

海藻酸丙二醇酯在果肉型果汁饮料中的应用

陈鑫炳, 杨照悦, 范素琴, 褚少兴, 刘 艳, 徐泽斌

青岛明月海藻集团有限公司海洋食品加工与安全控制全国重点实验室, 山东 青岛

收稿日期: 2023年2月23日; 录用日期: 2023年5月18日; 发布日期: 2023年5月25日

摘 要

本文主要研究了PGA对果肉型果汁饮料品质的影响。通过单因素实验, 对产品的稳定性进行评价, 找出果肉型果汁饮料中PGA的最适添加量为0.03%~0.05%, 然后通过正交实验得出复配功能配料的最佳添加量为PGA 0.03%、CMC-Na 0.15%、黄原胶0.07%、海藻酸钠0.10%。

关键词

海藻酸丙二醇酯, 果肉型果汁饮料, 稳定性, 海藻酸钠

Application of Propylene Glycol Alginate in Fruit Juice Beverage

Xinbing Chen, Zhaoyue Yang, Suqin Fan, Shaoxing Chu, Yan Liu, Zebin Xu

State Key Laboratory of Marine Food Processing & Safety Control, Qingdao Bright Moon Seaweed Group Co., Ltd., Qingdao Shandong

Received: Feb. 23rd, 2023; accepted: May 18th, 2023; published: May 25th, 2023

Abstract

This paper mainly studied the effect of PGA on the quality of fruit pulp juice beverage. Through single factor experiment, the stability of the product was evaluated, and the optimum adding amount of PGA in the pulp juice beverage was found to be 0.03%~0.05%. Then the orthogonal experiment showed that the optimum adding amount of the compound functional ingredients was 0.03% PGA, 0.15% CMC-Na, 0.07% xanthan gum and 0.10% Citrus fiber.

Keywords

Propylene Glycol Alginate, Pulp Juice Beverage, Stability, Sodium Alginate

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

随着我国经济继续稳步地发展、城市化进程的加快,我国居民人均收入不断提升。同时,随着消费者健康消费观念的日益提升,消费升级将带动我国果汁饮料的发展,尤其是中高浓度果汁饮料市场的发展[1]。未来,在政策加码、行业自律、资本投入等综合因素的影响下,果汁饮料行业在未来几年将会迎来新的爆发期。

猕猴桃维生素C的含量在水果中名列前茅,一颗猕猴桃能提供一个人一日维生素C需求量的两倍多,故被誉为“维C之王”。猕猴桃还有良好的可溶性膳食纤维,经常便秘者适合吃猕猴桃[2]。

海藻酸丙二醇酯作为一种天然的海藻植物多糖的衍生产品,其水溶液成粘稠状胶体,因其分子结构中同时具有亲油性和亲水性两种基因,故其有乳化性、增稠性、膨化性、耐酸性和稳定性。特别在酸性饮料方面,更具有其它添加剂不可取代的应用效果。藻酸丙二醇酯在pH3~4范围内,随pH值降低而粘度增大,在pH=3附近最稳定,在pH=7时发生水解,唯独或与其它增稠剂复配使用时作为酸性饮料的增稠剂,可获得良好的流变学特性,固形物成分很好地悬浮于果汁中,提高果肉型饮料的稳定性;因具有良好的耐酸、乳化、增稠、和香气释放性,可广泛应用于各类乳品、饮料、酱料中,赋予产品好的流动性,提升产品的风味释放性,提高产品稳定性[3]。

2. 材料与设备

2.1. 原材料与试剂

原料:猕猴桃浓缩汁,糖度22Brix,市售。

辅料:白砂糖、木糖醇、山梨醇、柠檬酸、PGA、CMC、黄原胶、海藻酸钠。

2.2. 仪器与设备

高压均质机,胶体磨,剪切乳化搅拌机,高速分散均质机、数字式黏度计、灭菌锅、电磁炉。

3. 实验方法

3.1. 基本方法

以白砂糖、木糖醇、山梨醇为原料配制糖液,分别溶解PGA(藻酸丙二醇酯)、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、黄原胶、海藻酸钠四种稳定剂,用剪切乳化搅拌机搅拌使其溶解均匀,然后将糖液、稳定剂溶液及猕猴桃浓缩汁进行调配[4]。

1) 在糖液浓度和猕猴桃浓缩汁添加量不变的情况下,改变藻酸丙二醇酯浓度,确定藻酸丙二醇酯最佳添加量;

2) 在糖液浓度、猕猴桃浓缩汁添加量、稳定剂添加量不变的情况下,分别添加PGA(藻酸丙二醇酯)、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、黄原胶、海藻酸钠四种稳定剂,进行对比试验,观察各自的稳定效果;

3) 将多种稳定剂进行复配,从中选取最适合复配的四种单体稳定剂;

4) 对所选取的四种稳定剂进行复配,进行正交试验,最后得出最佳配方,生产出口感好,不分层的果肉型果汁饮料。

3.1.1. 基础配方

果汁基本参考配方，如表 1 所示：

Table 1. Basic reference formula of fruit juice

表 1. 果汁基本参考配方

原料	白砂糖	木糖醇	山梨醇	猕猴桃浓缩汁
用量	3%	1%	1%	13.7%

3.1.2. 果汁基本生产工艺流程图[5]

白砂糖、木糖醇、山梨醇→溶解→过滤
 稳定剂→溶解→过滤}→混合→调配→均质
 猕猴桃浓缩汁↓
 成品←检验←冷却←杀菌←封口←灌装←调 pH 值

3.1.3. 操作要点

1) 混合：甜味剂和猕猴桃浓缩汁的加入量要按照一定的比例，保持可溶性固型物含量在 8% 范围内。将白砂糖、木糖醇、山梨醇溶于适量水中，溶解过滤，将稳定剂配成一定浓度的溶液，过滤后，边缓慢搅拌边加入原糖浆。然后将调和糖浆与过滤后的原果浆定量混合，用水补充到终产品所需的浓度。

2) 调配：为了提高产品的口感，要外加一些风味剂以提高产品香气，本产品中加入了猕猴桃香精 0.1 ml，使产品增香、爽口。

3) 均质：是浑浊型饮料制作中特有的工序，均质的目的是使浑浊汁液中的不同粒度、不同相对密度的颗粒进一步破碎并使之均匀，增加果胶渗出率，增加汁与果胶之间的亲和力，从而抑制果胶分层并产生沉淀，使饮料保持均一、稳定。另外，均质使产品口感好。该试验的均质条件为：均质次数 1 次，均质温度 60℃，均质压力 20 Mpa。

4) 灌装与封口：均质后装入 250 ml 瓶中，然后封口。

5) 灭菌：在沸水中杀菌 30 min，流水冷却至室温即为成品。

3.2. 稳定性测定试验[6]

取适量所制备的果肉型果汁饮料于离心试管中，在离心机中，4000 转/分转速下，离心 15。分别测量离心后上层清液高度和下层沉淀高度，计算两者的比值：

比值 = 上层清液高度/下层沉淀高度。

比值越接近 1，表明所得果肉型果汁饮料的稳定性越好。

4. 结果与讨论

4.1. PGA 添加量的确定

4.1.1. 离心分离后的分析讨论

按照果汁饮料的基本配方进行试验，在基本原料用量不变的情况下，改变 PGA 的添加量，来研究不同添加量的 PGA 对果肉型果汁饮料稳定性的影响。

理论上讲，离心后，当果汁上层清液高与下层沉淀高比值为 1 时，所获得的果肉型果汁饮料才是稳定的、不分层的，但实际中由于稳定剂的稳定性能和操作的规范性欠佳，很难得到这样的结果[7]。

由表 2 可以发现，在 PGA 的添加浓度小于某一值的情况下，上层清液与下层沉淀之间的高度比越接

近 1；PGA 的添加浓度超过这一值后，两者的比值又会偏离 1。即表明并不是稳定剂的加入量越大，所得的果汁的稳定效果越好。同样，由表 2 中数据可以得到这样的结论：PGA 作为一种高效稳定剂，对于果汁饮料有很好的稳定效果，其添加量仅在 0.05% 到 0.10% 之间就能够起到很好的稳定效果。

由于不同稳定剂之间有着一定的协同效应，即便 PGA 有着这样的优点，因其市场销售价比较高，一般为了节省成本，PGA 也很难单独地被广泛的应用于果汁饮料的大生产中，而是，按照恰当的浓度比与其他稳定剂混合，这样既对果肉型饮料起到很好的稳定效果，同时节省了成本。

Table 2. Effect of PGA with different amounts on the stability of fruit juice beverage

表 2. 不同添加量的 PGA 对果肉型果汁饮料稳定性的影响

PGA	离心后上清液高(mm)	离心后下层沉淀高(mm)	比值
0.01%	54	13	4.15
0.05%	54	16	3.38
0.10%	58	14	4.14
0.15%	63	7	9

4.1.2. PGA 与其它单体稳定剂的对比试验

基本原料用量按照表 3 添加量进行试验，固定稳定剂的添加量为 0.10%，后改变单体稳定剂的种类，对 PGA 和其它几种单体稳定剂进行对比试验。

Table 3. Effect of different stabilizers on the stability of fruit juice drinks at 0.10%

表 3. 0.10% 的添加量下不同稳定剂对果汁饮料稳定性的影响

稳定剂	离心后上清液高(mm)	离心后下层沉淀高(mm)	两者比值
PGA	58	14	4.14
黄原胶	44	6	6.33
CMC-Na	62	12	5.16
海藻酸钠	43	5	8.06

结合表 3 数据，可以得到以下结论：PGA 对果汁饮料的稳定效果优于其他几种稳定剂，CMC-Na 和黄原胶的稳定效果不及 PGA，海藻酸钠的稳定效果最差。在稳定剂浓度均为 0.10% 时，添加 PGA 的果汁饮料经离心分离后，上层清液与下层沉淀间的高度比值为 4.14；添加黄原胶的果汁饮料，经高速离心分离后，上层清液与下层沉淀高度比才为 6.33；添加 CMC-Na 的果汁饮料，经高速离心分离后，静置分层，上层清液与下层沉淀高度比为 5.16，此值与添加 0.05% PGA 的饮料所得的比值相近，可见 CMC-Na 的稳定效果仅次于 PGA；添加海藻酸钠的果汁饮料，经离心分离后，静置分层，上层清液与下层沉淀的比为 8.06，此值远远偏离最佳比值 1，可见其稳定效果比要差很多。

4.2. 均质条件的确定

基本原料用量按照表 1 中的添加量进行添加，以 PGA 为稳定剂，添加量为 0.05%，然后通过改变均质条件，来确定果肉型果汁饮料的最佳均质条件。

均质是增强果汁饮料稳定性的常用手段[8]，影响果汁饮料均质效果的主要因素有：均质压力、温度、次数(如表 4 所示)。本试验以三因素二水平的正交试验来确定均质条件。

Table 4. Homogeneous condition factor level design**表 4.** 均质条件因子水平设计

水平	A次数	B压强(Mpa)	C温度(°C)
1	1	10	30
2	2	20	60

Table 5. Evaluation of horizontal orthogonal test results of homogeneous condition factors**表 5.** 均质条件因子水平正交试验结果评定

试验号	A	B	C	上层清液高度(mm)	下层沉淀高度(mm)	比值
1	1	1	1	63	7	9.00
2	1	2	2	54	23	2.35
3	2	1	2	54	16	3.38
4	2	2	1	58	14	4.14
K ₁	11.35	12.38	13.14			
K ₂	7.52	6.49	5.73			
k ₁	5.675	6.19	6.57			
k ₂	3.76	3.245	3.285			
R	1.915	2.985	3.285			

试验结果如表 5 所示均质次数, 均质压力和均质温度三因素对应的高度比极差由大到小的顺序为 RC > RB > RA, 说明对果汁饮料稳定性的影响最大的是均质温度, 其次是均质压力, 均质次数对其影响不大。均质压力越大, 稳定性越好, 20 Mpa 的均质效果要优于 10 Mpa 的均质效果; 60°C 的均质效果要优于 30°C 的均质效果。果汁饮料的均质优化条件为 A₁B₂C₂, 即均质次数 1 次, 均质温度 60°C 和均质压力 20 Mpa。

4.3. pH 值的确定

基本原料用量仍按照表 1 添加量进行试验, 固定稳定剂的添加量为 0.05%, 然后改变 pH 值, 通过离心分离后所得产品上层清液与下层沉淀高度比值的大小, 来确定适合果肉型果汁饮料的最适 pH 值。

Table 6. Effect of different pH values on the stability of fruit juice drinks**表 6.** 不同 pH 值对果汁饮料稳定性的影响

稳定剂	pH = 3.2	pH = 3.5	pH = 3.8	pH = 4.1
PGA (比值)	3.10	3.38	4.14	4.23
黄原胶(比值)	3.41	3.52	3.81	3.97
CMC-Na (比值)	4.41	4.33	4.05	3.88
海藻酸钠(比值)	7.56	7.29	6.50	5.69

从表 6 所得数据可知, 无论对于何种稳定剂, pH 值都会对其稳定性产生或多或少的影响[9]。在一般情况下, 对于加有 PGA 果肉型果汁饮料, 当其 pH 值为 3.5 左右时, 其上层清液与下层沉淀的高度比, 比其 pH 值在 4.0 以上时更接近 1, 即此时果汁饮料更趋于稳定, 也就是说低 pH 值更利于 PGA 发挥其稳定效果。对于 CMC-Na 来说, 在酸性饮料中其稳定效果不如 PGA, 但在低酸性饮料中稳定效果还是不错的。

的；从上表可以看出随着 pH 值的变化，黄原胶的稳定效果变化不大，这说明黄原胶有很强的耐酸性，pH 值的变化对其稳定效果影响不大，在高酸性饮料中也有很好的稳定性；而对于海藻酸钠这种稳定剂来说，从表 3~5 可以看出，其上层清液与下层沉淀的高度比值远远偏离理想值 1，这说明不宜在酸性饮料中应用，受 pH 值的影响很明显，例如在 pH 值为 3.2 时，加有海藻酸钠的果汁饮料经高速离心分离后，其上层清液与下层沉淀的高度比为 7.56，而当 pH 值为 4.1 时，该值却变成了 5.69。可见，以海藻酸钠为稳定剂的果汁饮料受酸度的影响很大。因此，在制备果汁饮料时，应根据所加入的稳定剂的不同来调控 pH 值，只有这样才能更容易得到在稳定性方面令人满意的果汁饮料。

4.4. 复合稳定剂的研究

4.4.1. 复合稳定剂的选择

试验原料基本添加量参考表 1 进行添加，稳定剂采用复合稳定剂，即将不同类的单体稳定剂进行复配，从中选择四种最适合复配的单体稳定剂进行复配。稳定剂的选择及试验结果如表 7 所示[10]。

Table 7. Test results of different composite stabilizers

表 7. 不同复合稳定剂试验结果

复配号	复合稳定剂				上清液高/下层沉淀高
1	PGA 0.05%	CMC-Na 0.05%	黄原胶 0.10%	海藻酸钠 0.10%	1.80
2	PGA 0.05%	CMC-Na 0.05%	黄原胶 0.10%	卡拉胶 0.10%	4.26
3	PGA 0.05%	CMC-Na 0.05%	黄原胶 0.10%	果胶 0.10%	3.53
4	PGA 0.05%	CMC-Na 0.05%	卡拉胶 0.10%	海藻酸钠 0.10%	4.98
5	PGA 0.05%	CMC-Na 0.05%	果胶 0.10%	海藻酸钠 0.10%	3.89
6	PGA 0.05%	CMC-Na 0.05%	果胶 0.10%	卡拉胶 0.10%	5.26

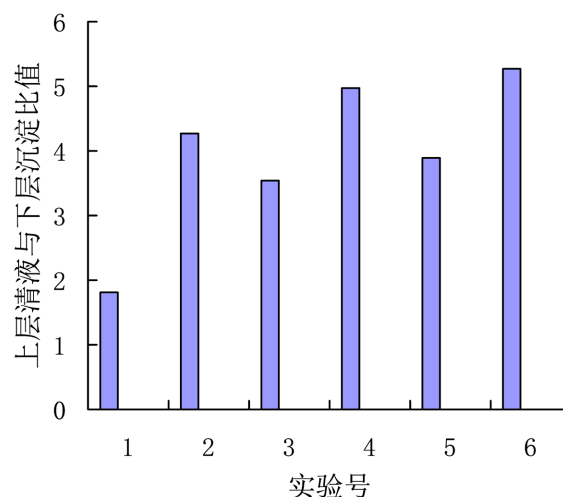


Figure 1. Stability effect of different composite stabilizers

图 1. 不同复合稳定剂的稳定效果

结合表 7 和图 1 可以看出不同复合稳定剂对果汁饮料的稳定效果差别很大，其中 1 号复合稳定剂的稳定效果最好，6 号复合稳定剂的稳定效果最差，故选择出适合进行复配的四种最佳单体稳定剂为 PGA、CMC-Na、黄原胶和海藻酸钠。

4.4.2. 复合稳定剂最佳配方的确定

本实验进行三因素三水平 $L_9(3^4)$ 正交试验。首先确定每个因素的三水平, 按正交试验方案进行正交设计, 实验设计见表 8。

由复合稳定剂的选择试验可知, PGA、CMC-Na、黄原胶和海藻酸钠这四种胶体进行复配对果肉型果汁饮料稳定效果最好, 因此, 将以上四种胶体进行复配, 发挥四种胶体的协同增效作用。

Table 8. $L_9(3^4)$ Orthogonal test design

表 8. $L_9(3^4)$ 正交试验方案

水平	PGA(%) (A)	CMC-Na(%) (B)	黄原胶(%) (C)	海藻酸钠(%) (D)
1	0.03	0.05	0.03	0.06
2	0.05	0.10	0.05	0.08
3	0.07	0.15	0.07	0.10

Table 9. The results of orthogonal experiments

表 9. 正交实验结果

试验号	A	B	C	D	沉淀层高(mm)	上清液高(mm)	比值是
1	1	1	1	1	17	56	3.29
2	1	2	2	2	28	40	1.42
3	1	3	3	3	40	36	0.90
4	2	1	2	3	26	46	1.77
5	2	2	3	1	28	42	1.50
6	2	3	1	2	26	43	1.65
7	3	1	3	2	30	38	1.26
8	3	2	1	3	26	44	1.69
9	3	3	2	1	22	26	1.18
K_1	5.61	6.32	6.63	5.97			
K_2	4.92	4.61	4.37	4.33			
K_3	4.13	3.73	3.66	4.36			
k_1	1.87	2.11	2.21	1.99			
k_2	1.64	1.54	1.46	1.44			
k_3	1.24	1.22	1.45	1.38			
R	0.63	0.89	0.76	0.61			

实验结果如表 9 所示。不同复配方式的复合稳定剂所对应的高度比极差由大到小的顺序为 $R_b > R_c > R_a > R_d$, 说明在复合稳定剂中对果汁饮料稳定性影响最大的是 CMC-Na, 其次是黄原胶, 而 PGA 添加量的多少对复合稳定剂的稳定效果影响并不明显。

结合图 2 进行分析。对由正交试验所获得的果汁饮料进行离心分离, 计算经离心机离心分离后所得上层清液与下层沉淀的高度比值。根据计算所得试验结果, 可以看出正交试验所得的比值要比以上单因素试验所得比值要小, 普遍与理想比值 1 比较接近。此点充分显示出四种胶体复配后, 协同增效作用的

发生,表明复合稳定剂对果汁饮料的稳定效果比单一稳定剂的稳定效果要好很多。试验 3 所得的果汁上层清液与下层沉淀的高度比值为 0.90,与理想比值 1 最接近,说明该组配方为九组试验中稳定剂复配方式中的最佳复配方式,该组稳定剂的复配方式为 PGA 0.03%, CMC-Na 0.15%, 黄原胶 0.07%, 海藻酸钠 0.10%。第 9 组试验所得的上层清液与下层沉淀的高度比为 1.18,与理想比值 1 也比较接近,但观察中可以发现,其虽没有出现沉淀,但是因有上浮物,导致分层。该组试验的稳定剂的复配方式为 PGA 0.07%、CMC-Na 0.15%、黄原胶 0.05%、海藻酸钠 0.08%,而在前面的单因素试验中,当 PGA 的浓度为 0.07%时,加有 PGA 的果汁饮料也出现上浮物。可见,高浓度的 PGA 会使果汁饮料产生上浮物,从而达不到满意的稳定效果。

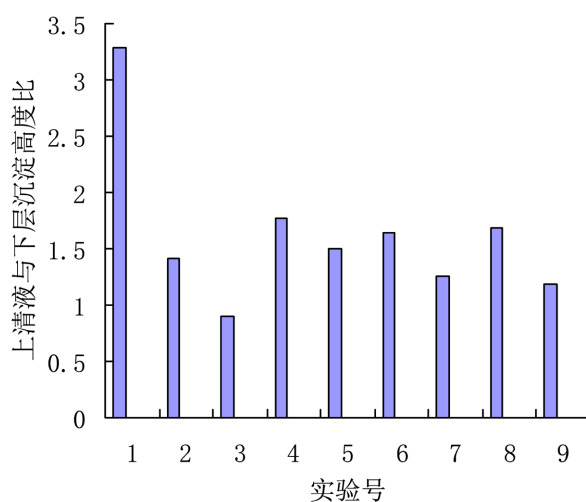


Figure 2. Effects of compound stabilizers with different compounding methods on the stability of pulp-based beverages.

图 2. 不同复配方式的复合稳定剂对果肉型饮料稳定性的影响

4.4.3. 验证试验

根据所得的复合稳定剂最佳配方进行验证性试验。试验主要原料的用量仍参照表 1,复合稳定剂为 PGA 0.03%, CMC-Na 0.15%, 黄原胶 0.07%, 海藻酸钠 0.10%,均质条件为:均质次数 1 次,均质温度 60℃和均质压力 20 Mpa, pH 值控制在 3.0~3.5 之间,试验结果如表 10 所示:

Table 10. Verification test results

表 10. 验证试验结果

复合稳定剂	静置两周后	离心分离后
1 号	均匀,不分层,无沉淀	上清液与下层沉淀高度比接近 1

由表 10 可以看出,按照复合稳定剂最佳配方进行实验,能够得到稳定性较好的果肉型果汁饮料。

5. 结论

1) PGA 对天然果汁饮料的稳定性有重要影响,在一定范围内随着 PGA 浓度的增加,果汁饮料的稳定性增强,但超过这一值之后,随着 PGA 浓度的增加,果汁饮料的稳定性变弱,但不是产生沉淀,而是出现上浮物,PGA 的最适添加量为 0.03%~0.05%。CMC-Na 和黄原胶的稳定性仅次于 PGA,海藻酸钠的稳定性要稍差一些。

2) 均质情况和 pH 值的大小都会对果汁饮料的稳定性产生一定影响。均质与否的影响程度要大于 pH 值的影响程度。获得良好稳定性果汁饮料的均质条件为:均质次数 1 次,均质温度 60℃和均质压力 20 Mpa.; 获得良好稳定性果汁饮料的 pH 值条件: pH = 3.0~3.5 之间。

3) 果肉型果汁饮料中单一使用藻酸丙二醇脂(PGA)、CMC-Na、黄原胶、海藻酸钠都达不到较好的稳定效果。四者复配后添加到果汁饮料中,能产生协同增效作用。综合稳定效果,得出稳定剂的最优配方为 PGA 0.03%、CMC-Na 0.15%、黄原胶 0.07%、海藻酸钠 0.10%。

参考文献

- [1] 石丹,李洲.我国饮料产业发展现状与趋势[J].食品与发酵科技,2020(4):69-74.
- [2] 张宏康,李笑颜,吴戈仪,刘芯如.果汁加工研究进展[J].农产品加工,2019(2):13-15.
- [3] 缪园欣,廖明星.澄清型石斛红枣复合果汁饮料加工工艺研究[J].食品研究与开发,2017(23):120-124.
- [4] 胡国华.新兴食品胶在我国的开发应用现状及发展前景[J].中国食品添加剂,2005(2):37-38.
- [5] 邢建华,王高峰,黄涛,王镓.发酵型核桃猕猴桃饮料研究[J].安徽农业科学,2010(10):5301-5303.
- [6] 华民,冯小华.猕猴桃保健饮料的研制[J].饮料工业,2008(6):27-28.
- [7] 李勇,刘冠卉,苏世彦.现代软饮料生产技术[M].北京:化学工业出版社,2006:177-178.
- [8] 何强.果汁悬浮饮料的技术难点及稳定性探讨[J].中国食品工业,2006(1):44-45.
- [9] 廖小军,胡小松.桃汁工业化生产技术研究[M].北京:中国农业大学出版社,1998:119-121.
- [10] 罗进城,刘军秋,陶冶.蓝靛果-猕猴桃复合饮料的研制[J].食品安全质量检测学报,2015(8):2931-2936.