

大米饮料的稳定性研究

Study on stability of rice beverage

郭洁丽^{1,2,3} 陆胜民^{1,2} 邢建荣^{1,2} 陈剑兵^{1,2} 屠康³

GUO Jie-li^{1,2,3} LU Sheng-min^{1,2} XING Jian-rong^{1,2} CHEN Jian-bing^{1,2} TU Kang³

(1. 浙江省农业科学院食品科学研究所, 浙江 杭州 310021; 2. 浙江省果蔬保鲜与加工技术重点实验室, 浙江 杭州 310021; 3. 南京农业大学食品科学与技术学院, 江苏 南京 210095)

(1. Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; 2. Key Laboratory of Fruits and Vegetables Postharvest and Processing Technology Research of Zhejiang Province, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; 3. College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

摘要:研究了 11 种不同稳定剂和乳化剂对大米饮料稳定性的影响,从中筛选出 4 种效果较好的稳定剂和乳化剂进行正交试验,以期提高大米饮料的稳定性。结果表明,添加 0.60%果胶、0.165%黄原胶和 0.60%单甘酯时,大米饮料的稳定性最好,沉淀率仅为 0.87%,常温下放置 3 周没有出现分层现象。此外,黄原胶对大米饮料的稳定性已达到极显著水平($P < 0.01$),果胶为显著水平($P < 0.05$);乳化剂单甘酯和司盘 40 均为不显著($P > 0.05$),但单甘酯对大米饮料的稳定性影响远大于司盘 40。

关键词:大米饮料;稳定剂;乳化剂;稳定性

Abstract: Eleven kinds of different stabilizers and emulsifiers were applied to the research on the stability of rice beverage. Among which, four kinds with better stability effect were selected and used in the orthogonal test to improve the stability of rice beverage. The results indicated that the rice beverage had the highest stability with its precipitation rate 0.87% only and without stratification occurred after 3 weeks at room temperature when the amount of pectin, xanthan gum and monoglyceride were added 0.60%, 0.165% and 0.60% respectively. In addition, xanthan gum and pectin had significant ($P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively), while monoglyceride and Span 40 did not have significant ($P > 0.05$) effect on the stability of rice beverage. Comparatively, the impact of monoglyceride on rice beverage stability was much larger than that of Span 40.

Keywords: rice beverage; stabilizer; emulsifier; stability

以大米为原料制成的大米饮料不仅保留了大米原有的营养成分和香气,而且使大米摇身一变成一种方便食品^[1],这成为大米研究中的一个新亮点。国内外关于大米饮

料相关的研究也日渐增多,目前主要有大米软饮料、大米复合饮料和米发酵型饮料等^[2]。大米经过糊化、液化和糖化之后,淀粉分解为小分子,但是仍然含有一些分解不完全的大分子物质,并且经过酶解后浆液黏度会有所下降,静置一段时间后会分层和沉淀^[3]。目前,关于淀粉类饮料稳定性的研究多见于糯米饮料^[4,5]和玉米饮料^[1,6],关于大米饮料稳定性的研究迄今尚未见于报道。

本试验主要研究 11 种不同稳定剂和乳化剂对大米饮料稳定性的影响,通过单因素试验选取 4 种稳定效果较好的稳定剂和乳化剂,然后通过正交试验选出复合稳定剂和乳化剂的最佳复配比例,旨在解决大米饮料的分层沉淀问题,为大米饮料的开发和推广提供理论依据和技术参数。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

大米:晚籼米,浙江旺盛达农业开发有限公司;

糖化酶:5 000 U/g,肇东市日成酶制剂有限公司;

α -淀粉酶、 β -淀粉酶和木瓜蛋白酶:酶活分别为 4 000,50 000,800 U/g,上海沪宇生物科技有限公司;

司盘 40(山梨醇酐单棕榈酸酯)、司盘 60(山梨醇酐单硬脂酸酯):化学纯,国药集团化学试剂有限公司;

吐温 40(聚氧乙烯(20)山梨醇酐单棕榈酸酯):HLB 值为 15.6,化学纯,温州市化学用料厂;

吐温 80(聚氧乙烯(20)山梨醇酐单油酸酯):HLB 值为 15.0,化学纯,温州市化学用料厂;

海藻酸钠、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、卡拉胶、黄原胶、果胶、柠檬酸、碳酸氢钠、蔗糖脂肪酸酯、单硬脂酸甘油酯:均为食品级。

作者简介:郭洁丽(1989—),女,南京农业大学在读博士研究生。

E-mail: 591238716@qq.com

通讯作者:陆胜民

收稿日期:2014-11-09

1.2 仪器与设备

电子天平:AL104-IC型,上海梅特勒—托利多仪器有限公司;

屹立万能粉碎机:100型,浙江屹立工贸有限公司;

水浴锅:DK-8D型,上海精宏实验设备有限公司;

pH计:FE20型,上海梅特勒—托利多仪器有限公司;

均质机:AH-100D型,北京天恩翰拓科技有限公司;

安全智能反压高温蒸煮锅:1169型,北京发恩科贸有限公司;

离心机:Anke LXJ-IIB型,上海安亭科学仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程 根据文献[7~9]修改如下:

大米→筛选→清洗→炒制(约15 min,使之呈现浅黄色并具有浓郁的米香味)→粉碎→糊化(料水质量比1:20,95℃糊化30 min)→液化(酶解前用2%的NaHCO₃将pH调整为6.5,然后加入0.6%α-淀粉酶,65℃酶解30 min)→糖化(酶解前用5%的柠檬酸溶液将pH调整为4.5,然后加入0.03%β-淀粉酶、0.03%糖化酶、0.03%木瓜蛋白酶和0.1%柠檬酸,60℃酶解3.5 h)→灭酶(95~100℃,10 min)→过滤(300目,2次)→调配(先加入5%蔗糖,然后加入一定量的乳化剂和稳定剂)→均质(30 MPa,2次)→灌装→灭菌(110℃,20 min)

1.3.2 单一稳定剂对大米饮料稳定性的影响 常用各种稳定剂来保持饮料的良好外观,各种稳定剂的使用效果各不相同^[10]。向按照1.3.1最佳工艺流程制作的大米饮料中分别加入0.1%,0.2%,0.3%,0.4% CMC-Na;0.1%,0.2%,0.3%,0.4%海藻酸钠;0.05%,0.10%,0.15%,0.20%黄原胶;0.05%,0.10%,0.15%,0.20%卡拉胶;0.2%,0.4%,0.6%,0.8%果胶^[11,12]。根据1.4.1的方法测定其分层情况,选取两个效果好的稳定剂进行下一步的正交试验。

1.3.3 单一乳化剂对大米饮料稳定性的影响 乳化剂可以和大米中的淀粉、蛋白质、脂肪等物质形成稳定的复合物,这在一定程度上能够阻止颗粒之间相互聚集下沉形成沉淀^[13,14],从而提高大米饮料的稳定性。向按照1.3.1最佳工艺流程制作的大米饮料中分别加入0.2%,0.4%,0.6%,0.8%单甘酯;0.03%,0.06%,0.09%,0.12%蔗糖酯;0.05%,0.10%,0.15%,0.20%的司盘40和司盘60;0.01%,0.02%,0.03%,0.04%的吐温40和吐温80^[15]。根据1.4.2的方法测定其沉淀率,选取两个效果好的乳化剂进行下一步的正交试验。

1.3.4 复配乳化—稳定剂对大米稳定性的影响 单一的稳定剂和乳化剂往往不能完全满足食品对口感、外观、色泽、澄清度等方面的要求,复配就显得尤为重要^[16]。因此,选择1.3.2和1.3.3中效果好的稳定剂和乳化剂进行四因素四水平正交试验,测定各处理组合饮料的沉淀率和分层情况,确定复配稳定—乳化剂的最佳配比。

1.4 稳定性评价方法

1.4.1 静置稳定性 根据文献[17]和[18]修改如下:在25 mL的比色管(25 mL刻度处的高度恰好为10 cm)中加入已灭菌的大米饮料25 mL,放置1周后测定其分层情况,以上层和下层的高度(cm)为分层指标。

1.4.2 离心稳定性 根据文献[17]修改如下:在带有刻度的离心管中加入已灭菌的大米饮料20 mL,在4 000 r/min离心速度下离心30 min,测定其沉淀率。离心沉淀率越小,说明大米饮料的稳定性越好,即向其中添加的稳定剂和乳化剂的效果越好^[19]。按式(1)计算沉淀率。

$$R = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

R——沉淀率,%;

m_1 ——离心管的质量,g;

m_2 ——离心管和大米饮料的质量,g;

m_3 ——离心管和沉淀的质量,g。

在试验过程中,空白对照组虽然出现分层现象,但没有出现油脂上浮的问题。由于大米饮料中脂类物质含量极少(晚籼米的脂肪含量<1%),所以油脂上浮的问题可以忽略不计。

2 结果与讨论

2.1 单一稳定剂对大米饮料稳定性的影响

食品稳定剂都是水溶性高分子,溶于水后体系黏度增加,分散相不易发生聚集和凝聚,从而使分散体系稳定。不同分子结构的稳定剂,即使在其他理化参数一致、相同浓度条件下,黏度亦可能存在较大差别^[20,21]。由于大米饮料出现分层、沉淀现象,所以向其中添加适量的稳定剂来保持饮料的稳定性。

海藻酸钠是常用的食品添加剂,主要用作乳化稳定剂和增稠剂,其水溶性好,溶于水后形成粘稠状胶体,可使物料稳定均匀^[11]。图1中前4个柱形图为添加不同量的海藻酸钠之后大米饮料的分层情况,分层趋势为先下降后上升。添加量为0.4%时下层沉淀高度有所上升,这可能是胶体浓度过高,体系黏度增大,有利于聚集饮料中的大分子物质使之下沉,反而不利于大米饮料体系的稳定。CMC-Na为增稠剂,少量加入时能够改善大米饮料的黏稠度,增加其稳定性。随着CMC-Na添加量的逐渐增加,大米饮料的分层情况和海藻酸钠呈现相似的趋势。这可能是由于过高浓度的CMC-Na与溶液中的金属离子形成不可逆的海绵状凝胶结构,从而使大米饮料稳定性下降^[6]。

卡拉胶具有较强的凝胶性和较高的黏度,还能够与蛋白质发生络合作用,能在很大程度上提高蛋白质类饮料的稳定性^[11,12]。图2中前4个柱形图为添加不同量的卡拉胶时,大米饮料的沉淀高度呈逐渐下降的趋势,说明卡拉胶的添加量

越大,大米饮料的稳定性越好。果胶是一种线型多糖聚合物,当果胶中的高聚半乳糖醛酸(HG)部分交联形成三维晶型的网状结构时,能够把水和其它溶质包裹在其中,此时体系达到稳定状态^[12]。图 2 中最后 4 个柱形图为添加不同量果胶时,大米饮料的沉淀高度为先下降再略微上升。果胶添加量为 0.6% 时大米饮料的稳定性最高,下层仅为 0.8 cm。添加不同量果胶时大米饮料的分层情况和海藻酸钠类似,但过高浓度的果胶不利于体系的稳定。

图 2 中间 4 个柱形图为添加不同量黄原胶时,大米饮料的分层趋势为下层的分层高度逐渐上升直至不分层。但是添加黄原胶时大米饮料的下层为透明、黏稠的乳状液,而添加其他稳定剂时下层为乳白色沉淀,说明黄原胶有助于大米

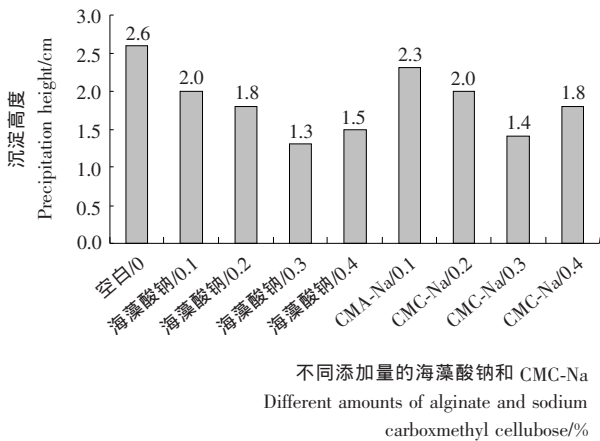


图 1 稳定剂海藻酸钠和 CMC-Na 对大米饮料稳定性的影响

Figure 1 Influence on the stability of rice beverage about stabilizers alginate and sodium carboxymethyl cellulose

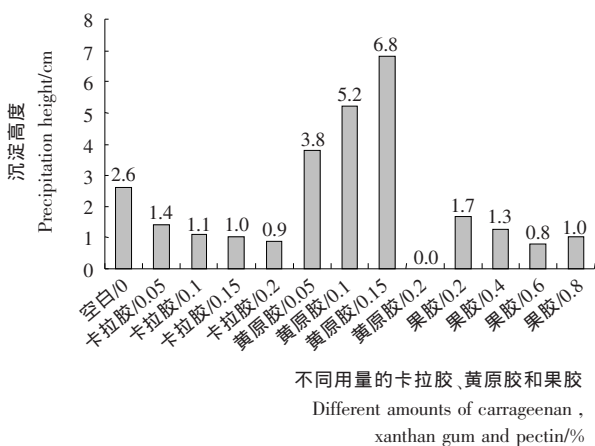


图 2 稳定剂卡拉胶、黄原胶和果胶对大米饮料稳定性的影响

Figure 2 Influence on the stability of rice beverage about stabilizers carrageenan, xanthan gum and pectin

饮料体系的稳定。这可能和黄原胶的分子结构有关,黄原胶是由高分子杂多糖构成,含有螺旋区,黄原胶不仅可以通过氢键与水作用,使胶体大分子均匀分散在液相体系中,提高饮料的黏稠度;而且还能利用螺旋区域包裹颗粒,防止大颗粒聚集下沉^[6]。试验结果表明,单一添加 0.2% 的黄原胶可以使大米饮料不分层,但是饮料稍显黏稠,口感不佳。

以大米饮料的分层情况为测定指标,对上述 5 种稳定剂添加后大米饮料的稳定性进行比较,得出的结论为:黄原胶对大米饮料的稳定性影响最大;其它 4 种稳定剂中果胶对大米饮料的稳定性最好,下层沉淀相对较少,所以选用适量的黄原胶(<0.2%)和果胶进行下一步的复配正交试验。

2.2 单一乳化剂对大米饮料稳定性的影响

乳化剂除了增加分散相与分散介质的亲和力,降低界面张力外,还能增加分散介质的黏度。乳化剂能与碳水化合物、蛋白质、脂类化合物等食品成分发生特殊的相互作用,如同氨基酸侧链络合,形成稳定的化合物脂蛋白;有水存在时可以使脂类化合物形成稳定的乳状液;可以和淀粉相互作用,减缓淀粉的老化等^[22,23]。大米饮料是蛋白质和淀粉含量较高的食品,所以向大米饮料中添加适量的乳化剂有利于体系的稳定。

吐温常温下为浅黄色粘稠状液体,具有良好的热稳定性^[24]。由图 3 可知,大米饮料的沉淀率随着吐温 40 和吐温 80 添加量的增加都呈现逐渐下降的趋势,说明乳化剂的用量越高,大米饮料的稳定性越好;并且吐温 40 对大米饮料的稳定性高于吐温 80(即 HLB 值高的稳定性好)。但是用量接近 GB 2760—2011 的最高限量,因此不适宜添加吐温来提高大米饮料的稳定性。

司盘 40 为乳白色小颗粒状固体,是一种亲水性乳化剂;司盘 60 为黄褐色蜡状固体,是一种亲油性乳化剂。乳化剂司盘具有良好的耐热性和抗水解稳定性,适合于在含水体系和经较长时间高温处理的食品中使用,一般与其它乳化剂合用^[20]。由图 3 可知,随着司盘 40 添加量的逐渐增大,大米饮料的沉淀率呈现先降低后略有上升的趋势,而且其变化范围

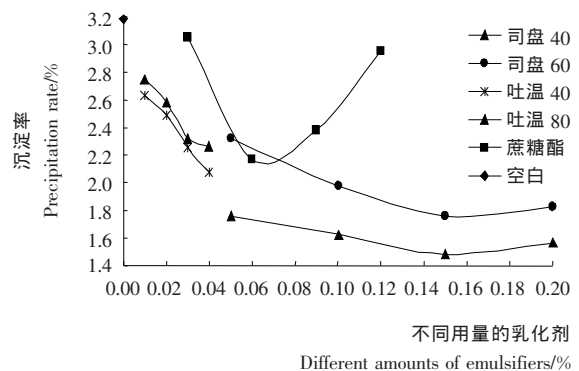


图 3 乳化剂对大米饮料稳定性的影响

Figure 3 Influence on the stability of rice beverage about emulsifiers

不大。司盘 40 添加量为 0.15% 时,大米饮料的稳定性最高,沉淀率仅为 1.48%。司盘 60 的变化趋势和司盘 40 相似,但司盘 40 的沉淀率整体低于司盘 60,即亲水性乳化剂的稳定效果较好,这和它们的分子结构不同有关,同时也和本试验中所用大米脂肪含量较低相吻合。

蔗糖酯是一种以蔗糖分子中的游离羟基为亲水基团,天然油脂中的脂肪酸链为憎水基团的乳化剂,在 50℃ 以上的水中就开始熔化^[20]。随着蔗糖酯添加量的增加,大米饮料的沉淀率呈现先降低后逐渐增大的趋势,说明较高浓度的蔗糖酯不利于大米饮料的稳定。单甘酯不溶于水,但与热水强烈震荡混合后可分散于水中,具有优良的乳化能力和耐高温性能^[12]。从图 4 可以看出,随着单甘酯用量的逐渐增大,大米饮料的沉淀率的变化趋势和蔗糖酯类似,但其沉淀率整体低于蔗糖酯。单甘酯添加量为 0.6% 时,沉淀率达到最小值,仅为 1.56%。

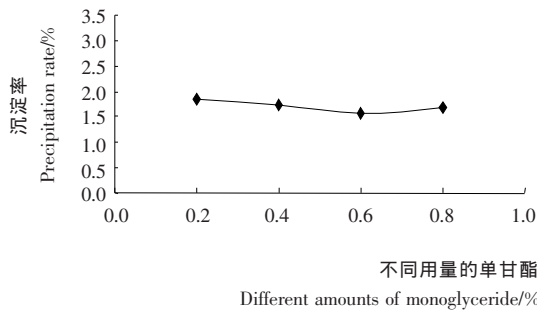


图 4 乳化剂单甘酯对大米饮料稳定性的影响

Figure 4 Influence on the stability of rice beverage about monoglyceride

以大米饮料的离心沉淀率为指标,对上述 6 种乳化剂添加后对大米饮料稳定性的影响进行比较,得出的结论为:司盘类乳化剂和单甘酯对大米饮料的乳化稳定效果较好。添加乳化剂司盘 40 时大米饮料的沉淀率变化范围不大,并且沉淀率整体上比司盘 60 低;不同添加量单甘酯时大米饮料的沉淀率变化幅度也不大,且沉淀率较其他几种乳化剂的要低,所以选用乳化剂司盘 40 和单甘酯进行下一步的复配正交试验。

2.3 复配稳定一乳化剂的正交试验

在上述单因素试验确定每个因素最佳用量的基础上确定正交试验中各因素所对应的 3 个不同水平。鉴于食品中使用添加剂的种类和用量以越少越好的原则并考虑到经济问题,每个因素都设计一个零水平。所以,每个因素设计 4 个水平,因素及水平设计见表 1。

由表 2 可知,4 个因素对大米饮料稳定性的影响为 B>A>C>D,即黄原胶>果胶>单甘酯>司盘 40。根据 k 值的大小确定最佳复配组合为 A₁B₁C₃D₁,即添加 0.65% 果胶、0.165% 黄原胶和 0.60% 单甘酯。将正交试验得到的最佳复配组合进行沉淀率和分层情况的测定,得到沉淀率为

表 1 稳定一乳化剂复配的正交试验因素水平表

Table 1 The factor levels table of orthogonal experiment of stabilizer-emulsifier combination

水平	A 果胶	B 黄原胶	C 单甘酯	D 司盘 40
1	0.00	0.000	0.00	0.00
2	0.55	0.155	0.55	0.10
3	0.60	0.160	0.60	0.15
4	0.65	0.165	0.65	0.20

表 2 稳定一乳化剂复配的正交试验结果[†]

Table 2 The orthogonal experiment results of stabilizer-emulsifier combination

序号	A	B	C	D	沉淀率/%	分层/cm
1	1	1	1	1	3.25	1.1+8.9
2	1	2	2	2	1.89	不分层
3	1	3	3	3	1.73	不分层
4	1	4	4	4	1.80	不分层
5	2	1	2	3	2.52	0.8+9.2
6	2	2	1	4	1.47	不分层
7	2	3	4	1	1.05	不分层
8	2	4	3	2	0.90	不分层
9	3	1	3	4	2.49	0.9+9.1
10	3	2	4	3	0.85	不分层
11	3	3	1	2	1.52	不分层
12	3	4	2	1	0.87	不分层
13	4	1	4	2	2.45	0.7+9.3
14	4	2	3	1	0.95	不分层
15	4	3	2	4	0.89	不分层
16	4	4	1	3	1.41	不分层
k ₁	2.168	2.678	1.913	1.530		
k ₂	1.485	1.290	1.543	1.690		
k ₃	1.433	1.298	1.518	1.628		
k ₄	1.425	1.245	1.538	1.663		
R	0.743	1.423	0.395	0.160		

[†] 由于只有不添加黄原胶的大米饮料出现分层,所以分层情况仅作参考,不作为正交试验数据分析的依据。

0.85%,和表 2 中 12 号样品的沉淀率 0.87% 相差不大。鉴于食品中使用添加剂的种类和用量以越少越好的原则并考虑到饮料成本的问题,确定组合 12(A₃B₁C₂D₁) 为大米饮料的最佳稳定一乳化剂复配比例,即添加 0.60% 果胶、0.165% 黄原胶和 0.60% 单甘酯。

由表 3 可知,4 个因素中果胶对沉淀率的影响为显著水

表 3 方差分析表

Table 3 Analysis of variance table

因素	自由度	偏差平方和	均方	F	P	显著
A	3	2.207 2	0.858 1	15.02	0.026	*
B	3	11.645 6	3.883 7	67.98	0.003	**
C	3	0.468 7	0.192 0	3.36	0.173	
D	3	0.151 2	0.050 4	0.88	0.540	
误差	3	0.171 4	0.057 1			
合计	15	14.644 1				

平($P < 0.05$),黄原胶对沉淀率的影响已达到极显著水平($P < 0.01$),单甘酯和司盘 40 对沉淀率的影响不显著($P > 0.05$),但单甘酯对沉淀率的影响远大于司盘 40。乳化剂对沉淀率没有显著影响,这可能和大米中的脂肪含量较低有关^[22]。

3 结论

大米饮料制作过程中乳化稳定体系的建立是衡量饮料质量的一项重要指标,同时也是影响产品货架期内稳定性的关键因素^[9,25]。本试验解决了大米饮料的分层沉淀问题,对大米饮料的生产和产品稳定性具有一定的指导意义。通过正交试验确定了复合稳定—乳化剂最佳配比:0.60%果胶、0.165%黄原胶和 0.60%单甘酯。按照上述比例进行添加能够有效地降低大米饮料的沉淀率,仅为 0.87%(远低于单一稳定剂和乳化剂的沉淀率),并且大米饮料的口感较好(同添加单一的稳定剂和乳化剂相比)。室温下放置 3 周后大米饮料体系均匀,无沉淀和分层现象。

本试验虽然对大米饮料中所添加的稳定剂和乳化剂对其稳定性的影响进行了方差分析(黄原胶>果胶>单甘酯>司盘 40),但并未对其乳化稳定体系的稳定机理进行深入探讨。这可能和乳化剂或稳定剂与大米中的某些物质相互作用有关,如乳化剂与淀粉的结合,亦或与蛋白质的络合作用,也可能是乳化剂和稳定剂之间的协同效应^[20,22],具体的抗氧化、络合以及协同效应等机制还有待进一步研究。

参考文献

- 1 韩晓娜,黄国清,肖军霞. 玉米饮料的稳定性研究[J]. 食品科技, 2013,38(10):180~183.
- 2 高琦,褚中秋,段华妮,等. 大米饮料研究进展[J]. 粮食与饲料工业, 2014(5):8~11.
- 3 汪正洁. 米乳饮料生产工艺研究[D]. 武汉:华中农业大学,2005.
- 4 张钟,李琴. 糯玉米饮料稳定条件的优化[J]. 饮料工业, 2013,16(9):9~13.
- 5 曾顺德,赵国华,张超,等. 糯玉米饮料专用稳定剂配方筛选[J]. 食品工业科技, 2012,33(1):321~325.
- 6 高愿军,李少华,周婧琦,等. 几种稳定剂对玉米饮料稳定性的效

应研究[J]. 食品科技, 2012,37(7):244~247.

- 7 石丽娜. 乌鲁木齐澄清型糯玉米饮料加工工艺研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2011.
- 8 Hamed Mirhosseini, Chin Ping Tan, Arezou Aghlari. Influence of pectin and CMC on physical stability, turbidity loss rate, cloudiness and flavor release of orange beverage emulsion during storage[J]. Carbohydrate Polymers, 2008(73):83~91.
- 9 傅亮,田利春. 均质条件与大米饮料乳化稳定性关系研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3):20~21.
- 10 刘莎莎,李保国,郭雯丽,等. 高抗性淀粉米乳饮料的稳定性研究[J]. 食品与机械, 2013,29(6):229~231.
- 11 孙丽琴. 抗疲劳米饮料的研制[D]. 长春:吉林农业大学,2011.
- 12 周红芳. 全糯玉米饮料工艺及稳定性的研究[D]. 齐齐哈尔:齐齐哈尔大学,2012.
- 13 唐民民,姜中航. 不同乳化剂对牛乳饮料稳定性影响的研究[J]. 乳业科学与技术, 2007(1):23~25.
- 14 李湘丽,胡贵勇. 浑浊型玉米浆玉米须复合饮料的研制[J]. 食品与机械, 2012,28(3):233~235.
- 15 中华人民共和国卫生部. GB 2760—2011 食品添加剂使用标准[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- 16 吕玉珍,黄进宝,董大鹏,等. 胡萝卜山楂复合果肉饮料加工工艺及稳定性研究[J]. 食品与机械, 2010,26(4):132~135.
- 17 樊振江,詹现璞,栗亚琼,等. 复合稳定剂对豇豆饮料稳定性的影响[J]. 食品与机械, 2014,30(1):232~234.
- 18 孙祖莉,郭明思,刘玉田,等. 糯玉米红枣莲子仿乳饮料及其稳定性[J]. 食品工业, 2006(2):23~25.
- 19 孙蕾,沈群. 小米饮料的最佳液化糖化及稳定条件研究[J]. 食品工业科技, 2012,33(13):220~227.
- 20 高彦祥. 食品添加剂[M]. 北京:中国轻工业出版社,2011:211~249.
- 21 张国农,李运飞,解国富,等. 搅拌型果汁酸奶稳定性的研究[J]. 食品与机械, 2005,21(1):50~52.
- 22 胡亮德. 食品乳化剂[M]. 北京:中国轻工业出版社,2011:62~75.
- 23 李慧娟,柴松敏. 淀粉的老化机理及抗老化研究[J]. 粮油加工, 2006(3):42~45.
- 24 余全. 乳化剂对酪蛋白乳状液稳定影响的性机理研究[D]. 广州:华南理工大学,2011.
- 25 Du R and A, Franks G V, Hosken R W. Particle sizes and stability of UHT bovine, cereal and grain milks [J]. Food Hydrocolloids, 2003,9(17):671~678.