

蛹虫草功能饮料稳定性的研究

朱振元*, 刘雪蕊, 孙会轻, 郭 蓉, 张 军

(天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457)

摘 要: **目的** 研究一种可有效保持蛹虫草功能饮料稳定性的复合稳定剂配方。**方法** 首先考察卡拉胶、琼脂、黄原胶、CMC、瓜尔豆胶和海藻酸钠 6 种单一稳定剂的效果, 再对单一稳定剂进行复配筛选出稳定性效果好的复合稳定剂。将饮料置于 37 ℃ 恒温箱进行 2 周的贮藏试验, 确定最佳的复合稳定剂, 并观察饮料贮藏期间稳定系数、贮存稳定效果和饮料粘度的变化。**结果** 保持蛹虫草饮料稳定性的最佳复合稳定剂配方是: 黄原胶与 CMC 按 3:2 比例复配, 添加量为 0.1%, 稳定系数可达到 0.981。此条件下贮藏 3 个月, 蛹虫草功能饮料中虫草多糖、虫草酸、虫草素含量稳定。**结论** 采用本复合稳定剂配方可用于改善蛹虫草功能饮料的稳定性。

关键词: 蛹虫草功能饮料; 单一稳定剂; 复合稳定剂; 稳定性

Stability of *Cordyceps militaris* functional beverage

ZHU Zhen-Yuan*, LIU Xue-Rui, SUN Hui-Qing, GUO Rong, ZHANG Jun

(College of Food Science and Biotechnology, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China)

ABSTRACT: Objective To investigate a formula of composite stabilizer which can effectively maintain the stability of *Cordyceps militaris* functional beverage. **Methods** The effects of 6 kinds of single stabilizer including carrageenan, agar-agar, xanthan gum, CMC, sodium alginate and guar gum were compared, and single stabilizers were compounded to composite stabilizers with better stability effect. The best composite stabilizer was confirmed by observing stability coefficient, storage stability effect and the viscosity changes of beverage during storage which were stored in incubator at 37 ℃ for 2 weeks. **Results** The best composite stabilizer was composed of xanthan gum and CMC with ratio of 3:2, and the additive volume was 0.1%. Under these conditions, the stability coefficient of beverage was 0.981, and the functional components of beverage such as cordyceps polysaccharide, cordyceps acid, cordycepin had no significant changes. **Conclusion** The composite stabilizer formula can be used to improve the stability of *Cordyceps militaris* functional beverage.

KEY WORDS: *Cordyceps militaris* functional beverage; single stabilizer; composite stabilizer; stability

1 引言

蛹虫草(*Cordyceps militaris*), 又称虫草花、北蛹虫草和北冬虫夏草, 是一种珍贵的食药兼用的真菌。蛹虫草含有丰富的虫草多糖、虫草素、虫草酸、麦角甾醇、超氧化

物歧化酶及多肽等对人体有重要调节作用的活性物质^[1], 具有抗菌^[2]、抗氧化^[3]、抗肿瘤^[4]和增强免疫力^[5]等功能。因此, 蛹虫草不但可以作为人体疾病的治疗药物, 也可以制成功能性食品和饮料等保健品。

近几年, 关于蛹虫草饮料的研究较多^[6-9], 如林标声

基金项目: 天津市东丽区科技型中小企业发展专项资金产学研合作项目(201501201)

Fund: Supported by the cooperation projects of the Dong li District of Tianjin(201501201).

*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

等^[6]对蛹虫草复合保健饮料的工艺进行了研究, 孙连海等^[10]对蛹虫草发酵乳饮料的工艺及其功能性进行了研究。不管是蛹虫草复合饮料还是蛹虫草发酵乳饮料, 大都是偏酸不稳定体系, 饮料若不稳定, 一是在贮藏过程中易发生分层现象, 影响饮料品质; 二是会导致虫草饮料中功效成分的含量及其活性发生变化。影响体系品质稳定性的因素有很多, 选择适当的稳定剂是解决该问题的有效办法^[11]。因此, 本研究探讨单一稳定剂、复合稳定剂及稳定剂的添加量对蛹虫草饮料稳定性的影响, 以期获得均匀稳定的产品。

2 材料与方法

2.1 材料与试剂

蛹虫草子实体, 购于天津东方中滨农业科技有限公司; 木糖醇、柠檬酸、黄原胶、琼脂、卡拉胶、CMC、瓜尔豆胶和海藻酸钠(食品级, 北京北方霞光食品添加剂有限公司)。

2.2 仪器与设备

HS3120 超声波清洗仪(上海雷勃分析仪器有限公司); SLS-60-70 高压均质机(廊坊通用机械有限公司); DV-III+流变仪(Brookfield 工程实验室); MODEL808 pH 计(美国奥利龙公司); LHS-150SC 恒温恒湿箱(上海一恒科技有限公司); TGL-16B 台式离心机(上海安亭科学仪器厂)。

2.3 实验方法

2.3.1 工艺流程

蛹虫草功能饮料的制作工艺流程见图 1。

2.3.2 饮料工艺操作要点

蛹虫草提取液的制备

选取无杂质、无霉变的蛹虫草子实体, 清洗烘干后用粉碎机粉碎过 80 目筛, 在温度为 60 °C、时间为 60 min、功率为 225 W 及料液比为 1:30 ($m:V$, g/mL) 的条件下超声提取蛹虫草子实体, 以 6000 r/min 离心 10 min 制得蛹虫草提取液; 将提取液在 70 °C 下巴氏杀菌 30 min, 备用。

(2) 饮料调配与均质

按蛹虫草提取液添加量 40%、木糖醇 9%、柠檬酸 0.1% 和稳定剂添加量 0.1% 的配方进行调配, 在 60 °C、20 MPa 的条件下进行均质处理。

(3) 罐装、杀菌、冷却

均质好的饮料罐装后, 在 90 °C 加热杀菌 20 min, 并

立即进行冷却。

2.3.3 蛹虫草功能饮料稳定剂的研究

2.3.3.1 单一稳定剂对饮料稳定性的研究

不同稳定剂具有不同性质, 饮料中一般使用的稳定剂都是复合稳定剂, 要想获得比较理想的复合稳定剂配方, 首先需要研究单一稳定剂对蛹虫草功能饮料的影响^[13]。本实验选用卡拉胶、琼脂、黄原胶、CMC、瓜尔豆胶和海藻酸钠 6 种稳定剂按 0.1% 的添加量进行均质、杀菌后, 测定饮料的稳定系数, 观察贮存后的饮料状态, 考察单一稳定剂对饮料稳定性的影响。

2.3.3.2 复合稳定剂对饮料稳定性的研究

在上述实验基础上, 对单一稳定剂进行复配, 筛选出稳定性效果好的复合稳定剂, 进行为期 2 周的贮存试验, 确定最佳的复合稳定剂, 方法如下:

(1) 琼脂与黄原胶为复配主体分别与其他几种稳定剂按 1:1 比例进行复配, 复配组合确定为 A(琼脂: 卡拉胶)、B(琼脂: 黄原胶)、C(琼脂: CMC)、D(琼脂: 瓜尔豆胶)、E(琼脂: 海藻酸钠)、F(黄原胶: 卡拉胶)、G(黄原胶: CMC)、H(黄原胶: 瓜尔豆胶)、I(黄原胶: 海藻酸钠), 稳定剂添加量为 0.1%, 测定饮料稳定系数, 观察贮存后饮料状态, 考察复合稳定剂对饮料稳定性的影响。

(2) 当黄原胶为复配主体时, 饮料稳定性较好, 故利用黄原胶与琼脂, 黄原胶与 CMC, 黄原胶与海藻酸钠分别以 1:4、2:3、3:2、4:1 的比例进行复配, 添加量为 0.1%。考察复合稳定剂对饮料稳定性及粘度的影响。

(3) 确定最佳复配稳定剂配方为黄原胶与 CMC, 将其按比例进行复配, 以 0.06%、0.08%、0.1%、0.12%、0.14% 的添加量加至饮料中, 并进行饮料稳定性、粘度的比较, 从而确定最佳复合稳定剂的添加量。

2.3.4 分析评价方法

(1) 饮料稳定系数的测定

将 10 mL 成品饮料准确加入到刻度离心管中, 以 3500 r/min 离心 10 min, 取上清液稀释 100 倍后, 用紫外分光光度计在 330 nm 下测定吸光度 A_2 , 与离心前的吸光度 A_1 的比值即作为稳定系数 $R(R=A_2/A_1)$ 。稳定系数越高, 表明稳定性越好。

(2) 贮存试验评价方法

将产品置于 37 °C 保温箱中放置 2 周, 观察产品的稳定性及其组织状态、颜色等方面的品质变化。

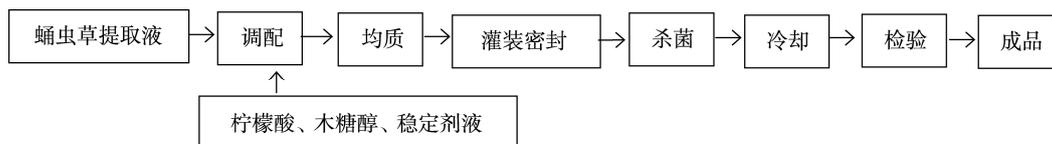


图 1 蛹虫草功能饮料的工艺流程^[12]

Fig. 1 The technical process of *Cordyceps militaris* functional beverage

(3) 饮料粘度的测定

使用 DV-III+型数字流变仪测定饮料粘度。

2.3.5 蛹虫草功能饮料贮藏过程中功效成分含量的测定

调配好的蛹虫草功能饮料,置于 37 °C 恒温保温箱中进行为期 90 d 的贮藏实验,定期取样测定饮料中蛹虫草多糖、虫草酸和虫草素的含量,研究饮料在贮藏期间功效成分的变化。蛹虫草多糖采用苯酚硫酸法^[14]测定,虫草素采用高效液相色谱法^[15]测定,虫草酸采用比色法^[16]测定。

2.3.6 数据处理分析

用 SPSS 16.0 软件进行单因素方差分析,每组试验重复 3 次,所有数据均采用平均值(mean)±标准差(SD)的形式表示,显著水平分别考察 0.01 与 0.05 2 个水平。当 $P < 0.05$ 则认为具有显著性差异, $P < 0.01$ 时则认为具有极显著差异。

3 结果与分析

3.1 蛹虫草功能饮料稳定剂的研究结果

3.1.1 单一稳定剂对饮料稳定性的研究

(1) 单一稳定剂对饮料稳定系数的影响

卡拉胶、琼脂、黄原胶、CMC、瓜尔豆胶和海藻酸钠 6 种稳定剂按 0.1% 的添加量添加,6 种不同稳定剂的稳定系数如图 2 所示。其中,添加琼脂、黄原胶、CMC、瓜尔豆胶和海藻酸钠组饮料的稳定系数高、稳定性好;添加卡拉胶组饮料的稳定系数低、稳定效果差,卡拉胶组与其他 5

组稳定剂相比具有极显著差异($P < 0.01$)。

(2) 单一稳定剂饮料的贮藏试验结果

将添加不同稳定剂的蛹虫草饮料于 37 °C 恒温箱中放置 2 周,观察饮料在贮藏过程中稳定性及品质的变化,结果见表 1。结果表明,添加琼脂和黄原胶的饮料组在贮藏过程中稳定性好,添加海藻酸钠组稳定效果稍差,而添加卡拉胶、CMC 和瓜尔豆胶组均出现了不同程度的分层现象。

3.1.2 复合稳定剂对饮料稳定性的研究

(1) 不同复配类型的复合稳定剂对饮料稳定系数的影响

在单因素实验基础上,以稳定性好的琼脂与黄原胶为复配主体分别与其他几种稳定剂按 1:1 比例进行复配,添加量为 0.1%,测得饮料稳定系数如图 3 所示,其中组合 B、C、E、G 和 I 均表现出较高的稳定系数,组合 A、F 的稳定系数稍低,与以上 5 组有显著差异($P < 0.05$)。组合 D 的稳定系数与组合 A、F 相比具有极显著差异($P < 0.01$),稳定性较差;组合 H 的稳定系数最低、稳定性差,其稳定系数与组合 D 相比具有极显著差异($P < 0.01$)。

(2) 不同复配类型的复合稳定剂饮料的贮藏试验结果

将不同复配稳定剂的组合饮料于 37 °C 恒温箱中放置 2 周,观察在贮藏过程中饮料稳定性及品质的变化,结果见表 2。组合 B、G 及 I 在贮藏过程中饮料稳定性好,其他组合都表现出不同程度的分层现象。

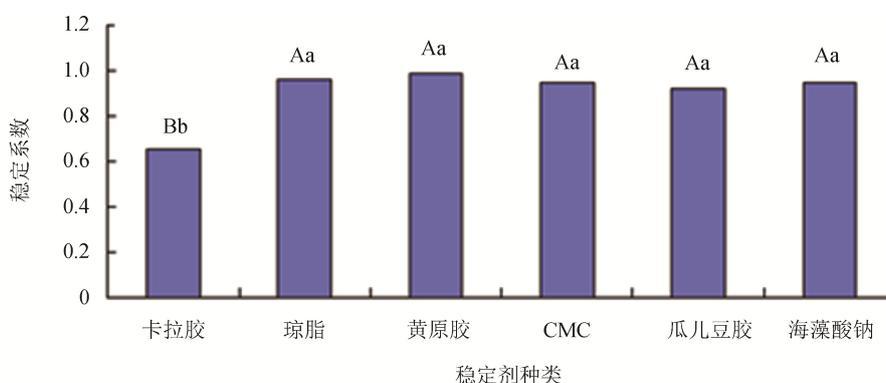


图 2 单一稳定剂对饮料稳定性的影响

Fig.2 Effect of single stabilizers on the stability of beverage

备注: A,B 字母不同,表示两者之间存在极显著差异($P < 0.01$); A,b 字母不同,表示两者之间存在差异显著($P < 0.05$)。

表 1 不同单一稳定剂饮料的贮藏试验结果

Table 1 Storage experiment results of beverage with different single stabilizers

稳定剂	卡拉胶	琼脂	黄原胶	CMC	瓜尔豆胶	海藻酸钠
状态	严重分层	稳定	稳定	分层	分层	较稳定

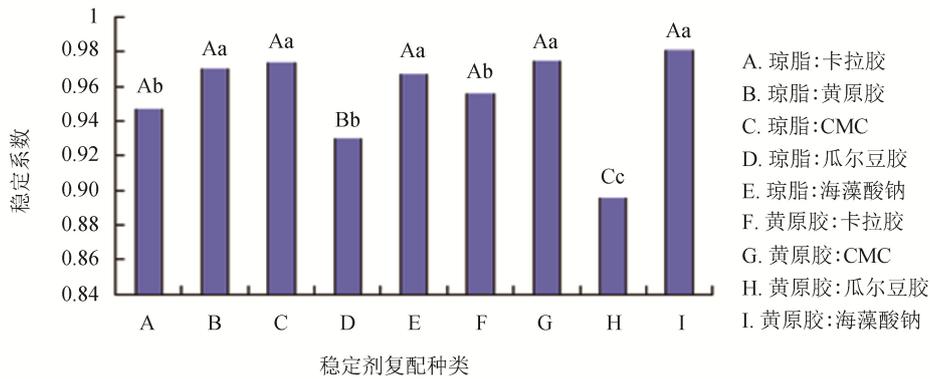


图 3 复合稳定剂对饮料稳定性的影响

Fig. 3 Effect of composite stabilizers on the stability of beverage

备注: A, B 字母不同, 表示两者之间存在极显著差异($P<0.01$); A, b 字母不同, 表示两者之间存在差异显著($P<0.05$).

表 2 不同复配类型的复合稳定剂的贮藏实验结果

Table 2 Storage experiment results of beverage with different composite stabilizers

稳定剂	A	B	C	D	E	F	G	H	I
状态	分层	较稳定	分层	严重分层	分层	轻微分层	稳定	严重分层	稳定

根据粘度、稳定系数及贮存试验的实验结果, 选择稳定系数高、贮存过程较稳定的组合 B、G、I, 即黄原胶与琼脂、黄原胶与 CMC、黄原胶与海藻酸钠组合进行下阶段实验。

3.1.3 复配稳定剂复配比例及添加量的确定

(1) 复配稳定剂的复配比例对稳定系数的影响

组合 B、G、I 分别以 1:4、2:3、3:2 和 4:1 的比例复配, 添加量为 0.1%, 测定饮料稳定系数、粘度, 并观察饮料贮藏过程中的稳定性变化。稳定系数结果如图 4。由图 4 可知, 3 组配比都是以 3:2、4:1 的比例复合时稳定系数更高, 饮料稳定性更好。组合 B(黄原胶与琼脂)与组合 G(黄原胶与 CMC)、组合 I(黄原胶与海藻酸钠)比较在 3:2 比例下具有极显著差异($P<0.01$); 以 4:1 配比时, 组合 B 与组合 G、组合 I 比较有显著差异($P<0.01$), 说明黄原胶与琼脂复配时稳定性低于黄原胶与 CMC、黄原胶与海藻酸钠的复配效果, 且黄原胶与 CMC、黄原胶与海藻酸钠复配以 3:2、4:1 复配时具有更好的协同增效作用。

(2) 不同复配比例的复配稳定剂的贮藏试验结果

将不同的复配稳定剂于 37 °C 恒温箱中放置 2 周, 观察饮料在贮藏过程中的稳定性及品质变化, 结果见表 3。结果表明, 在贮存过程中, 黄原胶与琼脂、CMC、海藻酸钠在复配比例为 3:2、4:1 时表现出较好的稳定效果。

(3) 复配稳定剂的复配比例对饮料粘度的影响

不同复配比例对饮料粘度的研究结果见图 5。由图 5 可知, 组合 B、I 的饮料粘度随黄原胶添加量的增多, 饮料

粘度增大较明显, B 组合与 I 组合比例从 1:4 增大到 4:1 时, 组间比较粘度差异变化大($P<0.01$), 饮料粘度随黄原胶的增多粘稠度增幅较大。组合 G 饮料粘度从 1:4 到 2:3 时增大明显, 但随着黄原胶含量的增大, 配比分别为 2:3、3:2 和 4:1 时, 粘度差别小, 整体变化趋势平稳($P>0.05$)。即随着黄原胶含量的变化, 对饮料粘度的造成的影响较小。当黄原胶与 CMC 比例为 3:2 时, 经感官评定得出此时饮料稠度适中, 酸甜可口, 组织均匀稳定, 无杂质沉淀, 故选择黄原胶与 CMC 按 3:2 复配。

综合考虑复合稳定剂对稳定系数、贮存稳定效果和饮料粘度 3 方面的影响, 选择稳定系数高、贮存效果好且粘度适中的稳定剂作为蛹虫草功能饮料的稳定剂, 即黄原胶与 CMC 按 3:2 的比例复配组成的稳定剂。

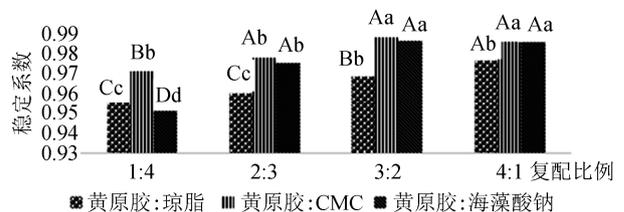


图 4 不同比例复配的稳定剂对饮料稳定性的影响

Fig. 4 Effect of composite stabilizers with different proportions on the stability of beverage

备注: A, B 字母不同, 表示两者之间存在极显著差异 ($P<0.01$); A, b 字母不同, 表示两者之间存在差异显著 ($P<0.05$).

表 3 不同的复配稳定剂的贮藏实验结果
Table 3 Storage experiment results of beverage with different complex stabilizers

稳定剂	黄原胶: 琼脂				黄原胶: CMC				黄原胶: 海藻酸钠			
	1:4	2:3	3:2	4:1	1:4	2:3	3:2	4:1	1:4	2:3	3:2	4:1
状态	较稳定	较稳定	稳定	稳定	较稳定	稳定	稳定	稳定	分层	较稳定	稳定	稳定

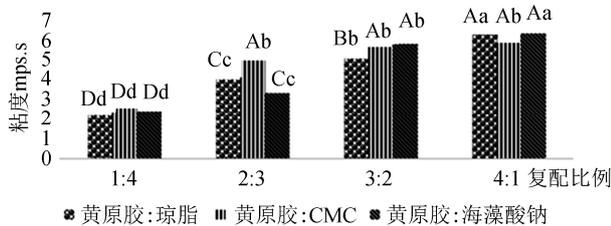


图 5 稳定剂的复配比例对饮料粘度的影响

Fig. 5 Effect of composite stabilizers with different proportions on the viscosity of beverage

备注: A, B 字母不同, 表示两者之间存在极显著差异 ($P < 0.01$); A, b 字母不同, 表示两者之间存在差异显著 ($P < 0.05$).

(4) 黄原胶与 CMC 最佳添加量的确定

黄原胶与 CMC 按 3:2 的比例进行复配, 考察其不同添加量对饮料稳定性及粘度的影响。结果如图 6。由图 6 可知, 随着稳定剂添加量的增大, 饮料粘度与稳定系数逐步增大, 当添加量为 0.1% 时, 测得饮料粘度为 5.32, 稳定系数也达到较高的水平; 此时饮料稠度适中、酸甜可口, 组织均匀稳定, 无杂质沉淀, 饮料颜色呈棕黄色, 色泽鲜明适中, 且具有虫草的独特香气。综合考虑粘度与稳定系数, 感官评分 3 方面结果, 得出复配稳定剂添加量为 0.1%。

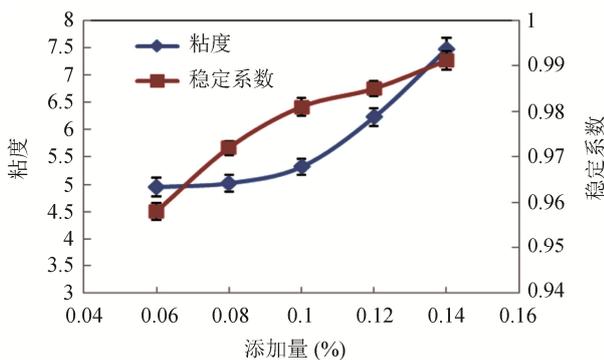


图 6 不同添加量的复配稳定剂对饮料稳定性和粘度的影响

Fig. 6 Effect of composite stabilizers with different addition amounts on the stability and viscosity of beverage

3.2 贮藏过程中蛹虫草功能饮料功效成分含量变化

蛹虫草饮料 3 个月贮藏过程中的主要成分变化见表 4。由表 4 得出, 蛹虫草的虫草多糖、虫草酸及虫草素含量变化不大, 饮料中功效成分保持稳定。

表 4 贮藏过程中蛹虫草饮料主要成分的变化

Table 4 Changes of main compounds of *Cordyceps militaris* beverage during storage

时间(d)	虫草多糖 (mg/100 mL)	虫草酸 (mg/100 mL)	虫草素 (mg/100 mL)
0	98.05	13.72	2.89
15	98.04	13.70	2.89
30	98.04	13.71	2.86
45	98.03	13.70	2.85
60	98.02	13.67	2.86
90	98.03	13.69	2.86

4 结论

本研究的关键在于对稳定剂的选择及添加量的控制, 确定了可有效保持蛹虫草功能饮料稳定性的最佳复合稳定剂配方为: 黄原胶与 CMC 按 3:2 比例复配, 添加量为 0.1%, 稳定系数可达到 0.981, 由此解决了蛹虫草功能饮料在贮藏过程中品质不稳定、功效成分变化的问题, 从而为蛹虫草功能饮料开发提供理论参考。

参考文献

- 葛晓宇. 蛹虫草子实体多糖提取及功能活性研[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
Ge XR. Extraction polysaccharide on *Cordyceps militaris* and study the functional activity on this kind of polysaccharide [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2013.
- 高燕燕, 周礼红, 潘肇仪, 等. 蛹虫草抗菌活性物质的初步研究[J]. 广东农业科学, 2013, 40(11): 183-185.
Gao YY, Zhou LH, Pan ZY, et al. Studies on antibacterial activities of *Cordyceps militaris* [J]. Guangdong Agric Sci, 2013, 40(11): 183-185.
- 张杰, 孙源. 超声提取蛹虫草多糖及其抗氧化活性分析[J]. 食品科技, 2013, 38(5): 203-207.
Zhang J, Sun Y. Ultrasonic extraction and anti-oxidation of polysaccharide from mycelium of *Cordyceps militaris* [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(5): 203-207.
- Chen D, Zhang XL, Du Y, et al. Effects of *Gekko* sulfated polysaccharide-protein complex on the defective biorheological characters of dendritic cells under tumor microenvironment [J]. Cell Biochem Biophys, 2012, 62(1): 193-201.
- 龙军, 潘苏华, 马吴伟, 等. 蛹虫草提取物虫草素、多糖含量测定及其

- 对免疫功能影响[C]. 全国药用真菌学术研讨会, 2008.
- Long J, Pan SH, Ma WW, *et al.* The determination of contents of *Cordycepin* and *Cordyceps* polysaccharides and the effects of extracts of *Cordyceps militaris* on immune system [C]. National Symposium on Medicinal Fungi, 2008.
- [6] 林标声, 罗茂春. 蛹虫草-山楂复合保健饮料的研制[J]. 食品科学, 2013, 6(4): 293-297.
- Lin BS, Luo MC. Production of composite healthy beverage of *Cordyceps militaris* and hawthorn [J]. Food Sci, 2013, 6(4): 293-297.
- [7] 黄小丹, 韩珍, 冼玉成, 等. 蛹虫草保健饮料的研制[J]. 食品工业, 2010, 5(4): 29-31.
- Huang XD, Han Z, Xian YC, *et al.* Development of health beverage of *Cordyceps militaris* [J]. Food Ind, 2010, 5(4): 29-31.
- [8] 岳春. 蛹虫草保健茶饮料的研制[J]. 中国酿造, 2008, 86(18): 86-89.
- Yue C. Development of *Cordyceps militaris* healthy tea beverage [J]. China Brewing, 2008, 86(18): 86-89.
- [9] 秦秀丽, 金艳梅, 刑力. 蛹虫草枸杞保健饮料生产工艺条件的优化[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(3): 227-229.
- Qin XL, Jun YM, Xing L. Processing conditions optimization of health beverage made from *Cordyceps militaris* and wolfberry [J]. Jiangsu Agric Sci, 2014, 42(3): 227-229.
- [10] 孙连海, 郭明月. 无糖虫草酸奶的研制[J]. 中国酿造, 2014, 33(2): 153-156.
- Sun LH, Guo MY. Preparation of the sugar-free flavored yoghurt with *Cordyceps militaris* [J]. China Brewing, 2014, 33(2): 153-156.
- [11] 李党国, 潘超然, 刘晶, 等. 酸性含乳饮料稳定性研究[J]. 食品工业科技, 2008, 3(03): 108-111.
- Li DG, Pan CR, Liu J, *et al.* Study on stability of mixed acid milk drink [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, 3(03): 108-111.
- [12] 金明子, 王燕. 松针饮料的研制[J]. 中国食物与营养, 2013, 19(11): 62-65.
- Jin MZ, Wang Y. Development of pine needles beverages [J]. China Food Nutr, 2013, 19(11): 62-65.
- [13] 常忠义, 高红亮, 赵宁, 等. 发酵型酸乳饮料稳定性的研究[J]. 食品科学, 2005, 26(3): 110-112.
- Chong ZY, Gao HL, Zhao N, *et al.* Study on stability of yogurt beverage [J]. Food Sci, 2005, 26(3): 110-112.
- [14] 刘晓涵, 陈永刚, 林励, 等. 蒽酮硫酸法与苯酚硫酸法测定枸杞子中多糖含量的比较[J]. 食品科技, 2009, 34(9): 270-272.
- Liu XH, Chen YG, Lin Z, *et al.* Comparison of methods in determination of polysaccharide in *Lycium barbarum* [J]. Food Sci Technol, 2009, 34(9): 270-272.
- [15] 袁蜜, 乐昕, 徐鲁荣, 等. 高效液相法同时测定蛹虫草子实体腺苷和虫草素含量[J]. 食品科学, 2013, 34(14): 306-310.
- Yuan M, Le X, Xun LR, *et al.* Simultaneous determination of adenosine and cordycepin in *Cordyceps militaris*(L.) by high performance liquid chromatography [J]. Food Sci, 2013, 34(14): 306-310.
- [16] 蔡友华, 范文霞, 刘学铭, 等. 比色法测定巴西虫草菌丝体中虫草酸的含量[J]. 现代食品科技, 2008, 24(1): 76-79.
- Cai YH, Fan WX, Liu XM, *et al.* Determination of cordycepic acid content in the mycelia of *Cordyceps brasiliensis* Henn by colorimetry [J]. Mod Food Sci Technol, 2008, 24(1): 76-79.

(责任编辑: 姚 菲)

作者简介



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