

# 亲水胶体对糯玉米汁稳定性影响

林美娟<sup>1,2,3</sup>, 宋江峰<sup>1,3</sup>, 李大婧<sup>1,3</sup>, 刘春泉<sup>1,3,\*</sup>, 金邦荃<sup>2</sup>

(1.江苏省农业科学院农产品加工所, 江苏 南京 210014; 2.南京师范大学金陵女子学院, 江苏 南京 210097;

3.国家农业科技华东(江苏)创新中心, 农产品加工工程技术研究中心, 江苏 南京 210014)

**摘 要:** 为进一步提高糯玉米汁稳定性, 比较研究不同亲水胶体(黄原胶、海藻酸钠、瓜尔豆胶和刺槐豆胶)对糯玉米汁体系稳定系数、离心沉淀率、相对黏度和感官的影响, 并探讨糯玉米汁体系的静电稳定性。结果表明: 黄原胶具有一定的乳化效果, 可以在一定程度上缓解糯玉米汁脂肪圈的形成; 海藻酸钠、瓜尔豆胶和刺槐豆胶对糯玉米汁的稳定效果较好, 并且随着添加量的增加, 体系稳定系数和相对黏度逐渐提高; 而黄原胶与海藻酸钠、瓜尔豆胶、刺槐豆胶分别以不同质量比复配时, 在黄原胶、刺槐豆胶质量比 1:4 时, 糯玉米汁体系稳定性最佳。

**关键词:** 亲水胶体; 糯玉米汁; 稳定性; 黄原胶; 海藻酸钠; 瓜尔豆胶; 刺槐豆胶

## Effect of Hydrocolloids on the Stability of Wax Corn Juice

LIN Mei-juan<sup>1,2,3</sup>, SONG Jiang-feng<sup>1,3</sup>, LI Da-jing<sup>1,3</sup>, LIU Chun-quan<sup>1,3,\*</sup>, JIN Bang-quan<sup>2</sup>

(1. Institute of Farm Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Ginling College,

Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China; 3. Engineering Research Center for Agricultural Products Processing,

National Agricultural Science and Technology Innovation Center in East China, Nanjing 210014, China)

**Abstract:** In order to improve the stability of wax corn juice, the influence of various hydrocolloids on the stability coefficient, centrifugal sedimentation rate, relative viscosity and sensory quality of the corn juice were investigated. The electrostatic stability of wax corn juice system was also evaluated in this study. The results indicated that xanthan gum had emulsifying effects on corn juice and inhibited lipid droplet formation. Addition of sodium alginates, guar gum and sophora bean gum improved the stability of wax corn juice. The stability coefficient and relative viscosity of corn juice increased with the increase of their concentrations. When xanthan gum and sophora bean gum were together added at a ratio of 1:4, the juice had the highest stability.

**Key words:** hydrocolloids; wax corn juice; stability; xanthan gum; sodium alginate; guar gum; sophora bean gum

中图分类号: TS202.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2012)07-0114-04

糯玉米汁属悬浮液水溶胶, 是一个复杂的多相热力学不稳定体系, 既有蛋白质及微粒形成的悬浮液、脂肪的乳浊液, 又有以糖、无机盐等形成的真溶液<sup>[1]</sup>, 在其贮存过程中, 由于汁液中较大粒径的果肉颗粒在重力作用下沉降, 使其极易出现分层、沉淀和脂肪圈等不稳定现象, 严重影响产品品质。目前改善浑浊汁混浊稳定性较为普遍的方法是添加亲水胶体<sup>[2]</sup>, 通过提高连续相的黏度, 或者同时增加体系中悬浮颗粒的某种电荷(多为负电荷)的带电量以增加颗粒间的斥力, 或者自身交联、缠绕形成网络结构将果肉颗粒分隔, 来达到改善体系稳定性的目的。王顺余等<sup>[3]</sup>曾考察向玉米汁中添

加几种稳定剂的效果, 发现黄原胶、海藻胶、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)和瓜尔豆胶可以提高产品的稳定性, 但仅是从有无沉淀等感官进行评价。据报道, 酶解后的糯玉米汁带负电荷<sup>[4]</sup>, 本研究拟选取一些中性和负电性亲水胶体, 深入探讨其对糯玉米汁体系稳定性的影响, 旨在并确定合适配方, 为工业化生产提供参考。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料与试剂

糯玉米品种为江南花糯, 采摘于江苏省农业科学院六合动物科学基地。

收稿日期: 2011-05-23

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(11)2067)

作者简介: 林美娟(1987—), 女, 硕士研究生, 主要从事农产品精深加工研究。E-mail: lmjlf@163.com

\* 通信作者: 刘春泉(1959—), 男, 研究员, 硕士, 主要从事农产品精深加工及产业化研究。

E-mail: liuchunquan2009@163.com

柠檬酸钠(食品级)购于当地市场;羧甲基纤维素钠(CMC-Na)、黄原胶、阿拉伯树胶、海藻酸钠、刺槐豆胶、瓜尔豆胶(均为食品级) 南京同建食品有限公司。

## 1.2 仪器与设备

JJ-2B 组织捣碎机 江苏省金坛市荣华仪器制造有限公司;JMS-50(C)分体式变速胶体磨 廊坊市廊通机械有限公司;SNB-1 数字式黏度计 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;TU-1810 紫外-可见分光光度计 北京普析通用仪器制造有限责任公司;TG16-WS 台式高速离心机长沙湘仪离心机仪器有限公司;SRH60-70 高压均质机上海申鹿均质机有限公司;SYQ-DSX-280B 手提式压力蒸气灭菌锅 上海申安医疗器械厂;Nano-Zeta 电位仪英国马尔文仪器有限公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 糯玉米汁加工工艺流程

鲜食糯玉米粒→清洗沥干→打浆→胶体磨→糊化→酶解→灭酶→过滤→调配(加入亲水胶体)→均质→灌装→杀菌→冷却→糯玉米汁

### 1.3.2 亲水胶体单独作用时糯玉米汁稳定性的影响

根据糯玉米汁特性,选用 CMC-Na、黄原胶、阿拉伯胶、海藻酸钠、瓜尔豆胶和刺槐豆胶等 6 种亲水胶体,分别按 3 种不同的剂量(0.05、0.10、0.15g/100mL)加入糯玉米汁中,经处理后放置一段时间观察分析,以确定单一胶体对样品稳定性的影响。

### 1.3.3 亲水胶体复配何用条件优化

根据不同亲水胶体特性和前期单独作用结果,通过选用稳定性较好的黄原胶为复配主体,分别与海藻酸钠、瓜尔豆胶以及槐豆胶以质量比 1:4、2:3、3:2、4:1 的比例进行两两复配。以  $R$ 、离心沉淀率和相对黏度为指标,考察各种配比的亲水胶体对糯玉米汁混浊稳定性的影响。

### 1.3.4 稳定性测定

#### 1.3.4.1 稳定系数测定

准确加入 10mL 成品汁于刻度离心管中,于 3500r/min 离心 15min,取上清液,10 倍稀释后,用分光光度计在波长 785nm 处测定其吸光度( $A$ ),稳定系数( $R$ )按照式(1)计算。 $R$  越高,表明稳定性越好<sup>[5-7]</sup>。

$$R = \frac{A}{A_0} \quad (1)$$

式中: $A_0$  为与离心前成品汁的吸光度; $A$  为离心后上清液的吸光度。

#### 1.3.4.2 离心沉淀率测定

离心法是指通过离心产生的外力,使果汁饮料中不稳定的颗粒迅速沉降,通过观察沉降物及沉降量预测果

汁饮料在未来较长时间内的稳定情况<sup>[8]</sup>。在刻度离心管中,准确加入 10mL 成品汁,称其质量,于 3500r/min 离心 15min,弃去上清液后,于烘箱中 60℃ 烘 1h,冷却后称得沉淀的质量,每个样品进行 3 次重复,利用式(2)计算离心沉淀率<sup>[9]</sup>。

$$\text{离心沉淀率} / \% = \frac{\text{沉淀物质量}}{\text{离心样品质量}} \times 100 \quad (2)$$

### 1.3.5 黏度测定

使用 SNB-1 黏度计,1 号转子,在转速 60r/min 条件下,于室温测定 3min 内糯玉米汁的黏度平均值。结果用相对黏度来表示,即:

$$\text{相对黏度} = \frac{\text{糯玉米汁黏度} / (\text{mPa} \cdot \text{s})}{\text{纯水黏度} / (\text{mPa} \cdot \text{s})} \quad (3)$$

### 1.3.6 Zeta 电位测定

采用 Nano-Zeta 电位仪测定 Zeta 电位。测量环境设置如下:测量开始时所测量的温度:25℃;计数率:50~200kcps;测量位置:0mm。在此条件下测定糯玉米汁的 Zeta 电位 /mV。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同亲水胶体单独作用对糯玉米汁稳定性的影响

表 1 单独加入不同亲水胶体对糯玉米汁稳定性的影响

Table 1 Effect of different hydrocolloids on the stability of wax corn juice

亲水胶体	添加量/(g/100mL)	$R$	相对黏度	感官描述
对照	0.00	0.116	1.00	1d后出现脂肪圈,松散沉淀较多
	0.05	0.171	1.88	有脂肪圈,少量沉淀
	0.10	0.266	3.27	有脂肪圈,少量沉淀
CMC-Na	0.15	0.320	6.60	有脂肪圈,少量沉淀
	0.05	0.445	1.02	有轻微脂肪圈,沉淀较多
	0.10	0.475	1.29	分层,少量沉淀
黄原胶	0.15	0.497	2.75	轻微分层,其他状态良好
	0.05	0.130	1.00	有脂肪圈,沉淀较多
	0.10	0.137	1.04	少量沉淀,部分悬浮物
阿拉伯胶	0.15	0.139	1.15	少量沉淀
	0.05	0.326	1.29	有脂肪圈,沉淀较多
	0.10	0.379	1.52	有脂肪圈,少量沉淀
海藻酸钠	0.15	0.425	1.92	轻微脂肪圈,少量沉淀
	0.05	0.247	1.48	有脂肪圈,少量沉淀
	0.10	0.321	1.98	轻微脂肪圈,少量沉淀
瓜尔豆胶	0.15	0.464	3.85	轻微脂肪圈,其他状态良好
	0.05	0.299	2.35	有脂肪圈,少量沉淀
	0.10	0.429	3.04	轻微脂肪圈,少量沉淀
刺槐豆胶	0.15	0.501	4.06	轻微脂肪圈,其他状态良好

酶解后的糯玉米汁混浊主要是因其含有大分子物质和悬浮颗粒,如糊精和其他悬浮颗粒等。根据 Stokes 速度沉降公式可知,颗粒的沉降速度与溶液的黏度成反比,与颗粒半径的平方成正比,与密度差成正比。因此,增加糯玉米汁混浊稳定性可以有两种途径:一种是尽量降低颗粒的直径,如在工艺中采用胶磨、均质等方法处理;另一种是提高糯玉米汁黏度,一般通过加入适当的大分子亲水胶体来改变其黏度<sup>[10]</sup>。糯玉米汁在不添加亲水胶体的情况下,经均质处理后稳定性仍较差,放置 1d 后底部出现泥状沉淀,上部分变稀,顶部出现脂肪圈。添加一定量的亲水胶体可以保证糯玉米汁产品均匀的外观状态。

从表 1 可以看出,未添加亲水胶体的糯玉米汁的稳定系数和黏度都较低,并且比较容易出现脂肪圈;分别添加 CMC-Na 和阿拉伯胶的样品均有少量沉淀。相对而言,海藻酸钠、瓜尔豆胶和刺槐豆胶这 3 种天然多糖化合物对糯玉米汁的稳定效果较好。其中黄原胶对糯玉米汁的脂肪圈有改善效果,这可能是因为黄原胶具有一定的乳化作用所致,即黄原胶借助于糯玉米汁水相的稠化作用,降低了油相和水相的不相容性,使得油脂乳化在水中<sup>[11]</sup>,从而改善脂肪圈的形成。同时,亲水胶体的添加量对糯玉米体系稳定性也有较大的影响。当采用 0.15g/100mL 的添加量时,口感上较易为消费者所接受,但是无论单独添加哪种亲水胶体,得到的糯玉米汁都有不同程度的脂肪圈或沉淀问题,因此,按照 0.15g/100mL 添加亲水胶体,对其采用复配的方式,以使糯玉米汁产品呈现较好的状态及口感。

## 2.2 不同的复配对糯玉米汁稳定性的影响

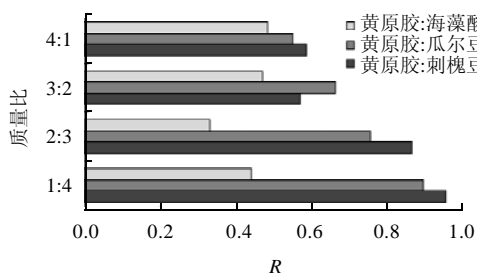


图 1 两种亲水胶体复配对糯玉米汁  $R$  的影响

Fig.1 Effect of individual hydrocolloids on the stability coefficient of wax corn juice

由图 1 可知,随着黄原胶比例的增加,与海藻酸钠复配体系的稳定系数呈先下降后上升并趋于稳定,即当质量比为 2:3 时达到最低,在质量比 2:3~3:2 范围内又上升。这可能是因为适宜浓度的海藻酸钠对糯玉米汁形成较好的悬浮体系。而随着黄原胶比例的下降,与瓜尔豆胶和刺槐豆胶复配体系的稳定系数均呈上升趋势。一般认为, $R > 0.8$  时,体系稳定性较好。说明这两种胶的复配比例达到一定水平时,有助于糯玉米汁形成良好的稳定体系。

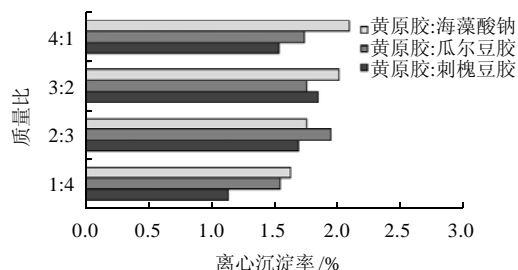


图 2 两种亲水胶体复配对糯玉米汁离心沉淀率的影响

Fig.2 Effect of pairwise combinations of hydrocolloids on the centrifugal sedimentation rate of wax corn juice

由图 2 可知,在黄原胶、海藻酸钠复配体系中,随着海藻酸钠复配比例的增加,糯玉米汁的离心沉淀率呈下降趋势,说明海藻酸钠具有较好的悬浮能力。而在瓜尔豆胶、刺槐豆胶与黄原胶的复配体系中,随着瓜尔豆胶和刺槐豆胶复配比例的增加,离心沉淀率呈先上升后下降的趋势,当黄原胶与刺槐豆胶质量比为 1:4 时,沉淀率达到最低值,说明适当比例的复配胶能增强糯玉米汁体系的悬浮效果。

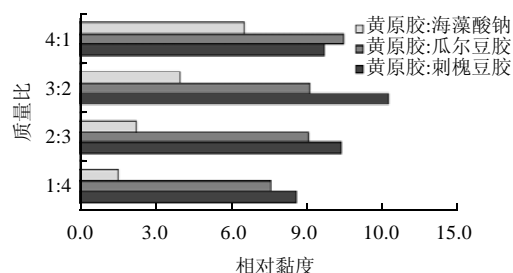


图 3 两种亲水胶体复配对糯玉米汁相对黏度的影响

Fig.3 Effect of pairwise combinations of hydrocolloids on the relative viscosity of wax corn juice

由图 3 可知,在黄原胶与海藻酸钠的复配体系中,随着海藻酸钠比例的增加,复配胶体系的相对黏度逐渐下降,这可能是由于海藻酸钠更易溶于碱性溶液中,在 80℃ 以上黏度会降低<sup>[12]</sup>。在黄原胶与瓜尔豆胶复配的体系,其相对黏度变化不大,这可能是因为瓜尔豆胶分子平滑,没有支链的部分与黄原胶分子的双螺旋结构以次级键形式结合成三维网状结构,使胶的亲水性不易被破坏<sup>[13]</sup>。在黄原胶与刺槐豆胶的复配体系中,随着刺槐豆胶比例的增加胶体系的相对黏度呈先上升后下降的趋势,但仍比同比例的其他亲水胶体要高。

此外,图 3 还表明,刺槐豆胶对体系的稳定作用强于瓜尔豆胶。当黄原胶比例一定时,与添加瓜尔豆胶的复配体系相比,添加刺槐豆胶的复配体系的  $R$  和相对黏度均较高,而离心沉淀率均较低,这种差别很可能源于两种亲水胶体侧链的疏密程度:瓜尔豆胶每两个糖单元就连接一条侧链,侧链均匀地间隔排列,而刺槐豆胶每 4 个糖单元才有一条侧链,且侧链排布不均

匀,在某一段可能紧密排列,在另一段又可能没有侧链<sup>[14]</sup>。对于混浊体系而言,在口感可以接受的前提下,糯玉米汁的黏度越大,越有利于颗粒的悬浮,混浊体系的稳定性也越强。

### 2.3 亲水胶体对糯玉米汁静电稳定性的影响

混浊汁的稳定性不仅与体系中的大分子物质的稳定性有关,还和悬浮颗粒表面的带电情况密切相关<sup>[2]</sup>。悬浮颗粒 Zeta 电位越大,表示颗粒间静电斥力的越大,即表明颗粒的稳定性越强。

理论上稳定分散体系的悬浮颗粒主要存在两种力,一种为大分子的空间排斥作用,大分子吸附于悬浮颗粒的表面,阻止颗粒的相互聚集;另一种则是带电的悬浮颗粒间的静电排斥作用,从而保持分散体系的稳定性<sup>[15-16]</sup>。通常 Zeta 电位的绝对值大于 50mV 的体系是非常稳定的,Zeta 电位的绝对值在 25~50mV 之间的体系也是比较稳定的,但当 Zeta 电位的绝对值小于 25mV 时,体系则不太稳定<sup>[2]</sup>。

表 2 亲水胶体添加前后糯玉米汁的 Zeta 电位

Table 2 Zeta-potentials of wax corn juice before and after hydrocolloid addition

糯玉米汁	Zeta 电位 /mV
不加胶	-12.1
黄原胶与刺槐豆胶质量比 1:4	-29.6

根据复配胶体作用效果的比较,黄原胶、刺槐豆胶质量比 1:4 时的组合,样品稳定性较优。通过分别测定该组合样品与不加胶样品的 Zeta 电位,由表 2 可知,黄原胶与刺槐豆胶的协同增效作用能使糯玉米汁的 Zeta 电位绝对值增大至 30mV 左右,因而颗粒间的静电斥力增大,从而增加了静电稳定性。由此可见,添加复配胶的糯玉米汁的悬浮稳定性不仅依靠复配胶的增稠作用,还依靠静电稳定作用。

## 3 讨 论

本研究通过添加不同亲水胶体(黄原胶、海藻酸钠、瓜尔豆胶、刺槐豆胶)对糯玉米汁的稳定性进行考察,比较了不同质量比的亲水胶体对糯玉米汁 R、离心沉淀率和相对黏度的影响。在亲水胶体单独作用时,黄原胶、海藻酸钠、瓜尔豆胶和刺槐豆胶的作用效果比较好,而 CMC-Na 则相反。一些学者<sup>[3-4,17-18]</sup>对玉米汁饮料的稳定性研究表明,黄原胶对玉米汁体系有较好的稳定效果,这与本研究结果类似。贾巍等<sup>[19]</sup>对糯玉米饮料配方的研究中发现添加质量浓度为 0.05g/100mL 的 CMC-Na 时,产品稳定不分层;王顺余等<sup>[3]</sup>研究结果显示刺槐豆胶对玉米汁有明显的沉淀、絮凝和水析等不良影响,这都与本研究结果相悖。

DLVO 理论认为,胶体的稳定性主要取决于胶粒间

吸引势能(VA)和斥力势能(VR)的总效应。如果胶体粒子间的 VR 大于粒子间的 VA,则胶体是稳定的;反之,胶体发生不稳定现象<sup>[20]</sup>。本研究比较了添加亲水胶体前后体系的 Zeta 电位值的变化,说明亲水胶体特别是负电性胶体通过增大颗粒间的排斥力,能够增强体系的电荷稳定。因此通过测定体系的 Zeta 电位值,可以在一定程度上说明体系的稳定性。

本研究结果表明不同亲水胶体对糯玉米汁稳定性影响不同,中性和负电性亲水胶体对糯玉米汁有利。在亲水胶体单独作用时,黄原胶、海藻酸钠、瓜尔豆胶和刺槐豆胶的作用效果比较好。因糯玉米汁的脂肪含量比较低,故采用具有一定乳化效果的黄原胶来改善糯玉米汁的脂肪圈问题。两种亲水胶体复配的比例中,黄原胶与刺槐豆胶质量比 1:4 的组合有较高的稳定效果,不仅能增加体系的相对黏度,也能提高体系的静电斥力。

### 参考文献:

- [1] 齐齐哈尔大学.玉米饮料稳定剂以及用该稳定剂制成的角质玉米饮料:中国,200910072013.9[P].2009-10-21.
- [2] GENOVESE D B, LOZANO J E. The effect of hydrocolloids on the stability and viscosity of cloudy apple juices[J]. Food Hydrocolloids, 2001, 15(1): 1-7.
- [3] 王顺余,吴淑清.浑浊型玉米汁饮料稳定剂研究[J].长春大学学报,2009,19(10): 63-65.
- [4] 岳春.玉米饮料稳定性的探讨[J].食品科学,2007,28(4): 368-370.
- [5] OKOTH M W, KAAHWA A R, IMUNGI J K. The effect of homogenisation, stabiliser and amylase on cloudiness of passion fruit juice[J]. Food Control, 2000, 11(4): 305-311.
- [6] 王文义.检测含蛋白质饮料稳定性的经验公式[J].食品工业,1993(6): 36-37.
- [7] 陈丽平,王海鸥.亲水胶体在稳定香蕉饮料中的应用[J].食品科技,2005,31(6): 67-69.
- [8] 马立志,刘晓燕,王瑞.木瓜果汁饮料加工工艺及稳定性研究[J].贵州农业科学,2009,37(4): 144-146.
- [9] 杨红霞,刘俊红.乳饮料稳定性影响因素的研究[J].安徽农业科学,2009,37(21): 10141-10143.
- [10] 张慧,王璋,许时婴.不同的亲水胶体对银杏油汁稳定性的影响[J].食品科技,2006,32(4): 88-91.
- [11] 周盛华,黄龙,张洪斌.黄原胶结构、性能及其应用的研究[J].食品科技,2008,34(7): 156-160.
- [12] 李祥.食品添加剂使用技术[M].北京:化学工业出版社,2011: 142.
- [13] CASAS J A, GARCIA-OCCHOA F. Viscosity of solution of xanthan/locust bean gum mixtures[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79(1): 25-31.
- [14] 李运飞,张国农,解国富.亲水性胶体和盐类在果汁牛奶中的稳定作用[J].中国乳品工业,2004,32(4): 10-13.
- [15] 王银娟,许时婴.不同亲水胶体对蓝莓混汁贮存稳定性的影响[J].食品与发酵工业,2006,32(7): 135-139.
- [16] BENITE E I, GENOVESE D B, LOZANO J E. Effect of typical sugars on the viscosity and colloidal stability of apple juice[J]. Food Hydrocolloids, 2009, 23(2): 519-525.
- [17] 石志红.黑玉米饮料的工艺与配方研究[J].安徽农业科学,2009,37(10): 4637-4638.
- [18] 蒋立勤,何挺,郭秀峰.影响玉米饮料风味的工艺条件研究[J].农产品加工,2008(7): 66-72.
- [19] 贾巍,邓雨艳,曾凡坤.糯玉米饮料工艺及配方研究[J].试验报告与理论研究,2007,10(5): 18-20.
- [20] 张立永,贾树妍,肖光辉,等.应用 Zeta 电位研究液态奶的稳定机制[J].中国乳品工业,2007,35(12): 38-41.