

黑蒜黑枸杞复合饮料制备过程中酶解工艺优化

吕丹阳^{1,2}, 蒋磷雷^{1,3}, 王丹凤^{1,2}, 邓云^{1,2,3}

(1.上海交通大学(云南)大理研究院, 云南 大理 671000;

2.上海交通大学 农业与生物学院, 上海 200240;

3.上海食品安全工程技术研究中心, 上海 200240)

摘要: **目的** 以黑蒜、黑枸杞等为主要原料, 以出汁率、透光率、饮料中花色苷含量和 DPPH 自由基清除率为依据, 研究酶解条件对复合饮料产率和稳定性的影响。**方法** 选择纤维素与果胶酶比例、复合酶添加量、酶解温度和酶解时间为自变量的 4 因素 3 水平的正交实验优化酶的最佳酶解条件。**结果** 各因素对复合饮料的模糊综合评分值的影响主次顺序为复合酶添加量>酶解温度>酶解时间>复合酶比例;最佳酶解工艺条件, 复合酶质量分数 0.06%, 纤维素酶与果胶酶的质量比为 2:1, 酶解温度为 50℃, 酶解时间为 3 h。在此优化工艺条件下, 出汁率为 91.04%, 透光率为 77.27%, 饮料中花色苷的质量浓度为 167.11 mg/L, DPPH 自由基清除率为 58.81%。**结论** 该工艺生产的复合饮料出汁率高, 抗氧化活性强。

关键词: 黑蒜; 黑枸杞; 酶解; 复合饮料; 模糊评价

中图分类号: TS275.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)23-0052-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.23.008

Optimization of Enzymatic Hydrolysis Conditions for Preparation of Black Garlic-Black Medlar Compound Juice

LYU Dan-yang^{1,2}, JIANG Lin-lei^{1,3}, WANG Dan-feng^{1,2}, DENG Yun^{1,2,3}

(1.Yunnan Dali Research Institute of Shanghai Jiao Tong University, Dali 671000, China;

2.School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;

3.Shanghai Food Safety and Engineering Technology Research Center, Shanghai 200240, China)

ABSTRACT: The paper aims to research the effect of enzymolysis condition on yield rate and stability of compound juice based on juice yield, light transmittance, total anthocyanin content and DPPH free radical scavenging rate with black garlic and black medlar as the main ingredients. Ratio of cellulose to pectinase, enzyme concentration, hydrolysis temperature and hydrolysis time were selected as the optimal conditions for enzymatic hydrolysis for orthogonal experiment of 4 factors and 3 levels. The results showed that the order of influence on the indexes of the compound juice was enzyme concentration > hydrolysis temperature > reaction time > enzyme ratio. The optimal conditions for enzymatic hydrolysis were cellulase: pectinase mass ratio 2:1, compound enzyme mass fraction of 0.06%, enzymatic hydrolysis temperature of 50℃, and enzymatic hydrolysis time of 3 h. Under this optimized process condition, the juice yield was 91.04%, the light transmittance was 77.27%, the anthocyanin content in the juice was 167.11 mg/L and the DPPH free radical scavenging

收稿日期: 2019-08-27

基金项目: 云南省科技厅重大科技专项(2018ZD001); 上海市科委项目(19DZ2284200)

作者简介: 吕丹阳(1996—), 女, 本科生, 专业方向为食品加工与营养。

通信作者: 邓云(1973—), 男, 博士, 上海交通大学研究员, 主要研究方向为食品加工与营养。

rate was 58.81%. The compound juice produced by this process has high juice yield rate and high antioxidant activity.

KEY WORDS: black garlic; black medlar; enzymatic hydrolysate; compound juice; fuzzy synthetic evaluation

随着人们生活水平的提高,保健意识的增强,具有特殊生理活性的饮料受到广泛的青睐,极具市场发展潜力。黑蒜是将新鲜大蒜在温度约 70~80 °C 和可控湿度条件下发酵 1~3 个月而制成的黑褐色产品,具有“甜、软、糯”的口感,解决了消费者对大蒜气味不适的问题^[1]。黑蒜具有杀菌消毒、抗氧化、抗肿瘤、提高免疫力、维持血糖平衡等保健功能,已成为当前研究和开发的热点之一^[2]。郭劲廷等^[3]开发了具有抗疲劳功能的黑参黑蒜复合饮料;李鑫等^[4]研制了以黑蒜与低聚木糖为原料的复合型黑蒜通便功能饮料,并建立了研究其通便功能及其对小鼠肠道菌群的调节作用的动物模型。刘静等^[5]利用单因素实验和正交实验制备了具有较高的营养和保健价值的黑蒜-鸡枞菌复合饮料。贾丽丽等^[6]开发了基于黑蒜浓缩汁的黑蒜果蔬汁和黑蒜发酵乳等 2 种新型饮料。黑枸杞是一种茄科枸杞属的开花植物,被认为是西方的沙棘。与红枸杞相比,黑枸杞维生素、矿物质等营养成分的含量高,特别是天然花青素,能清除自由基、具有抗氧化功能,药用价值和保健价值远高于普通红枸杞,被称为“软黄金”,野生“蓝色妖姬”,极具研究和开发价值^[7]。陈晨等^[8]优化了黑枸杞果汁的加工工艺。孙莉琴等^[9]以灵芝和黑枸杞为原料,确定了该复合型运动饮料的工艺和最佳配方,该饮料口感酸甜,无明显沉淀物质,质量达到国家标准。王芳芳等^[10]通过单因素和正交试验研制了以红枣和黑枸杞为原料的复合饮料的最佳配方。李文新^[11]研究了新疆黑枸杞-田红葡萄复合果酒以及轻度发酵复合果汁饮料的酿造工艺及其功能性成分和风味物质。张雪梅等^[12]以黑枸杞、黑番茄为主要原料,白砂糖、柠檬酸等为辅料,并添加适当的稳定剂进行试验,研制出风味独特的黑枸杞黑番茄复合果汁饮料。

在植物饮料加工过程中,果胶等黏性物质的存在会导致出汁率降低且汁液混浊,研究表明,酶处理有助于促进细胞壁中纤维素水解和果胶解聚,提高出汁率、增加澄清度和稳定性^[13-15];贮藏是除了加工过程外另一个影响植物饮料产品品质的重要因素,花青素极不稳定的性质给以富含花青素饮料的制备提出了更高的要求^[16-19]。目前还没有以黑蒜和黑枸杞等为原料开发复合饮料的报道。由此,文中以黑蒜、黑枸杞等为主要原料,研制一种状态稳定、色泽鲜艳,集营养保健于一体的新型复合饮料,并以浸出率、澄清度、总花色苷含量及抗氧化活性为依据,对纤维素酶和果胶酶复合酶解工艺进行优化,以期黑蒜和黑枸杞复合饮料的工业生产和贮藏提供酶解条件和理论

依据。

1 实验

1.1 试剂与仪器

实验所用主要材料和试剂:黑蒜和原料 C(大理品宏高原农业科技开发有限公司),黑枸杞(宁夏果老爹食品有限公司);1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH,美国 Sigma-Aldrich 公司),果胶酶和纤维素酶(上海阿拉丁生化科技股份有限公司),海藻酸钠(食品级,青岛明月海藻集团有限公司),黄原胶(山东阜丰发酵有限公司),柠檬酸、乙酸、氯化钾及其它分析试剂(国药集团化学试剂有限公司)。

实验所用主要仪器:Multiskan GO-1510 酶标仪(美国赛默飞世尔科技(中国)有限公司),PT10-35 GT 均质机(瑞士 KINEMATICA 公司),C-MAG HS10 电热磁力搅拌机(德国 IKA 公司),JYL-C93T 榨汁搅拌机(九阳股份有限公司),AL204 型电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司)。

1.2 方法

1.2.1 工艺流程

该复合饮料由黑蒜、黑枸杞和原料 C 为主要原料制备而成,其基本工艺流程见图 1。

1.2.2 操作要点

1) 黑蒜预处理。在发酵完成后的黑蒜中,选择形态完整、质地柔软、颜色褐黑、无微生物污染霉变的黑蒜,用研钵将黑蒜瓣捣碎后备用。

2) 原料 C 预处理。原料 C 由厂家提供,是一种有核的晒干水果,较硬的核结构不利于后续匀浆,故需要提前进行浸泡处理。挑选称取结构完整、无病虫害和霉变的原料 C,清洗表面,去除残留泥沙及杂质。量取一定体积纯净水,常温浸泡 5 h,浸泡变软后人工去核。去核果肉及浸提汁液备用。

3) 黑枸杞预处理。清洗黑枸杞干果去除残留泥沙及杂质,加入 2 倍纯净水混合。加入质量分数为 0.1% 的抗坏血酸作为护色剂。制备好的浆液冷藏备用。

4) 煮沸钝化。按一定比例称取黑蒜泥和原料 C,加入原料 C 浸提汁后纯净水补充,浸提比为 1:2。混合液煮沸 5 min 后快速冷却至室温。该步骤是使其中的活性酶失活,防止褐变及污染。花青素对温度不稳定,为了尽可能保留黑枸杞中花青素,黑枸杞不经过钝化处理。

5) 匀浆及酶解。将冷却后的混合液与黑枸杞浆液混匀, 称取 3 次总质量。采用搅拌机破碎匀浆 2 min。在产物中加入一定比例的纤维素酶和果胶酶, 以提高复合饮料的出汁率和澄清度。酶解后的产物使用循环水式真空泵进行抽滤, 抽滤后重新称取澄清果蔬汁总质量, 重复 3 次实验。

6) 调配。料液比值为 0.1 g/mL。将一定比例的蔗糖、柠檬酸和复合稳定剂在 60 °C 水中充分溶解混匀后加入澄清果蔬汁中。在 10 000 r/min 下均质 2 min。

7) 灌装、脱气、杀菌。水浴锅煮沸时, 立刻拧紧

瓶盖, 于沸水中杀菌 10 s 后冷却即得复合饮料。

1.2.3 酶解正交优化实验

以复合酶比例、复合酶总含量、酶解温度和酶解时间为自变量设计四因素三水平的正交实验, 见表 1。为了综合考虑复合饮料酶解的效率、产品质量及生理功能的影响, 选择出汁率、透光率、总花色苷含量和抗氧化活性为评价指标, 通过隶属度分析、权重赋值和综合评价系数计算, 得出酶解的最优工艺参数。

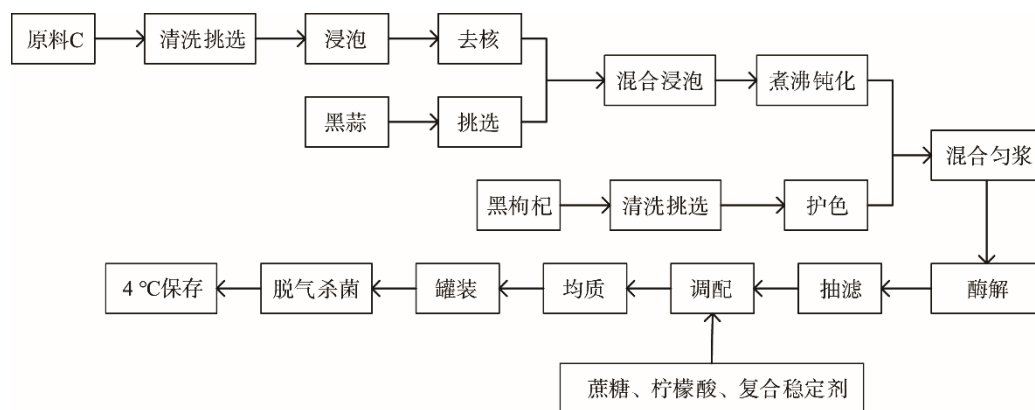


图 1 工艺流程

Fig.1 Process flow

表 1 正交实验的因素和水平

Tab.1 Factors and levels of orthogonal experiment

水平	因素			
	复合酶质量分数 A / %	复合酶质量比 B	酶解温度 C / °C	酶解时间 D / h
1	0.06	2 : 1	30	2
2	0.12	1 : 1	40	3
3	0.18	1 : 2	50	4

1.2.4 出汁率

出汁率^[15]是果汁生产过程中重要的经济指标, 反映了破碎果肉的彻底程度和生产效率的高低。出汁率越高, 说明细胞壁破碎的程度越彻底, 即酶解效果越好。计算公式为:

$$\text{出汁率} = \frac{m_1}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: m_0 和 m_1 分别为在 1.2.2 部分中测定的酶解前和酶解后果汁的质量 (g)。

1.2.5 透光率

透光率可以反映饮料的澄清程度。透光率指透过光通量与入射光通量之比^[20]。透光率越高, 说明饮料的澄清度越好, 即所含果肉颗粒和杂质更少, 品质更高。以蒸馏水为空白对照, 采用分光光度计于 520 nm (即 $\lambda_{\max}$) 下测定样品吸光度, 重复 3 次。计算式为:

$$T = 10^{2-A} \quad (2)$$

式中: T 为透光率, 无量纲; A 为测定的吸光度, 无量纲。

1.2.6 总花色苷含量

总花色苷的测定采用 pH 示差法^[21]。向 2 份 0.1 mL 果蔬汁样品分别加入 0.9 mL, 0.2 mol/L 的氯化钾缓冲溶液 (一定量 0.2 mol/L 的盐酸溶液, pH 值为 1.0) 和 0.9 mL, 0.2 mol/L 的乙酸钠缓冲溶液 (一定量 0.2 mol/L 的盐酸溶液, pH 值为 4.5)。在黑暗环境中静置 2 h 后用酶标仪分别在 520 nm (即 $\lambda_{\max}$) 和 700 nm 处测定吸光值, 总花色苷含量用每千克干质量样品中所含矢车菊素-3-葡萄糖苷的质量来表示, 计算式如下:

$$A = (A_{525\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1.0} - (A_{525\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4.5} \quad (3)$$

$$C = \frac{A \times M \times D \times 1000}{\varepsilon \times L} \quad (4)$$

式中： A 为样品在 pH 1.0 和 pH 4.5 时的吸光值之差，无量纲； $A_{520\text{ nm}}$ 和 $A_{700\text{ nm}}$ 分别为样品在 520 nm 和 700 nm 处的吸光值，无量纲； C 为总花色苷含量 (mg/L)； M 表示矢车菊素-3-葡萄糖苷的分子量(449.2 g/mol)； D 表示稀释倍数，无量纲； ε 表示矢车菊素-3-葡萄糖苷的摩尔吸光系数(26 900 L/(cm·mol))； L 为光程长度 (所用 96 孔酶标板的工作体积为 360 μL ，且加样 200 μL ，可以计算出光程为 0.56 cm)。

1.2.7 DPPH 自由基清除能力

参照马鸿承等的方法^[1]。

1.2.8 数据处理

采用 SPSS Statistics 19 和 Excel 软件对所得到的数据进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 模糊数学处理

黑蒜黑枸杞复合饮料正交实验结果见表 2。对于不同的指标来说，数据的取值范围不同，响应值高低对结果的影响也不同，因此引入了隶属度 (M) 的概念。它是模糊评价中的一个重要概念，用来准确评价每个指标各响应值的贡献度，可使各指标不同大小的响应值均映射到[0,1]的集合中，从而得到统一的评价标准。在文中综合考虑了各因素的重要性，得到的最优酶解条件的优化工艺应满足较高的出汁率、透光率、总花色苷含量和抗氧化活性等条件，即以上指标均为正指标。由此，出汁率、透光率、总花色苷含量和抗氧化活性的隶属度均可以按照式 (5) 计算^[22]：

$$M_{i,j} = \frac{c_{i,j} - c_{i,\min}}{c_{i,\max} - c_{i,\min}}$$

(5)

式中： i 表示指标序号； j 表示实验编号； $M_{i,j}$ 表示第 i 个指标，实验编号为 j 的响应值的隶属度； $c_{i,j}$ 表示第 i 个指标，实验编号为 j 的响应值； $c_{i,\min}$ 分别为第 i 个指标中响应值的最小值。

另外，由于实验中各评价指标对饮料品质和工艺效率的影响程度不同，这里采用了主观赋权法对每个指标进行了权重赋值，出汁率、透光率、总花色苷含量和抗氧化活性的权重 (λ) 分别为 0.30, 0.20, 0.20, 0.30。根据各指标的权重和各响应值的隶属度，利用式 (6) 得到每组实验结果的综合评价系数 (S)，见表 2。

$$S_j = \sum_{i=1}^N \lambda_i M_{i,j}$$

(6)

式中： i 表示指标序号， N 表示指标数量； j 表示实验编号； S_j 表示实验编号 j 的综合评价系数； λ_i 表示第 i 个指标的权重值； $M_{i,j}$ 表示第 i 个指标，实验编号为 j 的响应值的隶属度。

2.2 极差分析与方差分析

极差分析通过计算和比较极差的大小来比较对产品的重要性程度。与方差分析相比更为简单，但具有一定的局限。极差分析不能估计测试过程和结果测定中可能存在的误差，因而不可能区分对应于某个因子的每个等级的测试结果差异是由等级引起的，还是由试验误差所引起的。利用方差分析，可以区分由于因子水平的变化引起的测试结果与有误差引起的测试结果之间的差异，并能给出更为可靠的数量估计。利用 Excel 软件可以直接计算极差，见表 3。根据结果可知出汁率、透光率、总花色苷含量和抗氧化活性对综合评分的影响大小依次为 $A>D>C>B$ ，复合酶添加量对综合评分的影响最大，复合酶比例对综合评分的影响最小。由于利用 SPSS 统计软件对 $L_9(3^4)$ 进行方差分析时得到的误差项自由度为 0，需要把极差最

表 2 正交实验结果
Tab.2 Results of orthogonal experiment

实验 编号	指标1 出汁率/%		指标2 透光率/%		指标3 总花色苷含量/(mg·L ⁻¹)		指标4 抗氧化能力/%		综合 评价系数
	响应值	M	响应值	M	响应值	M	响应值	M	
1	84.83	0.45	59.22	0.46	90.27	0.39	31.38	0.08	0.33
2	85.08	0.47	43.39	0.00	107.60	0.53	48.62	0.57	0.42
3	79.73	0.00	54.95	0.33	39.07	0.00	30.01	0.04	0.08
4	85.30	0.49	68.27	0.72	109.10	0.54	50.44	0.62	0.59
5	89.21	0.84	63.82	0.59	115.91	0.59	28.68	0.00	0.49
6	86.67	0.61	72.83	0.85	106.30	0.52	61.96	0.95	0.74
7	91.04	1.00	77.27	0.98	169.11	1.00	58.81	0.86	0.95
8	89.55	0.87	70.61	0.78	138.90	0.77	63.61	1.00	0.87
9	90.94	0.99	78.09	1.00	84.26	0.35	52.98	0.70	0.78

小的因素(B)作为误差项进行分析。只对A、C、D三因素进行方差分析,结果见表4,因素A对综合评分有显著影响($P < 0.05$),C和D因素均无显著性影响。综合分析4个因素的主次关系为 $A > C > D > B$ 。由于使用方差分析具有更强的可靠性,所以可以得出结论:出汁率、透光率、总花色苷含量和抗氧化活性对综合评分的影响大小依次为 $A > C > D > B$,复合酶添加量对综合评分的影响最大,复合酶比例对综合评分的影响

最小。

为了使总得分最高,最优的组合条件为 $A_1B_3C_3D_2$ 。由此,得到黑蒜黑枸杞复合饮料酶解的最佳工艺参数:复合酶质量分数0.06%,纤维素酶与果胶酶的质量比为1:2,酶解温度为50℃,酶解时间为3h。在此工艺条件下,复合饮料的综合评分最高,此时的出汁率为91.04%,透光率为77.27%,饮料中花色苷的质量浓度为167.11 mg/L, DPPH 自由基清除率为58.81%。

表3 极差分析
Tab.3 Range analysis

水平	因素			
	复合酶的质量分数A/%	复合酶质量比B	酶解温度C/℃	酶解时间D/h
K_1	0.83	1.87	1.94	1.59
K_2	1.82	1.78	1.78	2.12
K_3	2.60	1.60	1.52	1.53
k_1	0.28	0.62	0.65	0.53
k_2	0.61	0.59	0.59	0.71
k_3	0.87	0.53	0.51	0.51
R	0.59	0.09	0.14	0.19

注: K_i 表示每个因素下水平号为*i*时所对应的实验结果之和($i = 1, 2, 3$); k_i 表示每个因素下水平号为*i*时所对应实验结果的平均值($i = 1, 2, 3$);R表示每个因素下 k_i 的最大值与最小值之差($i = 1, 2, 3$)

表4 正交实验方差分析
Tab.4 Variance analysis of orthogonal experiment

源	III 型平方和	df	均方	F	显著性水平(P)
校正模型	0.620 ^a	6.00	0.10	16.41	0.06
截距	3.06	1.00	3.06	486.11	0.00
A	0.52	2.00	0.26	41.63	0.02
C	0.07	2.00	0.03	5.19	0.16
D	0.03	2.00	0.02	2.40	0.29
总计	0.01	2.00	0.01		
校正的总计	3.70	9.00			

注:a表示相关系数 $R^2 = 0.920$

3 结语

对正交实验的结果进行了极差分析,出汁率、透光率、总花色苷含量和抗氧化活性对综合评分的影响大小依次为 $A > D > C > B$,而方差分析的结果主次关系为 $A > C > D > B$ 。由于方差分析能够排除实验误差的影响,更为可靠。

酶解最佳条件:复合酶的质量分数为0.06%,纤维素酶与果胶酶的质量比为2:1,酶解温度为50℃,酶解时间为3h。在此工艺条件下,复合饮料的综合评分最高,此时的出汁率为91.04%,透光率为

77.27%,饮料中花色苷的质量浓度为167.11 mg/L, DPPH 自由基清除率为58.81%。

针对酶解方法优化工艺得到的复合饮料,后续将探索不同贮藏温度及包装方式对复合饮料色泽稳定性、抗氧化活性等的影响,以确定最佳贮藏条件。

参考文献:

- [1] 马鸿承, 蒋磷雷, 邓云. 包装材料对黑蒜粉的抗氧化活性及货架期的影响[J]. 上海交通大学学报(农学版), 2019, 37(4): 76—81.
MA Hong-cheng, JIANG Lin-lei, DENG Yun. Effects of

- Packaging Materials on Antioxidant Activity and Shelf Life of Black Garlic Powder[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University (Agricultural Science), 2019, 37(4): 76—81.
- [2] RYU J H, KANG D. Physicochemical Properties, Biological Activity, Health Benefits, and General Limitations of Aged Black Garlic: A Review[J]. Molecules, 2017, 22(6): 919—933.
- [3] 郭劲廷, 郭享, 赵梦蝶, 等. 黑参黑蒜抗疲劳饮料的研制[J]. 吉林医药学院学报, 2018, 39(2): 91—94.
GUO Jin-ting, GUO Xiang, ZHAO Meng-die, et al. Development of Anti-fatigue Drink of Black Ginseng and Garlic[J]. Journal of Jilin Medical University, 2018, 39(2): 91—94.
- [4] 李鑫, 刘锐, 张民. 复合型黑蒜通便功能饮料对 BALB/c 小鼠通便功能的影响[J]. 中国食品添加剂, 2014(6): 49—53.
LI Xin, LIU Rui, ZHANG Min. Laxative Effects of Mixed Black Garlic Beverage on BALB/c Mice[J]. China Food Additives, 2014(6): 49—53.
- [5] 刘静, 李湘利, 赵强, 等. 黑蒜鸡枞菌复合饮料的制备及其清除自由基活性[J]. 食品科技, 2019, 44(3): 102—107.
LIU Jing, LI Xiang-li, ZHAO Qiang, et al. Preparation and Scavenging Free Radical Activity of Compound Beverage with Black Garlic and Termitomyces Albuminosus[J]. Food Science and Technology, 2019, 44(3): 102—107.
- [6] 贾丽丽, 冀利, 孙曙光. 黑蒜的加工及饮料开发[J]. 山东食品发酵, 2015(3): 9—11.
JIA Li-li, JI Li, SUN Shu-guang. Processing and Beverage Development of Black Garlic[J]. Shandong Food Fermentation, 2015(3): 9—11.
- [7] 楼舒婷. 黑果枸杞的活性成分和挥发性组分研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2015: 5—10.
LOU Shu-ting. Research on the Active Ingredient and Volatile Components of Lycium Ruthenicum Murr[D]. Hangzhou: Zhenjiang University, 2015: 5—10.
- [8] 陈晨, 刘增根, 张琳, 等. 黑果枸杞果汁生产工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2011, 47(2): 94—97.
CHEN Chen, LIU Zeng-gen, ZHANG Lin, et al. Processing Technology of Lycium Ruthenicum Murr Juice[J]. Food and Fermentation Technology, 2011, 47(2): 94—97.
- [9] 孙莉琴. 灵芝黑枸杞运动饮料的研制[J]. 食品工业, 2016(5): 50—53.
SUN Li-qin. Production of Sports Beverage of Ganoderma Lucidum and Lycium Ruthenicum Murr.[J]. The Food Industry, 2016(5): 50—53.
- [10] 王芳芳, 于有伟, 符玉芳. 红枣黑枸杞复合饮料的配方工艺研究[J]. 农产品加工, 2016(5): 30—32.
WANG Fang-fang, YU You-wei, FU Yu-fang. Formula Research of Compound Beverage with Red Jujube and Lycium Ruthenicum Murr[J]. Farm Products Processing, 2016(5): 30—32.
- [11] 李文新. 黑枸杞复合果酒及轻度发酵果汁饮料加工工艺的研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2017: 15—17.
LI Wen-xin. Study on Fermentation Technology of Lycium Ruthenicum Murr. Wine and Mild Fermented Fruit Juice Beverage[D]. Shihezi: Shihezi University, 2017: 15—17.
- [12] 张雪梅, 刘艳怀, 代绍娟, 等. 黑枸杞黑番茄复合饮料的工艺研究[J]. 农产品加工, 2018(6): 43—45.
ZHANG Xue-mei, LIU Yan-huai, DAI Shao-juan, et al. Processing Technology of Composite Beverage with Lycium Ruthenicum Murr. and Purple Tomato[J]. Farm Products Processing, 2018(6): 43—45.
- [13] 占剑峰, 郑永良, 王蔚新, 等. 酶解条件对板栗浆稳定性的影响研究[J]. 食品科技, 2018, 43(8): 85—89.
ZHAN Jian-feng, ZHENG Yong-liang, WANG Wei-xin, et al. Study on the Effect of Enzymolysis Condition on the Stability of Chinese Chestnut Serosity [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(8): 85—89.
- [14] 倪洋, 范柳萍, 徐学碗. 酶解对白果浊汁稳定性及色泽的影响[J]. 食品与机械, 2018, 34(5): 183—187.
NI Yang, FAN Liu-ping, XU Xue-wan. The Effect of Enzymatic Hydrolysis on the Stability and Color of Ginkgo Cloudy Juice[J]. Food & Machinery, 2018, 34(5): 183—187.
- [15] 朱妞, 吴丽萍. 荸荠汁酶解工艺优化[J]. 陕西农业科学, 2019, 65(2): 77—79.
ZHU Niu, WU Li-ping. Optimization of Enzymatic Hydrolysis of Water Chestnut Juice[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2019, 65(2): 77—79.
- [16] 宋爽, 王大为. 正交试验优化黑玉米原花青素乳饮料配方[J]. 乳业科学与技术, 2014, 37(2): 19—23.
SONG Shuang, WANG Da-wei. Formulation Optimization of a Milk Beverage with Added Proanthocyanidins from Purple Corn[J]. Journal of Dairy Science and Technology, 2014, 37(2): 19—23.
- [17] 毕远林. 蓝莓花青素口服液制剂的制备工艺及稳定性研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2017: 6—17.
BI Yuan-lin. Study on Preparation and Stability of Blueberry Anthocyanin Oral Liquid[D]. Guiyang: Guizhou University, 2017: 6—17.
- [18] GÉRARD V, AY E, MORLET-SAVARY F, et al. Thermal and Photochemical Stability of Anthocyanins from

- Black Carrot, Grape Juice, and Purple Sweet Potato in Model Beverages in the Presence of Ascorbic Acid[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(19): 5647—5660.
- [19] DJAPO M, KAZAZIC M, PANTIC E. Influence of Processing on Phytonutrient Content of Cherries[J]. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2020, 76: 617—623.
- [20] AHMAD A, MASLEHUDDIN M, AL-HADHRAMI L M. In Situ Measurement of Thermal Transmittance and Thermal Resistance of Hollow Reinforced Precast Concrete Walls[J]. *Energy and Buildings*, 2014, 84: 132—141.
- [21] RAPISARD P, FANELLA F, MACCARONE E. Reliability of Analytical Methods for Determining Anthocyanins in Blood Orange Juices[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, 48(6): 2249—2252.
- [22] WAND G, DENG Y, XU X, et al. Optimization of Air Jet Impingement Drying of Okara Using Response Surface Methodology[J]. *Food Control*, 2016, 59: 743—749.