粉酶的工作条件相符,并且与孔等<sup>[55]</sup>的研究结果相同。

表9 糖化条件的正交试验及分析结果

实验序号	因素 A	因素 B	因素 C	还原糖质量浓度
1	1	1	1	0.002
2	1	2	2	0.012
3	1	3	3	0.004
4	2	1	2	0.013
5	2	2	3	0.013
6	2	3	1	0.014
7	3	1	3	0.018
8	3	2	1	0.013
9	3	3	2	0.016
K1	0.018	0.033	0.029	T=0.105
K2	0.040	0.038	0.041	—
K3	0.047	0.034	0.035	—
极差 R	0.029	0.005	0.012	—
主次顺序	A	C	B	—
最优水平	(40min)A <sub>3</sub>	(60℃)B <sub>2</sub>	(0.5%)C <sub>2</sub>	—
最有组合	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	—	—	—

注:—表示空白。

## 2.3 果蔬饮料配方的研制

按照果蔬配方表配制,并通过评价标准进行评价,发现组合2的评分最高,是26分,因此组合2是最佳配方,即铁棍山药浆 50 mL,葡萄汁 10 mL,番茄汁 20 mL,胡萝卜汁 10 mL,苹果汁 10 mL,蜂蜜 3 g。

## 2.4 乳酸菌发酵果蔬饮料的发酵条件的优化

按照试验设计对果蔬饮料发酵完成后,对发酵果蔬饮料进行感官评价,计算正交试验结果并进行极差分析(表10)。由表10可知,发酵果蔬饮料中每个因素对产品质量的影响依次为  $D > A = C > B$ ,最佳工艺条件为  $A_3B_3C_2D_2$ ,即接种量为 6%,发酵时间 8 h,白砂糖的添加量为 6%,发酵温度是 32℃。根据试验分析得到

的最佳工艺条件再次进行了发酵试验,请志愿者品尝,反馈效果很好,感官评分为29分(总分30分)。

## 2.5 乳酸菌发酵果蔬饮料的质量指标

**2.5.1 感官指标** 酸甜可口,口感细腻,有苹果、番茄、葡萄味和淡淡的山药味,质地均匀,无分层,无气泡,有发酵香味,呈橙红色,色泽晶莹。

**2.5.2 理化指标** 发酵果蔬饮料中含有的成分和添加原料的种类及其营养价值关系密切。本饮料的脂肪、蛋白质、还原性糖、钠和维生素C的质量浓度如表11。

表10 乳酸菌发酵果蔬饮料发酵条件的正交试验结果与分析

实验序号	因素 A	因素 B	因素 C	因素 D%	评分
1	1	1	1	1	25
2	1	2	2	2	28
3	1	3	3	3	26
4	2	1	2	3	27
5	2	2	3	1	25
6	2	3	1	2	28
7	3	1	3	2	29
8	3	2	1	3	26
9	3	3	2	1	28
K1	79	81	79	78	
T=242	K2	80	79	83	85
K3	83	82	80	79	
极差 R	4	3	4	7	
主次顺序	D	A	C	B	
最优水平	(6%)A <sub>3</sub>	(12 h)B <sub>3</sub>	(32 °C)C <sub>2</sub>	(6%)D <sub>2</sub>	
优组合			A <sub>3</sub> B <sub>3</sub> C <sub>2</sub> D <sub>2</sub>		

表11 发酵前和发酵后果蔬饮料中部分有效成分的检测结果

样品	蛋白质质量浓度/ (kg · L <sup>-1</sup> )	脂肪质量浓度/ (kg · L <sup>-1</sup> )	还原性糖质量浓度/ (kg · L <sup>-1</sup> )	钠元素质量浓度/ (kg · 100 L <sup>-1</sup> )	维生素质量浓度/ C (kg · L <sup>-1</sup> )
发酵后样	0.004	0.0121	0.08	0.000182	0.000102
发酵前样	0.0039	0.012	0.064	0.00018	0.000092

综上所述,本研究开发的乳酸菌发酵复合果蔬饮料中蛋白质质量浓度是0.004 kg · L<sup>-1</sup>,脂肪质量浓度0.0121 kg · L<sup>-1</sup>、还原性糖是0.08 kg · L<sup>-1</sup>,钠元素质量浓度是0.000 182 kg · L<sup>-1</sup>,维生素C质量浓度是0.000 102 kg · mL<sup>-1</sup>,pH值4.0±0.2。

### 2.5.3 微生物指标

发酵果蔬饮料中乳酸菌活菌数为2.6×10<sup>9</sup> 质量浓度CFU · mL<sup>-1</sup>,大肠杆菌总数0 mL<sup>-1</sup>,霉菌总数0 mL<sup>-1</sup>。

## 3 结 论

本研究得到的乳酸菌发酵果蔬饮料发酵最佳工艺条件:山药浆50%,葡萄汁10%,番茄汁20%,胡萝卜汁10%,苹果汁10%,蜂蜜3%,白砂糖6%,接种量6%,32℃发酵8 h。产品酸甜可口,口感细腻,有苹果、番茄、葡萄味和淡淡的山药味,质地均匀,无分层,无气泡,有发酵香味,呈橙红色,色泽晶莹。本研究研制的营养型、功能型、发酵型复合果蔬饮料对丰富饮料市场、满足消费者需要和促进饮料工业发展具有重要意义。

## 参 考 文 献

- [1] 王国玮. 防感冒先去火[J]. 决策探索, 2013(23): 88.
- [2] 何 怡. 山药在消渴病药膳中的运用[J]. 环球中医药, 2012(11): 830-832.
- [3] 何世祺. 五谷养五脏[J]. 老年教育(长者家园版), 2010(2): 60.
- [4] 晓 牧. 冬季山药赛补药[J]. 糖尿病新世界, 2013(12): 56-57.
- [5] 微 安. 山药受宠保健概念好吃香[J]. 品牌与标准化, 2014(1): 30-31.
- [6] Chen Y F, Zhu Q, Wu S J, et al. Preparation of oligosaccharides from Chinese yam and their antioxidant activity [J]. Food Chemistry,

- 2015,173:1107-1110.
- [7] Yang W F, Wang Y, Li X P, et al. Purification and structural characterization of Chinese yam polysaccharide and its activities[J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 117: 1021-1027.
- [8] 中国医药科技出版社. 中药辞海[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 1996: 502.
- [9] 邓泽行. 秋季食疗防燥护阴[J]. 家庭保健, 2003(11): 42-43.
- [10] 王远伟. 辽宁省凌源市葡萄产业发展战略研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [11] 关文强, 恩希军. 豆芽贮藏保鲜技术[J]. 保鲜与加工, 2013(5): 62-64.
- [12] 赵江霞, 马龙, 张月明, 等. 新疆和田红葡萄体外抑制肿瘤作用研究[J]. 新疆医科大学学报, 2001, 24(2): 95-97.
- [13] 孙欢欢. 以浓缩番茄酱为基料的系列风味番茄酱的研究[D]. 新疆: 石河子大学, 2013.
- [14] 单文华. 苹果, 防病治病功效多[J]. 开卷有益(求医问药), 2004(11): 29-29.
- [15] 文清. 洛川走出的中国苹果王——记洛川县石泉乡清池农民专业合作社负责人冯农民[J]. 创新时代, 2013(8): 63-64.
- [16] 王乐. 低硫苹果片的护色及脱硫技术研究[D]. 陕西: 陕西科技大学, 2011.
- [17] 雪禾. 苹果不可等闲看[J]. 生态文化, 2012(5): 38-39.
- [18] Agarwal S. Tomatolycopene and low density lipoprotein oxidation[J]. a human dietary intervention study lipids, 1998, 33(10): 981.
- [19] 陈瑞娟, 毕金峰, 陈芹芹, 等. 胡萝卜的营养功能、加工及其综合利用研究现状[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(10): 201-206.
- [20] 王鹏, 王文亮. 胡萝卜的保健功能及其食品开发前景[J]. 农产品加工学刊, 2009(12): 54-59.
- [21] 赵文恩, 韩雅珊, 乔旭光. 类胡萝卜素清除活性氧自由基的机理[J]. 化学通报, 1999(4): 25-27.
- [22] 陈志辉. 胡萝卜素提取纯化及其微胶囊制备工艺研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2005: 4-5.
- [23] 韩磊, 马爱国, 张燕. 补充胡萝卜素对大鼠抗氧化能力及红细胞膜流动性影响的研究[J]. 营养学报, 2005(27): 10-12.
- [24] 何强. 蜂蜜的妙用[J]. 健康向导, 2011, 17(3): 41-41.
- [25] 崔洪. 春季补五脏养肝应为先[J]. 中国食品, 2013(8): 80-83.
- [26] 关丽英. 蜂蜜酒酿造工艺的研究[D]. 福建: 福建农林大学, 2008.
- [27] 王焯. 野蜜蜂蜂蜜包装设计研究[D]. 南昌: 南昌大学, 2013.
- [28] Elena B, Vita K, Grazina J, et al. Solid state fermentation with lactic acid bacteria to improve the nutritional quality of lupin and soya bean[J]. Journal of the Science of food and Agriculture, 2015, 95(6): 1336-42.
- [29] Falade A T, Emmambux M N, Buys E M, et al. Improvement of maize bread quality through modification of dough rheological properties by lactic acid bacteria fermentation[J]. Journal of Cereal Science, 2014, 60(3): 471-476.
- [30] Mazzoli R, Bosco F, Mizrahi I, et al. Towards lactic acid bacteria-based biorefineries[J]. Biotechnology Advances, 2014, 32(7): 1216-1236.
- [31] 辛羚, 郭本恒, 吴正钧. 3株乳酸菌在模拟消化环境中存活性能的研究[J]. 中国乳品业, 2005, 33(5): 15-17.
- [32] 刘冬梅, 李理, 杨晓泉. 用牛津杯法测定益生菌的抑菌活力[J]. 食品研发与开发, 2006, 27(3): 110-111.
- [33] 丁轲, 倪学勤, 潘康成, 等. 三株乳酸杆菌体外抑菌试验的研究[J]. 饲料工业, 2003, 24(3): 19-21.
- [34] 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.
- [35] 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.
- [36] Liang M T, Shah N P. Acid and bile tolerance and cholesterol removal ability of Lactobacilli strains[J]. J Dairy Sci, 2005, 88(1): 55-66.
- [37] 孙立国, 莫蓓红, 将能群. 植物乳杆菌 ST-111 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.
- [38] Siroli L, Patrignani F, Serrazanetti D I, et al. Lactic acid bacteria and natural antimicrobials to improve the safety and shelf-life of minimally processed sliced apples and lamb's lettuce[J]. Food Microbiology, 2015, 47: 74-84.
- [39] Ben Salah-Abbes J, Abbes S, Jebali R, et al. Potential preventive role of lactic acid bacteria against Aflatoxin M-1 immunotoxicity and genotoxicity in mice[J]. Journal of Immunotoxicology, 2015, 12(2): 107-114.
- [40] Coelho M C, Silva CCG, Ribeiro S C, et al. Control of Listeria monocytogenes in fresh cheese using protective lactic acid bacteria[J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 191: 53-59.
- [41] Tabanelli G, Montanari C, Bargossi E, et al. Control of tyramine and histamine accumulation by lactic acid bacteria using bacteriocin forming lactococci[J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 190: 14-23.
- [42] Brosnan B, Coffey A, Arendt E K, et al. The QuEChERS approach in a novel application for the identification of antifungal compounds produced by lactic acid bacteria cultures[J]. Talanta, 2014, 129: 364-373.
- [43] Sabo S D, Vitolo M, Gonzalez J M D, et al. Overview of Lactobacillus plantarum as a promising bacteriocin producer among lactic acid bacteria[J]. Food Research International, 2014, 64: 527-536.
- [44] Ostergaard N B, Eklow A, Daigaard P, et al. Modelling the effect of lactic acid bacteria from starter- and aroma culture on growth of Listeria monocytogenes in cottage cheese[J]. International Journal of Food Microbiology, 2014, 188: 15-25.
- [45] Zou Z Y, He Z F, Li H J, et al. In vitro removal of deoxynivalenol and T-2 toxin by lactic acid bacteria[J]. Food Science and Biotechnology, 2012, 21(6): 1677-1683.

- [46] Robyn J, Rasschaert G, Messens W, et al. Screening for lactic acid bacteria capable of inhibiting *Campylobacter jejuni* in in vitro simulations of the broiler chicken caecal environment[J]. *Beneficial Microbes*, 2012, 3(4): 299-308.
- [47] Lim S M, Ahn D H. Factors Affecting Adhesion of Lactic Acid Bacteria to Caco-2 Cells and Inhibitory Effect on Infection of *Salmonella Typhimurium*[J]. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2012, 22(2): 1731-1739.
- [48] Capozzi V, Russo P, Duenas M T, et al. Lactic acid bacteria producing B-group vitamins: a great potential for functional cereals products[J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2012, 96(6): 1383-1394.
- [49] Mendoza G M, Pasteris S E, Ale C E, et al. Cultivable microbiota of *Lithobates californianus* and advances in the selection of lactic acid bacteria as biological control agents in raniculture[J]. *Research in Veterinary Science*, 2012, 93(3): 1160-1167.
- [50] Pothakos V, Samapundo S, Devlieghere F, et al. Total mesophilic counts underestimate in many cases the contamination levels of psychrotrophic lactic acid bacteria (LAB) in chilled-stored food products at the end of their shelf-life[J]. *Food Microbiology*, 2012, 32(2): 437-443.
- [51] Banjoko I O, Adeyanju M M, Ademuyiwa O, et al. Hypolipidemic effects of lactic acid bacteria fermented cereal in rats[J]. *Lipids in Health and Disease*, 2012, 11(1): 170.
- [52] 刘宇, 孟祥晨. 乳酸菌胞外多糖及其抗肿瘤活性[J]. *中国乳品工业*, 2008, 36(1): 39-43.
- [53] 凌代文, 东秀珠. 乳酸细菌分类鉴定及实验方法[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1993: 85-128.
- [54] 黄绍华, 胡晓波, 王震雷, 等. 山药中多酚氧化酶的活性测定及其护色研究[J]. *食品与发酵工业*, 2005, 31(6): 27-29.
- [55] 孔瑾, 高晗, 胡明利, 等. 双歧杆菌发酵山药、南瓜复合果肉饮料的研究[J]. *食品工业科技*, 2008, 29(4): 174-179.
- [56] 陈钧辉, 陶力, 朱婉华, 等. 生物化学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 4-5.
- [57] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 7-2008 食品中还原糖的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [58] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 6-2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [59] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 5-2010 食品中蛋白质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [60] 艾日登才次克. 西藏部分地区传统发酵乳中微生物和化学组成分析及乳酸菌的分离鉴定[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [61] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5413. 21-2010 婴幼儿食品和乳品中钙、铁、锌、钠、钾、镁、铜和锰的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [62] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 91-2003 食品中钾、钠的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [63] 中华人民共和国卫生部. GB/T 47893-2010 食品微生物学检验大肠菌群计数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [64] 中华人民共和国卫生部. NY/T 434-2007 绿色食品果蔬汁饮料[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [65] 中华人民共和国卫生部. GB 4789. 15-2010 食品微生物学检验霉菌和酵母计数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [66] 苏宇杰, 汪家琦, 周頔, 等. 一种新型怀山药饮料的护色工艺[J]. *食品与发酵工业*, 2012, 38(7): 206-211.

## Optimization of Lactic Acid Bacteria-Fermented Yam-Fruit-Vegetable Beverage Formulation and Process

CHEN Juanjuan, ZHOU Yanqing, WANG Xiangnan

(College of Life Sciences, Henan Normal University; Engineering Laboratory of Biotechnologies for Green Medicinal Plants, Henan Province; Engineering Technology Research Center of Nursing and Utilization of Genuine Chinese Crude Drugs, University of Henan Province, Xinxiang 453007, China)

**Abstract:** A combination of bar yam, grapes, tomatoes, carrots, apples and honey were used as materials. Their combination, including 50% yam juice, 10% grape juice, 20% tomato juice, 10% carrot juice and 10% apple juice, was optimized using single element experiment. They, supplemented with 3% honey, 6% granulated sugar, were fermented with 6% lactic acid bacteria starter, consisting of *Lactobacillus plantarum* CZ, *Lactobacillus plantarum* CA and *Lactobacillus plantarum* CB in the 1:1:1 ratio, for 12 hours at 39 °C in order to develop a lactic acid bacterium fermented yam-fruit-vegetable beverage, whose protein content, fat content, reducing sugar content, sodium content, Vc content and pH value in turn are 0.004 kg · L<sup>-1</sup>, 0.0121 kg · L<sup>-1</sup>, 0.080 kg · L<sup>-1</sup>, 0.000 182 kg · L<sup>-1</sup>, 0.000 102 kg · L<sup>-1</sup> and 4.0 ± 0.2.

**Keywords:** *Dioscorea opposita*; lactic acid bacteria; fermentation; fruit-vegetable beverage