

雪莲果功能性饮料的制备研究

高 辉, 贾长英, 吕忠政, 朱振元*

(食品营养与安全教育部重点实验室, 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘 要: **目的** 调配一种具有甜爽口感、良好保健作用, 同时能够防止褐变的功能性饮料。**方法** 以云南雪莲果为原料, 对提取、调配及防褐变等工艺进行研究, 包括正交试验对配制工艺进行优化和对成品的感官评定, 以得到最佳配方和护色条件。**结果** 确定护色液配方为: 维生素 C 0.4%, 柠檬酸 0.4%, 浸泡时间 30 min, 饮料配方为: 雪莲果提取液 40%, 白砂糖 12%, 柠檬酸 0.1%, 木糖醇 4%, 羧甲基纤维素钠 0.1%, 黄原胶 0.05%。在此配方和护色条件下饮料色泽和功效较好, 20 ℃ 室温下可保持 6 个月。**结论** 由上述配方和护色条件下制得的雪莲果功能性饮料, 口感爽甜, 色泽纯正无褐变, 饮料品质较好。

关键词: 雪莲果; 功能饮料; 低聚果糖; 防褐变

Preparation process of yacon functional beverage

GAO Hui, JIA Chang-Ying, LV Zhong-Zheng, ZHU Zhen-Yuan*

(Key Laboratory of Food Nutrition and Safety, Ministry of Education, College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China)

ABSTRACT: Objective To develop a kind of sweet, cool taste and good health effects of functional drink, focusing on the anti-browning process. **Methods** Yunnan yacon was used as raw material, and extraction, formulation and anti-browning process were investigated. Orthogonal test was designed for optimization formulation and sensory evaluation of the product, so as to obtain the best formula and color protection conditions. **Results** The best conditions for color protection liquid were 0.4% vitamin C and 0.4% citric acid. The browning degree was greatly reduced by immersing yacon pieces in this color protection liquid for 30 min. The recipes of the functional beverage were as follows: 40% extract liquid, 12% white granulated sugar, 0.1% citric acid, 4% xylitol, 0.1% CMC and 0.05% xanthan gum. The shelf life could be 6 month at 20 ℃. **Conclusion** Functional beverage with sweet taste and good outlook could be obtained by using the recipe and condition mentioned above.

KEY WORDS: yacon; functional beverage; fructo-oligose; anti-browning

1 引 言

雪莲果(*Smallanthus sonchifolius*(Poepp.& Endl) H. Rob (*Asteraceae*))又称雅贡、雪莲薯等, 鲜果含有丰富的低聚果糖和水溶性膳食纤维, 低聚果糖的含量约占果实干基的

45%~46%^[1], 是低聚果糖含量最高的水果。多酚在干物质中含量为 6.4%~6.5%^[2]。雪莲果还含有人体易吸收的可溶性膳食纤维、少量酯类、挥发油及人体必需的氨基酸和丰富的矿物质, 其中钾、铁、钙、镁、锰的含量较高^[3]。雪莲果作为一种药食兼用型水果, 有着良好的保健作用, 是

基金项目: 国家星火计划重点项目(2015GA610001)

Fund: Supported by the Key Project of the National Spark Program (2015GA610001)

*通讯作者: 朱振元, 教授, 主要研究方向为生物资源与功能食品。E-mail: zhyuanzhu@tust.edu.cn

*Corresponding author: ZHU Zhen-Yuan, Professor, College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China. E-mail: zhyuanzhu@tust.edu.cn

南美洲人民的传统药材^[4]。在现代,它的药用价值在很多国家的科研机构都得到了确认^[5]。雪莲果中高含量的低聚果糖赋予其特殊功能,如防龋齿、润肠通便、增强免疫力、控制血糖、预防和治疗高血脂、促进铁钙元素吸收、预防骨质疏松、减少肝脏毒素等^[6-8]。然而雪莲果中丰富的酚酸物质导致其在生产加工过程中会发生较强的酶促褐变反应。因此,雪莲果在加工中需要采取护色措施^[9]。

雪莲果作为一种水果,其食用的方式仍然以鲜食为主,如:榨果汁、做水果沙拉、糖浆^[10]。在日本、美国等国家雪莲果块茎被加工成罐头、腌制品、风干片、果冻、果糕等食品。在国内,雪莲果主要为鲜食,也作为一种烹饪原料来烹饪菜肴,如炖鸡、配火锅等。在我国雪莲果工业制品也在研究和开发中,一些高校的科研人员对雪莲果果酒、果醋^[11]、发酵乳饮料^[12]、凝固性酸奶^[13]、雪莲果果脯^[14]等有相关研究。本研究以雪莲果为原料,开发一种富含低聚果糖和多酚,可以调理肠胃,促进肠道菌群,提高机体免疫力的功能性饮料。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

JM251D 榨汁机(广州美的电气股份有限公司); ESJ205-4 精密电子天平(沈阳龙腾电子称量仪器有限公司); SP-2102UV 紫外可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司); Agilent1200 液相色谱(安捷伦科技有限公司)。

雪莲果(天津市金元宝农贸市场); 白砂糖、木糖醇、柠檬酸、羧甲基纤维素钠(CMC)、黄原胶均为市售。

2.2 试验方法

2.2.1 雪莲果功能饮料工艺流程

雪莲果→去皮→切片→热烫→护色→榨汁→提取→过滤→调配→灌装→杀菌

2.2.2 操作要点

(1) 前处理工艺

选择新鲜、成熟、无病虫害的雪莲果为原料,洗净,去皮,切成5 mm左右厚度的薄片。

(2) 热烫工艺

热烫工艺可以软化植物细胞壁,促进内容物的溶出,

并能降低酚酶的活性,减轻褐变程度。90℃的蒸馏水热烫,处理时间1 min,用流水迅速冷却。

(3) 护色工艺

选择维生素C和柠檬酸为护色剂,配制不同浓度的护色液,将雪莲果果片在护色液中浸泡30 min。

(4) 雪莲果低聚糖提取工艺

榨汁后雪莲果汁50 mL,加入4倍体积的纯净水,在40℃条件下,提取3 h,制备含有雪莲果低聚果糖的提取液。

(5) 过滤

用100目的纱布初滤,然后用300目的纱布精滤,得雪莲果果汁。

(6) 杀菌

饮料灌装后,拧紧瓶盖,在沸水中杀菌5 min,迅速冷却,低温保存^[15]。

2.2.3 护色剂浓度的确定

维生素C和柠檬酸的浓度分别为0.2%、0.3%、0.4%。配制不同浓度的护色液,将雪莲果果片在护色液中浸泡30 min,取出,榨汁,在420 nm下测定1 d内吸光度变化为指标,测定褐变程度^[16],确定最佳护色剂浓度。

2.2.4 雪莲果功能饮料配方的确定

选取白砂糖、木糖醇、柠檬酸3种食品添加剂。通过单因素和正交试验 $L_9(3^4)$ 选择最佳配比。采用感官评价对饮料的外观、气味、口感进行打分,应用统计学方法处理数据。单因素试验中雪莲果提取液添加量为20%、40%、60%、80%,白砂糖添加量9%、10%、11%、12%、13%,木糖醇添加量2%、3%、4%、5%、6%,柠檬酸添加量0%、0.1%、0.2%、0.3%、0.4%。每个单因素优选3个水平进行正交试验^[17]。

2.2.5 雪莲果功能饮料稳定剂的确定

向调配好的雪莲果饮料中加黄原胶和CMC,黄原胶添加量分别为0%、0.1%、0.2%,CMC添加量分别为0%、0.025%、0.05%。以稳定性和澄清度为观测指标,确定最优稳定剂乳化剂。

2.2.6 雪莲果功能饮料感官评分标准

选择口味不同的评价员20人,组成评价小组,采用感官评价对饮料的外观、气味、口感进行打分,应用统计学方法处理数据^[17],感官评价标准如表1所示。

表1 感官评分标准
Table 1 Standards of grading on sense

	外观(40)	气味(20)	口感(40)
优	淡黄色,无悬浮,无沉淀	雪莲果气味浓郁,无土腥气	酸甜适口,有清凉感
良	颜色较淡,无悬浮,无沉淀	雪莲果气味明显,无土腥气	偏酸或偏甜,有清凉感
中	颜色较淡,少量悬浮和沉淀	雪莲果气味淡,有土腥气	过酸或过甜
差	颜色淡,悬浮物和沉淀较多	无雪莲果气味,有土腥气	极甜或酸涩

2.2.7 雪莲果功能饮料保质期的确定

杀菌后的雪莲果饮料室下放置, 每隔 2 w 观测其色泽、稳定性、口感、气味, 连续观察以测定其保质期。

2.2.8 微生物检测

检测菌落总数, 参照 GB 4789.2-2010《食品微生物学检验-菌落总数测定》^[18]。大肠杆菌总数检测, 参照 GB 4789.3-2010《食品微生物学检验-大肠菌群计数》^[19]。

2.2.9 理化指标检测

手持阿贝折光仪测定饮料的可溶性固形物含量, pH 计测定饮料的酸度^[20], 液相色谱法测定低聚果糖(蔗糖三糖、蔗糖四糖、蔗糖五糖)的含量^[21], 福林酚法测定饮料中多酚含量^[22]。

3 结果与分析

3.1 雪莲果护色工艺优化

综合鲜榨汁的护色和对 1 d 护色效果的保持, 护色液中柠檬酸浓度 0.4%, 维生素 C 浓度 4%, 其效果最佳。1 d 后吸光值比鲜果汁的吸光值低, 可能是低温下少量果粒沉降造成的。将最佳护色效果的液护色的果汁在 4 ℃放置 15 d 后, 其颜色变化很小, 证明其护色稳定性良好。考虑到成本问题, 维生素 C 添加量不宜过高, 柠檬酸添加量过高影响饮料的口感, 所以护色液中维生素 C 添加量 0.4%, 柠檬酸添加量 0.4%。

表 2 雪莲果汁护色工艺优化

Table 2 The optimization process of color protection of yacon juice

维生素 C(%)	柠檬酸 (%)	鲜果汁 420 nm 吸光度	4 ℃放置 1 d 后 420 nm 吸光度
0.2	0.2	0.549	0.683
0.2	0.3	0.498	0.725
0.2	0.4	0.385	0.433
0.3	0.2	0.429	0.618
0.3	0.3	0.347	0.520
0.3	0.4	0.428	0.366
0.4	0.2	0.370	0.338
0.4	0.3	0.516	0.591
0.4	0.4	0.387	0.295

3.2 雪莲果功能饮料配方的确定

雪莲果饮料调配单因素试验如表 3 所示, 雪莲果提取液含量在 40%以上时, 饮料有雪莲果的特殊香气, 由于在护色液中存在一部分柠檬酸, 导致果汁偏酸。白砂糖添加量在 12%以后饮料的甜味越来越明显, 白砂糖添加量较高是因为要中和饮料中残存的一部分酸味。柠檬酸添加量在 0%、0.1%时酸甜度较好。木糖醇添加量 4%时酸甜适中, 随着添加量的增大木糖醇特有的清凉感越来越明显^[23,24]。

表 3 雪莲果饮料配方单因素试验结果(a: 雪莲果提取液, b: 白砂糖, c: 木糖醇, d: 柠檬酸)

Table 3 The single factor test of yacon juice (a: yacon extract, b: white sugar, c: xylitol, d: citric acid)

雪莲果提取液(%)	感官评价	白砂糖(%)	感官评价
20	有雪莲果香气, 很酸	9	较酸
40	有雪莲果香气, 较酸	10	微酸
60	有雪莲果香气, 微酸	11	微甜
80	香气浓郁, 微酸	12	较甜
100	香气浓郁, 微甜	13	较甜

(a) (b)

木糖醇(%)	感官评价	柠檬酸(%)	感官评价
2	微甜, 无清凉感	0	酸甜适口
3	微甜, 无清凉感	0.1	微酸
4	较甜, 有清凉感	0.2	较酸
5	较甜, 有清凉感	0.3	较酸
6	较甜, 清凉感好	0.4	很酸

(c) (d)

饮料感官评价如表4所示,由极差 R 大小可知,柠檬酸添加量对饮料口感影响最大,其次是提取液添加量,白砂糖和木糖醇的添加量对饮料口感的影响较小。根据每个因素的 K 值比较可知,最佳饮料配方为雪莲果提取液添加量40%,白砂糖12%,柠檬酸0.1%,木糖醇4%。由于在前期护色工艺中使用了柠檬酸,使饮料酸度偏高,需要较多的甜味剂来调和,以达到酸甜的平衡。

3.3 雪莲果功能饮料稳定剂的确定

如表5所示,黄原胶0.05%、CMC0.1%,此配比下的饮料7d内未出现沉降物,10d后出现少量沉降物,基本不增多。雪莲果饮料容易沉降的原因:雪莲果在榨汁后存在一部分的纤维素及果粒,通过过滤未彻底清除。

3.4 雪莲果功能饮料保质期的确定

杀菌后的雪莲果饮料室温下放置,6个月后其颜色呈淡黄色,口感清凉无酸涩感,无明显沉淀,无刺激性气味,证明其未变质。所以雪莲果饮料的保质期可达6个月。

3.5 雪莲果功能性饮料菌落总数的测定

雪莲果饮料杀菌后,室温放置1d后,测定其菌落总数,饮料稀释10倍、100倍后均匀涂布在琼脂培养基,在 36 ± 1 °C的培养箱中培养2d,无菌落长出。说明雪莲果饮料无菌落污染,杀菌效果良好。

3.6 雪莲果功能饮料标准

感官指标:颜色呈淡黄色,有雪莲果的清香和清凉的口感,酸甜适口,无土腥味,外观稳定均一,无沉降物。

理化指标: pH 4.1,可溶性固形物含量14.3%,低聚果糖128 mg/100 mL,多酚0.0583 mg/100 mL。

微生物指标:细菌总数100 CFU/mL,大肠菌群3 MPN/100 mL,致病菌不得检出。

4 结论

雪莲果护色液的最佳配方是:维生素C添加量0.4%,柠檬酸添加量0.4%。经过护色工艺,雪莲果果汁在4 °C下

保存15d,颜色没有明显加深。雪莲果功能饮料的配方为:雪莲果提取液40%、白砂糖12%、柠檬酸0.1%、木糖醇4%。雪莲果功能饮料稳定剂:CMC0.1%、黄原胶0.05%。经过调配,饮料具有雪莲果的独特风味、酸甜适中、清凉可口、稳定性良好。室温下雪莲果饮料可以保质6个月;可溶性固形物含量为14.3%;酸度为3.8;低聚果糖(蔗糖三糖、蔗糖四糖、蔗糖五糖)含量为127.8 mg/100 mL,多酚含量为0.0583 mg/100 mL。

雪莲果功能饮料的研究与开发,丰富了雪莲果的产品形式,为雪莲果的深加工提供了一个有效途径,提高了雪莲果的附加值,有利于充分利用雪莲果资源。

表4 雪莲果饮料配方正交试验
Table 4 Orthogonal test of yacon juice recipe

	提取液 (%)	白砂糖 (%)	柠檬酸 (%)	木糖醇 (%)	感官得分
1	40	11	0	4	86.9
2	40	12	0.1	5	94.2
3	40	13	0.2	6	77.8
4	60	11	0.1	6	76.2
5	60	12	0.2	4	70.3
6	60	13	0	5	70.3
7	80	11	0.2	5	67.1
8	80	12	0	6	88.2
9	80	13	0.1	4	91
K1	86.3	76.733	81.8	82.733	
K2	72.267	84.233	87.133	77.2	
K3	82.1	79.7	71.733	80.733	
R	14	7.5	15.4	5.5	

表5 稳定剂试验结果
Table 5 The effects of stabilizers

	黄原胶 (%)	CMC (%)	现象
1	0	0	2d后有少量沉降物,7d后有较多沉降
2	0.025	0.1	3d后出现少量沉降物,7d后沉降增加,但比1号样品少
3	0.025	0.2	3d后出现少量沉降物,7d后沉降增加,比2号样品略少
4	0.05	0.1	7d内未出现沉降物,10d后出现少量沉降物,基本不增多
5	0.05	0.2	7d内未出现沉降物,10d后出现少量沉降物,基本不增多

参考文献

- [1] 吴竹青, 陈景, 黄群, 等. 响应面法优化雪莲果酒发酵工艺[J]. 食品科学, 2010, (23): 182-187.
Wu ZQ, Chen J, Huang Q, *et al.* Optimization of fermentation of yacon fruit wine by response surface methodology [J]. Food Sci, 2010, (23): 182-187.
- [2] Campos D, Betalleluz-Pallardel I, Chirinos R, *et al.* Prebiotic effects of yacon, a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity [J]. Food Chem, 2012, 135(3): 1592-1599.
- [3] 饶之坤, 封良燕, 张呈松, 等. 雪莲果营养成分分析研究[J]. 云南化工, 2007, 34(1): 52-53.
Rao ZK, Feng LY, Zhang SS, *et al.* Analysis on nutrients of *Smallanthus sonchifolius* [J]. Yunnan Chem Technol, 2007, 34(1): 52-53.
- [4] Honore S, Cabrera W, Genta S, *et al.* Protective effect of yacon leaves decoction against early nephropathy in experimental diabetic rats [J]. Food Chem Toxicol, 2012, 50(5): 1704-1715.
- [5] Cazetta M, Martins P, Monti R, *et al.* Yacon (*Polymnia sanchifolia*) extract as a substrate to produce inulinase by *Kluyveromyces marxianus* var. *bulgaricus* [J]. J Food Eng, 2005, 66(3): 301-305.
- [6] Genta S, Cabrera W, Habib N, *et al.* Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans [J]. Clin Nutr, 2009, 28(2): 182-187.
- [7] Choque D, Thomé R, Gabriel D, *et al.* Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)-derived fructooligosaccharides improves the immune parameters in the mouse [J]. Nutr Res, 2012, 32(11): 884-892.
- [8] 李卓亚. 雪莲果化学成分及其药理作用的研究进展[J]. 食品与药品, 2007, 9(6): 41-43.
Li ZY. Research advance on chemical constituents and pharmacological action of *Smallanthus sonchifolius* [J]. Food Drug, 2007, 9(6): 41-43.
- [9] 杜秀虹, 岳艳玲, 李竹英. 雪莲果果浆护色配方的研究[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(56): 32-34.
Du XH, Yue YL, Li ZY. Research of yacon pulp color-retention formulation [J]. Preserv Process, 2010, 10(56): 32-34.
- [10] Siriwan D, Naruse T, Tamura H. Effect of epoxides and α -methylene- γ -lactone skeleton of sesquiterpenes from yacon (*Smallanthus sonchifolius*) leaves on caspase-dependent apoptosis and NF- κ B inhibition in human cervical cancer cells [J]. Fitoterapia, 2011, 82(7): 1093-1101.
- [11] 曹洪. 一种雪莲果果醋饮料: 中国, 201010231395.8 [P]. 2012-02-01.
Cao H. A kind of yacon fruit vinegar beverage: CN, 201010231395.8 [P]. 2012-02-01.
- [12] 罗水忠, 郑志, 潘利, 等. 华雪莲果乳酸菌发酵饮料的研制[J]. 食品科学, 2009, 22: 387-390.
Luo SZ, Zheng Z, Pan L, *et al.* The development of China tuber lactic acid bacteria fermentation drink [J]. Food Sci, 2009, (22): 387-390.
- [13] 王良玉, 潘廷跳, 万漪, 等. 凝固型雪莲果酸奶的研制[J]. 中国酿造, 2011(10): 185-188.
Wang LY, Pan TT, Wang Y, *et al.* Development of yacon set yogurt [J]. China Brew, 2011(10): 185-188.
- [14] 吴竹青, 黄群, 傅伟昌, 等. 低糖雪莲果果脯的生产工艺[J]. 食品科学, 2009, (18): 440-443.
Wu ZQ, Huang Q, Fu WC, *et al.* Processing technology of low-sugar preserved yacon fruit [J]. Food Sci, 2009, (18): 440-443.
- [15] 蒋和体. 软饮料工艺学[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2008.
Jiang HT. Soft drinks technology [M]. Chongqing: Southwest Normal University Press, 2008.
- [16] 黄卉, 赵力超, 游曼洁. 影响荔枝汁非酶褐变的因素及其控制方法[J]. 食品科技, 2006(9): 196-198.
Huang H, Zhao LC, You MJ. Study on nonenzymatic browning of litchi juice and its inhibition methods [J]. Food Sci Technol, 2006, (9): 196-198.
- [17] 赵镭, 刘文, 汪厚银. 食品感官评价指标体系建立的一般原则与方法[J]. 中国食品学报, 2008, (3): 121-124.
Zhao L, Liu W, Wang HY. General guidance and method for establishing index system of food sensory evaluation [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2008, (3): 121-124.
- [18] GB 4789.2-2010 食品微生物学检验 菌落总数测定[S].
GB 4789.2-2010 Food microbiological examination-Aerobic plate count [S].
- [19] GB 4789.2-2010 食品微生物学检验 大肠菌群计数[S].
GB 4789.2-2010 Food microbiological examination-Enumeration of coliforms [S].
- [20] Barros L, Baptista P, Correia D, *et al.* Effects of conservation treatment and cooking on chemical composition and antioxidant activity of Portuguese wild edible mushroom [J]. J Agric Food Chem, 2007, 55(12): 4781-4788.
- [21] 傅博强, 王晶, 王远兴, 等. 食品中低聚果糖高效液相色谱检测方法研究[J]. 食品工业科技, 2010, (9): 370-374.
Fu BQ, Wang J, Wang YX, *et al.* Study on the high performance liquid chromatography method for the determination of fructooligosaccharides in foods [J]. Food Ind Sci, 2010, (9): 370-374.
- [22] 游见明, 曹新志. 福林酚法测定茶树中茶多酚的水平分布[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(10): 2416-2419.
You JM, Cao XZ. Analysis on the distribution of tea polyphenol in tea tree by folin-ciocalteau method [J]. Hubei Agric Sci, 2013, 52(10): 2416-2419.
- [23] 程云燕, 李双石. 食品分析与检验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
Cheng YY, Li SS. Analysis and test of food [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007.
- [24] 宁正祥. 食品成分分析手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
Ning ZX. Food composition analysis manual [M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



高辉, 高级实验师, 主要研究方向为食品生物化学研究。
E-mail: gaohjt@tust.edu.cn



朱振元, 教授, 博士研究生导师, 主要研究方向为生物资源与功能食品。
E-mail: zhyuanzhu@tust.edu.cn