

## 黑果腺肋花楸果汁饮料研制及其品质与抗氧化性评价

王思溥, 朱丹, 宁志雪, 朱立斌, 牛广财, 魏文毅, 苗欣月

### Preparation of Black Chokeberry Juice Beverage and Evaluation of Its Quality and Antioxidant Activity

WANG Sipu, ZHU Dan, NING Zhixue, ZHU Libin, NIU Guangcai, WEI Wenyi, and MIAO Xinyue

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2021020002>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 植物乳杆菌发酵黑果腺肋花楸果汁的工艺优化

Optimization of Fermentation Process of *Aronia melanocarpa* Fruit Juice by *Lactobacillus plantarum*

食品工业科技. 2018, 39(17): 133-138,151

#### 黑果腺肋花楸原花青素的纯化及表儿茶素和原花青素B<sub>2</sub>含量测定

Purification of black chokeberry procyanidins and determination of epicatechin and procyanidins B<sub>2</sub> by HPLC

食品工业科技. 2017(19): 240-244

#### 黑果腺肋花楸果汁的酶解制备工艺优化及其功能性质

Optimization of Enzymatic Hydrolysis for Production of *Aronia melanocarpa* Juice and Its Functional Properties

食品工业科技. 2020, 41(1): 125-131,137

#### 黑果腺肋花楸多酚类物质抗氧化功效的研究进展

Progress of antioxidant activity for polyphenols in *Aronia melanocarpa*

食品工业科技. 2017(09): 396-400

#### 碱蓬草总生物碱提取工艺优化及其对高脂饮食小鼠的体内抗氧化活性

Extraction of Total Alkaloids from *Suaeda salsa* and Its Antioxidant Activity in Mice Fed with High-fat Diet

食品工业科技. 2021, 42(7): 188-194

#### 黑果腺肋花楸原花青素的提取及抑菌性研究

Extraction and antibacterial activity of procyanidins from *Aronia melanocarpa*

食品工业科技. 2017(02): 302-306



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

王思溥, 朱丹, 宁志雪, 等. 黑果腺肋花楸果汁饮料研制及其品质与抗氧化性评价 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(20): 86–93. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020002

WANG Sipu, ZHU Dan, NING Zhixue, et al. Preparation of Black Chokeberry Juice Beverage and Evaluation of Its Quality and Antioxidant Activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(20): 86–93. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020002

# 黑果腺肋花楸果汁饮料研制及其品质 与抗氧化性评价

王思溥<sup>1,2</sup>, 朱丹<sup>3</sup>, 宁志雪<sup>1,2</sup>, 朱立斌<sup>1,2</sup>, 牛广财<sup>1,2,\*</sup>, 魏文毅<sup>1,2</sup>, 苗欣月<sup>1,2</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学食品学院, 黑龙江大庆 163319;

2. 黑龙江省农产品加工工程技术研究中心, 黑龙江大庆 163319;

3. 黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院, 黑龙江大庆 163319)

**摘要:**为研制黑果腺肋花楸果汁饮料并探究其抗氧化活性,以黑果腺肋花楸果实为主要原料,添加蔗糖、柠檬酸和 $\beta$ -环糊精等辅料,以感官评分为指标,通过单因素实验和正交试验确定黑果腺肋花楸果汁饮料的最佳配方为:黑果腺肋花楸浸提汁用量 60%, 60% 蔗糖糖浆添加量 10%, 2% 柠檬酸溶液添加量 2.0%, 1%  $\beta$ -环糊精添加量 3.0%, 该配方所制得的饮料感官评分可达 94.5 分,其富含 16 种氨基酸,总量达到 374.79  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ,具有黑果腺肋花楸果实的特征香气,色泽均一明亮,风味协调爽口,质地均匀;体外抗氧化活性研究表明:该饮料对 DPPH 自由基清除率、羟自由基清除率、ABTS<sup>+</sup>自由基清除能力以及总还原能力分别为 36.42%、32.58%、0.54 mmol/L 和 0.289,说明其具有较好的抗氧化能力。本实验结果为黑果腺肋花楸功能性饮料的开发提供了理论依据。

**关键词:**黑果腺肋花楸, 果汁饮料, 配方, 正交试验, 抗氧化活性

中图分类号: TS225.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)20-0086-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2021020002



本文网刊:

## Preparation of Black Chokeberry Juice Beverage and Evaluation of Its Quality and Antioxidant Activity

WANG Sipu<sup>1,2</sup>, ZHU Dan<sup>3</sup>, NING Zhixue<sup>1,2</sup>, ZHU Libin<sup>1,2</sup>, NIU Guangcai<sup>1,2,\*</sup>, WEI Wenyi<sup>1,2</sup>, MIAO Xinyue<sup>1,2</sup>

(1. Food College, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China;

2. Agri-Food Processing and Engineering Technology Research Center of Heilongjiang Province, Daqing 163319, China;

3. College of Life Science and Technology, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

**Abstract:** In order to develop black chokeberry juice beverage with healthy function and investigate its antioxidant activity, with the black chokeberry fruit as the main raw material, sucrose, citric acid and  $\beta$ -cyclodextrin were added, and sensory scores as the index. By single factor experiments and orthogonal experiment, the optimum formula of black chokeberry fruit juice beverage was determined as follows: The dosage of chokeberry extract juice was 60%, the dosage of 60% sucrose syrup was 10%, the dosage of 2% citric acid solution was 2.0%, and the dosage of 1%  $\beta$ -cyclodextrin was 3.0%. The sensory scores of the beverage prepared by this formula could reach 94.5 scores. The beverage prepared by the formula was rich in 16 kinds of amino acids, with a total amount of 374.79  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , it had the characteristic aroma of black chokeberry fruit, with bright and uniform color, harmonious and refreshing taste, and uniform texture. The results of antioxidant activity *in vitro* showed that the prepared black chokeberry beverage had good antioxidant capacity on DPPH radical scavenging rate, hydroxyl radical scavenging rate, ABTS<sup>+</sup> radical scavenging capacity and total reducing capacity, which reached 36.42%, 32.58%, 0.54 mmol/L and 0.289, respectively. The results of this experiment would provide a theoretical basis for the development of black chokeberry functional beverage.

收稿日期: 2021-02-02

基金项目: 黑龙江八一农垦大学研究生创新科研项目 (YJSCX2021-Y80); 黑龙江省高校首批“新工科”研究与实践项目 (黑教高函 [2018]681 号); 黑龙江八一农垦大学“三横三纵”平台支持计划项目 (PTJH201904)。

作者简介: 王思溥 (1998-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与工程, E-mail: 2726139391@qq.com。

\* 通信作者: 牛广财 (1971-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 农产品贮藏与加工, E-mail: gcnui@126.com。

**Key words:** black chokeberry; fruit juice beverage; formula; orthogonal experiment; antioxidant activity

黑果腺肋花楸 (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) 为蔷薇科腺肋花楸属灌木浆果, 又称野樱莓、不老莓, 在辽宁、吉林、黑龙江、江苏、浙江等多省种植。黑果腺肋花楸果实富含多酚、膳食纤维、蛋白质、脂肪、有机酸、碳水化合物、维生素和矿物质等多种营养物质, 其中, 多酚类物质具有非常重要的保健作用<sup>[1-2]</sup>。黑果腺肋花楸的生物活性显著, 具有良好的抗氧化和抗炎抑菌活性, 可以提高人体免疫力, 保肝明目, 预防糖尿病与心脑血管等疾病<sup>[3-8]</sup>。李美兰等<sup>[9]</sup>连续 8 周给小鼠投喂浓度为 3% 的黑果腺肋花楸溶液发现, 试验组小鼠肝脏组织中的超氧化物歧化酶(SOD)活力升高, 肾脏组织中丙二醛(MDA)含量明显降低, 谷胱甘肽(GSH)相对含量增加, 说明黑果腺肋花楸具有一定抗氧化性。国家卫生健康委员会于 2018 年根据《食品安全法》有关规定, 将黑果腺肋花楸果实正式列为新食品原料(2018 年第 10 号)<sup>[10]</sup>。这为该果实作为一种新食品原料提供了法规支持, 也为其深度开发奠定了基础。

近年来, 国内外对黑果腺肋花楸的栽培、果实成分分析与功能作用的研究较多<sup>[11-13]</sup>。尽管该果实有很强的生理活性, 但由于其本身具有涩味等原因, 大众对黑果腺肋花楸果实的鲜食接受度不高。因此, 果实的深加工就显得尤为重要。目前, 市场上黑果腺肋花楸主要以果酒为主, 其他果汁、果粉、果冻、果酱、果干等产品较少<sup>[14-15]</sup>, 尚处于起步阶段, 而国外黑果腺肋花楸果汁类产品已经商业化。由于黑果腺肋花楸果实中的原花青素等物质, 使果汁具有很明显的涩味和收敛性。为解决这一问题, 本实验中采用  $\beta$ -环糊精改善原果汁的涩味, 辅以蔗糖、柠檬酸等原料, 提高产品整体风味, 并对其抗氧化活性和主要理化指标进行测定, 以期黑果腺肋花楸新食品原料的开发提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

黑果腺肋花楸果 鲜果, 延边黑果科技发展有限公司; 柠檬酸 连云港龙泰威食品配料有限公司; 果胶酶(40 U/mg)、纤维素酶(30 U/mg) 泰兴一鸣生物制品有限公司; 1,1-二苯基-2-苦肼基(DPPH) 梯希爱(上海)化成工业发展有限公司; ABTS 法总抗氧化能力检测试剂盒 南京建成生物工程研究所; 原花青素标准品(UV  $\geq 95\%$ ) 上海源叶生物科技有限公司; 过氧化氢、无水乙醇、水杨酸、硫酸亚铁、磷酸、铁氰化钾、三氯乙酸、 $\beta$ -环糊精、 $V_C$ 、香草醛、无水甲醇等 分析纯, 天津大茂化学试剂厂。

WBL1021S 打浆机 美的生活电器制造有限公司; 恒温水浴锅 天津泰斯特仪器有限公司; WS108 型手持糖度计 上海测维光电技术有限公司; HY-4T 调速振荡器 上海力辰仪器科技有限

公司; GYB1003 高压均质机 上海东华均质机厂; EX324 电子分析天平 奥豪斯仪器(上海)有限公司; TG16-WS 离心机 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司; UV-1100 紫外可见分光光度计 上海凌析达仪器公司; L-8900 全自动氨基酸分析仪 日本日立公司(HITACHI); pHS-25 酸度仪 上海平轩科学仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 黑果腺肋花楸果汁饮料制备

##### 1.2.1.1 工艺流程

蔗糖糖浆、柠檬酸、 $\beta$ -环糊精  
↓  
鲜果→挑选→打浆→酶解→过滤→调配→均质→脱气→灌装→杀菌→冷却→成品

1.2.1.2 操作要点 打浆与酶解: 对新鲜的黑果腺肋花楸果实进行挑选, 剔除腐烂伤病的果实, 选择颗粒饱满的作为原料。经除梗、清洗后, 按照黑果果实与纯净水 1:2 的比例添加纯净水, 用打浆机破碎成果浆, 并进行酶解。纤维素酶与果胶酶的比例为 5:4, 酶的添加量控制在原料的 0.06% 左右, 于 45 °C 恒温水浴条件下, 酶解 3.5 h<sup>[16]</sup>; 过滤: 将酶解后的黑果果浆在 60 目绢布下进行过滤, 滤去果渣后, 得到黑果腺肋花楸浸提汁备用; 调配: 将白砂糖溶解于纯净水中, 加热溶化, 过滤后制成 60% 的蔗糖糖浆; 柠檬酸、 $\beta$ -环糊精分别配成 2% 的柠檬酸溶液和 1% 的  $\beta$ -环糊精, 并按照配方剂量将这些辅料添加至黑果腺肋花楸浸提汁中, 加入纯净水后混合均匀, 调配制成黑果腺肋花楸果汁饮料; 均质与脱气: 使用高压均质机将经过调配的饮料进行均质, 在 25 MPa 下均质 10 min<sup>[17]</sup>, 然后于 0.05 MPa 的真空条件下脱气 15 min; 灌装与杀菌: 将均质脱气后的饮料灌装到灭菌的玻璃瓶中并封盖, 在 85 °C 下杀菌 30 min, 冷却至室温后得到黑果腺肋花楸果汁饮料成品。

##### 1.2.2 单因素实验

1.2.2.1 黑果腺肋花楸浸提汁用量对饮料感官评分的影响 在蔗糖糖浆添加量为 10%, 柠檬酸添加量 2%,  $\beta$ -环糊精添加量 4% 的条件下, 考察黑果腺肋花楸浸提汁用量(45%、50%、55%、60%、65%)对黑果腺肋花楸果汁饮料感官评分的影响。

1.2.2.2 蔗糖糖浆添加量对饮料感官评分的影响 在黑果腺肋花楸浸提汁用量为 55%, 柠檬酸添加量 2%,  $\beta$ -环糊精添加量 4% 的条件下, 考察蔗糖糖浆添加量(6%、8%、10%、12%、14%)对黑果腺肋花楸果汁饮料感官评分的影响。

1.2.2.3 柠檬酸添加量对饮料感官评分的影响 在黑果腺肋花楸浸提汁用量为 55%, 蔗糖糖浆添加量 10%,  $\beta$ -环糊精添加量 4% 的条件下, 考察柠檬酸添加量(1.0%、1.5%、2.0%、2.5%、3.0%)对黑果腺肋花

楸果汁饮料感官评分的影响。

1.2.2.4  $\beta$ -环糊精添加量对饮料感官评分的影响 在黑果腺肋花楸浸提汁用量为 55%，蔗糖糖浆添加量 10%，柠檬酸添加量 2% 的条件下，考察  $\beta$ -环糊精添加量(2.0%、3.0%、4.0%、5.0%、6.0%)对黑果腺肋花楸果汁饮料感官评分的影响。

1.2.3 正交试验 通过单因素实验确定黑果腺肋花楸浸提汁、蔗糖糖浆、柠檬酸以及  $\beta$ -环糊精四个影响因素的添加量范围，为该黑果腺肋花楸果汁饮料的配方设计四因素三水平  $L_9(3^4)$  的正交试验，其因素水平表见表 1。

表 1 正交试验因素水平表

Table 1 Factors and levels table of the orthogonal experiment

水平	A黑果浸提汁(%)	B蔗糖糖浆(%)	C柠檬酸(%)	D $\beta$ -环糊精(%)
1	50	8	1.5	2.0
2	55	10	2.0	3.0
3	60	12	2.5	4.0

1.2.4 指标测定

1.2.4.1 感官指标 随机选择 10 位经过食品感官评价培训的人员，对调配的饮料进行感官品评，满分 100 分。根据所调配饮料的口味(40%)、香气(30%)、色泽(15%)、组织状态(15%)四方面因素的综合感官特性，在参考刘艳怀等<sup>[18]</sup>评分标准的基础上进行修改，依据表 2 所示的感官评分标准给出相应分数，最终评分取平均值。

1.2.4.2 理化指标测定 总酸含量测定：参照 GB/T 12456-2008《食品中总酸的测定》的方法测定<sup>[19]</sup>；可溶性固形物含量测定：参照 GB/T 12143-2008《饮料通用分析方法》中折光计法测定<sup>[20]</sup>；pH：使用酸度计在室温下进行测定；氨基酸测定：采用全自动氨基酸分析仪<sup>[21]</sup>；原花青素含量的测定：参照徐杰等<sup>[16]</sup>方法。

1.2.4.3 微生物指标测定 菌落总数检测：参照 GB 4789.2-2016 规定的方法<sup>[22]</sup>；大肠菌群检测：参照 GB 4789.3-2016 规定的方法<sup>[23]</sup>；沙门氏菌检测：参照 GB 4789.4-2016 规定的方法<sup>[24]</sup>；金黄色葡萄球菌检测：参照 GB 4789.10-2016 规定的方法进行检测<sup>[25]</sup>。

1.2.4.4 DPPH 自由基清除能力的测定 参考文献

[26-27] 方法，取稀释后的样液 2 mL 于试管中，加入 2 mL 0.2 mmol/L 的 DPPH 乙醇溶液，摇匀，在 25 °C 水浴中保温 20 min；无水乙醇溶液调零，于 517 nm 处测定吸光度值  $A_1$ ；用无水乙醇溶液替代样液为空白对照，测其吸光度值  $A_0$ ；然后用无水乙醇代替 DPPH 乙醇溶液，测定吸光度值  $A_2$ 。按照公式(1)计算。

$$DPPH \text{ 自由基清除能力}(\%) = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100$$

式 (1)

式中： $A_0$ —空白吸光度值； $A_1$ —样品吸光度值； $A_2$ —样品在体系中吸光度值。

1.2.4.5 羟自由基清除能力的测定 参考文献 [28] 方法，取 2 mL 样液于试管中，分别加入 6 mmol/L  $H_2O_2$  溶液和 6 mmol/L  $FeSO_4$  溶液各 2 mL，摇匀后静置 10 min，再加入 6 mmol/L 水杨酸溶液 2 mL，摇匀后置于 37 °C 保温 1 h，于 510 nm 处测定吸光度值  $A_1$ ；以去离子水为参比溶液，测定其吸光度值  $A_0$ ，再以蒸馏水替代水杨酸溶液，测定其吸光度值  $A_2$ 。按照公式(2)计算。

$$\text{羟自由基清除能力}(\%) = \frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \times 100$$

式 (2)

式中： $A_0$ —参比吸光度值； $A_1$ —样液吸光度值； $A_2$ —样液在体系中吸光度值。

1.2.4.6 ABTS<sup>+</sup>自由基清除能力的测定 采用总抗氧化能力检测试剂盒测定，参照盒中说明书的方法，根据 ABTS<sup>+</sup>自由基清除能力的标准曲线方程： $y = -1.1214x + 1.1262 (R^2 = 0.9957)$  进行计算。其中，x 表示吸光度值，y 为 ABTS<sup>+</sup>自由基清除能力。

1.2.4.7 总还原能力的测定 参考文献 [29] 方法，取 1 mL 样液于试管中，加入 pH6.6 的磷酸缓冲液和 1 g/100 mL 铁氰化钾溶液各 2.5 mL，于 50 °C 水浴中保温 20 min，再加入 10 g/100 mL 的三氯乙酸溶液 2.5 mL，充分震荡后离心，取 2.5 mL 上清液，加入蒸馏水和 1 g/100 mL 的铁氰化钾各 2.5 mL，混匀后静置 10 min，于 700 nm 处测定其吸光度(OD)值，OD 值越大，反应所测样液的总还原力越强。

表 2 黑果腺肋花楸饮料感官评分标准(分)

Table 2 Sensory evaluation standard of black chokeberry beverage(scores)

项目	评分标准			
滋味口感 (40)	糖/酸比例适中，酸甜可口，风味协调，略有涩味，口感好，爽口。(35~40)	糖/酸比例基本合适，风味比较协调，涩味较轻，口感较好，可接受。(28~34)	糖/酸比例不合适，偏酸或偏甜，涩味较重，口感一般，勉强接受。(21~27)	糖/酸比例严重失调，涩味特别严重，风味不协调，口感不佳，无法接受。(1~20)
香气 (30)	黑果特征香味突出，果香浓郁，香味协调，无异味。(26~30)	黑果特征香味比较突出，香气明显，香味较为协调，无异味。(21~25)	黑果特征香味不够突出，香气不明显，香味协调性一般，略有异味。(16~20)	无黑果特征香味，香气寡淡，香味不协调，有明显异味。(1~15)
色泽 (15)	色泽明亮均一，呈诱人的紫黑色。(13~15)	紫黑色较好，色泽均一，但不够明亮。(10~12)	颜色偏深或偏浅，色泽较暗。(7~9)	颜色过深或过浅，色泽黯淡无光。(1~6)
组织状态 (15)	质地均匀细腻，无沉淀和杂质，无分层现象。(13~15)	质地比较均匀，有轻微沉淀，无杂质。(10~12)	质地均匀性一般，有沉淀和杂质，轻微分层。(7~9)	质地不均匀，产品浑浊，沉淀和杂质较多，分层严重。(1~6)

### 1.3 数据处理

本实验采用 Excel2010 软件和 SPSS25.0 软件进行作图和统计分析,实验结果均采用平均值±标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 黑果腺肋花楸浸提汁用量的选择

黑果腺肋花楸果汁呈诱人的紫黑色,色泽明亮,果香浓郁,能够赋予饮料鲜亮的颜色和良好的风味。黑果腺肋花楸浸提汁用量对感官评分的影响较大,如图 1 所示,当浸提汁添加量在 55%~60% 的范围时,所调配饮料的口味、香气、色泽和组织状态等方面的感官特性较好,评分能达到 90 分左右,这与毛晓峰等<sup>[30]</sup>研究黑果腺肋花楸蓝莓复合果汁的果汁总添加量 54%(黑果腺肋花楸汁 22%,蓝莓汁 32%)以及刘艳怀等<sup>[18]</sup>研制的黑果腺肋花楸黑枸杞复合饮料配方中果浆添加量 60%(黑果腺肋花楸浆 20%,黑枸杞浆 40%)的比例范围一致。当浸提汁用量低于 50% 时,饮料的色泽和风味相对较差,感官评分低于 80 分;当浸提汁用量高于 60% 时,虽然饮料的风味较好,但其糖酸比严重失调,评分较低。由此可见,黑果腺肋花楸浸提汁的用量控制在 50%~60% 较为合适,因此,选择 50%、55%、60% 三个水平进行正交试验。

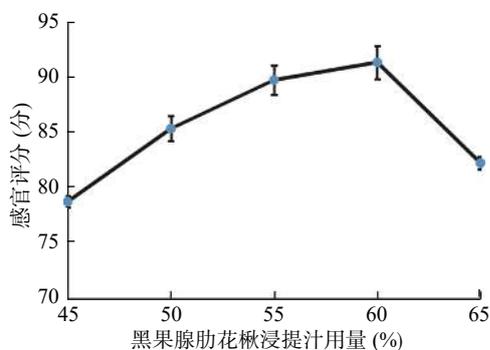


图 1 黑果腺肋花楸浸提汁用量对饮料感官评分的影响  
Fig.1 Effect of black chokeberry extract content on sensory score of the beverage

### 2.2 蔗糖糖浆添加量的选择

添加蔗糖能够改善果汁饮料的糖酸比,使其风味协调,酸甜可口。将白砂糖在加热的条件下溶解于纯净水中,配制浓度为 60% 的蔗糖糖浆,可以使蔗糖溶解均匀,提高饮料的澄清度。从图 2 中可以看出,当蔗糖糖浆添加量为 10% 时,饮料整体风味协调,酸甜爽口,感官评分达到 90.5 分,这与王雪松等<sup>[31]</sup>在黑果腺肋花楸酵素饮料中 6% 蔗糖的添加量相一致。但是,当蔗糖量添加过多或过少时,感官评分下降至 85 分以下,饮料的酸甜比例失调,对感官特性产生不利影响。因此,60% 蔗糖糖浆的添加量应控制在 8%~12% 的范围内,即选择 8%、10%、12% 三个水平进行正交试验。

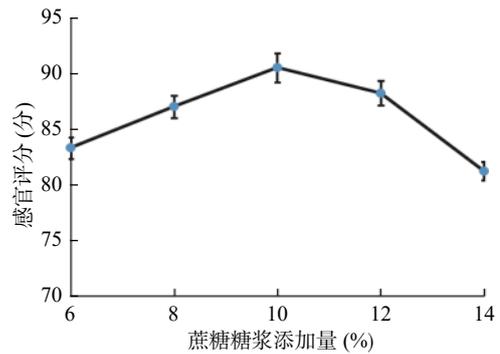


图 2 蔗糖糖浆添加量对黑果饮料感官评分的影响

Fig.2 Effect of sucrose syrup content on sensory score of black chokeberry beverage

### 2.3 柠檬酸添加量的选择

柠檬酸具有温和爽快的酸味,是一种良好的酸味剂。同时,添加柠檬酸能够调节饮料的 pH 呈酸性,有利于抑菌和产品的保存<sup>[32]</sup>。由图 3 可知,当柠檬酸的添加量在 1.5%~2.5% 时,所调配的饮料酸味适口,口感清爽,感官评分在 87.8~89.8 分之间;当添加量高于 2.5% 时,饮料的酸味过于突出,糖酸比不协调,掩盖了其他的风味;当添加量低于 1.5% 时,则饮料的口味偏淡,感官评分较低。因此,2% 柠檬酸添加范围控制在 1.5%~2.5% 为宜,要稍低于黑果腺肋花楸蓝莓复合饮料中 0.08% 的柠檬酸添加量<sup>[30]</sup>,目的是更好地保持黑果腺肋花楸果汁原有的风味。因此,选择 1.5%、2.0%、2.5% 三个水平进行正交试验。

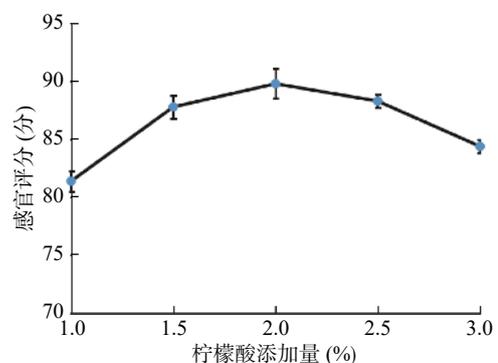


图 3 柠檬酸添加量对黑果饮料感官评分的影响

Fig.3 Effect of citric acid content on sensory score of black chokeberry beverage

### 2.4 $\beta$ -环糊精添加量的选择

黑果腺肋花楸果汁的涩味较明显,在调配时会很大程度影响饮料的风味。 $\beta$ -环糊精常作为苦味物质的包埋剂,它易溶于水,可以在不影响果汁的营养成分情况下达到掩盖苦味的效果<sup>[33]</sup>。由图 4 可知,当  $\beta$ -环糊精的添加量为 3% 左右时,感官评分可达 89.8 分,制得的饮料具有较高评分,说明  $\beta$ -环糊精的包埋作用能够有效减轻黑果腺肋花楸浸提汁的苦涩味<sup>[34]</sup>。但是,当添加量高于 4% 时,饮料口感不好,感官评分开始下降。因此, $\beta$ -环糊精的用量范围控制在 2%~4% 为宜,选择 2%、3%、4% 三个水平进行正交试验。

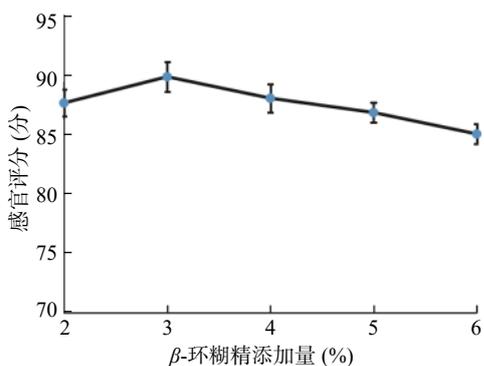


图4 β-环糊精添加量对黑果饮料感官评分的影响

Fig.4 Effect of β-cyclodextrin content on sensory score of black chokeberry beverage

### 2.5 正交试验结果

对黑果腺肋花楸果汁饮料感官评分进行正交试验的结果如表3所示,由极差分析的R值可知,对黑果腺肋花楸果汁饮料感官品质影响因素的主次顺序为:A黑果腺肋花楸浸提汁用量>B蔗糖糖浆添加量>C柠檬酸添加量>Dβ-环糊精添加量。由表4的方差分析结果可知,因素A的差异性显著(P<0.05),其他几个因素的差异性不显著,即黑果腺肋花楸浸提汁用量对该果汁饮料的感官评分影响最大,影响效果最为显著(P<0.05)。根据表3中的k值,可以得到黑果腺肋花楸果汁饮料的最佳配方为A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>2</sub>,即黑果腺肋花楸浸提汁的用量为60%,60%蔗糖糖浆的添加量为10%,2%柠檬酸溶液的添加量2.0%,1%β-环糊精的添加量3.0%。按照此最佳配方进行3次验证性实验,所调配的黑果腺肋花楸果汁饮料感官评分为94.5分。

表3 正交试验结果

Table 3 Results of the orthogonal experiment

实验号	A	B	C	D	感官评分(分)
1	1	1	1	1	81.2
2	1	2	2	2	88.6
3	1	3	3	3	83.2
4	2	1	2	3	85.4
5	2	2	3	1	87.5
6	2	3	1	2	84.6
7	3	1	3	2	90.7
8	3	2	1	3	92.3
9	3	3	2	1	91.8
k <sub>1</sub>	84.33	85.77	86.03	86.83	
k <sub>2</sub>	85.83	89.47	88.60	87.97	
k <sub>3</sub>	91.60	86.53	87.13	86.97	
R	7.27	3.70	2.57	1.14	

### 2.6 黑果腺肋花楸果汁饮料的品质评价

2.6.1 感官指标 黑果腺肋花楸果汁饮料的糖酸比例适中,整体风味协调,口感清爽;具有较浓郁的黑果腺肋花楸果实的特征香气,香味协调柔和;色泽明亮均匀,呈诱人的紫黑色;组织状态均匀一致。

表4 正交试验方差分析表

Table 4 Variance analysis for the orthogonal test

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	P值	显著性
A	88.309	2	44.154	38.358	0.025	*
B	22.882	2	11.441	9.939	0.091	
C	9.949	2	4.974	4.321	0.188	
误差	2.302	2	1.151			
总差异	123.442	8				

注: \*表示差异显著(P<0.05)。

2.6.2 主要理化指标 黑果腺肋花楸果汁饮料中浸提汁含量为60%,原花青素含量为258.34 mg/100 g;可溶性固形物≥13%,pH为3.8~4.2。说明饮料的营养成分丰富,营养价值较高,饮料pH低于4.5有利于抑制微生物生长,且常压杀菌就可达到杀菌效果。

2.6.3 氨基酸含量指标 黑果腺肋花楸果汁饮料氨基酸组成情况如表5所示。由表5可知,该饮料中共检测出16种氨基酸,总量达到374.79 μg/mL,其中,亮氨酸、精氨酸和赖氨酸的含量位居前3位,分别为63.42、49.66和46.28 μg/mL;必需氨基酸含量为179.81 μg/mL,必需氨基酸/总氨基酸(essential amino acid/total amino acids, EAA/TAA)为47.98%,高于蛋白质理想模式(EAA/TAA ≈ 40%),其高于贾晓韩等<sup>[35]</sup>研究黑果腺肋花楸中必需氨基酸含量占总水解氨基酸的39.57%,这可能与原料本身的差异或工艺流程不同有关;本产品中必需氨基酸/非必需氨基酸(essential amino acid/nonessential amino acid,

表5 黑果腺肋花楸果汁饮料的氨基酸组成

Table 5 Amino acid composition of black chokeberry beverage

序号	氨基酸	含量(μg/mL)
1	谷氨酸 <sup>#</sup>	20.53
2	丝氨酸	37.74
3	甘氨酸 <sup>#</sup>	1.19
4	组氨酸	16.64
5	苏氨酸 <sup>*</sup>	15.02
6	丙氨酸	14.83
7	精氨酸 <sup>#</sup>	49.66
8	脯氨酸	8.14
9	酪氨酸 <sup>#</sup>	33.15
10	缬氨酸 <sup>*</sup>	4.13
11	甲硫氨酸 <sup>#</sup>	2.04
12	半胱氨酸	13.10
13	异亮氨酸 <sup>*</sup>	38.99
14	亮氨酸 <sup>#</sup>	63.42
15	苯丙氨酸 <sup>#</sup>	9.93
16	赖氨酸 <sup>#</sup>	46.28
总氨基酸总量		374.79
EAA/TAA(%)		47.98
EAA/NEAA(%)		92.22
药用氨基酸与氨基酸总量比值(%)		60.35
呈味氨基酸与氨基酸总量比值(%)		84.16
支链氨基酸与氨基酸总量比值(%)		28.43

注: \*为必需氨基酸;#为药用氨基酸。

EAA/NEAA)为 92.22%,远高于蛋白质理想模式(EAA/NEAA $\geq$ 60%),且高于沙棘、树莓等浆果的 EAA/NEAA 指标<sup>[36-37]</sup>,这表明黑果腺肋花楸果汁饮料是理想的蛋白质来源,营养价值较高。此外,黑果腺肋花楸果汁饮料中还包含 8 种药用氨基酸,占氨基酸总量的 60.35%,具有一定的药用价值。其中,含量较高的 3 种药用氨基酸,例如,亮氨酸能分泌胰岛素和胰高血糖素样肽-1(GLP-1)降低机体血糖<sup>[38]</sup>,精氨酸可以通过调节内分泌激素进行免疫调节,增强肌体免疫力<sup>[39]</sup>,赖氨酸常作为限制性氨基酸,对促进钙吸收起到至关重要的作用<sup>[40]</sup>。同时,该果汁饮料中富含多种呈味氨基酸,其含量较高,占氨基酸总量的 84.16%,不同的呈味氨基酸相互协调,构成了该果汁饮料特有的风味;支链氨基酸有保肝护肝、抑制癌细胞、降低胆固醇等功效<sup>[41]</sup>,黑果腺肋花楸果汁饮料中的支链氨基酸占氨基酸总量的 28.43%。由此可见,该果汁饮料不仅氨基酸种类丰富,而且含量较高,具有重要的医疗保健价值,其开发前景广阔。

**2.6.4 微生物指标** 黑果腺肋花楸果汁饮料的菌落总数 $<100$  CFU/mL,大肠杆菌未检出,致病菌未检出。该产品的上述指标,符合 GB 7101-2015《食品安全国家标准 饮料》中菌落总数 $<10^4$  CFU/mL 的要求<sup>[42]</sup>。

## 2.7 黑果腺肋花楸饮料的抗氧化能力

以 4 mg/mL 的维生素 C 溶液作为对照,分别对黑果腺肋花楸果汁饮料产品的 DPPH 自由基清除能力、羟自由基清除能力、ABTS 自由基清除能力以及总还原能力进行测定。由表 6 可以看出,本研究所制得的黑果腺肋花楸果汁饮料的抗氧化能力虽然不及维生素 C,但也具有一定的抗氧化活性,其对 DPPH 自由基清除率为 36.42%,羟自由基清除率为 32.58%,对 ABTS 自由基的清除能力为 0.54 mmol/L,总还原能力为 0.289。该结果略低于张海平等<sup>[43]</sup>研究中黑果腺肋花楸鲜榨果汁的 DPPH 自由基清除能力(52.25%)、羟自由基清除能力(49.69%)和总还原能力(0.372),这可能是由于黑果腺肋花楸鲜果汁中活性成分含量较高,因此其上述抗氧化指标的数值较高,而本研究中是经过调配的饮料,在口感和风味上具有更高的接受度。综上,利用本实验配方调配的黑果腺肋花楸果汁饮料不仅品质较佳,还具有一定程度的抗氧化能力,适宜生产具有保健作用的功能性

表 6 黑果腺肋花楸果汁饮料的抗氧化能力

Table 6 Antioxidant capacity of black chokeberry beverage

检测指标	维生素 C (4 mg/mL)	黑果腺肋花楸 果汁饮料
DPPH 自由基清除率(%)	95.80 $\pm$ 0.74	36.42 $\pm$ 0.39
羟自由基清除能力(%)	73.21 $\pm$ 0.42	32.58 $\pm$ 0.57
ABTS 自由基清除能力(mmol/L)	0.96 $\pm$ 0.18	0.54 $\pm$ 0.05
总还原能力(以 OD 值表示)	1.792 $\pm$ 0.036	0.289 $\pm$ 0.023

饮料。

## 3 结论

本实验以黑果腺肋花楸果实为主要原料,制备了具有营养保健功能的黑果腺肋花楸果汁饮料,并确定其最佳配方:黑果腺肋花楸浸提汁用量为 60%,60% 蔗糖糖浆添加量 10%,2% 的柠檬酸添加量 2.0%,1%  $\beta$ -环糊精添加量 3.0%。在此条件下调配的果汁饮料富含 16 种氨基酸,总量可达到 374.79  $\mu$ g/mL,具有浓郁的黑果腺肋花楸特征香气,色泽均一明亮,整体风味协调爽口,质地均匀,感官评分可达 94.5 分。抗氧化活性结果显示:该饮料产品对 DPPH 自由基清除率、羟自由基清除率、ABTS 自由基清除能力以及总还原能力分别为 36.42%、32.58%、0.54 mmol/L 和 0.289。研制的黑果腺肋花楸果汁饮料具有较高的抗氧化活性,具有广阔的市场前景和开发潜力。

## 参考文献

- [1] Denev P, Kratchanova M, Petrova I, et al. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliot) fruits and functional drinks differ significantly in their chemical composition and antioxidant activity[J]. *Journal of Chemistry*, 2018, 2018: 1-11.
- [2] 宋健刚.黑果腺肋花楸果实活性成分的提取、纯化及体外活性研究[D].吉林:吉林化工学院,2019. [Song J G. Study on the extraction, purification technology and activity *in vitro* of active components from *Aronia melanocarpa* fruits[D]. Jilin: Jilin Institute of Chemical Technology, 2019.]
- [3] 孙智谋,张佳霖,周旭.黑果腺肋花楸多酚类物质抗氧化功效的研究进展[J].食品工业科技,2017,38(9):396-400. [Sun Z M, Zhang J L, Zhou X. Progress of antioxidant activity for polyphenols in *Aronia melanocarpa*[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(9): 396-400.]
- [4] Derek A Martin, Rod Taheri, Mark H Brand, et al. Anti-inflammatory activity of aronia berry extracts in murine splenocytes[J]. *Journal of Function Food*, 2014, 8: 68-75.
- [5] Btżowska, Małgorzata M, Jurczuk M, et al. Polyphenolic compounds from *Aronia melanocarpa* berries protect from cadmium accumulation in the liver and kidney of rats[J]. *Toxicology Letters*, 2013, 221(S181): 14-23.
- [6] Yang J, Gao J, Yu W, et al. The effects and mechanism of *Aronia melanocarpa* Elliot anthocyanins on hepatic fibrosis[J]. *Journal of Functional Foods*, 2020, 68: 103897.
- [7] Badescu M, Badulescu O, Badescu L, et al. Effects of *Sambucus nigra* and *Aronia melanocarpa* extracts on immune system disorders within diabetes mellitus[J]. *Pharmaceutical Biology*, 2015, 53: 533-539.
- [8] Kardum N, Milovanović B, Šavikin K, et al. Beneficial effects of polyphenol-rich chokeberry juice consumption on blood pressure level and lipid status in hypertensive subjects[J]. *Journal of Medicinal Food*, 2015, 18(11): 1231-1238.
- [9] 李美兰,黄金珠,李红梅,等.黑果腺肋花楸对小鼠肝肾抗氧化性的初步研究[J].畜牧与饲料科学,2018,39(10):1-3. [Li M L, Huang J Z, Li H H, et al. A preliminary study on effect of *Aronia*

- melanocarpa* on antioxidant capacity of liver and kidney in mice[J]. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2018, 39(10): 1-3. ]
- [ 10 ] 国家卫生健康委员会. 关于黑果腺肋花楸果等2种新食品原料的公告 2018年第10号[J]. 中国食品卫生杂志, 2018, 30(6): 638. [ National Health Commission of the People's Republic of China. Announcement on two new food ingredients including black chokeberry No. 10 of 2018[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2018, 30(6): 638. ]
- [ 11 ] 施林燕, 汤佳蕾, 张占兵. 黑果腺肋花楸的遗传多样性与功效成分以及高附加值衍生产品的开发[J]. 河北农业科学, 2019, 23(5): 71-74, 87. [ Shi Y L, Tang J L, Zhang Z B. Genetic diversity, functional components and development of highly value-added of *Aronia melanocarpa*[J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2019, 23(5): 71-74, 87. ]
- [ 12 ] 胡文泽, 李森, 郭东旭, 等. 黑果腺肋花楸研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(23): 316-322. [ Hu W Z, Li M, Guo X D, et al. Research progress on *Aronia melanocarpa*[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46(23): 316-322. ]
- [ 13 ] Sidor A, Drożdżyńska A, Gramza-Michałowska A. Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and its products as potential health-promoting factors-An overview[J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2019, 89: 45-60.
- [ 14 ] 陈妍竹, 胡文忠, 姜爱丽, 等. 黑果腺肋花楸功能作用及食品加工研究进展[J]. 食品工业科技, 2016, 37(9): 397-400. [ Chen Y Z, Hu W Z, Jiang A L, et al. Food processing and functional character of *Aronia melanocarpa*[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(9): 397-400. ]
- [ 15 ] 王莹, 柳青, 陈月, 等. 黑果腺肋花楸活性成分及研究开发进展[J]. 食品工业, 2020, 41(6): 249-253. [ Wang Y, Liu Q, Xu Y, et al. Research development and active ingredients in *Aronia melanocarpa*[J]. *The Food Industry*, 2020, 41(6): 249-253. ]
- [ 16 ] 徐杰, 李新光, 王建中, 等. 黑果腺肋花楸果汁的酶解制备工艺优化及其功能性质[J]. 食品工业科技, 2020, 41(1): 125-131, 137. [ Xu J, Li X G, Wang J Z, et al. Optimization of enzymatic hydrolysis for production of *Aronia melanocarpa* juice and its functional properties[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(1): 125-131, 137. ]
- [ 17 ] 丁青芝, 白薇, 范婷婷, 等. 草莓-胡萝卜复合果蔬汁的加工工艺及悬浮稳定性[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(6): 242-245. [ Ding Q Z, Bai W, Fan T T, et al. Processing technology and suspension stability of strawberry-carrot compound fruit and vegetable juice[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2014, 42(6): 242-245. ]
- [ 18 ] 刘艳怀, 尹俊涛, 雷勇, 等. 黑果腺肋花楸黑枸杞复合饮料工艺研究[J]. 农产品加工, 2020, 19(10): 48-51. [ Liu Y H, Yin J T, Lei Y, et al. Processing technology of composite beverage with *Aronia melanocarpa* and *Lycium ruthenicum* Murr[J]. *Farm Products Processing*, 2020, 19(10): 48-51. ]
- [ 19 ] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008. [ General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 12456-2008 Determination of total acids in food[S]. Beijing: China Standards Press, 2008. ]
- [ 20 ] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 12143-2008 饮料通用分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009. [ General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of China. GB/T 12143-2008 General analysis method of beverage[S]. Beijing: China Standards Press, 2008. ]
- [ 21 ] 陈小伟, 程勇杰, 范昊安, 等. 草莓酵素发酵过程中氨基酸成分分析和蛋白质营养评价[J]. 食品工业科技, 2018, 39(17): 64-70, 78. [ Chen X W, Cheng Y J, Fan A H, et al. Amino acid composition analysis and protein nutrition evaluation of strawberry Jiaosu during fermentation process[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(17): 64-70, 78. ]
- [ 22 ] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 4789.2-2016 食品微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [ National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 4789.2-2016 Determination of total bacterial count in food microbiological examination[S]. Beijing: China Standards Press, 2016. ]
- [ 23 ] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 4789.3-2016 食品微生物学检验大肠菌群计数[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [ National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 4789.3-2016 Food microbiological examination coliform count[S]. Beijing: China Standards Press, 2016. ]
- [ 24 ] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 4789.4-2016 食品微生物学检验沙门氏菌检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [ National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 4789.4-2016 Food microbiological examination *Salmonella* examination[S]. Beijing: China Standards Press, 2016. ]
- [ 25 ] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 4789.10-2016 食品微生物学检验金黄色葡萄球菌检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [ National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, China Food and Drug Administration. GB 4789.10-2016 Food microbiology test *Staphylococcus aureus* test[S]. Beijing: China Standards Press, 2016. ]
- [ 26 ] 颜飞翔, 董佳萍, 陈龙, 等. 北五味子麦芽酵素的制备及其抗氧化活性[J]. 中国酿造, 2019, 38(12): 116-119. [ Yan F X, Dong J P, Chen L, et al. Preparation and antioxidant activity of *Schisandra chinensis* and malt Jiaosu[J]. *China Brewing*, 2019, 38(12): 116-119. ]
- [ 27 ] 邢珂慧, 黄凤玲, 邵佩兰, 等. 红枣果汁果渣与果酒果渣中色素抗氧化活性的比较[J]. 食品工业科技, 2020, 41(5): 274-280. [ Xing K H, Huang F L, Shao P L, et al. The comparative study of antioxidant activity of pigment from jujube juice pomace and wine pomace[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(5): 274-280. ]
- [ 28 ] 李昱鼎. 竹茶酒发酵工艺优化及抗氧化特性研究[D]. 福

- 州:福建农林大学,2013. [LI Y D. Study on fermentation technique of bamboo-tea wine and its antioxidant activities[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.]
- [29] 刘长蛟,张守勤,王晓英,等.五味子果汁与种子抗氧化活性研究[J]. *食品研究与开发*,2014,35(14):6-9. [Liu C J, Zhang S Q, Wang X Y, et al. Antioxidant activity of *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill juice and seeds[J]. *Food Research and Development*, 2014, 35(14): 6-9.]
- [30] 毛晓峰,刘艳怀.黑果腺肋花楸蓝莓复合饮料工艺研究[J]. *农产品加工*,2020,19(22):35-38,43. [Mao X F, Liu Y H. Processing technology of composite beverage with *Aronia melanocarpa* and blueberry[J]. *Farm Products Processing*, 2020, 19(22): 35-38, 43.]
- [31] 王雪松,张素敏,隋韶奕,等.黑果腺肋花楸酵素饮料的研制[J]. *农业科技与装备*,2020,42(6):28-30. [Wang X S, Zhang S M, Sui S Y, et al. Development of *Aronia melanocarpa* enzyme beverage[J]. *Agricultural Science & Technology and Equipment*, 2020, 42(6): 28-30.]
- [32] 张萍,梁引库,李云祥,等.一种蒲公英饮料的研制[J]. *现代食品科技*,2020,36(2):201-209,276. [Zhang P, Liang Y K, Li Y X, et al. Development of a dandelion beverage[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(2): 201-209, 276.]
- [33] 童观珍,樊莹润,李泽林,等.响应面设计优化丽江海棠果果汁饮料配方[J]. *食品研究与开发*,2019,40(24):85-91. [Tong G Z, Fan Y R, Li Z L, et al. Formula optimization for *Malus rockii* Rehd. juice beverage by Box-Behnken design[J]. *Food Research and Development*, 2019, 40(24): 85-91.]
- [34] 刘树兴,罗霄山.桑叶饮料的研制[J]. *食品科学*,2011,32(S1):113-115. [Liu S X, Luo X S. Development of mulberry drink[J]. *Food Science*, 2011, 32(S1): 113-115.]
- [35] 贾晓韩,李晓菁,宋立琴,等.黑果腺肋花楸和欧李果实成分的分析[J]. *落叶果树*,2020,52(2):18-20. [Jia X H, Li X J, Song L Q, et al. Analysis of fruit components of *Aronia melanocarpa* and *Cerasus humilis*[J]. *Deciduous Fruits*, 2020, 52(2): 18-20.]
- [36] 何轶.沙棘果汁营养成分的分析[J]. *安徽农业科学*,2008,36(35):15292-15293. [He Y. Analysis of nutritional components of sea buckthorn fruit juice[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(35): 15292-15293.]
- [37] 赵英莲,牟德华,李艳.2,4-二硝基氟苯柱前衍生 HPLC 检测树莓中游离氨基酸[J]. *食品科学*,2015,36(6):178-182. [Zhao Y L, Mou D H, Li Y. High performance liquid chromatographic analysis of free amino acids in raspberry using pre-column derivatization with 2,4-dinitrofluorobenzene[J]. *Food Science*, 2015, 36(6): 178-182.]
- [38] 李治平,刘娟汝,陈艳,等.不同产地香菇氨基酸组成及营养价值评价[J]. *保鲜与加工*,2020,20(3):167-172. [Li Z P, Liu J R, Chen Y, et al. Amino acid composition and nutritional value evaluation of *Lentinus edodes* from different habitats[J]. *Storage and Process*, 2020, 20(3): 167-172.]
- [39] 安家慧,金玉姬,董传兴,等.精氨酸对机体的影响[J]. *吉林医药学院学报*,2013,34(1):64-67. [An J H, Jin Y J, Dong C X, et al. Effect of arginine on organism[J]. *Journal of Jilin Medical University*, 2013, 34(1): 64-67.]
- [40] 王馨雨,王蓉蓉,王婷,等.不同品种百合内外鳞片游离氨基酸组成的主成分分析及聚类分析[J]. *食品科学*,2020,41(12):211-220. [Wang X Y, Wang R R, Wang T, et al. Principal component analysis and cluster analysis for evaluating the free amino acid composition of inner and outer Lily bulb scales from different cultivars[J]. *Food Science*, 2020, 41(12): 211-220.]
- [41] 颜孙安,钱爱萍,姚清华,等.闽产李果实氨基酸组成及其营养分析[J]. *热带亚热带植物学报*,2012,20(6):571-577. [Yan S A, Qian A P, Yao Q H, et al. Amino acid composition and nutrition analysis of plum fruits in Fujian Province[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2012, 20(6): 571-577.]
- [42] 国家卫生和计划生育委员会. GB 7101-2015 食品安全国家标准 饮料[S]. 北京:中国标准出版社,2015. [National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. GB 7101-2015 National standards for food safety, beverages[S]. Beijing: China Standards Press, 2015.]
- [43] 张海平,朱月,韦玉龙,等.植物乳杆菌发酵黑果腺肋花楸果汁的工艺优化[J]. *食品工业科技*,2018,39(17):133-138,151. [Zhang H P, Zhu Y, Wei Y L, et al. Optimization of fermentation process of *Aronia melanocarpa* fruit juice by *Lactobacillus plantarum*[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(17): 133-138, 151.]