

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2017.06.009

文章编号:2095-6002(2017)06-0055-07

引用格式:马永轩,张名位,魏振承,等.不同乳化稳定剂对全谷物糙米营养乳稳定性的影响及其配比优化[J].食品科学技术学报,2017,35(6):55-61.



MA Yongxuan, ZHANG Mingwei, WEI Zhencheng, et al. Effect of different emulsion stabilizers on stability of whole grain milk and proportion optimization[J]. Journal of Food Science and Technology, 2017,35(6):55-61.

不同乳化稳定剂对全谷物糙米营养乳稳定性的影响及其配比优化

马永轩, 张名位, 魏振承, 张雁, 张瑞芬, 邓媛元,
唐小俊, 刘磊, 黄菲, 董丽红

(广东省农业科学院蚕业与农产品加工研究所/农业部功能食品重点实验室/
广东省农产品加工重点实验室, 广东广州 510610)

摘要:分析了影响全谷物糙米营养乳饮料稳定性的主要因素,筛选了合适的乳化稳定剂并对其配比进行了优化,探讨了蔗糖和三聚磷酸钠等品质改良剂对体系稳定性的影响。结果表明:全谷物糙米营养乳饮料的乳化剂蔗糖脂肪酸酯与蒸馏单硬脂酸甘油酯的优化复配比例为2:8,复合乳化剂的添加量为0.20%;筛选出黄原胶、羧甲基纤维素和微晶纤维素为体系的稳定剂,其优化配方为黄原胶0.05%,羧甲基纤维素0.15%,微晶纤维素0.08%。进一步发现,蔗糖和三聚磷酸钠可以改善体系的稳定性,但当蔗糖添加量达到4%后,体系的离心悬浮比逐渐降低。

关键词:全谷物糙米;营养乳;乳化剂;稳定剂;稳定性

中图分类号:TS213.3;TS252.51

文献标志码:A

随着人们生活水平的不断提高和生活节奏的加速,以全谷物为主要原料开发营养健康乳饮料,已逐渐成为研究热点^[1-5]。糙米除含有丰富的蛋白质、脂肪和矿物质等,还含有生理活性较高的维生素E、 γ -氨基丁酸及食物中极其罕见的谷胱甘肽过氧化物酶等长寿因子^[6-10],可见,糙米具有很高的营养价值。以糙米为主要原料开发营养均衡、食用方便的全谷物营养乳饮料具有广阔的市场前景。

全谷物营养乳饮料是一种由淀粉、蛋白质、脂肪、膳食纤维、维生素和矿物质等成分组成的复合型乳饮料。全谷物营养乳营养成分复杂,各种成分相互影响,加之生产过程中的高温灭菌工艺,致使产品很容易出现油水分离分层、蛋白质絮凝及淀粉回生沉淀等现象^[11-12],这些问题严重影响了产品的品质

及其在市场上的推广。要生产稳定性较好的全谷物营养乳饮料就需要探讨影响其稳定性的因素。本研究分析了影响全谷物营养乳饮料稳定性的主要因素,对其乳化稳定剂进行筛选并优化了配比,希望为全谷物乳饮料的研发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

糙米,市售;白砂糖,广州华侨糖厂;蔗糖脂肪酸酯(SE系列3型),柳州爱格富食品科技有限公司;蒸馏单硬脂酸甘油酯(D-95),广州市佳力士食品有限公司;微晶纤维素(PH102),山东汇益生物科技有限公司;果胶(65%),西安裕华生物科技有限公司;

收稿日期:2017-04-11

基金项目:国家公益性行业科技项目(201303071);广东省科技计划项目(2014A020220005)。

作者简介:马永轩,男,助理研究员,硕士,主要从事农产品加工方面的研究。

羧甲基纤维素(CP300-800),广州市晨易化工有限公司;黄原胶(百灵牌A型),西安唐朝化工有限公司;卡拉胶(L-半精制胶)、魔芋胶(80%),山东亚亨生物科技有限公司;瓜尔豆胶(YZ-SP),河南正顺生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

DS32型双螺杆挤压膨化机,山东赛信膨化机械有限公司;T25型分散均质机,艾卡(广州)仪器设备有限公司;UV-1800型紫外分光光度计,岛津仪器有限公司;JM-100型胶体磨,廊坊通用机械厂;AH-BASIC型高压均质机,安拓思纳米技术有限公司;BSA224S-CW型分析天平,赛多利斯科学仪器有限公司;TD6型离心机,长沙湘智离心机有限公司;LS-50LD型立式蒸汽灭菌器,江阴滨江医疗设备有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 糙米膨化粉的制备

糙米粉碎后过80目筛,调节水分含量至18%,用双螺杆挤压膨化机膨化,膨化模头孔径1cm,膨化机三段温度分别为55,125,140℃,螺杆转速为150 r/min,膨化后粉碎,过100目筛。

1.3.2 全谷物糙米营养乳饮料的组成与工艺

1)原料组成。按照QB/T 4221—2011《谷物类饮料》设计全谷物糙米营养乳中各成分的添加量,其中糙米膨化粉添加量为5%,全脂奶粉添加量为3%,其余为水。

2)工艺流程。糙米膨化粉、奶粉、蔗糖、乳化稳定剂混匀→调配→胶体磨→均质→装瓶→封盖→灭菌(121℃,20min)→成品。

1.3.3 乳化剂单因素实验

选取蔗糖脂肪酸酯和蒸馏单硬脂酸甘油酯两种乳化剂,分别选择0.05%,0.10%,0.15%,0.20%,0.25%五个添加量进行单因素实验,测定其对全谷物糙米营养乳离心沉淀率和离心悬浮比的影响。

1.3.4 复合乳化剂实验

按不同比例将蔗糖脂肪酸酯和蒸馏单硬脂酸甘油酯复配成复合乳化剂,添加量为0.20%,测定其对全谷物糙米营养乳离心沉淀率和离心悬浮比的影响。

1.3.5 稳定剂筛选实验

分别选用微晶纤维素(MCC)、果胶、羧甲基纤维素(CMC)、黄原胶、卡拉胶、魔芋胶、瓜尔豆胶作为全谷物糙米营养乳的稳定剂,测定其对全谷物糙

米营养乳离心沉淀率和离心悬浮比的影响,评价各种稳定剂的稳定效果。

1.3.6 稳定剂单因素实验

优选黄原胶、羧甲基纤维素和微晶纤维素为全谷物糙米营养乳的稳定剂,添加量分别按0.05%,0.10%,0.15%,0.20%,0.25%,测定其对全谷物糙米营养乳离心沉淀率和离心悬浮比的影响。

1.3.7 稳定剂响应面优化试验

在单因素实验的基础上,采用Box-Behnken中心组合试验设计安排三因素三水平试验,对稳定剂进行配比优化,试验因素及水平如表1。

表1 试验因素和水平
Tab.1 Factors and levels of experiment %

水平	因素		
	w(黄原胶)	w(羧甲基纤维素)	w(微晶纤维素)
-1	0.05	0.05	0.05
0	0.10	0.10	0.10
1	0.15	0.15	0.15

1.3.8 蔗糖对全谷物糙米营养乳稳定性影响实验

在优化后的全谷物糙米营养乳中分别添加0,2%,4%,6%,8%的蔗糖,测定其对样品离心沉淀率和离心悬浮比的影响。

1.3.9 三聚磷酸钠对全谷物糙米营养乳稳定性影响实验

在优化后的全谷物糙米营养乳中分别添加0,0.05%,0.10%,0.15%,0.20%的三聚磷酸钠,测定其对样品离心沉淀率和离心悬浮比的影响。

1.3.10 分析测定方法

1)离心沉淀率的测定。参照谭锋等^[13]的方法,称取摇匀的一定量(m_0)的全谷物糙米营养乳,用台式离心机在3000 r/min离心15 min,弃去上层清液,称得沉淀的质量(m_1)。离心沉淀率按式(1)计算。

$$\text{离心沉淀率} = (m_1/m_0) \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, m_0 为样品乳液的质量,g; m_1 为沉淀的质量,g。

2)离心悬浮比的测定。分别准确称取一定量上层和底层的全谷物糙米营养乳,于3000 r/min离心15 min,称得其离心沉淀量分别为 m_1 、 m_2 。离心悬浮比按式(2)计算。

$$\text{离心悬浮比} = (m_1/m_2) \times 100\% \quad (2)$$

式(2)中, m_1 为上层沉淀的质量,g; m_2 为下层沉淀的质量,g。

3) 综合得分加权计算方法。计算方法见式(3)。

$$\text{综合得分} = (\text{最小离心沉淀率} / \text{离心沉淀率}) \times 50 + (\text{离心悬浮比} / \text{最大离心悬浮比}) \times 50. \quad (3)$$

1.3.11 数据统计与分析

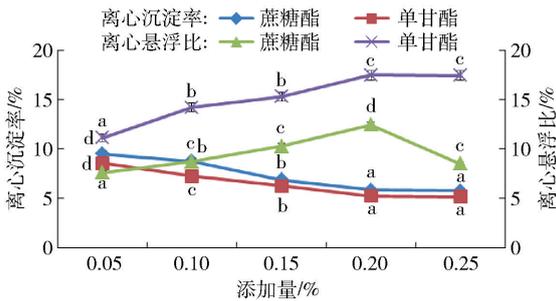
采用 SPSS19.0 统计软件中单因素方差分析进行组间差异比较,显著性水平为 $p < 0.05$ 。图表中不同字母表示 0.05 水平上的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 乳化剂对全谷物糙米营养乳稳定性的影响

2.1.1 单一乳化剂的影响

单一乳化剂的乳化效果见图 1。由图 1 可以看出,蔗糖脂肪酸酯和蒸馏单硬脂酸甘油酯对体系均有一定的乳化效果。从离心沉淀率看,随着蔗糖脂肪酸酯和蒸馏单硬脂酸甘油酯的添加,体系的离心沉淀率均呈下降趋势,当二者添加量达到 0.20% 后趋势变缓,且添加蒸馏单硬脂酸甘油酯体系的离心沉淀率低于添加蔗糖脂肪酸酯;从离心悬浮比看,添加蒸馏单硬脂酸甘油酯其离心悬浮比呈上升趋势,而当蔗糖脂肪酸酯添加量达到 0.20% 后其离心悬浮比呈下降趋势。总体来看,蒸馏单硬脂酸甘油酯的乳化效果优于蔗糖脂肪酸酯,且添加量为 0.20% 时效果较好。



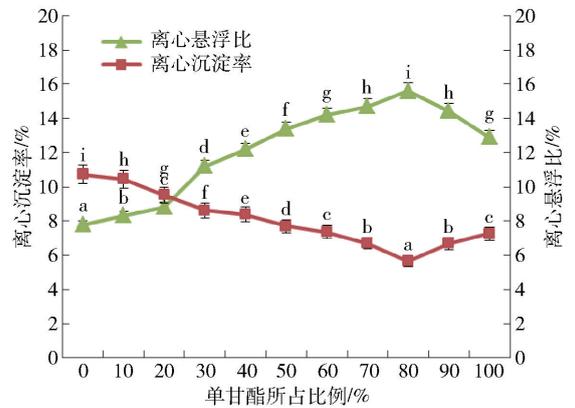
不同小写字母表示差异性达到显著水平 ($p < 0.05, n = 3$)。

图 1 单一乳化剂的乳化效果

Fig. 1 Emulsification of single emulsifier

2.1.2 复合乳化剂的影响

不同配比乳化剂的乳化效果见图 2。由图 2 可知,随着蒸馏单硬脂酸甘油酯添加比例的增大,其离心沉淀率呈先下降后上升的趋势,离心悬浮比呈先上升后下降的趋势;当蒸馏单硬脂酸甘油酯添加量占比达到 80% 时,体系的稳定性最好,即蔗糖脂肪酸酯与蒸馏单硬脂酸甘油酯之比为 2:8 时,效果较佳。



不同小写字母表示差异性达到显著水平 ($p < 0.05, n = 3$)。

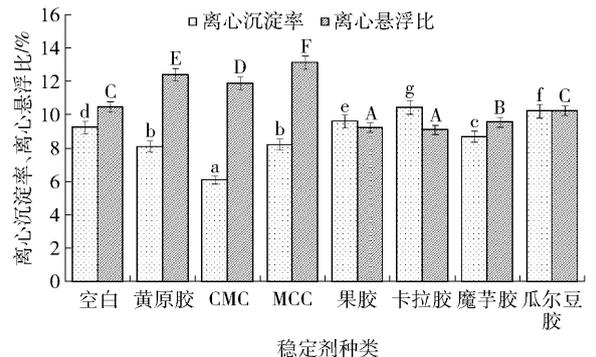
图 2 不同配比乳化剂乳化效果

Fig. 2 Emulsification of multiplex emulsifiers

2.2 稳定性对全谷物糙米营养乳稳定性的影响

2.2.1 稳定剂的筛选

稳定剂对全谷物营养乳稳定性的影响见图 3。由图 3 可知,从离心沉淀率看,羧甲基纤维素的稳定效果最好,其次是黄原胶和微晶纤维素,而添加果胶、卡拉胶和瓜尔豆胶时体系的离心沉淀率比空白还大,表明此 3 种稳定剂的加入不利于体系的稳定。从离心悬浮比看,微晶纤维素的稳定效果最好,其次是黄原胶和微晶纤维素,而加入果胶、魔芋胶、卡拉胶和瓜尔豆胶后,体系的离心悬浮比变小。本研究选取黄原胶、羧甲基纤维素和微晶纤维素为稳定剂。



不同字母表示同一指标差异性达到显著水平 ($p < 0.05, n = 3$)。

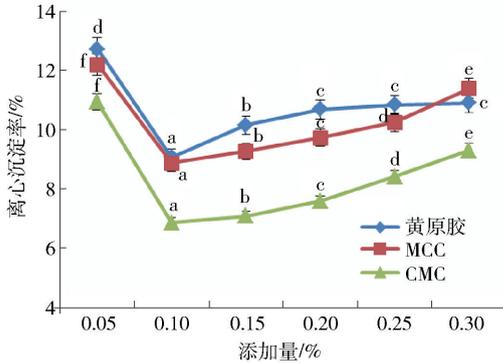
图 3 稳定剂对全谷物营养乳稳定性的影响

Fig. 3 Influence of different stabilizers on stability of whole grains milk

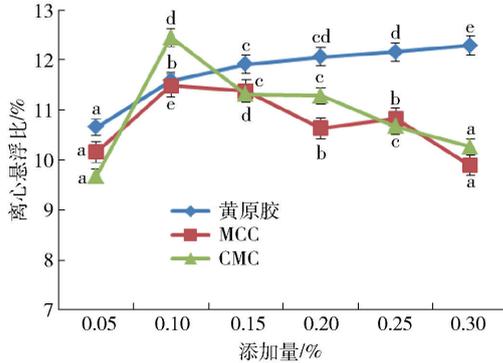
2.2.2 单一稳定剂的影响

稳定剂对全谷物营养乳离心沉淀率的影响和稳定剂对全谷物营养乳离心悬浮比的影响见图 4。从离心沉淀率看,添加黄原胶、微晶纤维素和羧甲基纤

维素后体系的离心沉淀率均呈先下降后上升的趋势,在添加量为0.10%时体系的离心沉淀率最小。从离心悬浮比看,添加微晶纤维素和羧甲基纤维素后体系的离心悬浮比均呈先上升后下降的趋势,且在添加量为0.10%时体系的离心悬浮比达到最大值。而添加黄原胶后体系的离心悬浮比呈上升的趋势,且当添加量达到0.10%后上升趋势变缓。本研究选取黄原胶、微晶纤维素和羧甲基纤维素的添加量均为0.10%。



a. 对离心沉淀率的影响



b. 对离心悬浮比的影响

不同小写字母表示差异性达到显著水平($p < 0.05, n = 3$)。

图4 稳定剂对全谷物营养乳稳定性的影响

Fig. 4 Influence of different stabilizer on stability of whole grains milk

2.2.3 复合稳定剂的影响

在单因素实验的基础上选用中心组合模型,安排三因素三水平的响应面分析试验。以综合得分为响应值,采用 Design-Expert 软件对实验数据进行回归分析,对复合稳定剂的配比对体系稳定性的影响进行更加深入的研究和优化,试验结果见表2。

2.2.3.1 回归模型的建立与方差分析

以黄原胶添加量 X_1 、羧甲基纤维素添加量 X_2 、微晶纤维素添加量 X_3 为试验因素,综合得分 Y 为响

表2 响应面试验设计与结果

Tab.2 Experimental design and results of response surface experiment

试验号	因素			离心沉淀率/%	离心悬浮比/%	综合得分
	X_1	X_2	X_3			
1	0	1	1	7.42	10.89	75.50
2	0	0	0	6.85	14.98	91.01
3	1	0	1	7.92	7.19	62.00
4	0	0	0	6.85	14.98	91.01
5	0	0	0	6.85	14.98	91.01
6	1	1	0	6.98	8.75	72.07
7	0	-1	1	7.86	12	76.26
8	-1	0	1	7.62	10.07	71.97
9	-1	0	-1	6.52	13.18	88.20
10	-1	1	0	6.76	17.25	98.22
11	1	0	-1	6.89	12.08	82.33
12	0	0	0	6.85	14.98	91.01
13	-1	-1	0	7.83	8.44	66.10
14	0	1	-1	7.23	11.61	78.74
15	0	0	0	6.85	14.98	91.01
16	0	-1	-1	7.28	10.77	76.00
17	1	1	0	7.02	8.16	70.09

应值的回归模型(见式(4))。

$$Y = 91.01 - 2.26X_1 + 2.20X_2 - 4.94X_3 - 12.16X_1X_2 - 1.03X_1X_3 - 0.87X_2X_3 - 4.95X_1^2 - 4.45X_2^2 - 9.93X_3^2 \quad (4)$$

回归模型方差分析见表3。由表3可知,该模

表3 回归模型方差分析

Tab.3 ANOVA for regression model

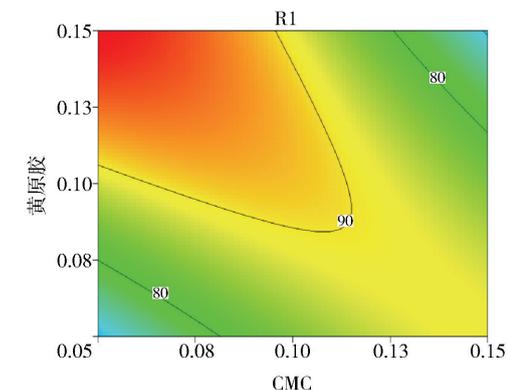
方差来源	自由度	平方和	均方	F值	P值	显著性
X_1	1	28.57	28.57	1.09	0.0331	*
X_2	1	27.02	27.02	1.03	0.3437	
X_3	1	195.43	195.43	7.46	0.0293	*
X_1X_2	1	318.59	318.59	12.16	0.0102	*
X_1X_3	1	4.20	4.20	0.16	0.7008	
X_2X_3	1	3.06	3.06	0.12	0.7425	
X_1^2	1	84.30	84.30	3.22	0.1160	
X_2^2	1	68.14	68.14	2.60	0.1509	
X_3^2	1	338.86	338.86	12.93	0.0088	**
模型	9	1612.67	179.19	6.84	0.0095	**
error	5	1.96	0.39			
total	16	1796.11				

型为回归显著型($p < 0.05$),各因素中一次项 X_1 、 X_3 显著,二次项 X_3^2 均极显著,交叉项 X_1X_2 显著。结果显示:3 个因素中有两个对体系的综合得分具有显著性影响,影响程度从强到弱依次为:微晶纤维素、黄原胶、羧甲基纤维素。

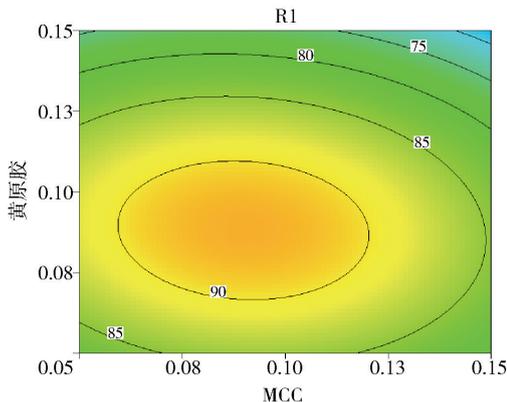
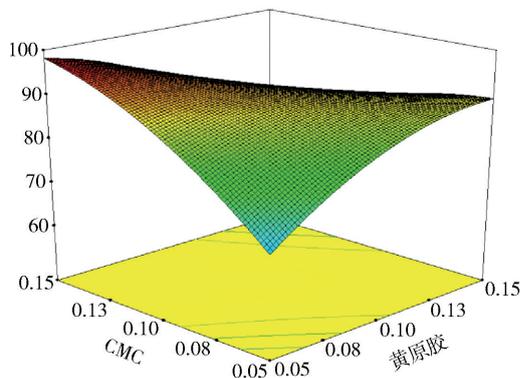
2.2.3.2 各因素间的交互影响

根据回归方程,得到曲面图及等高图,考察

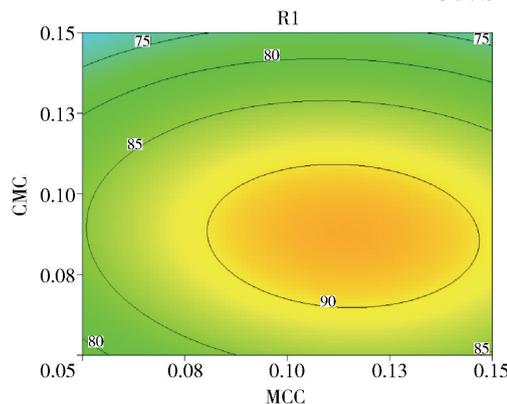
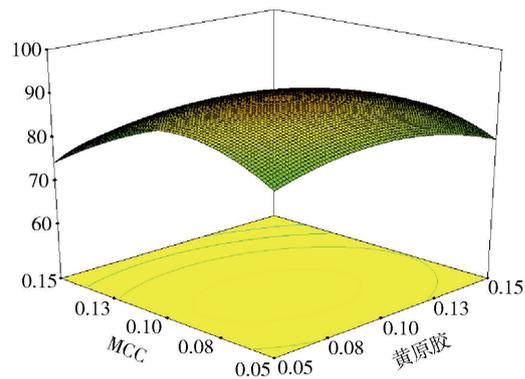
所拟合的响应曲面形状。对黄原胶、羧甲基纤维素、微晶纤维素两两因素交互作用对综合得分的影响进行分析与评价,以确定其优化配比,结果如图 5。由图 5 可知,黄原胶和羧甲基纤维素交互作用显著,微晶纤维素是影响全谷物营养乳稳定性的主要因素,黄原胶次之,羧甲基纤维素对其影响最小。



a. 黄原胶和 CMC 交互作用



b. 黄原胶和 MCC 交互作用



c. CMC 和 MCC 交互作用

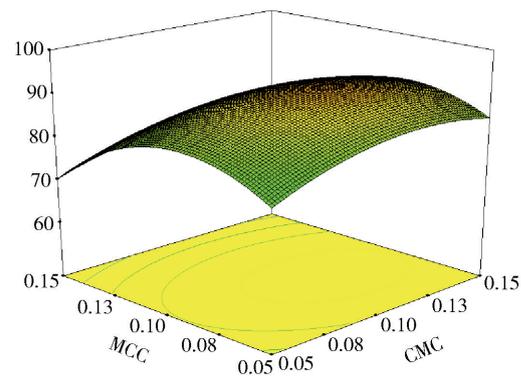


图 5 黄原胶、CMC 和 MCC 两两交互作用对体系综合得分影响的响应面图

Fig. 5 Response surface plot of interaction CMC and MCC on sedimentation rate

2.2.3.3 稳定剂优化配方的确定

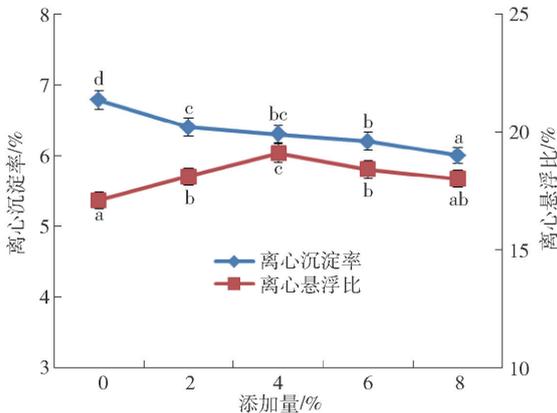
由回归方程求得稳定剂优化配方为黄原胶添加

量 0.05%,羧甲基纤维素添加量 0.15%,微晶纤维素添加量 0.08%,在此条件下,综合得分的最大理

论值为 98.53。采用与本实验相同的其他条件,实际测得离心沉淀率为 6.78%、离心悬浮比为 17.1%,综合得分为 97.65,实际值与理论值偏差小于 5%。因此,采用响应面方法优化得到的稳定剂配方准确可靠。

2.3 蔗糖对全谷物糙米营养乳稳定性的影响

蔗糖对全谷物糙米营养乳稳定性的影响见图 6。由图 6 可知,随着蔗糖添加量的增大,体系的离心沉淀率呈下降趋势,离心悬浮比呈先上升后下降的趋势。蔗糖的添加改善了产品的甜度,同时提高了蛋白质、淀粉粒子与分散介质的亲水性。当蔗糖添加量达到 4% 后,其离心悬浮比逐渐降低,这可能是因为随着糖类的增加,体系发生了美拉德反应,产生了类聚物,导致粒子沉降^[14]。



不同小写字母表示差异性达到显著水平 ($p < 0.05, n = 3$)。

图 6 蔗糖对全谷物营养乳稳定性的影响

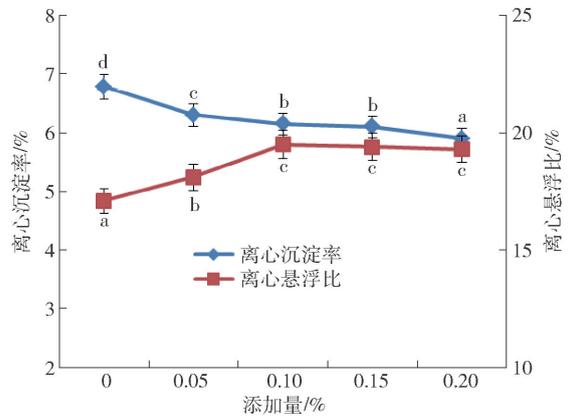
Fig. 6 Influence of sucrose on stability of whole grains milk

2.4 三聚磷酸钠对全谷物糙米营养乳稳定性的影响

三聚磷酸钠对全谷物糙米营养乳稳定性的影响见图 7。由图 7 可知,随着三聚磷酸钠的添加体系的离心沉淀率呈下降趋势,而离心悬浮比先上升后趋于平缓。这主要是因为加入少量的三聚磷酸盐后,电离出了带电的离子,并吸附在蛋白质分子的表面,从而增加了蛋白质表面的电荷量,提高了蛋白质的水化能力^[15]。

3 结论

分析了影响全谷物营养乳饮料稳定性的主要因素,确定了乳化剂蔗糖脂肪酸酯与蒸馏单硬脂酸甘油酯适用于全谷物糙米营养乳饮料的乳化,且优化的复配比例为 2:8,复合乳化剂的添加量为



不同小写字母表示差异性达到显著水平 ($p < 0.05, n = 3$)。

图 7 三聚磷酸钠对全谷物营养乳稳定性的影响

Fig. 7 Influence of sodium tripolyphosphate on stability of whole grains milk

0.20%;明确了黄原胶、羧甲基纤维素和微晶纤维素等稳定剂有助于全谷物体系的稳定,且通过中心组合试验设计和响应面分析,确定了优化配方为黄原胶 0.05%,羧甲基纤维素 0.15%,微晶纤维素 0.08%;此外,添加蔗糖和三聚磷酸钠等品质改良剂可以有效改善全谷物饮料体系的稳定性,但当蔗糖添加量达到 4% 后,将影响体系的稳定性。

参考文献:

- [1] DURAND A, FRANKS G V, HOSKEN R W. Particle sizes and stability of UHT bovine, cereal and grain milks [J]. *Food Hydrocolloids*, 2003, 12(5): 671-678.
- [2] PAPETTI A P, DSGLIA C, GRISOLI M, et al. Effect of barley coffee on the adhesive properties of oral streptococci [J]. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2007, 55(2): 278-284.
- [3] DREWNOWSKI A, BELLISLE F. Liquid calories, sugar, and body weight [J]. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2007, 85(3): 651-661.
- [4] MITCHELL C R. Nutritional rice milk production: USA, 4744992 [P]. 1988.
- [5] 马永轩,魏振承,张名位,等. 黑米黑芝麻复合谷物乳稳定剂配方优化[J]. *中国粮油学报*, 2013, 28(4): 97-102.
MA Y X, WEI Z C, ZHANG M W, et al. Formula optimization for stability of composite grains milk prepared from black rice and black sesame [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2013, 28(4): 97-102.
- [6] 朱永义,赵仁勇,林利忠. 挤压膨化对糙米理化特性的影响[J]. *中国粮油学报*, 2003, 18(2): 14-16.
ZHU Y Y, ZHAO R Y, LIN L Z. Influence of extrusion

- on texture and physicochemical properties of brown rice [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2003, 18(2):14-16.
- [7] MEISTER A. On the antioxidant effects of ascorbic acid and glutathione [J]. *Biochemical Pharmacology*, 1992, 44(10):1905-1915.
- [8] MARTI A, SEETHARAMAN K, PAGANI M A. Rice-Based pasta: a comparison between conventional pasta making and extrusion-cooking [J]. *Journal of Cereal Science*, 2010, 52(3):404-409.
- [9] ZHANG J, YANG L M, PAN X D, et al. Increased vesicular γ -GABA transporter and decreased phosphorylation of synapsing in the rostral preoptic area is associated with decreased gonadotropin releasing hormone and c-fos co-expression in middle-aged female mice [J]. *Journal of Neuroendocrinology*, 2013, 25(8):753-761.
- [10] 蒋静, 马涛. 营养液培养糙米发芽富集 GABA 工艺条件优化 [J]. *食品工业科技*, 2013, 34(5):195-199.
- JIANG J, MA T. Technological conditions optimization of GABA enrichment of brown rice germination using nutrient water culture method [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2013, 34(5):195-199.
- [11] 殷露琴. 可可饮料及其稳定性研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2007.
- [12] 方丰华. 果汁豆奶的研制及其稳定性研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2006.
- [13] 谭锋, 孙蓉芳, 陈壁州, 等. 果肉型饮料中常用稳定剂特征的研究 [J]. *软饮料研究*, 1996(5):18-20.
- TAN F, SUN R F, CHEN B Z, et al. The characteristics of stabilizers used in fruit nectars [J]. *The Beverage Industry*, 1996(5):18-20.
- [14] 周建均. 酸性含乳果汁饮料稳定性探讨 [J]. *饮料工业*, 2001(6):17-21.
- ZHOU J J. Study on stability of milk-containing low-pH fruit juice beverages [J]. *The Beverage Industry*, 2001(6):17-21.
- [15] BRICKLEY C A, GOVINDASAMY L S, JAEGGI J J, et al. Influence of emulsifying salts on the textural properties of nonfat process cheese made from direct acid cheese bases [J]. *Journal of Dairy Science*, 2007, 91(93):39-48.

Effect of Different Emulsion Stabilizers on Stability of Whole Grain Milk and Proportion Optimization

MA Yongxuan, ZHANG Mingwei, WEI Zhencheng, ZHANG Yan, ZHANG Ruifen, DENG Yuanyuan, TANG Xiaojun, LIU Lei, HUANG Fei, DONG Lihong
(*Sericultural & Agri-Food Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Functional Foods, Ministry of Agriculture/Guangdong Key Laboratory of Agricultural Products Processing, Guangzhou 510610, China*)

Abstract: The major factors affected the stability of whole grain milk was investigated. Then the emulsion stabilizer was screened and its proportion was optimized. Moreover, the effects of sucrose and sodium triphosphate on the stability of the system were discussed. The results showed that the best ratio of sucrose fatty acid ester and distillation monostearin was 2:8, and the dosage of mixed emulsifier was 0.20%. The optimum concentration of the best stabilizer was 0.05% xanthan gum, 0.15% carboxymethyl cellulose, and 0.08% microcrystalline cellulose. The stability of the system could be improved by adding sucrose and sodium triphosphate. However, when the sucrose content reached 4%, the centrifugal suspension ratio decreased gradually.

Keywords: whole grain brown rice; milk; emulsifier; stabilizer; stability

(责任编辑:叶红波)