瓶装椰子汁沉淀的理化性质和来源分析

邓福明，赵瑞洁，王媛媛，张玉锋，唐敏敏，宋菲，黄慧雯

（中国热带农业科学院椰子研究所产品加工研究室，海南省椰子深加工工程技术研究中心，国家重要热带作物工程技术研究中心椰子研发部，海南文昌 571339）

摘要：本文通过显微镜观察、粒度分析、化学组分测定、ICP-MS 和扫描电镜观察等方法，分析了椰子汁沉淀的宏观结构、粒度分布、化学组成和微观结构及其来源。与椰子汁乳化颗粒相比，沉淀颗粒色泽灰暗，颗粒偏大、形状不规整、容易抱团聚集。90%，50%和 10%的沉淀颗粒分别在 184.00 μm，41.90 μm 和 3.86 μm 以下。矿物盐、粗纤维和可水解总糖构成了沉淀主要成分，含量分别为 38.53%，29.73%和 26.32%。沉淀中含有大量 Mg、Fe、P 和 Ca 等容易形成沉淀的矿物元素，含量分别是 1.64%、0.21%、5.10%和 6.75%。电子显微镜观察大沉淀颗粒（50 μm 以上）大部分呈不规则块状，表面粗糙，少部分呈片状，而细小的颗粒（10 μm 以下）呈大小不一的球形，表面光滑。看来不同成分沉淀的来源不同。

关键词：椰子汁；沉淀；理化性质；缘由

文章篇号：1673-9078(2018)08-69-74 DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.8.011

Physico-Chemical Properties and Causes of the Precipitates in Bottled Coconut Juice

DENG Fu-ming, ZHAO Rui-jie, WANG Yuan-yuan, ZHANG Yu-feng, TANG Min-min, SONG Fei, HUANG Hui-wen

(Product Processing Research Office, Coconut Research Institute, CATAS, Hainan Coconut Deep Processing and Engineering Technology Research Center, Coconut Department, National Key Tropical Crop Engineering Technology Research Center, Wenchang 571339, China)

Abstract: In this paper, the macroscopic structure, particle size distribution, chemical composition, microstructure, and source of coconut juice precipitation were analyzed by microscopy, particle size measurement, inductively coupled plasma mass spectrometry, and scanning electron microscopy. Compared to the emulsion particles of coconut juice, the precipitate particles were dark in color, had relatively large sizes with irregular shape, and tended to aggregate. Moreover, 90%, 50%, and 10% of the precipitates sized below 184.00 μm, 41.90 μm and 3.86 μm, respectively. The precipitates in coconut juice were mainly composed of mineral salt (38.53%), crude fiber (29.73%), and hydrolyzable sugars (total content: 26.32%). The precipitates contained high contents of easily precipitated mineral elements such as Mg (1.64%), Fe (0.21%), P (5.10%), and Ca (6.75%). Scanning electron microscopy showed that most of the large precipitate particles (> 50 μm) were irregularly shaped and had rough surfaces along with a small number of flaky particles, whilst the small spherical particles (< 10 μm) with different sizes were spherical in size and smooth in appearance. It seemed that different causes led to the generation of precipitates with different compositions.

Key words: coconut juice; precipitation; physico-chemical properties; cause

椰子汁是一种由成熟椰子果中的椰肉加工而来的一种植物蛋白饮料，经过磨浆、配料、均质、灌装、杀菌制成椰子汁[1]。椰子汁不含胆固醇，含丰富的蛋白质、必需氨基酸、矿物质、维生素和不饱和脂肪酸，易于被人体吸收，且具有显著的保健功能，深受广大消费者的青睐和喜爱[2]。在我国植物蛋白饮料市场上，椰子汁具有举足轻重地位。据 2015 年的数据统计，我国累计生产销售植物蛋白饮料 61.60 亿升，累计市场销售额总计 729.28 亿元，其中椰子汁市场销售额约 209.30 亿元，约占植物蛋白市场份额的 28.70%。然而，在椰子汁饮料生产加工和贮藏过程中经常出现沉淀、酸败变质和油脂上浮等质量问题，而沉淀问题是导致消费者投诉的主要原因之一[3~5]。由于各企业生产的椰子汁沉淀的原因可能各不相同，同时对椰子汁沉淀的

收稿日期：2018-01-05

基金项目：海南省自然科学基金项目（20163141）；中国热带农业科学院基本科研业务费专项（1630152018005、1630152018003）；农业部 948 项目（2016-X40）

作者简介：邓福明（1986-），男，助理研究员，硕士研究生，研究方向：热带油料作物加工

形成和来源尚不清楚，因此部分企业尚未找到有效的解决办法。为了防止椰子汁在加工和贮藏过程中出现沉淀，有些企业加强了生产用水的质量，有些企业通过增加过滤设施或减小滤网孔径，以期减少或杜绝沉淀的发生，但效果不明显。目前，大部分企业通过添加食品稳定剂，如羧甲基纤维素或其钠盐、黄原胶、卡拉胶和微晶纤维素等[6]，取得一定的效果。虽然稳定剂的使用在一定程度上解决了这一问题，但本质上这一问题仍然存在，有时使用过多的稳定剂，会显著增加椰子汁饮料的粘度，也会对椰子汁的口感和色泽产生不利的影响。

因此，本文拟通过收集一家不改变原有椰子汁配方或增加稳定剂用量生产的椰子汁的沉淀，通过显微镜观察、粒度分析、化学组分测定、矿物元素分析和扫描电镜观察等方法，分析椰子汁沉淀的理化性质，分析沉淀的产生原因和来源，为下一步椰子汁沉淀的消除和产业的健康发展提供理论和技术支撑。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

椰子汁，某食品有限公司提供；硫酸、盐酸、乙醚和乙醇等化学试剂均为市售分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 椰子汁沉淀收集和测定

沉淀收集：将规模化生产的 11 瓶 1.25 kg 装成品椰子汁直立放置 5~7 d，待沉淀完成后，打开瓶盖，小心去除上层大部分椰子汁，留下部分椰子汁，搅拌并收集沉淀，集中倒入一个 500 mL 的烧杯中，再将集中后的沉淀倒入离心管，置于离心机中 5000 r/min（Thermo Fisher, Heraeus Multifuge X1R），离心 5 min，倒出上部椰子汁，取出底部沉淀。

沉淀清洗：上述收集到的沉淀分为两份，分别加入 0.2 mol/L 的 NaCl 溶液 100 mL 和蒸馏水 100 mL，充分分散均匀后再次置于离心机中 5000 r/min，离心 5 min，收集上清，集中底部沉淀。重复上述清洗步骤 5 次，收集第一次至第五次上清液和最终底部沉淀。

测定沉淀的最终重量和含水量；测定第一次至第五次上清液中总糖（硫酸-蒽铜法）、蛋白质的含量（考马斯亮蓝法）和多酚（福林酚法）的含量。

1.2.2 椰子汁沉淀的宏观形态观察

采用倒置显微镜（XDS-1A，上海严丰精密设备有限公司）分别观察椰子汁乳化颗粒和椰子汁沉淀颗粒的形态。目镜倍数 10/20，物镜倍数为 10、25 和 40 倍。

1.2.3 椰子汁沉淀的粒度分析

使用粒度分析仪（Malvern，MS3000，主机 MAL1156607，附件 MAL11413）分别测定椰子汁乳化颗粒和椰子汁沉淀颗粒的粒径分布。

1.2.4 椰子汁沉淀的化学组分测定

椰子汁沉淀中的水分、蛋白、灰分、脂肪、粗纤维、可水解总糖、多酚含量分别采用 GB 5009.3-2010、考马斯亮蓝法、GB 5009.4-2010、GB 5009.6-2003、GB/T 5515-2008、硫酸-蒽铜法、福林酚法[7]。

1.2.5 椰子汁沉淀的矿物元素分析

采用电感耦合等离子体质谱（ICP-MS，7700X，安捷伦公司）测定椰子汁沉淀的矿物元素组成。首先称取 0.25 g 左右样品于消解罐中（CEM MARS 密闭微波消解仪，MARS 5），加入 6 mL 硝酸预消解 1 h 后加入 2 mL 双氧水，上机进行微波消解，微波消解后定容到 100 g 左右，上机检测。

检测参数为：射频功率：1280 W；雾化室温度：2 ℃；采样深度：8 mm；冷却器流速：1.47 L/min，载气流速：1 L/min，辅助器流速：1 L/min。

1.2.6 扫描电子显微观察

采用扫描电子显微镜（JSM-IT300，日本电子）观察椰子汁沉淀颗粒的微观形态。

1.2.7 数据处理

所有试验重复三次，图表中所有试验数据采用均值±SD 值表示，数据涉及的统计分析采用 SPASS 17.0 配对 t 检验（$p \leq 0.05$）和最小显著性差异（LSD）。

2 结果与分析

2.1 椰子汁沉淀的收集与测定

通过富集 11 瓶 1.25 kg 瓶装椰子汁底部沉淀，获得椰汁沉淀湿重 7.8717 g，平均每瓶沉淀 0.7156 g，占椰子汁总量的 0.5724‰（湿基）。

通过烘干富集后的 7.8717 g 沉淀（水分含量 70.10%），获得干沉淀 2.3615 g，占椰子汁总量的 0.1717‰（干基）。

通过上述结果分析表明，从沉淀重量占椰子汁总重量的角度看，沉淀部分占比是微量的。

通过测定反复洗涤沉淀，收集上清液，测定上清液蛋白、可水解总糖和多酚含量情况如表 1。

为了后续测定椰子汁沉淀的化学组分更加准确，同时排除椰子肉中部分盐溶性蛋白的影响，分别采用 0.2 mol/L 的氯化钠溶液和蒸馏水清洗沉淀，以期测定沉淀中可溶性蛋白质的含量。

通过表 1 的结果可知，采用 0.2 mol/L 的氯化钠溶液和蒸馏水清洗后上清液中的蛋白、总糖和多酚含量没有显著差别，说明椰子汁沉淀中的蛋白质、可水解总糖和多酚在这两种溶液中的溶解度没有显著差别。

表 1 椰子汁沉淀反复洗涤离心后上清液蛋白、总糖和多酚含量

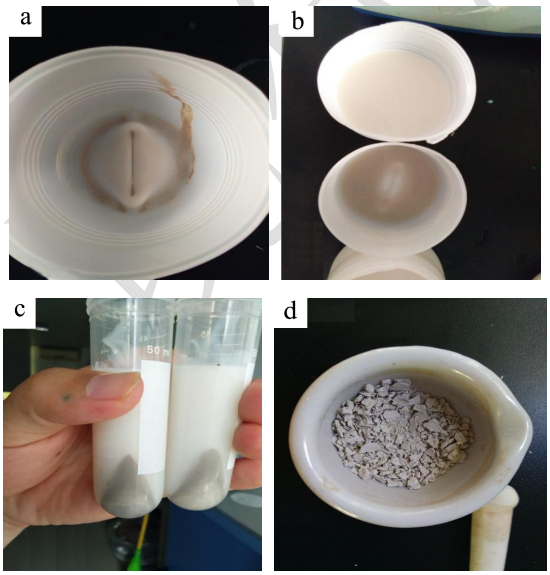
Table 1 Protein, total soluble sugar and polyphenol content of supernatants from precipitation of coconut juice after repeated washing

组分/次数	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次
蛋白-盐水洗/(μg/mL)	$45.13±3.64^{Aa}$	$9.29±2.54^{Ab}$	$4.29±1.23^{Ac}$	-	-
蛋白-蒸馏水洗/(μg/mL)	$46.21±4.01^{Aa}$	$10.23±2.32^{Ab}$	$3.52±1.56^{Ac}$	-	-
总糖-盐水洗/(μg/mL)	$204.55±10.23^{Aa}$	$55.50±5.76^{Ab}$	$31.06±1.89^{Ac}$	$2.38±1.23^{Ad}$	-
总糖-蒸馏水洗/(μg/mL)	$221.23±8.28^{Aa}$	$57.45±6.21^{Ab}$	$29.69±2.21^{Ac}$	$2.12±0.65^{Ad}$	-
总酚-盐水洗/(μg/mL)	$6.32±0.87^{A}$	-	-	-	-
总酚-盐水洗/(μg/mL)	$7.25±1.02^{A}$	-	-	-	-

注：不同大写字母表示组内显著差异（$p<0.05$）；不同小写字母表示组间显著差异（$p<0.05$）；“-”表示未检出。

通过对前三次清洗后上清液中蛋白含量测定发现，第一次清洗后的上清液中的蛋白含量显著高于第二次，第二次也显著高于第三次，第四次以后未检出蛋白质。对于前第三次的检出蛋白质，主要有两方面的原因，一是沉淀中附着椰子汁中的蛋白质，二是沉淀中溶解出的部分可溶性蛋白质，尤其是第一次上清液中的蛋白质含量，绝大部分可能是椰子汁中的蛋白质。通过对前三次清洗的上清液中总糖含量的测定同样发现，第一次清洗的上清液中总糖的含量显著高于第二次，第二次也显著高于第三次，第四次以后未被检出。对于前第三次检出的总糖，也主要是沉淀中附着在椰子汁中的可溶性糖。多酚含量方面，除了第一次清洗后的上清液中检测出多酚外，此后的上清液中均未检出，一方面说明沉淀中的多酚含量少外，另一方面说明经过清洗后的沉淀没有多酚的残留。

2.2 椰子汁沉淀的宏观形态观察



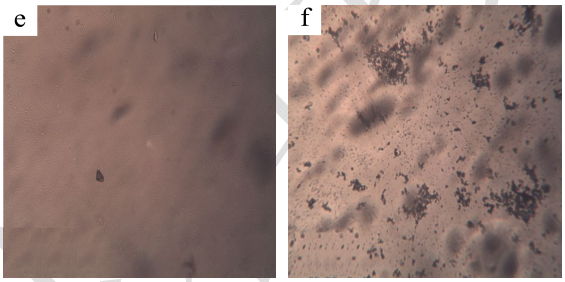


图 1 椰子汁沉淀形态和椰子汁乳化颗粒形态图

Fig.1 Appearance of the precipitation and emulsion particles of coconut juice

注：a-瓶底沉淀形态；b-沉淀溶液与椰子汁溶液对比；c-离心富集后沉淀形态；d-沉淀烘干后形态；e-显微镜下椰汁乳化颗粒（250 倍）；f-显微镜下沉淀颗粒（250 倍）。

由图 1a 可知，在瓶底椰子汁形成薄薄的一层棕褐色沉淀，粘稠、滑腻感、无特殊气味。用少量椰汁搅拌悬浮均匀后，相比正常椰子汁，色泽灰暗（图 1b）。因此，在未找到彻底解决沉淀的办法之前，单通过食品添加剂悬浮起来，虽不至于显著影响椰子汁的口感，对于椰子汁中的色泽具有一定的负面影响。通过离心富集大量沉淀，发现沉淀呈灰暗色（图 1c）。就沉淀颜色而言，果汁中的多酚类[8]、鞣酸类[9]和黄酮类物质[10]也有可能是其中原因之一。但通过进一步干燥得到灰白色沉淀，呈块状，质地坚硬，这与前人发现的大部分果汁沉淀的性质不同[8~10]。因此推测椰子汁沉淀为多酚、鞣酸或黄酮类物质的可能性不大。

通过显微镜观察椰子汁乳化颗粒和沉淀颗粒可知，乳化颗粒显著比沉淀颗粒小，且形状规整，均匀的分散在椰子汁中，而沉淀颗粒显著比乳化颗粒大，形状不规整，容易抱团聚集在一起，这可能是导致椰子汁沉淀的重要原因。此外，沉淀颗粒的大小不一且不规整，因此也排除是由微生物引起的尸骸堆积。

2.3 椰子汁沉淀粒度分析

由表 2 可知，椰子汁中乳化颗粒粒径 90%在 0.561 μm 以下，50%在 0.284 μm 以下，10%在 0.128 μm 以下。而在椰子汁沉淀颗粒中，90%在 184.00 μm 以下，50%在 41.90 μm 以下，10%在 3.86 μm 以下，其颗粒粒径与椰子汁乳化颗粒相比，沉淀颗粒的粒径显著偏高，且分布不均匀，最大与最小粒径跨度较大，最大与最小粒度相差近 30 倍，这些结果与显微镜下观察的结果一致。通常沉淀的颗粒越大，越容易沉淀，椰子汁中的沉淀颗粒比普通的甘薯淀粉(2.320~30.66 μm)[11]，绿豆淀粉(7.90~31.40 μm)[12]，甚至比马铃薯淀粉的颗粒(14.00~83.00 μm)[13]还要大。因此，较大的颗粒可能是椰子汁在杀菌贮藏一段时间后容易发生沉淀的主要原因。

表 2 椰子汁乳化颗粒和沉淀颗粒的粒径分布

Table 2 Particle size distribution of emulsion particles and precipitation particles of coconut juice

物质/粒径	D_x(10)	D_x(50)	D_x(90)
椰子汁乳化颗粒/μm	0.138	0.284	0.561
椰子汁沉淀颗粒/μm	3.86	41.90	184.00

2.4 椰子汁沉淀化学组分分析

椰子汁沉淀和椰子汁的化学组成分析如表 3 所示，与椰子汁相比，除蛋白质与脂肪含量外，椰子汁沉淀的灰分、粗纤维和可水解总糖含量显著偏高。沉淀中的灰分和粗纤维含量，构成了沉淀中将近 70%。这与杜忠贞1994年[3]报道的椰子汁中发生的蛋白质类沉淀结果不一致。

灰分含量高，意味着沉淀中矿物元素含量偏高。粗纤维含量高，可能是由于椰浆过滤不彻底造成的椰肉细胞壁的残留。可水解性总糖含量高可能是椰子汁中多糖类物质造成的，这些均可能是造成椰子汁不稳定的重要因素。因此，与其它果汁类相比，椰子汁沉淀的原因与之有很大的区别[8~10]。

2.5 椰子汁沉淀矿物元素组成分析

椰子汁沉淀和椰子汁中的矿物元素分析如表 4 和表 5 所示。可知无论是常量矿物元素还是微量矿物元素，椰子汁沉淀中的含量均远远大于椰子汁中的含量。此外，沉淀中含有大量的 Na、Mg、Fe、P、K 和 Ca 等 6 种矿物元素，尤其是 Mg、Fe、P 和 Ca 等四种元素，其含量分别占沉淀的 1.64%、0.21%、5.10%和 6.75%。通常情况下，这几种矿物元素离子在一定条件下极易形成沉淀，如 $Mg(OH)_2$、$Fe(OH)_3$、$CaCO_3$、Ca_2PO_3、Ca_2HPO_3、$Ca(OH)_2$ 和矿物磷酸盐等，而 OH^-、CO_3^{2-}、$PO3^{3-}$、PO_3^{4-}、HPO_3^{2-}等是溶液中的常见的阴离子。

表 3 椰子汁沉淀化学组分分析

Table 3 Chemical composition analysis of precipitation of coconut juice

物质/组分	水分/%	蛋白/%	脂肪/%	灰分/%	粗纤维/%	可水解总糖/%
椰子汁沉淀	2.30±0.35	$0.18±0.06^B$	$0.23±0.08^B$	$38.53±2.34^A$	$29.73±2.51^A$	$26.32±3.24^A$
椰子汁		$0.56±0.06^A$	$2.83±0.23^A$	$1.23±0.26^B$	$0.65±0.078^B$	$8.24±0.78^B$

注：不同大写字母表示组内显著差异（$p<0.05$）。

表 4 椰子汁沉淀中常量矿物元素分析

Table 4 Normal minerals analysis of precipitation of coconut juice

物质/组分	Na/(mg/kg)	Mg/(mg/kg)	Fe/(mg/kg)	P/(mg/kg)	K/(mg/kg)	Ca/(mg/kg)
椰子汁沉淀	$438.99±12.52^A$	$16449.63±211.12^A$	$2057.89±31.12^A$	$51050.16±65.52^A$	$1735.66±2.56^A$	$67577.46±96.32^A$
椰子汁	$126.73±1.59^B$	$28.86±0.86^B$	$10.77±0.66^B$	$76.92±3.26^B$	$269.91±9.43^B$	$49.14±2.65^B$

注：不同大写字母表示组内显著差异（$p<0.05$）。

表 5 椰子汁沉淀中微量矿物元素分析

Table 5 Trace minerals analysis of precipitation of coconut juice

物质/组分	Cr/(μg/g)	Mn/(μg/g)	Al/(μg/g)	Ni/(μg/g)	Cu/(μg/g)
椰子汁沉淀	$8.56±1.02^A$	$846.47±56.69^A$	$684.41±21.10^A$	$3.86±0.64^A$	$29.50±2.34^A$
椰子汁	$0.008±0.00^B$	$0.23±0.060^B$	$4.23±1.79^B$	0.00^B	$0.23±0.029^B$

物质/组分	Zn/(μg/g)	Rb/(μg/g)	Sr/(μg/g)	Ba/(μg/g)
椰子汁沉淀	$803.51±42.36^A$	$3.93±0.62^A$	$87.84±10.26^A$	$32.15±3.25^A$
椰子汁	$0.42±0.051^B$	$0.42±0.011^B$	$0.071±0.008^B$	$0.039±0.003^B$

注：不同大写字母表示组内显著差异（$p<0.05$）。

综合上述结果，由钙、磷元素构成的矿物盐类沉淀很可能是构成椰子汁沉淀的最主要成分。此外，沉淀中还发现数十种其它矿物元素，如 Cr、Mn、Al、Ni、Cu、Zn、Rb、Sr 和 Ba 等。这些矿物质盐类阳离子也很容易与相应的阴离子发生反应形成沉淀。在沉淀形成过程中，在沉淀颗粒间的电荷作用下，容易相互聚集成团，容易附着一些蛋白质和脂肪乳化颗粒。

2.6 扫面电镜观察

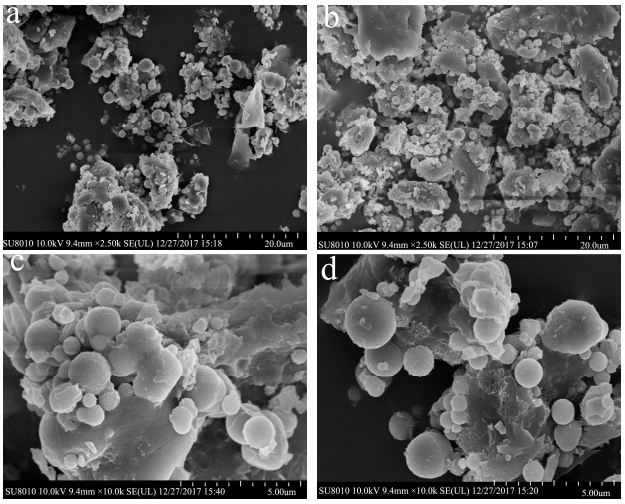


图 2 椰子汁沉淀颗粒的扫描电子显微镜图

Fig.2 Scanning electron microscope pictures of precipitation particles of coconut juice

图 2a、b、c 和 d 是椰子汁沉淀颗粒干燥后的扫描电子显微镜图。由图 2a 和 b 可知，沉淀颗粒大部分呈不规则块状结构，极少部分呈片状，表面粗糙，颗粒较大（50 μm 以上），其成分可能是矿物盐和粗纤维。此外，还伴随着许多细小颗粒，进一步放大观察发现（图 2c 和 d），这些细小的颗粒大部分呈球型，表面较为光滑，大小不一（10 μm 以下），附着在大块颗粒沉淀上，其成分可能是蛋白和脂肪的乳化颗粒，准确的成分还有待进一步研究。沉淀颗粒的大小分析结果与前面粒度分析的结果相一致。

3 讨论

3.1 椰子汁沉淀主要是由在椰子汁生产过程中，主要包含榨汁、化料调配、均质、罐装、杀菌和贮藏等步骤[14]，期间需要加入大量的水、乳化剂、稳定剂、甜味剂以及其它必要的食品添加剂，如甜味剂蔗糖，乳化剂蔗糖脂肪酸酯、单甘脂、酪朊酸钠和稳定剂羧甲基纤维素钠、微晶纤维素等。这些添加剂均含有一定的灰分和杂质。椰子汁沉淀物质的来源较为复杂，且与水质的好坏有关[5,15]。为了解决椰子汁沉淀问题，企业生产技术人员采取过更换椰子汁包装容器（纸盒与玻璃），提高均质压力，以及减少滤网孔径等手段，均没有取得显著效果。结合椰子汁沉淀颗粒物化性质分析结果，矿物盐、粗纤维和可水解总糖构成了沉淀的主要成分，其中 38.53%是矿物盐类沉淀，且检测到 Mg、Fe、P 和 Ca 等容易形成沉淀的矿物元素含量偏高，特别是 P 和 Ca 元素，含量分别高达是 5.10%和 6.75%。综合上述结果分析，推测椰子汁中矿物盐类沉淀很可能主要由钙、磷元素构成的矿物盐类沉淀，且可能是后期原料混合后溶液平衡体系的改变而聚集产生的。其中粗纤维成分，可能是椰浆过滤过程中未完全过滤掉的纤维类物质，如椰肉破碎的细胞壁。至于可溶性总糖，可能是果胶类的多糖物质。

3.2 前面通过对沉淀颗粒的粒度分析发现，沉淀中 90%，50%和 10%的沉淀颗粒分别在 184.00 μm，41.90 μm 和 3.86 μm 以下。目前，椰子汁生产过程中最小的滤网孔径不超过 120 目，即 124 μm 左右，无法阻止比之更细小的沉淀颗粒（如 2.2 测定结果所示），继续减小滤网的孔径虽然有可能阻截部分沉淀颗粒，但是随着滤网孔径的减小，管路中过滤所需的压力会显著增加，过滤的速度也显著降低，直接影响生产效率。因此，在实际生产过程中，通过减小过滤的孔径来阻止沉淀的产生可操作性不强。而迄今普遍的做法是，通过添加一些稳定剂将沉淀悬浮起来[6,16]，这一定程度上解决了沉淀的问题，但是可能对椰子汁的口感和色泽造成一定的影响。

4 结论

矿物盐、粗纤维和可水解总糖构成了沉淀的主要成分，沉淀中含有大量 Mg、Fe、P 和 Ca 等容易形成沉淀的矿物元素。推测椰子汁中矿物盐类沉淀很可能主要由钙、磷元素构成的矿物盐类沉淀，粗纤维成分沉淀可能是椰浆过滤过程中未完全过滤掉的椰肉细胞壁。可溶性总糖可能是果胶类的多糖物质。要彻底解决椰子汁沉淀问题，分析椰子汁沉淀的化学成分和来源是第一步工作，研究椰子汁沉淀形成原因和发生机理将是下一步重点工作。

参考文献

[1] 陈朴森,张宸禹,张观飞,等.不同品牌椰子汁质量的研究[J].热带作物学报,2017,38(8):1549-1552
CHEN Pu-sen, ZHANG Chen-yu, ZHANG Guan-fei, et al. The quality difference of coconut milk in the market [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2017, 38(8): 1549-1552

[2] 张昭,崔岗,李富如,等.椰子汁和椰杏汁对人体血脂水平的影响[J].食品科学,1996,17(2):54-57

ZHANG Zhao, CUI Gang, LI Fu-ru, et al. Effects of coconut juice and coconut apricot juice on plasma lipid levels to Human [J]. Food Science, 1996, 17(2): 54-57

[3] 杜忠贞.天然椰子汁生产中的质量问题和解决办法[J].适用技术市场,1994,11:21-22

DU Zhong-zhen. Quality problem and solution of coconut juice during production [J]. Applicable Technology Market, 1994, 11: 21-22

[4] 张日生.天然椰子汁变质的分析及解决办法[J].软饮料工业,1995,1:34-35

ZHANG Ri-sheng. Analysis on deterioration of coconut juice and its solution [J]. Soft Drink Industry, 1995, 1: 34-35

[5] 张清.椰子汁稳定性的研究与分析[J].生产实践, 2006,9(12):39-40

ZHANG Qing. Study on and analysis of stability of coconut juice [J]. Processing Practice, 2006, 9(12): 39-40

[6] 吴少文.茶饮料生产中茶乳酪的形成及解决办法[J].饮料工业,2003,3(3):9-13

WU Shao-wen. Formation and solution of tea cheese in tea beverage production [J]. Beverage Industry, 2003, 3(3): 9-13

[7] Alothman M, Bhat R, Karim A A. Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from malaysia, extracted with different solvents [J]. Food Chemistry, 2009, 115(3): 785-788

[8] FANG Z, ZHANG M, TAO G, et al. Chemical composition of clarified bayberry (*Myrica rubra* sieb. et zucc.) juice sediment [J]. J. Agric. Food Chem., 2006, 54(20): 7710-7716. http://dx.doi.org/10.1021/jf0618980

[9] Prakash S, Itturmendi N, Grelard A, et al. Quantitative analysis of bordeaux red wine precipitates by solid state NMR: role of tartrates and polyphenols [J]. Food Chem., 2016, 199: 229-237

[10] BAO T, XU Y, GOWD V, et al. Systematic study on phytochemicals and antioxidant activity of some new and common mulberry cultivars in China [J]. J. Funct. Foods, 2016, 25: 537-547

[11] Deng F M, Mu T H, Zhang M, et al. Composition, structure and physicochemical properties of sweet potato starches isolated by sour liquid processing and centrifugation [J]. Starch, 2013, 65(12): 162-171

[12] LIU W J, SHEN Q. Structure analysis of mung bean starch from sour liquid processing and centrifugation [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 79(4): 1310-1314

[13] Han Z, Zeng X N, Yu S J, et al. Effects of pulsed electric fields (PEF) treatment on physico-chemical properties of potato starch [J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2009, 10(4): 481-485

[14] 魏华强,余春茹,邓桂兰.HACCP 体系在椰子汁饮料加工中的应用[J].食品研究与开发,2013,34(3):103-106

WEI Hua-qiang, YU Chun-ru, DENG Gui-lan. Application of HACCP system to the processing of coconut milk beverage [J]. Food Research and Development, 2013, 34(3): 103-106

[15] 戴南艺,姚朔影.椰子汁的稳定性研究[J].食品工业科技, 2006,27(8):113-114

DAI Nan-yi, YAO Shuo-ying. Study on the stability of coconut juice [J]. Food Science and Industry, 2006, 27(8): 113-114

[16] 鲍金勇,王志勇,李远志.椰子汁饮料的稳定性研究[J].饮料工业,2004,7(2):18-22

BAO Jin-yong, WANG Zhi-yong, LI Yuan-zhi. Study on stability of coconut milk drink [J]. Beverage Industry, 2004, 7(2): 18-22