

# 果汁型橙汁囊胞饮料的悬浮稳定性研究

任婧楠<sup>1</sup>, 宋思圆<sup>1</sup>, 台亚楠<sup>1</sup>, 徐敏<sup>1</sup>, 董曼<sup>1</sup>, 杨子玉<sup>1</sup>, 吴厚玖<sup>2</sup>, 潘思轶<sup>1</sup>, 范刚<sup>1</sup>

(1. 环境食品学教育部重点实验室, 华中农业大学食品科技学院, 湖北武汉 430070)

(2. 中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400700)

**摘要:** 本文通过提高果汁含量和选用效果良好的复配增稠剂对柑橘为原料制成的果汁型橙汁囊胞饮料的悬浮稳定性进行了研究, 同时采用 SPME-GC-MS 技术对其几种主要香气物质进行了鉴定分析, 并研究了其流变特性。实验结果表明, 0.2% 黄原胶+0.25% 果胶, 0.15% CMC+0.2% 黄原胶+0.1% 果胶, 0.1% CMC+0.05% 黄原胶+0.1% 琼脂和 0.1% 黄原胶+0.1% 果胶+0.1% 琼脂等 4 种不同组成的复合稳定剂对果汁型橙汁囊胞饮料的悬浮效果良好; 添加了增稠剂的果汁更加稳定, 且为非牛顿流体, 呈典型的假塑性流体特征, 且添加增稠剂对橙汁囊胞饮料中的几种主要香气物质的释放造成了一定影响, 不同组成的增稠剂对其影响也不太相同, 其中 3-萜烯、d-柠檬烯、 $\beta$ -香叶烯、 $\gamma$ -蒎烯和紫苏醛被检出的含量均出现明显降低, 但饮料的表观粘度与香气释放没有直接的关系。

**关键词:** 果汁型橙汁囊胞饮料; 增稠剂; 香气; 流变学特性

文章编号: 1673-9078(2015)11-277-283

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.11.042

## Suspension Stability of an Orange Juice Beverage Containing Sacs

REN Jing-nan<sup>1</sup>, SONG Si-yuan<sup>1</sup>, TAI Ya-nan<sup>1</sup>, XU Min<sup>1</sup>, DONG Man<sup>1</sup>, YANG Zi-yu<sup>1</sup>, WU Hou-jiu<sup>2</sup>, PAN Si-yi<sup>1</sup>,  
FAN Gang<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education, College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China) (2. Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400700, China)

**Abstract:** A juice beverage containing juice sacs was prepared from oranges. The effects of juice content and compound thickeners were studied in terms of suspension stability of the extract. The aroma-producing compounds in the beverage were identified by headspace solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS) and their rheological properties were also studied. The results showed that good suspension stability was achieved for the juice beverage containing orange sacs, using four different compound stabilizers: 0.2% xanthan gum+0.25% pectin, 0.15% carboxymethyl cellulose (CMC)+0.2% xanthan gum+0.1% pectin, 0.1% CMC+0.05% xanthan gum+0.1% agar, and 0.1% xanthan gum+0.1% pectin+0.1% agar. The addition of thickeners resulted in higher stability and the juice exhibited characteristics of a non-Newtonian fluid, pseudoplastic fluid. In addition, thickeners influenced the release of several major aroma-producing compounds in the beverage with orange sacs, where different compositions of thickeners showed different effects. The contents of  $\beta$ -myrcene, 3-carene, d-limonene,  $\gamma$ -terpinene, and perillaldehyde decreased significantly, while the apparent viscosity of the orange juice were not directly related to the release of aroma compounds.

**Key words:** juice beverage with orange sacs; thickener; aroma; rheological properties

2011 年, 我国橙汁年产能达到了 50 万 t, 橙汁的加工已进入快速增长期<sup>[1]</sup>。橙汁的产品种类也更加丰富, 其中以柑橘为原料, 添加柑橘囊胞粒制成的囊胞型饮料, 由于诱人的风味、爽脆感的口感, 深受消费者的喜爱。但目前市场上的柑橘囊胞类饮料以低浓

度果汁含量的粒粒橙饮料为主, 存在风味、外观、囊胞悬浮不均匀等问题。若在悬浮型果汁囊胞饮料中加入纯橙汁, 既能保持饮料良好的外观质感, 又能使饮料在口感与营养价值方面有极大的提高。

由于囊胞与橙汁的比重存在差异, 这使得囊胞果粒在果汁中悬浮不均匀, 这对饮料的外观形态造成非常不良的影响。因此, 选择合适的悬浮剂, 是直接关系饮料品质的重要问题。果肉饮料的悬浮理论认为, 不能用 STOCK 理论解释悬浮的现象, 认为凡是能够形成凝胶的所有食用胶(单体或复合胶), 都能够作为悬浮的材料。而只产生稠度而不会形成凝胶的胶体,

收稿日期: 2014-11-05

基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目 (2012BAD31B10-6); 国家自然科学基金资助项目 (31101239); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (2013PY097)

作者简介: 任婧楠(1986-), 女, 硕士, 助理工程师, 研究方向为风味化学

通讯作者: 范刚(1982-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为果蔬加工化学

只有暂时悬浮效果,不能作为稳定性悬浮剂的材料<sup>[2]</sup>。饮料类产品在货架期内出现的脂肪上浮、沉淀及絮凝等不稳定现象是影响该类产品质量的重要方面<sup>[3]</sup>。

随着橙汁工业的发展,消费者对橙汁品质的要求也越来越高,其中感官品质是决定橙汁品质的重要因素<sup>[4]</sup>。国外研究学者已对柑橘及其加工制品中的香气成分进行了广泛且深入的研究<sup>[5]</sup>。然而添加增稠剂会对饮料中香气物质的释放造成不良的影响<sup>[6-7]</sup>。Bylaite等发现柠檬烯、己醛、反-2-己烯醛、庚醛、丁酸甲酯等香气物质的释放在黄原胶配成的溶液中受到了不同影响,其影响的大小跟香气物质的物化性质存在直接的关系<sup>[8]</sup>。Shin等研究了不同pH值的羧基化 $\beta$ -葡聚糖胶体溶液对丙酸乙酯、丙酸甲酯、反-2-己烯醛,顺-4-癸醛等香气物质释放的影响,并发现这种胶体溶液的pH值对大多数香气物质的释放没有影响,除了丙酸丁酯、己酸乙酯、3-甲基-1-丁醇、2,3-二甲基丁二酮等几种物质外<sup>[9]</sup>。

本研究以锦橙为原料,通过酸碱水解的方法制备柑橘囊胞粒,然后加入到锦橙汁中制作果汁型橙汁囊胞饮料,并比较了不同组成的稳定剂对果汁型橙汁囊胞饮料悬浮效果的影响,采用SPME-GC-MS技术对果汁型橙汁囊胞饮料中的主要香气物质进行了分析,并对其流变学特性进行了探讨。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

锦橙,采自重庆市;选取树势健壮、生长结果正常的果树摘取果实。锦橙果实样品的可溶性固形物达12 Brix,总酸为1.02%,pH 3.76,固酸比为11.76,出汁率41.6%。

$\alpha$ -蒎烯、3-蒎烯、d-柠檬烯、 $\beta$ -香叶烯、 $\gamma$ -蒎品烯、 $\alpha$ -蒎品醇和紫苏醛标准品购自美国Sigma公司。羧甲基纤维素钠(Sodium Carboxymethyl Cellulose,简写成CMC),黄原胶,琼脂,果胶均为市售,食品级。氢氧化钠、盐酸、氯化钠、酚酞、邻苯二甲酸氢钾,均为分析纯,上海化学试剂有限公司。

### 1.2 主要试验仪器

Agilent 6890N-5975B型气相色谱-质谱仪;JA12002型电子天平;AR2000ex型动态流变仪;CAR/DVB/PDMS型固相微萃取萃取头;AOJ系列榨汁机。

### 1.3 锦橙果汁和囊胞的制备

橙汁的制备:锦橙果实采收后,洗净去皮,榨汁过滤,得橙汁备用。

囊胞的制备:锦橙果实放入85℃热水浸泡6min,立刻去皮,分瓣,去除瓣上的白色经络。将分瓣的橙子先用1.5%的盐酸浸泡35min,再用1.5%的氢氧化钠浸泡2min,处理后的锦橙瓣在水中漂洗,然后放入热水中,快速搅拌,使囊胞分散,再经过冲洗除去上浮的异物,即得锦橙囊胞粒。

### 1.4 不同增稠剂组成对饮料悬浮效果的研究

按100g囊胞/L橙汁的比例向橙汁中添加囊胞粒,然后按表1中的配方准确称取各种增稠剂,混合均匀后,将增稠剂在少量热水中溶解后,再分别添加到橙汁中,并搅拌均匀,然后进行巴氏杀菌处理,即将果汁水浴加热至80℃保持15min,取出后迅速冷却,并置于4℃冰箱中静置24h,然后通过感官分析确定不同增稠剂组成的悬浮效果。

表1 增稠剂配方设计

Table 1 Composition of the compound thickeners

编号	用量
1	0.1%黄原胶+0.2% CMC
2	0.2%黄原胶+0.3% CMC
3	0.2%黄原胶+0.2%果胶
4	0.2%黄原胶+0.3%果胶
5	0.15%黄原胶+0.25%果胶
6	0.2%黄原胶+0.25%果胶
7	0.05%黄原胶+0.1%果胶+0.2% CMC
8	0.1%黄原胶+0.15%果胶+0.2% CMC
9	0.1%黄原胶+0.2%果胶+0.2% CMC
10	0.2%黄原胶+0.1%果胶+0.15% CMC
11	0.05%黄原胶+0.05%琼脂+0.05%果胶
12	0.1%黄原胶+0.05%琼脂+0.1%果胶
13	0.1%黄原胶+0.1%琼脂+0.1%果胶
14	0.2% CMC+0.15%黄原胶+0.1%琼脂
15	0.2% CMC+0.1%黄原胶+0.1%琼脂
16	0.1% CMC+0.05%黄原胶+0.1%琼脂
17	0.05% CMC+0.05%黄原胶+0.1%琼脂

### 1.5 果汁型橙汁囊胞饮料中香气物质的提取

根据上述实验结果,确定几组最佳配方后,采用SPME-GC-MS技术再对其进行香气分析。将添加不同组成增稠剂的样品准确量取5mL转移到25mL钳口样品瓶中,加入1.8g NaCl,以此促进样品中的挥发性成分挥发。用聚四氟乙烯隔垫密封,在磁力搅拌器上保持40℃加热平衡15min后,通过隔垫插入己活

化好的 50/30  $\mu\text{m}$  DVB/CAR/PDMS 的 SPME 萃取头 (270  $^{\circ}\text{C}$  活化 1 h), 推出, 顶空吸附 40 min。将萃取纤维头插入 GnS 进样口解析 5 min, 每次试验平行 3 次。

## 1.6 GC-MS 分析

Agilent 6890N 型气相色谱仪, 气相色谱条件: 毛细管柱为 HP-5 (30 m $\times$ 320  $\mu\text{m}$  $\times$ 0.25  $\mu\text{m}$ ), 程序升温, 起始温度 40  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 12 min, 以 3  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 108  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 2 min, 再以 5  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 250  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 5 min, 进样口温度 250  $^{\circ}\text{C}$ 。

Agilent 5975B 气相色谱质谱仪, 质谱条件: 离子源温度 230  $^{\circ}\text{C}$ , 四极杆温度 150  $^{\circ}\text{C}$ , 离子化方式 EI, 电子能量 70 eV, 质量范围为 45~550 AMU/sec。

## 1.7 香气物质的定性定量分析

定性分析采用 GC-MS 联用仪进行分析鉴定, 并利用 C<sub>6</sub>-C<sub>20</sub> 正构烷烃的保留时间计算各个色谱峰的保留指数。结果分析运用计算机谱库 (NIST05/WILE7.0) 进行初步检索和资料分析, 再结合文献的保留指数进行比对并进行人工谱图解析, 与标准品的谱图进行比对, 确认挥发性物质的各个化学组成, 用外标法定量。

定量分析采用外标法, 根据每种香气物质标准品绘制的标准曲线计算样品中香气物质的含量。

## 1.8 果汁型橙汁囊胞饮料的流变学特性研究

采用 AR200oex 流变仪, 选用直径 60 mm 平行板系统, 平行板间距为 1.0 mm, 测定添加不同组成增稠剂的柑橘橙汁饮料样品 (加囊胞和不加囊胞) 在 20  $^{\circ}\text{C}$  下, 剪切速率从 0.1/s 增加到 100/s, 记录流动曲线并用 Power law 模型数学进行拟合。

## 1.9 数据统计分析

果汁型橙汁囊胞饮料中香气物质平行实验测定的平均值及标准偏差采用 Microsoft Office Excel 2003 进行计算, 不同方法间的显著性分析采用 SPSS 19.0 软件进行一维方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 增稠剂的选择

采用感官分析的方法对增稠剂的悬浮效果进行评价。不同增稠剂组成的果汁型橙汁囊胞饮料的悬浮效果如表 2 所示。

综合各种增稠剂的悬浮效果和稳定性, 确定 0.2%

黄原胶+0.25%果胶, 0.15% CMC+0.2%黄原胶+0.1%果胶, 0.1% CMC+0.05%黄原胶+0.1%琼脂和 0.1%黄原胶+0.1%果胶+0.1%琼脂等 4 种不同组成的复合稳定剂悬浮效果在这 17 个不同配方中效果良好, 并进行下一步实验研究。

表 2 增稠剂悬浮试验结果

Table 2 Results of suspension test using different compound

thickeners		
编号	用量	悬浮效果
1	0.1%黄原胶+0.2% CMC	不均匀,囊胞上浮
2	0.2%黄原胶+0.3% CMC	基本悬浮
3	0.2%黄原胶+0.2%果胶	悬浮不够均匀
4	0.2%黄原胶+0.3%果胶	基本悬浮,偏稠
5	0.15%黄原胶+0.25%果胶	悬浮不均匀
6	0.2%黄原胶+0.25%果胶	悬浮均匀
7	0.05%黄原胶+0.1%果胶+0.2% CMC	囊胞上浮
8	0.1%黄原胶+0.15%果胶+0.2% CMC	囊胞上浮
9	0.1%黄原胶+0.2%果胶+0.2% CMC	囊胞上浮
10	0.2%黄原胶+0.1%果胶+0.15% CMC	悬浮均匀
11	0.05%黄原胶+0.05%琼脂+0.05%果胶	囊胞上浮
12	0.1%黄原胶+0.05%琼脂+0.1%果胶	悬浮不够均匀
13	0.1%黄原胶+0.1%琼脂+0.1%果胶	悬浮均匀
14	0.2% CMC+0.15%黄原胶+0.1%琼脂	悬浮均匀
15	0.2% CMC+0.1%黄原胶+0.1%琼脂	悬浮均匀
16	0.1% CMC+0.05%黄原胶+0.1%琼脂	悬浮均匀
17	0.05% CMC+0.05%黄原胶+0.1%琼脂	悬浮不够均匀

### 2.2 增稠剂对香气影响的研究

采用 SPME-GC-MS 技术对不同稳定剂组成的果汁型橙汁囊胞饮料中的  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -香叶烯、3-蒎烯、d-柠檬烯、 $\gamma$ -蒎烯、 $\alpha$ -蒎醇和紫苏醛等几种主要的香气物质进行了鉴定分析, 样品的总离子流图如图 1 所示。结果如表 3 所示。从检出的这 7 种香气物质的结果看, 添加增稠剂对果汁型橙汁囊胞饮料中的香气物质的释放造成了一定影响, 不同组成的增稠剂对其影响也不太相同。

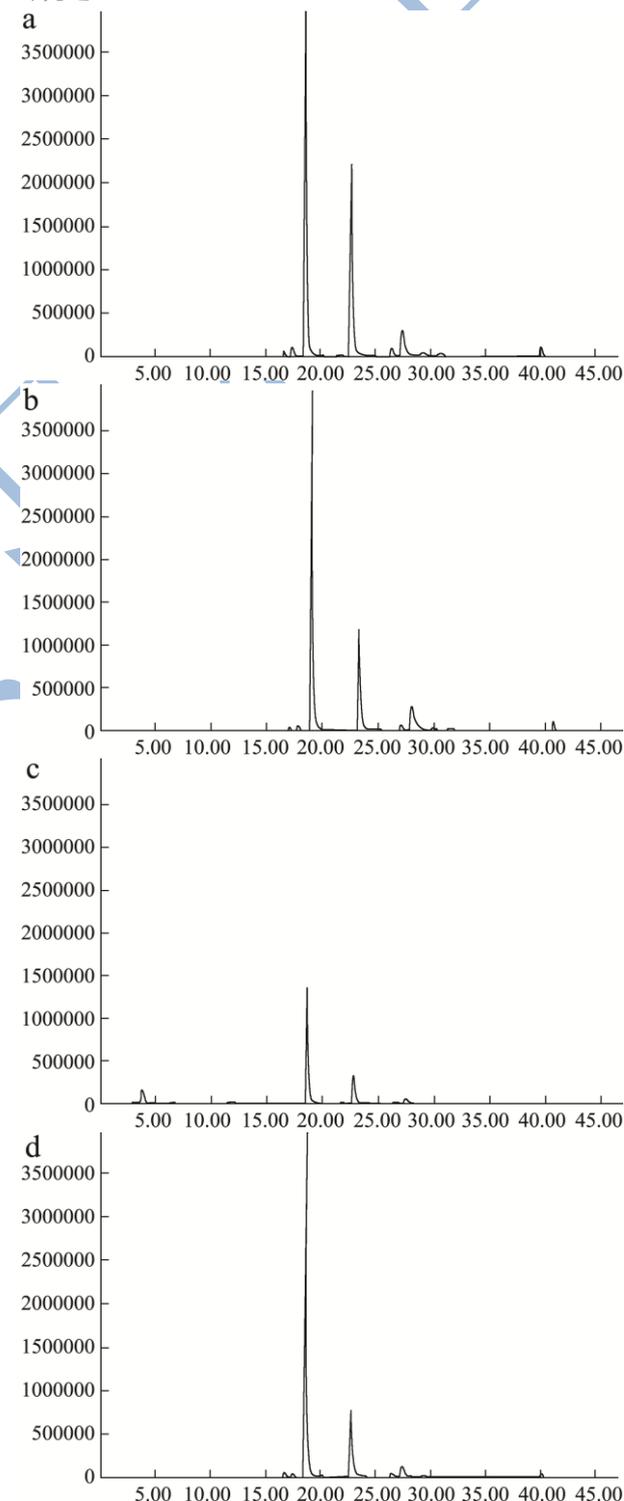
$\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -香叶烯和 d-柠檬烯这三种香气物质在每个样品中都被检出, 其中  $\beta$ -香叶烯的含量在未添加增稠剂的果汁型橙汁囊胞饮料样品中最高, 达到 122  $\mu\text{g}/\text{L}$ , 添加增稠剂对其释放造成严重影响, 检出的  $\beta$ -香叶烯含量降幅达 70%~98%, CMC+黄原胶+果胶对其影响最大, 添加该组成配方的果汁型橙汁囊胞饮料中仅检出 2.1  $\mu\text{g}/\text{L}$  的  $\beta$ -香叶烯, 其次为黄原胶+果胶+琼脂、黄原胶+果胶和 CMC+黄原胶+琼脂。然而,  $\alpha$ -蒎烯的含量在未添加增稠剂的果汁型橙汁囊胞饮料中

含量最低, 仅为 0.4  $\mu\text{g/L}$ , 其次为添加了黄原胶+果胶和黄原胶+果胶+琼脂的果汁型橙汁囊胞饮料, 而在 CMC+黄原胶+果胶和 CMC+黄原胶+琼脂配方的饮料中含量较高, 分别达到了 8.1 和 5.2  $\mu\text{g/L}$ 。添加增稠剂对 d-柠檬烯释放的影响也十分明显, 不同增稠剂配方饮料中的 d-柠檬烯的含量也出现了显著减少。同样的结果也出现在 Secouard 等的研究中, 他们发现黄原胶的存在显著降低了柠檬烯的释放, 并随着黄原胶浓度的增高, 柠檬烯的释放也收到更大的影响<sup>[10]</sup>。然而 Gonzez-Tomás 等采用感官分析的方法发现添加任何浓度的黄原胶 (0.2, 0.5%) 对柠檬烯的香气强度没有影响<sup>[11]</sup>。

3-萜烯在添加了 CMC+黄原胶+琼脂稳定剂的饮料中未检出, 而在另外三种配方的饮料中都被检出, 但是和未添加增稠剂的饮料相比, 其含量出现明显的减少, 其中 CMC+黄原胶+果胶配方的饮料中 3-萜烯的含量最低, 为 254  $\mu\text{g/L}$ , 减少了 84%。 $\gamma$ -萜品烯仅在黄原胶+果胶和 CMC+黄原胶+琼脂这两种不同增稠剂配方的饮料有检出, 其含量也有所减少。紫苏醛仅在未添加任何增稠剂的果汁型橙汁囊胞饮料中检出, 而添加了增稠剂的 4 种饮料均未检出紫苏醛。添加增稠剂对  $\alpha$ -萜品醇的影响是双方面的, 黄原胶+果胶配方的饮料中检出的  $\alpha$ -萜品醇的含量较未添加增稠剂的饮料有所增高, 然而在另外三种增稠剂配方的饮料中均未检出  $\alpha$ -萜品醇。

增稠剂影响体系中香气物质释放的机制主要有两种解释: 一是由于增加的溶液粘度降低了香气物质的扩散速率, 二是由于增稠剂分子与香气物质间的分子作用<sup>[8]</sup>。香气物质结构不同, 其物化性质也不同, 就会显著影响其在胶体体系中的释放。本文中使用的黄原胶、果胶、CMC 和琼脂都属于多糖类结构, 除  $\alpha$ -蒎烯, 其他几种香气物质的含量均出现显著减少, 其主要原因可能是由于这几种香气物质具有较高的疏水性, 与增稠剂分子通过疏水作用结合在一起, 阻碍了其在胶体溶液体系中的释放。目前纯的多糖溶液或其混合物溶液影响其中香气物质释放的确切机制还不清楚<sup>[12]</sup>, 原因之一是这些多糖的化学结构受到其加工过程的影响<sup>[13]</sup>。以黄原胶为例, 黄原胶分子中丙酮酸和醋酸的含量随着细菌培养条件的不同而不同, 而丙酮酸和醋酸含量的不同则会影响黄原胶溶液的流变特性, 从而影响溶液中香气物质的释放, 此外, 多糖分子量的大小也会影响溶液中香气物质的释放<sup>[12]</sup>, 这也许是本文中不同增稠剂配方检出的香气物质存在差别的主要原因。增稠剂对  $\alpha$ -萜品醇和紫苏醛这两种含氧萜类物质释放的影响较其他几种萜烯类物质的影响更

加显著, 这可能与疏水性有关。然而 Bylaite 等研究发现添加黄原胶对芳樟醇、薄荷酮等含氧萜类物质释放的影响没有对柠檬烯的影响大<sup>[8]</sup>。从目前的研究现状看, 增稠剂类型和香气物质释放间的关系还不是很清楚<sup>[7]</sup>。本文检出的  $\alpha$ -蒎烯的含量在 CMC+黄原胶+果胶和 CMC+黄原胶+琼脂两个配方的饮料中较高, 其原因可能是由于 CMC 的盐析现象, 促进了  $\alpha$ -蒎烯的释放, 同样的结果在 Gonzalez-Tomas 等的研究中也出现过<sup>[14]</sup>。



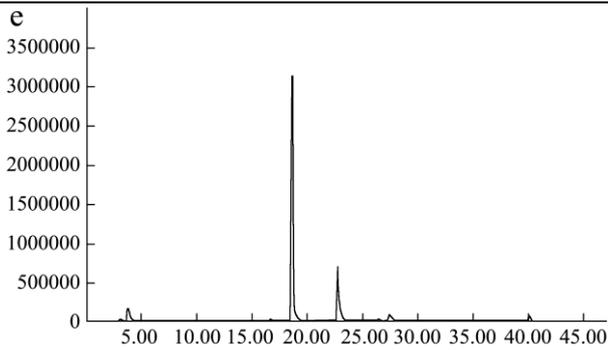


图1 果汁型橙汁囊胞饮料的总离子流图

Fig.1 Total ion chromatograms of aroma compounds in a juice beverage with orange sacs

注: a: 未加增稠剂的橙汁, b: 黄原胶+果胶样品, c: CMC+黄原胶+果胶样品, d: CMC+黄原胶+琼脂样品, e: 黄原胶+果胶+琼脂样品。

2.3 果汁型橙汁囊胞饮料的流变学特性研究

2.3.1 不加囊胞饮料的流变学特性

表3 不同增稠剂配方饮料中的几种主要香气物质的含量

Table 3 Contents of several major aroma-producing compounds in orange juice with different thickeners

Compounds	RI	含量/( $\mu\text{g/L}$ )				
		未添加增稠剂	黄原胶+果胶	CMC+黄原胶+果胶	CMC+黄原胶+琼脂	黄原胶+果胶+琼脂
$\alpha$ -蒎烯	924	0.4 $\pm$ 0.1	0.6 $\pm$ 0.1	8.1 $\pm$ 0.5	5.2 $\pm$ 2.4	1.6 $\pm$ 1.1
$\beta$ -香叶烯	984	122 $\pm$ 81	31.5 $\pm$ 1.0	2.1 $\pm$ 1.4	37 $\pm$ 4.3	20 $\pm$ 0.2
3-葑烯	1009	1611 $\pm$ 88	959 $\pm$ 76	254 $\pm$ 37	n.d.	439 $\pm$ 35
d-柠檬烯	1024	2118 $\pm$ 463	505 $\pm$ 32	174 $\pm$ 3.1	534 $\pm$ 205	238 $\pm$ 13
$\gamma$ -萜品烯	1051	22.4 $\pm$ 3.0	12.5 $\pm$ 1.6	n.d.	9.4 $\pm$ 2.4	n.d.
$\alpha$ -萜品醇	1186	3 265 $\pm$ 894	4 044 $\pm$ 654	n.d.	n.d.	n.d.
紫苏醛	1272	9.9 $\pm$ 0.7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

注: 保留指数 RI, DB-5 MS 色谱柱上的保留指数; n.d., not detected, 未检出。

表4 稠度指数和流动指数表

Table 4 Consistency index, K and flow index, n values of different thickeners

增稠剂	k	n	R <sup>2</sup>
0.2%黄原胶+0.25%果胶	2.2662	0.2926	0.9990
0.15% CMC+0.2%黄原胶 +0.1%果胶	1.4961	0.3627	0.9977
0.1% CMC+0.05%黄原胶 +0.1%琼脂	0.8672	0.3093	0.9739
0.1%黄原胶+0.1%果胶 +0.1%琼脂	0.6012	0.3093	0.9515

图2可以更清楚地表明添加不同增稠剂饮料的流变学特性, 添加不同增稠剂的橙汁在流动的过程中, 所需要的剪切应力是随着剪切速率的增加而增加的, 但剪切应力与剪切速率比值随着剪切速率的增大而减

本文采用 AR200oex 型流变仪对添加不同增稠剂的橙汁饮料的流变学特性进行了研究, 并运用 Origin 软件中的 power law 模型 ( $y=k \times x^n$ ), 对添加不同增稠剂的橙汁饮料流动曲线进行拟合和分析。其中 k 是液体粘稠度的量度, k 越大, 表明液体越粘稠; n 值可以用来衡量橙汁饮料的假塑性程度, 当 n=1 为牛顿流体, n<1, 为假塑性流体, 而 n 与 1 的差值越大, 说明剪切过程越易变稀, 即假塑性程度越大; 相反, 如果 n 与 1 的差值越小, 就意味着假塑性越小, 越接近牛顿流体; n>1 为胀塑性流体<sup>[11]</sup>。结果如表 4 所示, 添加这几种不同增稠剂的橙汁饮料均呈典型的假塑性流体特征, 是非牛顿流体, 且 n 值均小于 0.4, 其假塑性程度较大, 其中黄原胶+果胶样品的 n 值最小。González-Tomás 等研究指出只有水溶胶的浓度影响胶体溶液的流动指数 (n) 和表观粘度 ( $1/s$ ), 这说明在胶体溶液中添加香气物质不会改变胶体溶液的流变学性质<sup>[11]</sup>。

小, 符合 Ostwald-deWaele 模型, 因此添加增稠剂的橙汁属于典型的剪切稀化体系, 而未添加增稠剂的果汁的变化则不明显。

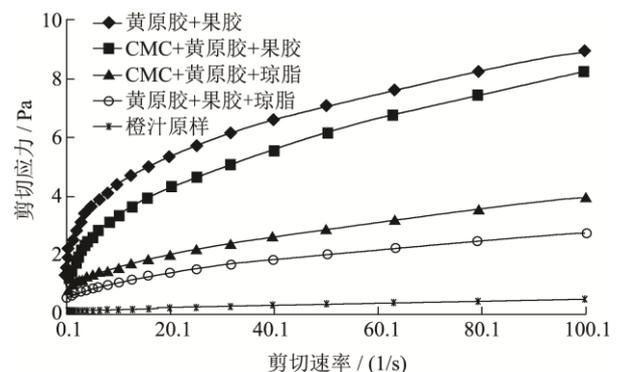


图2 不加囊胞的橙汁饮料的触变性曲线

Fig.2 Thixotropic curves of orange juice without sacs

图3为添加不同增稠剂的橙汁饮料在不同剪切速

率下的表观粘度变化情况,与剪切应力相反的是,随着剪切速率的增大,溶液的表观粘度逐渐变小,其中添加黄原胶+果胶的橙汁饮料在同一剪切速率下表观粘度最大,其次为 CMC+黄原胶+果胶、CMC+黄原胶+琼脂和黄原胶+果胶+琼脂,然而没有添加增稠剂的橙汁随着剪切速率的增大,其表观粘度基本没有变化,属于牛顿流体。

从不同增稠剂对橙汁饮料中几种主要香气物质的影响来看,与未添加增稠剂的橙汁相比,添加了黄原胶+果胶的饮料中仅有一种物质未检出,而其他三组增稠剂配方的饮料中均有三种香气物质未检出,因此,可以看出,添加了增稠剂的橙汁饮料的表观粘度与其香气释放没有直接的关系,这在其他研究中也得出同样的结论。Bylaite 等指出香气物质与黄原胶的作用力取决于香气物质的物化性质,而与溶液的黏度无关,添加增稠剂甚至对某些香气物质可能会产生盐析现象,促进香气物质的挥发,如黄原胶会对醇类物质造成盐析现象<sup>[8, 15]</sup>。同样地, Siefarth 等也指出在低粘度的溶液中,溶液粘度与香气释放之间的关系不明显<sup>[16]</sup>。

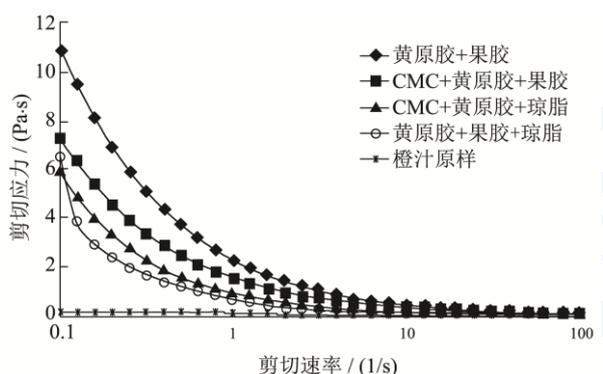


图 3 不同增稠剂对不加囊胞的橙汁饮料表观粘度的影响

Fig.3 Effect of thickeners on apparent viscosity of orange juice without sacs

### 2.3.2 添加囊胞的橙汁饮料的流变学特性

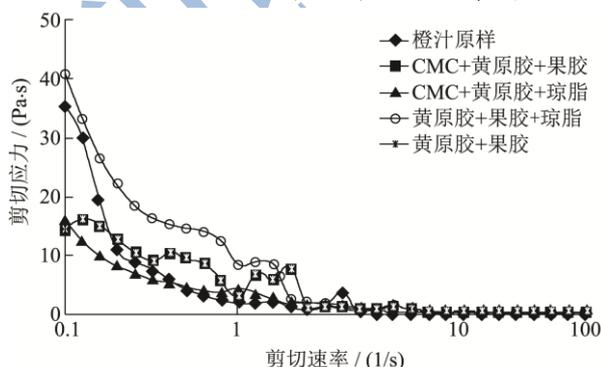


图 4 添加了囊胞的果汁型橙汁囊胞饮料的触变性曲线

Fig.4 Thixotropic curves of orange juice with sacs

图 4 为添加了囊胞的果汁型橙汁囊胞饮料的触变

性曲线,总的来看,添加囊胞的不同样品的粘度随着剪切速率的增大而减小,但出现了不同程度的波动情况,曲线没有不加囊胞的橙汁饮料的触变性曲线光滑,其表观粘度增幅均较大。加了囊胞但未加增稠剂的橙汁样品的表观粘度也出现明显变化,这主要原因是添加了囊胞粒后改变了饮料的组织形态,因而其流变学特性也出现了一定改变。

## 3 结论

3.1 本课题对果汁型橙汁囊胞饮料的稳定性进行了研究,比较了不同组成的稳定剂对果汁型囊胞饮料悬浮效果的影响,采用 SPME-GC-MS 技术对添加了不同增稠剂的果汁型橙汁囊胞饮料中的主要香气物质的变化进行了研究,并对其流变学特性进行了探讨。

3.2 0.2%黄原胶+0.25%果胶,0.15% CMC+0.2%黄原胶+0.1%果胶,0.1% CMC+0.05%黄原胶+0.1%琼脂和0.1%黄原胶+0.1%果胶+0.1%琼脂等 4 种不同组成的复合稳定剂对果汁型橙汁囊胞饮料的悬浮效果良好。

3.3 添加了增稠剂的果汁更加稳定,且为非牛顿流体,呈典型的假塑性流体特征,且添加增稠剂对橙汁囊胞饮料中的几种主要香气物质的释放造成了一定影响,不同组成的增稠剂对其影响也不太相同,但其表观粘度与香气释放没有直接的关系。

## 参考文献:

[1] 单杨.柑橘全果制汁及果粒饮料的产业化开发[J].中国食品学报,2012,12(10):1-9  
SHAN Yang. Industrialization development of pure citrus and its pulp drink [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2012, 12(10): 1-9

[2] 祝慕韩,孙曼宇.带果粒饮料的悬浮技术[J].食品科学, 1992, 9:25-28  
ZHU Mu-han, SUN Man-yu. Suspension technology of juice with sacs [J]. Food Science, 1992, 9: 25-28

[3] 钟秀娟,张多敏,周雪松,等.食品胶体对高蛋白调酸乳饮料稳定性的影响[J].现代食品科技,2010,26:709-711  
ZHONG Xiu-juan, ZHANG Duo-min, ZHOU Xue-song, et al. Influence of food gums on the stability of high-protein acidified milk beverage [J]. Modern Food Science and Technology, 2010, 26: 709-711

[4] 黄星奕,戴煌,徐富斌,等.电子舌对橙汁感官品质定量评价研究[J].现代食品科技,2014,30:172-177  
HUANG Xing-yi, DAI Huang, XU Fu-bin, et al. Quantitative evaluation of orange juice sensory quality using electronic tongue [J]. Modern Food Science and Technology, 2014, 30:

- 172-177
- [5] 范刚,乔宇,姚晓琳,等.柑橘加工制品中香气物质的研究进展[J].中国农业科学,2009,42(12):4324-4332  
FAN Gang, QIAO Yu, YAO Xiao-lin, et al. Advances in research of aroma compounds of citrus processing products [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(12): 4324-4332
- [6] Kim Y, Kim Y S, Yoo S H, et al. Molecular differences of low methoxy pectins induced by pectin methyl esterase I: Effects on texture, release and perception of aroma in gel systems [J]. Food Chemistry, 2010, 123: 451-455
- [7] Arancibia C, Jublot L, Costell E, et al. Flavor release and sensory characteristics of O/W emulsions. Influence of composition, microstructure and rheological behavior [J]. Food Research International, 2011, 44: 1632-1641
- [8] Bylaite E, Adler-Nissen J, Meyer A S. Effect of xanthan on flavor release from thickened viscous food model systems [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2005, 53: 3577-3583
- [9] Shin G O, Lee S M, Chang P S, et al. Comparison of volatile release in hydrocolloid model systems containing original and regio selectively carboxylated  $\beta$ -glucans [J]. Food Hydrocolloids, 2014, 39: 215-222
- [10] Secouard S, Malhiac C, Grisel M. The effect of solution surface tension on aroma compound release from aqueous xanthan solutions [J]. Flavour and Fragrance Journal, 2006, 21: 8-12
- [11] González-Tomás L, Carbonell I, Costell E. Influence of type, concentration and flow behaviour of hydrocolloid solutions on aroma perception [J]. European Food Research and Technology, 2004, 218: 248-252
- [12] Jouquand C, Aguni Y, Malhiac C, et al. Influence of chemical composition of polysaccharides on aroma retention [J]. Food Hydrocolloids, 2008, 22: 1097-1104
- [13] Rinaudo M. Role of substituents on the properties of some polysaccharides [J]. Biomacromolecules, 2004, 5(4): 1155-1165
- [14] Gonzalez-Tomas L, Bayarri S, Taylor A J, et al. Flavour release and perception from model dairy custards [J]. Food Research International, 2007, 40: 520-528
- [15] Bylaite E, Ilgunaite Z, Meyer A S, et al. Influence of  $\lambda$ -carrageenan on the release of systematic series of volatile flavor compounds from viscous food model systems [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2004, 52: 3542-3549
- [16] Siefarth C, Tyapkova O, Beauchamp J, et al. Influence of polyols and bulking agents on flavour release from low-viscosity solutions [J]. Food Chemistry, 2011, 129: 1462-1468