

Study on Technique of Anthocyanin Composite Beverage

Fanghai Liu, Yuping Liu, Xiaofeng Shu, Hanju Sun*, Qiuyan Lou

School of Food Science and Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui
Email: 1549864681@qq.com, *sunhanjv@163.com

Received: May 6th, 2017; accepted: May 17th, 2017; published: May 26th, 2017

Abstract

In this paper, taking anthocyanins, calligonum, medlar, oligo-fructose, citric acid and sugar as raw materials, a kind of anthocyanins compound beverage was developed, which had healthy functions of benefiting kidney, metabolizing alcohol and improving antioxidation. First, pectinase was used to hydrolyse calligonum and medlar, and the best enzymatic hydrolysis conditions of medlar and calligonum were determined by single factor experiments, and an orthogonal experiment of four factors and three levels in terms of absorbance degree. Then, the additions of anthocyanin, medlar, calligonum, oligo-fructose and citric acid were determined by single factor experiments in terms of sensory score. On this basis, the formula of the compound beverage was optimized by an orthogonal experiment of five factors and four levels. The results were anthocyanins 0.03%, calligonum extract 8%, medlar extract 10%, oligo-fructose 13% and citric acid 0.09%.

Keywords

Anthocyanin, Calligonum, Medlar, Oligo-Fructose, Compound Beverage

花青素复合饮料的工艺研究

刘方海, 刘玉萍, 束晓峰, 孙汉巨*, 娄秋燕

合肥工业大学食品科学与工程学院, 安徽 合肥
Email: 1549864681@qq.com, *sunhanjv@163.com

收稿日期: 2017年5月6日; 录用日期: 2017年5月17日; 发布日期: 2017年5月26日

摘要

本文以花青素、拐枣、枸杞、低聚果糖、柠檬酸和白砂糖为原料, 开发一种具有益肾、解酒及抗氧化保

*通讯作者。

健作用的花青素复合饮料。首先,以溶液的吸光度为评价指标,用果胶酶酶解枸杞和拐枣,通过单因素和 $L_9(3^4)$ 正交试验,确定枸杞和拐枣的最佳酶解条件。其次,以感官质量作为评价指标,通过单因素试验,确定花青素、枸杞、拐枣、低聚果糖和柠檬酸的添加量。在此基础上,采用五因素四水平 $L_{16}(4^5)$ 正交试验优化饮料的最佳配方。其结果为:花青素0.03%、拐枣提取液8%、枸杞提取液10%、低聚果糖13%及柠檬酸0.09%。

关键词

花青素, 拐枣, 枸杞, 低聚果糖, 复合饮料

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

花青素,又名花色素、花青色素,其基本结构单元是2-苯基苯并吡喃型阳离子,即花色基元。现已知的存在于植物中的花青素有20多种,主要有:天竺葵色素、矢车菊色素或芙蓉花色素、翠雀素(或飞燕草色素)、芍药色素、牵牛花色素及锦葵色素。在自然条件下,游离状态的花青素极少见,其主要与一个或多个葡萄糖、鼠李糖、半乳糖、阿拉伯糖等通过糖苷键形成花色苷。花青素属类黄酮类化合物,是一种广泛存在于植物中的水溶性天然色素,其颜色会随着介质pH的变化而改变。当 $pH < 7$ 时,其呈现红色;当 $pH > 7$ 时,其呈现蓝色[1]。值得一提都是,花青素具有抗氧化、清除自由基、增强血管弹性、促进视网膜细胞中视紫质的再生、抗辐射以及改善睡眠等多种功能[2]。

枸杞属于管状花目茄科枸杞属,在亚洲国家是一种药食同源的物品,其果、叶、苗、根均可入药,是中药配方的重要成分,广泛用于泡酒、泡茶、泡水、煲汤、煮粥等。枸杞富含枸杞多糖、甜菜碱、枸杞色素。枸杞多糖具有促进免疫、抗衰老、抗肿瘤、清除自由基、抗疲劳、抗辐射、保肝、生殖功能保护和改善等作用。枸杞色素主要包括胡萝卜素、叶黄素和其他有色物质。其中,胡萝卜素是枸杞色素的主要活性成分,具有抗氧化和作为维生素A的合成前体等重要的生理功能[3][4]。

拐枣是鼠李目鼠李科枳椇属植物,又名鸡爪李、万寿国、枳椇等,其果梗肥厚扭曲,肉质呈红褐色,具有令人心旷神怡的香味。拐枣除含有丰富的葡萄糖、蛋白质、维生素、矿物质等营养物质,还富含黄酮等生理活性物质,具有安神醒酒、加速肠道蠕动、增强免疫力、降血压等功能[5][6][7]。

本研究拟采用花青素、枸杞及拐枣为主要原料,开发一种具有益肾、解酒及抗氧化保健作用的功能复合饮料。

2. 材料与设备

2.1. 原材料与试剂

黑米花青素(纯度 $\geq 25\%$,合肥工业大学食品科学与工程学院实验室提供),枸杞(超市购买),拐枣(超市购买),果胶酶(南宁市庞博生物工程有限公司产,活力单位:35 μg),低聚果糖、柠檬酸及白砂糖均为食品级,去离子水。

2.2. 仪器及设备

CP114型电子天平(奥豪斯仪器有限公司);JM型胶体磨(温州市瓯海梧田华慧乳化机械厂);HH-2型

数显恒温水浴锅(江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司); 722E 型可见分光光度计(上海光谱仪器有限公司); pHS-3G 型 pH 计(上海雷磁仪器厂); WYT-JO-32 手持糖量计(上海精密仪器仪表有限公司); 中药粉碎机(浙江省永康市溪岸五金药具厂); 循环水泵(长沙市欧龙机械设备贸易有限公司); 膜过滤器(安平县梦迪过滤技术有限公司); 以及移液管及烧杯等玻璃器皿。

2.3. 工艺流程

枸杞→酶解→膜分离→提取液 提取液←膜分离←酶解←拐枣
 ↓ ↓
 花青素、柠檬酸、低聚果糖→调配→脱气→灌装→杀菌→冷却→成品

2.4. 具体操作

2.4.1. 枸杞提取液的制取

将枸杞和去离子水按照 1:20 (m/V)的比例混合, 煮沸 30 min 后, 将冷却至室温的枸杞和水混合物加入胶体磨中, 调节间隙为 0.1 mm, 研磨三遍。在最优的果胶酶添加量、pH、酶解温度和酶解时间条件下酶解后, 将酶解液煮沸 30 min 灭酶, 冷却至室温, 用 200 目的尼龙布过滤, 再将滤液通过截留分子量为 2 kDa 超滤膜设备过滤, 获得澄清的枸杞提取液。

2.4.2. 拐枣提取液的制取

将拐枣用中药粉碎机研磨 1 min, 制成粉末状。然后, 将其和去离子水按照 1:20 (m/V)的比例混合, 在最优的果胶酶添加量、pH、酶解温度和酶解时间条件下酶解后, 将酶解液煮沸 30 min 灭酶, 冷却至室温, 用 200 目的尼龙布过滤, 再将滤液通过截留分子量为 2 kDa 超滤膜设备过滤, 获得澄清的拐枣提取液。

2.4.3. 调配

将花青素、枸杞提取液、拐枣提取液、柠檬酸、低聚果糖和白砂糖按比例混合均匀, 通过单因素和正交试验得到最优配方。

2.4.4. 脱气

将调配后的饮料采用循环水泵脱气, 在 0.09 Mpa 真空度下, 脱气 5 分钟[8]。

2.4.5. 灌装

将脱气后的饮料灌装至玻璃瓶中, 然后封盖。

2.4.6. 杀菌、冷却[9]

将灌装的饮料瓶放入 95℃~100℃的热水中, 杀菌 30 min 后, 取出, 在自然条件下冷却至室温。

2.5. 试验方法

2.5.1. 枸杞最佳酶解条件的研究

1) 酶解 pH 的研究

取 3 组各 5 支锥形瓶, 分别加入 100 ml 枸杞提取液, 果胶酶添加量为 0.15 g, 调节其 pH 分别为 2、3、4、5 和 6, 在 50℃条件下, 酶解 3 h, 以吸光度为评价指标, 研究酶解 pH 对果胶酶澄清枸杞提取液的影响。

2) 果胶酶添加量的研究

取3组各5支锥形瓶,分别加入100 ml 枸杞提取液,分别添加果胶酶0.09、0.12、0.15、0.18和0.21 g,调节其pH为4.0,在50℃条件下,酶解3 h,以吸光度为评价指标,研究酶添加量对果胶酶澄清枸杞提取液的影响。

3) 酶解温度的研究

取3组各5支锥形瓶,分别加入100 ml 枸杞提取液,果胶酶添加量为0.15 g,调节其pH为4.0,分别在35℃、40℃、45℃、50℃和55℃,酶解3 h,以吸光度为评价指标,研究酶解温度对果胶酶澄清枸杞提取液的影响。

4) 酶解时间的研究

取3组各5支锥形瓶,分别加入100 ml 枸杞提取液,果胶酶添加量为0.15 g,调节其pH为4.0,在50℃下分别酶解2、3、4、5和6 h,以吸光度为评价指标,研究酶解时间对果胶酶澄清枸杞提取液的影响。

2.5.2. 枸杞酶解条件的正交试验

在单因素试验的基础上,选取果胶酶添加量、酶解pH、温度和时间为四因素,各取三个水平,对枸杞提取液进行四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验,确定其最优酶解条件。

2.5.3. 拐枣最佳酶解条件的研究

1) 酶解pH的研究

取3组各5支500 ml 锥形瓶,分别加入5 g 拐枣粉末和50 ml 水,果胶酶添加量为0.15 g,调节其pH分别为2、3、4、5和6,在50℃下酶解3 h,以吸光度为评价指标,优化pH对果胶酶澄清拐枣提取液的影响。

2) 果胶酶添加量的研究

取3组各5支锥形瓶,分别加入5 g 拐枣粉末和50 ml 水,分别添加果胶酶0.09、0.12、0.15、0.18和0.21 g,调节其pH为5.0,在50℃下酶解3 h,以吸光度为评价指标,优化酶的添加量对果胶酶澄清拐枣提取液的影响。

3) 酶解温度的研究

取3组各5支锥形瓶,分别加入5 g 拐枣粉末和50 ml 水,果胶酶添加量为0.15 g,调节其pH为5.0,分别在35℃、40℃、45℃、50℃和55℃下酶解3 h,以吸光度为评价指标,优化酶解温度对果胶酶澄清拐枣提取液的影响。

4) 酶解时间的研究

取3组各5支锥形瓶,分别加入5 g 拐枣粉末和50ml 水,果胶酶添加量为0.15 g,调节其pH为5.0,在50℃下分别酶解2、3、4、5和6 h,以吸光度为评价指标,优化酶解时间对果胶酶澄清拐枣提取液的影响。

2.5.4. 拐枣酶解条件的正交试验

在单因素试验的基础上,选取酶解pH、酶添加量、酶解温度及酶解时间为四因素,各取三个水平,对拐枣进行四因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验,确定其最优酶解条件。

2.5.5. 原辅料用量的单因素试验

1) 柠檬酸用量对饮料品质的影响

低聚果糖、拐枣提取液、枸杞提取液、黑米花青素用量分别固定为5、10、10和0.03%,柠檬酸用量分别为0.07%、0.08%、0.09%、0.10%、0.11%和0.12%,通过感官评价,研究柠檬酸用量对饮料品质

的影响。

2) 低聚果糖用量对饮料品质的影响

柠檬酸、拐枣提取液、枸杞提取液、黑米花青素用量分别固定为 0.10、10、10 和 0.03%，低聚果糖用量分别为 3%、5%、7%、9%、11% 和 13%。通过感官评价，研究低聚果糖用量对饮料品质的影响。

3) 拐枣提取液用量对饮料品质的影响

柠檬酸、低聚果糖、枸杞提取液、黑米花青素用量分别固定在 0.10、9、10 和 0.03%，拐枣提取液用量分别为 6%、8%、10%、12%、14% 和 16%。通过感官评价，研究拐枣提取液用量对饮料品质的影响。

4) 枸杞提取液用量对饮料品质的影响

柠檬酸、低聚果糖、拐枣提取液、黑米花青素用量分别固定为 0.10、9、8 为 0.03%，枸杞提取液用量为分别 6%、8%、10%、12%、14% 和 16%。通过感官评价，研究枸杞提取液用量对饮料品质的影响。

5) 黑米花青素用量对饮料品质的影响

柠檬酸、低聚果糖、拐枣提取液、枸杞提取液用量分别固定在 0.10、9、8 和 10%，黑米花青素用量分别为 0.01%、0.02%、0.03%、0.04%、0.05% 和 0.06%。通过感官评价，研究黑米花青素用量对饮料品质的影响。

2.5.6. 饮料配方的正交试验

在单因素基础上，以黑米花青素、拐枣提取液、枸杞提取液、柠檬酸和低聚果糖为五因素，各取四水平，对饮料进行五因素四水平 $L_{16}(4^5)$ 正交试验，确定其最优配方[10]。

2.5.7. 可溶性固形物含量的测定

手持糖量计法[11]。

2.5.8. 有效酸度测定

pH 计法[12]。

2.5.9. 花青素测定

分光光度计法[13]。

2.5.10. 感官评分

评分小组由 10 人组成，分别从色泽、气味和口感这三个指标进行评分，分数分别为 X_1 、 X_2 和 X_3 ，依据加权平均数 $X = 0.3X_1 + 0.3X_2 + 0.4X_3$ 确定其总分，具体得分标准如表 1 所示[14]。

2.5.11. 调配方法

以花青素、枸杞提取液、拐枣提取液、柠檬酸和低聚果糖的用量分别进行单因素试验。在此基础上，采用五因素四水平 $L_{16}(4^5)$ 正交试验与验证试验，进一步确定饮料的最佳配方。

Table 1. Sensory evaluation score

表 1. 感官评价分数

感官分数	色泽	气味	口感
90~100	色泽均匀，诱人红色	气味协调，富含香气	酸甜适中，口感细腻
80~90	色泽均匀，淡红色	气味较协调，含有香气	酸甜较适中，口感细腻
70~80	色泽较均匀，颜色暗	气味较协调，含少量香气	口感较细腻，偏酸/偏甜
≤70	色泽较均匀，色泽差	气味不协调，其他气味重	偏酸或偏甜，口感不适

3. 结果与分析

3.1. 酶解条件对枸杞提取液澄清效果的影响

pH 对果胶酶澄清枸杞提取液的影响如图 1(a)所示。随着 pH 的升高,吸光度逐渐降低,在 pH 为 4.0 时吸光值最小(0.321, P 值为 0.07, 差异较显著),说明水解度水平高,即澄清度最好;但随着 pH 的进一步升高,吸光值度升高,这是因为该酶的最适 pH 为 4.0, pH 由 2 升到 4 时,酶活力增强,因而果汁中的聚半乳糖醛酸被水解为小分子的半乳糖醛酸,使浑浊的果汁变澄清,溶液的吸光度下降。之后,随着 pH 的进一步增加,远离果胶酶的最适 pH,该酶的活力降低,水解聚半乳糖醛酸的能力也随之降低,导致溶液的澄清度进一步上升,吸光度增加。因此,果胶酶澄清枸杞提取液最佳的 pH 为 4.0。

果胶酶添加量对其澄清枸杞提取液的影响如图 1(b)所示。很显然,随着酶量的增加,吸光值逐渐降低,说明果胶的水解度增加,溶液的澄清度逐渐提高;在酶的添加量为 0.15% 时,吸光值最小(0.640, P 值为 0.00040, 差异极显著),果胶的水解度最高。之后,随着酶的添加量不断增多,吸光值反而升高。这是因为果胶酶是一种蛋白质,当其保证果胶物质被充分酶解后,其过多添加,造成溶液浑浊,溶液的吸光度增加。由此可知,枸杞提取液酶解时最佳果胶酶添加量为 0.15%。

酶解温度对果胶酶澄清枸杞提取液的影响如图 1(c)所示。很显然,随着温度的升高,吸光值急剧下降,在 40℃ 下吸光值最小(0.345, P 值为 0.04100, 差异显著),果胶的水解度最高,此时溶液的澄清度

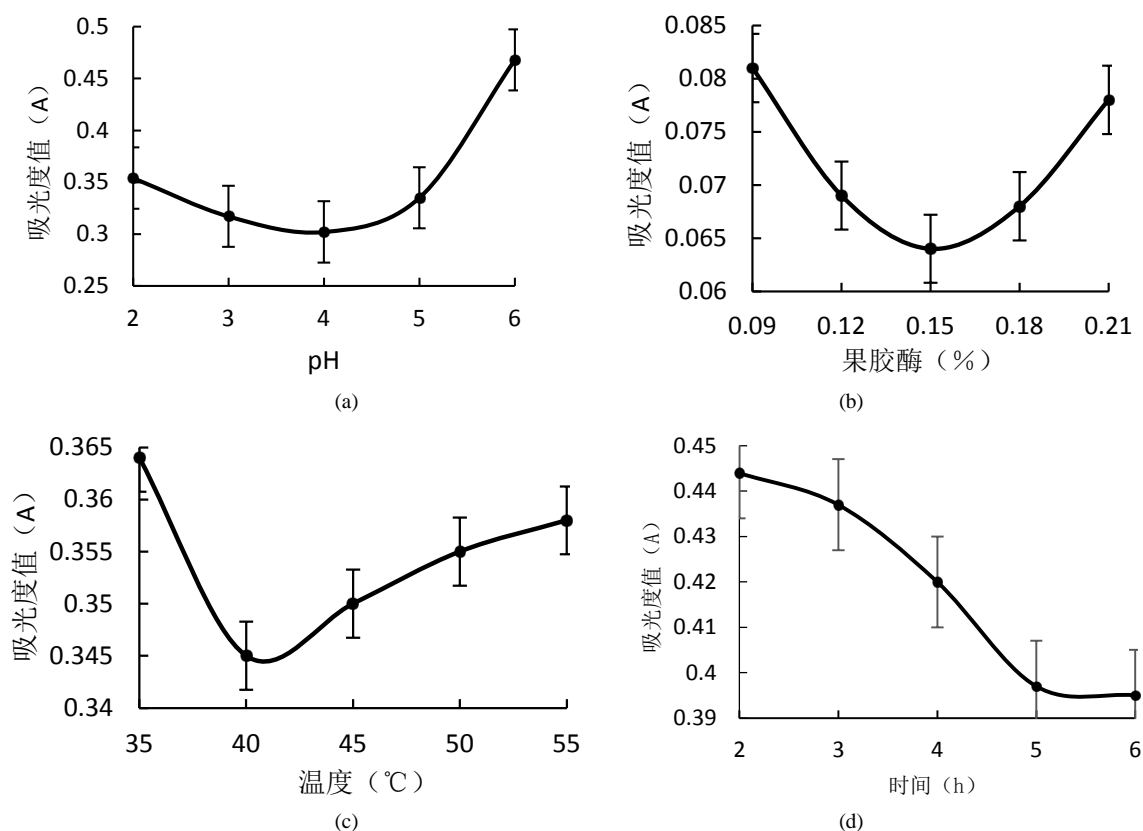


Figure 1. (a) Effect of pH on the clarification effect of medlar extract; (b) Effect of enzyme content on clarification of medlar extract; (c) Effect of enzymatic hydrolysis temperature on clarification of medlar extract; (d) Effect of enzymatic hydrolysis time on clarification of medlar extract

图 1. (a) pH 对枸杞提取液澄清效果的影响; (b) 酶添加量对枸杞提取液澄清效果的影响; (c) 酶解温度对枸杞提取液澄清效果的影响; (d) 酶解时间对枸杞提取液澄清效果的影响

最高。之后，随着温度的进一步升高，吸光值反而增加，果胶的水解程度下降。整个过程可分析如下：从 35℃ 开始，随着温度的增加，越来越接近该酶的最适温度，较多的果胶物质被水解，溶液的吸光度值逐渐下降；在 40℃ 时，该酶的活性最高，果胶物质被充分水解，溶液的吸光度值最小；之后，随着温度的进一步升高，远离该酶的最适温度，酶的活性降低，果胶物质没有被充分水解，溶液的吸光度值下降。故果胶酶澄清枸杞提取液的最佳温度为 40℃。

酶解的时间对果胶酶澄清枸杞提取液的影响如图 1(d) 所示。容易看出，起初随着酶解时间的增加，吸光值逐渐降低；在 5 h 时，吸光值达到最小(0.397, P 值为 0.00500, 差异极显著)，说明果胶物质的水解程度最高；之后，随着时间的进一步延长，吸光值趋于平缓。整个过程可分析如下：刚开始，果胶酶水解枸杞中的果胶物质大分子物质为半乳糖醛酸小分子物质，溶液越来越澄清，吸光值逐渐降低。当果胶物质完全被酶解后，溶液的澄清度最低，吸光值趋于平稳。因此，枸杞提取液的最佳酶解时间为 5 h。

3.2. 枸杞提取正交试验

通过因素试验，确定了枸杞提取的最适条件为：pH 为 4.0，酶量 0.15%，酶解温度 40℃，酶解时间 5 h。在此基础上，采用四因素三水平正交试验进一步确定枸杞提取的最佳条件[15] [16] [17]。

由表 2 可知，影响枸杞提取的主次因素排列次序为：酶解时间 > 酶量 > 酶解温度 > pH。1 号试验的吸光值最小为 0.266，其因素水平组合为 A₁B₁C₁D₁。从极差分析的结果来看，最佳组合为 A₁B₁C₁D₃。所以，对 A₁B₁C₁D₁ 和 A₁B₁C₁D₃ 进行验证试验，试验指标不变，最终的吸光值分别为 0.266 和 0.260，确定 A₁B₁C₁D₃ 为最佳枸杞酶解条件，即：果胶酶 0.12%，温度 35℃，pH3.5，时间 5.5 h。

Table 2. Optimum enzymatic hydrolysis conditions of medlar and its results

表 2. 枸杞提取的最佳酶解条件试验方案及结果

试验号	试验方案				评价指标 吸光值(A)
	A 酶量(%)	B 酶解温度(℃)	C pH	D 酶解时间(h)	
1	1 (0.12)	1 (35)	1 (3.5)	1 (4.5)	0.266 ± 0.004
2	1	2 (40)	2 (4.0)	2 (5.0)	0.284 ± 0.015
3	1	3 (45)	3 (4.5)	3 (5.5)	0.282 ± 0.013
4	2 (0.15)	1	2	3	0.274 ± 0.029
5	2	2	3	1	0.302 ± 0.004
6	2	3	1	2	0.274 ± 0.006
7	3 (0.18)	1	3	2	0.283 ± 0.018
8	3	2	1	3	0.283 ± 0.002
9	3	3	2	1	0.298 ± 0.017
K ₁	0.277	0.274	0.274	0.289	
K ₂	0.283	0.290	0.285	0.287	
K ₃	0.288	0.285	0.289	0.280	
R	0.011	0.016	0.015	0.009	
因素主次	DABC				
最佳组合	A ₁ B ₁ C ₁ D ₃				

3.3. 酶解条件对拐枣提取液澄清效果的影响

酶解条件(pH、果胶酶用量、温度和时间)对拐枣提取液澄清效果的影响如图2所示。pH对拐枣提取液澄清效果的影响如图2(a)所示。刚开始时,随着pH的升高,吸光值不断下降,水解水平升高,在pH5.0时,吸光值最小(0.461, P值为0.00006, 差异显著)。pH进一步增加,吸光值也随之增加,水解度降低。这是因为酶解的最适pH为5.0, pH由2升到5时,酶活力增强,因而果汁中的聚半乳糖醛酸较快的分解为小分子半乳糖醛酸,使浑浊的果汁变澄清。随后pH逐渐增加,酶活力降低,分解聚半乳糖醛酸的能力也随之降低。因此,拐枣提取液的最佳酶解pH为5.0。

酶的添加量对拐枣提取液澄清效果的影响如图2(b)所示。一开始时,随着酶量的增加,吸光值逐渐降低,水解水平升高,即澄清度逐渐提高,在酶量添加为0.15%时,吸光值最小(0.293, P值为0.08210, 差异较显著),即水解水平最高。之后,随着酶添加量的不断增多,吸光值也升高,水解水平降低。这可能是因为酶量减少时,不能完全分解拐枣中的浑浊物质,酶量增多时,酶蛋白自身会引起液体的浑浊。由此可知,最佳的果胶酶添加量为0.15%。

酶解的温度对拐枣提取液澄清效果的影响如图2(c)所示。由图可知,随着温度的升高,吸光值急剧下降,水解水平升高,在50℃的时候吸光值最小(0.357, P值为0.00913, 差异极显著),水解水平最高,此时的澄清度最好。但是随着温度进一步升高,吸光值也随之增加,水解水平降低。原因是温度低时,果胶酶的活性受到抑制,温度过高时,酶蛋白结构遭到破坏导致酶活性降低甚至失活。故拐枣的最佳酶解温度为50℃。

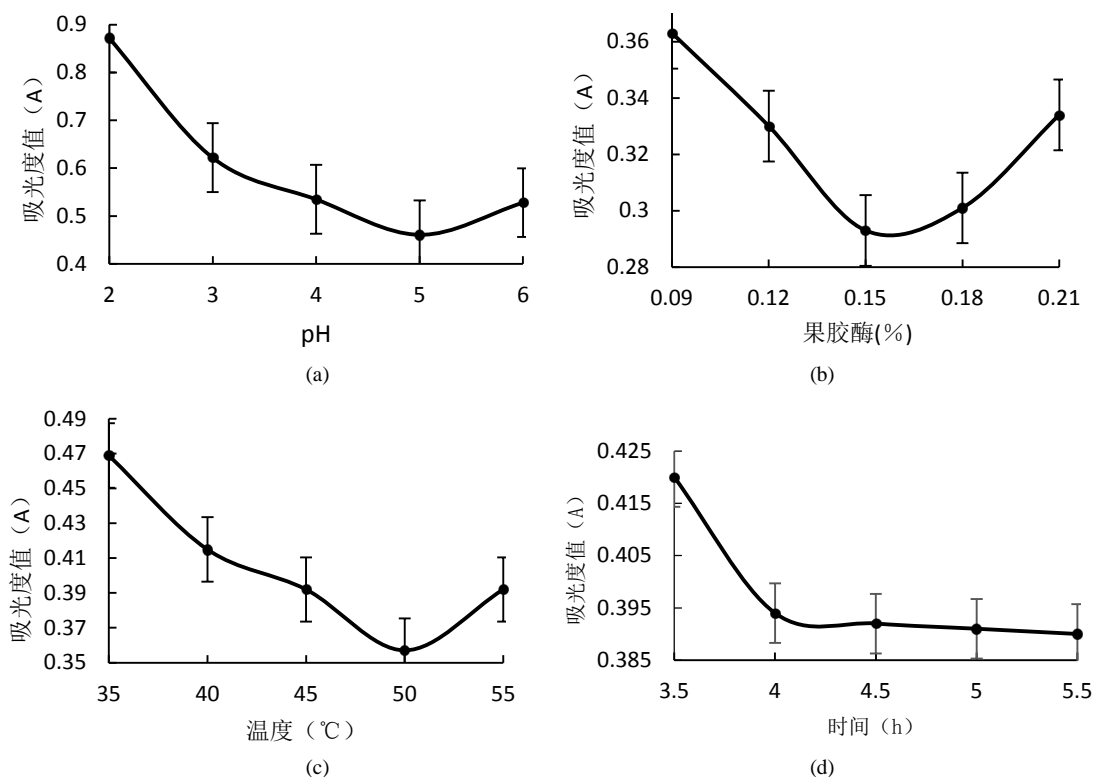


Figure 2. (a) Effect of enzymatic hydrolysis pH on clarification of calligonum extract; (b) Effect of enzyme content on clarification of calligonum extract; (c) Effect of enzymatic hydrolysis temperature on clarification of calligonum extract; (d) Effect of enzymatic hydrolysis time on clarification of calligonum extract.

图 2. (a)酶解 pH 对拐枣提取液澄清效果的影响; (b)酶添加量对拐枣提取液澄清效果的影响; (c)酶解温度对拐枣提取液澄清效果的影响; (d)酶解时间对拐枣提取液澄清效果的影响

酶解时间对澄清拐枣提取液的影响如图 2(d)所示。容易看出,刚开始的时候随着酶解时间的增加,吸光值逐渐降低,水解水平升高,4h 时,吸光值达到最小(0.394, P 值为 0.00090, 差异极显著)。之后,随着酶解时间的进一步延长,吸光值趋于平缓。这是因为,刚开始时果胶酶水解拐枣中的浑浊物质,所以澄清度越来越高,即吸光值逐渐降低,随着酶解时间的延长,浑浊物变少,吸光值趋于平稳。因此,最佳的酶解时间为 4 h。

3.4. 拐枣提取正交试验

根据单因素试验确定了拐枣提取的最适条件为: pH 为 5.0, 酶量 0.15%, 酶解温度 50℃, 酶解时间 4 h。在单因素试验的基础上,采用四因素三水平正交试验进一步确定拐枣提取的最佳条件[15] [16] [17]。由表 3 可知,影响拐枣提取的主次因素排列次序为: 酶解温度 > 酶量 > pH > 酶解时间。4 号试验的吸光值最小为 0.258, 其因素水平组合为 A₂B₁C₂D₃。从极差分析的结果来看,最佳组合为 A₂B₃C₂D₃。所以,对 A₂B₁C₂D₃ 和 A₂B₃C₂D₃ 进行验证试验,试验指标不变,最终的吸光值分别为 0.258 和 0.242,确定 A₂B₃C₂D₃ 为最佳酶解条件,即: 酶量 0.15%, 酶解温度 55.5℃, pH5.0, 酶解时间 4.5 h。

3.5. 花青素添加量对饮料品质的影响

由图 3 可知,当花青素添加量低于 0.03%时,饮料的感官评分呈上升趋势;花青素添加量为 0.03%时,感官分数达到最高分(92.0 分, P 值为 0.00810, 差异极显著);之后,当添加量高于 0.03%时,感官评分呈下降趋势。花青素主要是影响饮料的色泽,当添加量小于 0.03%时,随着花青素的添加,饮料的色泽愈发的诱人;但当添加量超过 0.03%时,随着添加量的增加,颜色变深变暗,导致感官评分下降。因此,花青素的最佳添加量选择为 0.03%。

Table 3. Study on the optimum enzymatic hydrolysis conditions of calligonum and its results

表 3. 拐枣提取的最佳酶解条件的试验方案及结果

试验号	试验因素				试验指标
	A 酶量(%)	B 提取温度(℃)	C pH	D 提取时间(h)	吸光值
1	1 (0.12)	1 (45)	1 (4.4)	1 (3.5)	0.368 ± 0.042
2	1	2 (50)	2 (5.0)	2 (4.0)	0.291 ± 0.030
3	1	3 (55)	3 (5.6)	3 (4.5)	0.280 ± 0.024
4	2 (0.15)	1	2	3	0.258 ± 0.010
5	2	2	3	1	0.333 ± 0.015
6	2	3	1	2	0.288 ± 0.027
7	3 (0.18)	1	3	2	0.292 ± 0.023
8	3	2	1	3	0.297 ± 0.034
9	3	3	2	1	0.311 ± 0.056
K ₁	0.313	0.306	0.318	0.337	
K ₂	0.293	0.307	0.287	0.290	
K ₃	0.300	0.293	0.302	0.278	
R	0.020	0.040	0.031	0.059	
因素主次	BACD				
最佳组合	A ₂ B ₃ C ₂ D ₃				

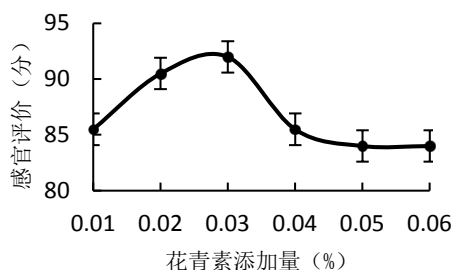


Figure 3. Effect of adding amount of anthocyanin on beverage quality
图 3. 花青素添加量对饮料品质的影响

3.6. 枸杞提取液对饮料品质的影响

由图 4 可知, 当枸杞提取液添加量低于 10% 时, 饮料的感官评分呈上升趋势; 添加量为 10% 时, 感官分数达到最高分(89.0 分, P 值为 0.07110, 差异较显著); 当添加量高于 10% 时, 感官评分呈下降趋势。枸杞提取液主要影响饮料的口感与香气, 当添加量低于 10% 时, 口感偏淡并且香气不明显; 添加量高于 10% 时, 枸杞味过重导致感官品质下降。故枸杞提取液的最佳添加量为 10%。

3.7. 拐枣提取液对饮料品质的影响

由图 5 可知, 当拐枣提取液添加量低于 8% 时, 饮料的感官评分呈上升趋势; 添加量为 8% 时, 感官分数达到最高分(90.5 分, P 值为 0.09000, 差异较显著); 当添加量高于 8% 时, 感官评分呈下降趋势。拐枣提取液主要影响饮料的口感与香气, 当添加量低于 8% 时, 口感偏淡并且香气不明显; 添加量高于 8% 时, 拐枣味过重并且口感偏涩, 导致感官品质下降。所以, 拐枣提取液的最佳添加量为 8%。

3.8. 柠檬酸对饮料品质的影响

由图 6 可知, 当柠檬酸添加量低于 0.1% 时, 饮料的感官评分呈上升趋势; 添加量为 0.1% 时, 感官分数达到最高分(92.0 分, P 值为 0.05100, 差异显著); 当添加量高于 0.1% 时, 感官评分呈下降趋势。柠檬酸主要影响饮料的酸度, 当添加量低于 0.1% 时, 随着添加量的增加, 酸度逐渐增加, 并且花青素在酸性条件下显红色; 添加量高于 0.1% 时, 饮料过酸, 导致感官品质下降。所以柠檬酸的最佳添加量为 0.1%。

3.9. 低聚果糖对饮料品质的影响

低聚果糖对饮料品质的影响如图 7 所示。很显然, 当低聚果糖添加量低于 9% 时, 饮料的感官评分呈上升趋势; 添加量为 9% 时, 感官分数达到最高分(92.0 分, P 值为 0.13000, 基本无显著差异); 当添加量高于 9% 时, 感官评分呈下降趋势。低聚果糖甜味纯正清爽, 并且有利于人体肠道益生菌的生长, 当添加量小于 9% 时, 随着添加量的增加, 饮料甜度不断增加, 口感越来越好; 添加量高于 9% 时, 甜度过高, 导致感官品质下降。所以, 低聚果糖的最佳添加量为 9%。

3.10. 最佳配方的确定

经饮料配方单因素试验确定了各组分的最适添加量为: 柠檬酸 0.1%, 低聚果糖 9%, 拐枣提取液 8%, 枸杞提取液 10%, 花青素添加量 0.03%。在单因素水平的基础上, 采用五因素四水平正交试验进一步确定饮料的最佳配方[15] [16] [17]。由表 4 知, 影响饮料品质的主次因素排列次序为: 柠檬酸 > 枸杞提取液 > 低聚果糖 > 花青素 > 拐枣提取液, 2 号样品为最高分 90 分, 其因素水平组合为 $A_1B_2C_2D_2E_2$, 即柠檬酸 0.09%、低聚果糖 9%、拐枣提取液 8%、枸杞提取液 10%、花青素 0.03%。从极差分析计算结果可以看出最优水平组合为 $A_1B_4C_2D_3E_2$, 所以应对 $A_1B_2C_2D_2E_2$ 和 $A_1B_4C_2D_3E_2$ 进行验证试验, 评分标准

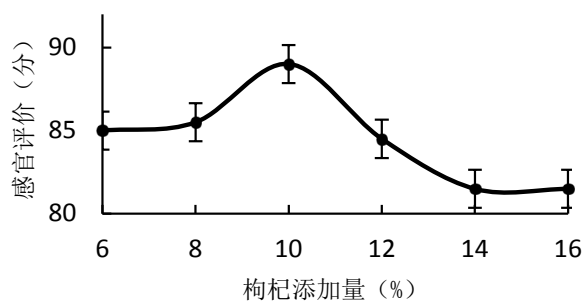


Figure 4. Effect of adding amount of medlar extract on beverage quality

图 4. 枸杞提取液添加量对饮料品质的影响

Table 4. Orthogonal experiment and results

表 4. 正交试验因素水平组合及结果

试验号	试验因素					试验指标
	A 柠檬酸(%)	B 低聚果糖(%)	C 拐枣(%)	D 枸杞(%)	E 花青素(%)	感官分数 (满分 100 分)
1	1 (0.0.9)	1 (7)	1 (6)	1 (8)	1 (0.02)	84.5 ± 0.5
2	1	2 (9)	2 (8)	2 (10)	2 (0.03)	90.0 ± 1.0
3	1	3 (11)	3 (10)	3 (12)	3 (0.04)	83.5 ± 0.3
4	1	4 (13)	4 (12)	4 (14)	4 (0.05)	84.0 ± 1.2
5	2 (0.10)	1	2	3	4	81.0 ± 0.9
6	2	2	1	4	3	83.0 ± 1.3
7	2	3	4	1	2	81.5 ± 0.7
8	2	4	3	2	1	87.0 ± 0.6
9	3 (0.11)	1	3	4	2	79.5 ± 0.8
10	3	2	4	3	1	81.5 ± 1.3
11	3	3	1	2	4	81.5 ± 0.8
12	3	4	2	1	3	81.5 ± 0.6
13	4 (0.12)	1	4	2	3	81.0 ± 0.9
14	4	2	3	1	4	81.5 ± 1.5
15	4	3	2	4	1	81.5 ± 0.9
16	4	4	1	3	2	85.0 ± 1.1
K ₁	88.0	81.5	83.5	82.3	83.6	
K ₂	83.1	84.0	83.5	84.9	84.0	
K ₃	81.0	82.0	82.9	85.3	82.3	
K ₄	82.3	84.4	82.0	82.0	82.0	
R	7.0	2.9	1.5	3.3	2.0	
因素主次	ADBEC					
最佳组合	A ₁ B ₄ C ₂ D ₃ E ₂					

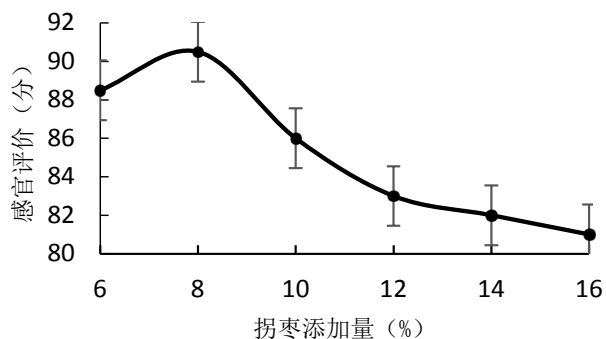


Figure 5. Effect of adding amount of calligonum on beverage quality
图 5. 拐枣提取液添加量对饮料品质的影响

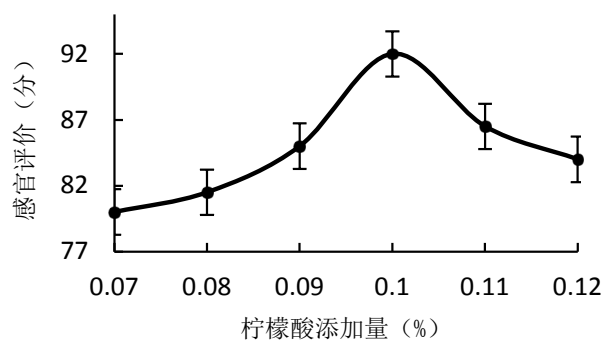


Figure 6. Effect of adding amount of citric acid on beverage quality
图 6. 柠檬酸添加量对饮料品质的影响

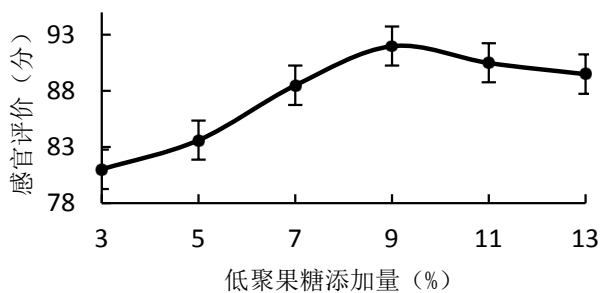


Figure 7. Effect of adding amount of oligo-fructose on beverage quality
图 7. 低聚果糖添加量对饮料品质的影响

不变，得分分别为 89.8 和 94.5，确定 $A_1B_4C_2D_3E_2$ 为最佳配方，即：柠檬酸 0.09%、低聚果糖 13%、拐枣提取液 8%、枸杞提取液 12%、花青素 0.03%。

4. 产品质量指标

4.1. 感官指标

色泽：诱人的红色，且色泽均匀；

气味：具有枸杞和拐枣特有的香气及风味；

口感：酸甜适中，口感细腻；

组织形态：呈均匀透明溶液，无分层现象。

4.2. 微生物指标

细菌总数(cfu/ml) \leq 100;
 大肠菌群(cfu/100 ml) \leq 30;
 致病菌不得检出。

5. 结论

本文首先通过单因素和正交试验确定了枸杞和拐枣的最佳酶解条件。枸杞最佳酶解提取条件为：酶解时间 5.5 h，酶解温度 35℃，pH 为 3.5，果胶酶添加量 0.12%；拐枣最佳酶解提取条件为：酶解时间 4.5 h，酶解温度 55℃，pH 为 5.0，酶量 0.15%。在此基础上，以花青素、枸杞、拐枣、柠檬酸和低聚果糖为原料，以色泽、气味及口感为感官指标，依次采用单因素试验及五因素四水平正交试验，确定饮料的最佳配方，即：柠檬酸 0.09%、低聚果糖 13%、拐枣提取液 8%、枸杞提取液 12%、花青素 0.03%。该花青素功能饮料营养丰富，色泽鲜艳，口感极佳。

基金项目

1) 2015 年合肥工业大学国家级大学生创新创业训练项目(201510359055); 2) 2015 年度合肥工业大学“秋实计划”项目(JZ2015QSJH0217)。

参考文献 (References)

- [1] 娄秋艳, 孙汉巨, 陈晓燕, 等. 花青素果汁复合保健饮料的工艺研究[J]. 饮料工业, 2014, 17(8): 15-18.
- [2] 梁引库, 王琦, 李新生. 黑米花青苷胶囊体外清除自由基及抗氧化作用的研究[J]. 食品科技, 2012(8): 243-246.
- [3] 如克亚·加帕尔, 孙玉敬, 钟烈州, 沈妍, 叶兴乾. 枸杞植物化学成分及其生物活性的研究进展[J]. 中国食品学报, 2013, 13(8): 161-172.
- [4] 李勇, 聂永华, 崔振华, 余昆, 陈玲. 果胶酶澄清枸杞汁最佳工艺条件研究[J]. 食品科技, 2012(6): 113-116.
- [5] 杜海艳, 王立江. 拐枣醋的工艺研制[J]. 中国调味品, 2011, 36(8): 91-94 + 101.
- [6] 于斌如, 汤银红. 枳椇子的研究进展[J]. 时珍国医国药, 2004, 15(9): 608-610.
- [7] 邹礼根, 柳爱春, 刘超, 赵芸. 拐枣水提取液对小白鼠解酒的作用[J]. 浙江农业科学, 2010(1): 109-110 + 180.
- [8] 唐静静, 董海祥. 果实饮料的脱气及相关设备[J]. 包装与食品机械, 2005, 23(3): 39-41.
- [9] 张峰, 李志斌, 刘景兰, 夏君霞. 杀菌技术在饮料生产管理中的应用[J]. 现代营销(学苑版), 2013(2): 125.
- [10] 潘丽军, 陈锦权. 试验设计与数据处理[M]. 南京: 东南大学出版社, 2008: 108-126.
- [11] 胡小松, 蒲彪. 软饮料工艺学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 128-149.
- [12] 黄伟坤. 食品检验与分析[M]. 北京: 中国轻工出版社, 1997: 597-598.
- [13] 石娟. 黑米中花青素的提取、纯化及其体内抗氧化活性研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2012.
- [14] 李云飞, 殷涌光, 金万镐. 食品物性学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009: 96-102.
- [15] 孙汉巨, 钟昔阳, 姜绍通, 姜绍通. 覆盆子功能饮料加工工艺的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 131-134.
- [16] 孙汉巨, 姜绍通, 高韩玉. 茶瓜子加工工艺的研究[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(12): 2352-2353 + 2358.
- [17] Sun, H., Chen, Z., Wen, P., et al. (2012) Optimization of Enzymatic Hydrolysis Conditions for Preparation of Ginkgo Peptides from Ginkgo Nuts. *International Journal of Food Engineering*, 8, 1-15.
<https://doi.org/10.1515/1556-3758.2582>

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjfn@hanspub.org