

苹果浑浊汁贮藏过程中浑浊稳定性的研究

赵光远¹, 张 露¹, 王 璋², 许时婴²

(1. 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 郑州 450002; 2. 江南大学食品学院, 无锡 214036)

摘 要: 为考察苹果浑浊汁在贮藏中的浑浊稳定性, 进行了在 4、22 和 40℃ 贮藏果汁 120 d 的试验。采用了电子显微镜学、光学显微镜学、Zeta 电位和粒径分布分析等技术, 结合高效液相色谱(HPLC)分析酚类物质进行研究。结果发现, 果汁中相对大尺寸的颗粒先聚集下沉, 造成浊度的迅速下降。随着留在瓶上部的大的颗粒数目的减小, 颗粒下沉的速率降低。总酚、表儿茶素、绿原酸和单宁的损失随着贮藏温度的升高和储藏时间的延长增大。添加 0.006% 的维生素 C 可抑制由酚类物质的氧化聚合产生的不溶性小颗粒的产生, 使果汁浊度变化减小。悬浮颗粒的尺寸大于其电性质对浑浊稳定性的影响。

关键词: 苹果浑浊汁; 浊度; 黏度; 多酚; Z 电位

中图分类号: TS255.44

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)5-0220-07

赵光远, 张 露, 王 璋, 等. 苹果浑浊汁贮藏过程中浑浊稳定性的研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 220-226.

Zhao Guangyuan, Zhang Lu, Wang Zhang, et al. Cloud stabilization of cloudy apple juice during storage[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(5): 220-226. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

苹果浑浊汁因其高的营养和好的风味在世界范围风靡。然而, 由于苹果浑浊汁中含有更多的果胶、蛋白质和酚类物质形成的悬浮颗粒, 浑浊汁浑浊稳定性的保持是困扰食品科学研究者的一大难题。

根据斯托克斯定律, 果汁的浑浊稳定性与果汁中悬浮颗粒的尺寸、果汁的黏度、果汁溶液和颗粒的密度差有关, 另外, 颗粒的电性质也不容忽视。在诸多因素中, 悬浮颗粒的尺寸、果汁的黏度尤为重要。苹果浑浊汁中的悬浮颗粒被认为是带负电的、部分脱甲氧基的果胶包裹着带正电的蛋白质核。这些小的杂质颗粒是在果汁提取阶段形成的^[1]。所以, 苹果中的果胶和蛋白质-多酚复合物对浑浊汁的稳定性影响较大。

已有大量的有关苹果清汁研究表明, 酚类、蛋白质、高价阳离子、果胶、阿拉伯聚糖、淀粉等是造成清汁后浑浊和二次沉淀的原因^[2]。Beveridge 等^[3]将苹果清汁在 21℃ 有氧(果汁瓶顶部空间大于瓶体积的 9%) 条件下存放了 67 d, 有明显的雾状物和沉淀生成, 用透射电镜(TEM)分析了样品。沉淀含有大约 12 mg/g 的蛋白质, 其余的物质能与丁醇-HCl 和香草醛试剂反应。沉淀含有广泛的链状聚集区域, 它们是小颗粒的集合体, 它们中的一些被染色, 一些形成了不能被染色的核。

研究者发现果胶(相对分子质量、甲氧基含量等)通过影响浑浊桔汁和浑浊苹果汁的黏度以及悬浮颗粒的电性质进而影响它们的浑浊稳定性^[4-6], 从而有超高压对浑浊苹果汁贮藏过程中果胶酯酶(PME)活力影响的研究报道^[7]。钟葵、胡小松等曾研究了高压脉冲电场对 PME 活力的影响及鲜榨苹果汁贮藏期间品质的变化^[8,9]。超高压和高压脉冲电场都可通过钝化果汁中的多酚氧化酶(PPO)和 PME 等酶的活力来改善果汁的浑浊稳定性。笔者曾研究破碎时蒸汽热处理对浑浊苹果汁在 24 h 内的色泽及浑浊稳定性的影响^[10], 也研究了贮藏过程中(120 d)浑浊苹果汁的色泽稳定性^[11]。但是, 利用电子显微镜学和粒径分布分析等技术, 结合高效液相色谱(HPLC)分析酚类物质技术系统研究添加维生素 C 对苹果浑浊汁在贮藏过程中的浑浊稳定性的影响未见报道。

本文研究所生产的苹果混浊汁在贮藏过程中的浊度、黏度、颗粒粒径和 Z 电位的变化, 考察产品的浑浊稳定性, 进一步揭示影响浑浊稳定性的因素, 为进一步改善苹果浑浊汁的稳定性提供理论和实践基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料和设备

苹果原料: 山东烟台红富士苹果, 购自无锡水果批发市场, 洗净后晾干。

浑浊苹果汁, 按以下工艺制备: 苹果破碎的同时通蒸汽加热至 94℃→果浆→经三足离心机离心 5 min (3000 r/min)→果汁→离心 20 min (3000 r/min)→果

收稿日期: 2006-06-23 修订日期: 2007-05-06

基金项目: 郑州轻工业学院博士启动基金项目(20051206)

作者简介: 赵光远(1973-), 男, 河南泌阳人, 博士, 副教授, 研究方向: 食品生物技术及农产品深加工。郑州市东风路 5 号 郑州轻工业学院食品与生物工程学院, 450002. Email: guangyuan-zhao@163.com

汁→加 0.006% (质量分数) 维生素 C→果汁脱气, 装瓶→杀菌(100℃沸水中 8 min)→逐级冷却→成品(可溶性固形物含量为 10.3°Brix)。对照为不加维生素 C 的同批次果汁。

末食子酸、儿茶素、表儿茶素、5-羟甲基糠醛(5-HMF)、绿原酸、芦丁、根皮苷和槲皮素均为美国 Sigma 公司产品。

苹果破碎机(可在通蒸汽条件下将 4~10 kg 苹果在 90s 内打成浆并使浆温达到 95℃以上, 并设有冷却夹套和内置冷却盘管, 可使 95℃的果浆在 6 min 内降至 40℃以下。一次最大处理量为 10 kg。), 自制; ZETA-SIZER2000 型 Zeta 电位仪和 Mastersizer 2000 型激光粒径分析仪(英国 MALVERN 公司); QUANTA-200 扫描电镜(FEI 公司); BX51 光学显微镜(日本奥林巴斯公司); H-700 型透射电子显微镜(日本日立公司); CPD-030 临界点干燥仪和 SCD-005L 离子溅射仪(BALT-TEC 公司); 722 型分光光度计(上海精密科学仪器有限公司)。

1.2 试验方法

1.2.1 果汁的贮藏

将同一批次的果汁和对照(可溶性固形物含量 10.3°Brix; pH 值 4.0) 分别放置于 4℃冰箱与 22℃和 40℃恒温培养箱中避光贮藏 120 d。

1.2.2 果汁浊度的测定

间隔一定时间取出果瓶, 将果汁恒温至 22℃, 从果汁顶部同一部位(距离液表面 0.5 cm) 小心取出样品直接或经离心(装入离心管离心(4200 × g) 15 min 后小心倾出上清液用于测定) 后按文献[12]方法测定。

1.2.3 果汁相对黏度的测定

间隔一定时间取瓶顶部果汁, 用奥氏黏度计在 30℃的条件下测 10 mL 果汁的流动时间 t (s) 与相同条件下去离子水的流动时间 t_0 (s), 代入下式计算样品黏度 η (mPa·s)。

$$\eta = \eta_0 \rho t / \rho_0 t_0$$

式中 η_0 ——去离子水的黏度, $\eta_0 = 0.8007$ (mPa·s); ρ_0 ——水的密度, g/mL; ρ ——样品的密度, g/mL。

1.2.4 果汁中悬浮颗粒的粒径分析

间隔一定时间取瓶顶部果汁约 30 mL, 用激光粒径分析仪测定, 结果由机带软件自动分析。

1.2.5 光学显微镜观察

取在 22℃贮藏 120 d 的果汁的瓶底部沉淀, 涂在载玻片上, 轻轻地从一侧压上盖玻片, 用光学显微镜观察并进行显微照相。

1.2.6 透射电镜观察

从在 22℃贮藏 120 d 的果汁的瓶(加维生素 C 和

不加维生素 C) 的顶部取出果汁(距离液表面 0.5 cm) 作为顶部样品; 然后将果汁小心倒出, 剩下约 10 mL 作为底部果汁样品。对顶部和底部果汁样品的超微结构进行分析, 操作步骤如下: 果汁滴在直径 3 mm 有支持膜(Formvar) 的铜网上→1% 磷钨酸染色(即负染色)→透射电镜观察。

1.2.7 扫描电镜观察

果汁样品同 1.2.6, 操作步骤如下: 样品置于 4℃→2.5% 戊二醛固定→0.1 mol/L 磷酸缓冲液漂洗数次→1% 四氧化锇固定→0.1 mol/L 磷酸缓冲液漂洗数次→30%、50%、70%、90% 和 100% 乙醇梯度脱水→醋酸异戊酯过渡→临界点干燥→离子溅射→扫描电镜观察。

1.2.8 酚类物质含量的测定

苹果浑浊汁中酚类物质含量按文献[10]和[13]测定。

1.2.9 酚类物质的高效液相色谱(HPLC)分析

HPLC 分析酚类物质条件参见文献[14]。用表儿茶素、5-HMF 和绿原酸做标准曲线用于定量。

1.2.10 缩合单宁的平均聚合度的测定

用 1.2.8 中的样品按文献[15]测定。

1.2.11 果汁中悬浮颗粒 Zeta 电位的测定

将顶部果汁稀释 25 倍后用 Zeta 电位仪测量, 结果由终端处理器给出 3 次平均值并自动打印。

1.2.12 数据处理

试验数据用浙江大学唐启义、冯明光^[16]编的《实用统计分析及其 DPS 数据处理系统》进行分析。

2 结果与分析

2.1 果汁浊度变化

由图 1a 知, 除在 40℃贮藏的果汁外, 其余的果汁的浊度都随着贮藏时间的延长而下降。下降的速率先快后慢。对此, 可理解为: 贮藏一开始, 果汁中的相对大的颗粒就开始聚集下沉, 造成浊度的迅速下降。随着留在瓶上部的大的颗粒数目的减小, 颗粒下沉的速率降低。或者由于新的小的颗粒的逐渐产生, 浊度的下降逐渐趋缓。在 40℃贮藏的果汁的浊度先降后升可理解为: 贮藏一开始, 果汁浊度的迅速下降, 而果汁的黏度逐渐降低(图 2), 大的颗粒在瓶子顶部停留的几率更小, 有大量新的、尺寸不太大的颗粒产生, 又造成浊度的升高。在 40℃下果汁的褐变较强^[11], 酚类的氧化聚合最剧烈(见 2.3), 很可能由此而产生比其他温度下更多的深色色素颗粒, 不但影响了果汁的颜色^[11], 而且增加了果汁的浊度。

而对于先离心 15 min (4200 × g)^[17] 再测定浊度的样品(图 1b), 果汁的浊度先升高再下降。对此, 可理解

为: 由于测定浊度前先离心 15 min ($4200 \times g$), 这样, 大颗粒在测定浊度前被除去, 就不存在果汁中的相对大的颗粒在贮藏初期下沉的现象, 也没有浊度在贮藏初期迅速下降的表现。由于酚类的氧化聚合逐渐产生新的小

的色素颗粒, 浊度逐渐升高。随着时间的延长, 新产生的小的颗粒会相互之间或与果汁中固有的小颗粒结合、长大, 大到一定尺寸又能被 $4200 \times g$ 的离心力除去, 浊度又下降。

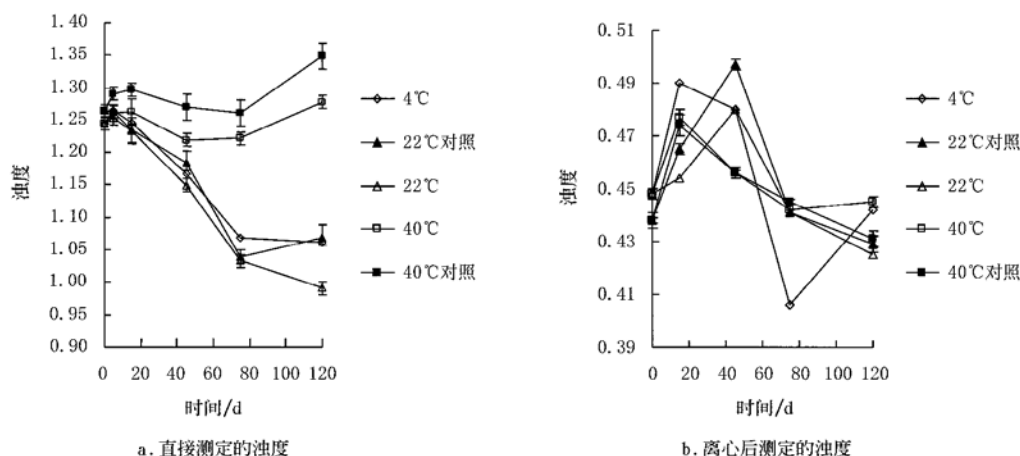


图 1 果汁浊度随贮藏时间的变化

Fig. 1 Effects of storage time on the turbidity of cloudy apple juice

对于每一时间点, 特别是贮藏结束时, 40°C 和 4°C 贮藏的果汁的浊度较高, 22°C 贮藏的果汁的浊度较低。对此, 可理解为: 4°C 贮藏的果汁的黏度最高(图 2), 其中颗粒的运动速度较慢, 颗粒长大和沉降的速率也慢, 浊度保留率大。40°C 贮藏的果汁的黏度虽然最低(图 2), 但其中的酚类的氧化聚合最剧烈, 产生新的小色素颗粒最多, 浊度最大。

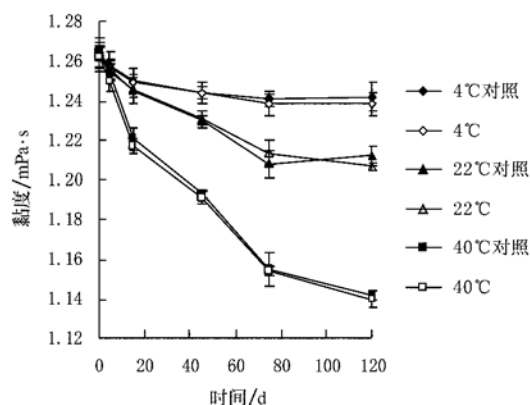


图 2 果汁黏度随贮藏时间的变化

Fig. 2 Effects of storage time on the viscosity of cloudy apple juice

对于果汁的每一时间点, 特别是贮藏结束时, 对照(不加维生素 C)比加维生素 C 的浊度大(图 1a)。这从另一方面证明了上面的观点。维生素 C 对酚类有保护作用, 可减缓酚类的氧化聚合, 结果加维生素 C 的果汁中的褐色颗粒就会少于对照(不加维生素 C)的, 图 3 也可证实这一点。由图 3 可见褐变严重的不加维生素 C

的果汁中有明显的深色小颗粒, 其密度和尺寸明显大于加维生素 C 的果汁中的颗粒。从图 4 中可见褐变严重的果汁(对照)中颗粒周围有颜色浓黑的晕环, 加维生素 C 的果汁的颗粒周围的黑色晕环不明显。颜色浓黑的晕环可能由酚类氧化聚合的产物和果胶组成。从图 5 中可见, 在瓶的顶部, 褐变严重的果汁(对照)中交织的网络中有尺寸小的颗粒, 而加维生素 C 的果汁中交织的网络中小颗粒较少。这些小颗粒可能为新产生的酚类氧化聚合产物。从扫描电镜照片还可发现瓶底部交织的网络中颗粒的尺寸大于瓶顶部的颗粒。

图 1b 中对照(不加维生素 C)比加维生素 C 的浊度大这种现象没有图 1a 中明显, 主要是由于图 1b 中的结果是在样品经离心 ($4200 \times g$) 后得到的, 离心可去除一些颗粒。

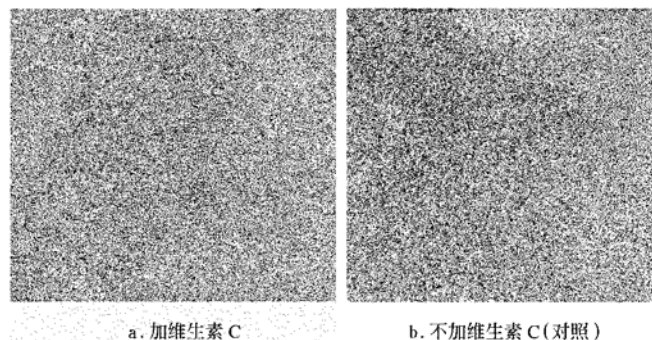


图 3 22°C 贮藏 120 d 后果汁瓶底部颗粒的光学显微照片 ($\times 400$)

Fig. 3 Microstructure of sediment from bottom of cloudy apple juice stored at 22°C for 120 days ($\times 400$)

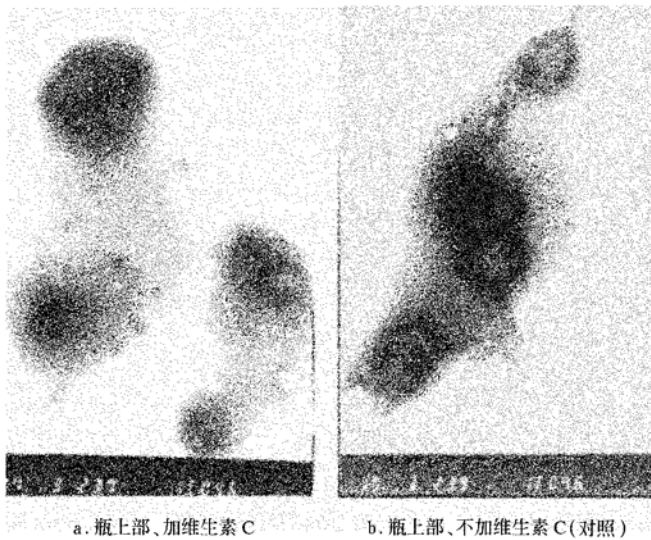


图 4 22℃贮藏 120 d 后果汁的透射电镜照片(×25500)

Fig. 4 Ultrastructure of cloudy apple juice stored at 22°C for 120 days observed by using Transmission Electron Microscope(TEM)

2.2 果汁中粒径分布和悬浮颗粒 Z 电位的变化

贮藏开始, 果汁中在 0.275~ 2.188 μm 范围的颗粒占 80.33%, 0.138~ 0.240 μm 范围的颗粒为 3.46%, 平均粒径为 1.443 μm (表 1)。

由表 1, 随着贮藏时间的延长, 果汁和对照中的悬浮颗粒平均粒径逐渐减小, 分别由 1.443 和 1.533 减小为 0.514 和 0.504。粒径分布主要有 3 方面的变化: 一是大粒度颗粒的体积百分比随着贮藏时间的延长而减少。果汁中粒度为 0.550~ 2.188 μm 的颗粒的体积百分比从开始的 49.64% 减少为 15 d 的 36.49% 再到 120 d 的 32.43%。粒度为 2.512~ 19.953 μm 的颗粒体积百分比从开始的 16.17% 减少为 15 d 的 11.28% 再到 120 d 的 0.01%。二是小粒度颗粒的体积百分比随着贮藏时间的延长而增加。果汁中粒度为 0.182~ 0.240 μm 的颗粒的体积百分比从 3.46% 到 120 d 增加到 23.81%。更重要的是随着贮藏时间的延长, 果汁中逐渐产生了原来并不存在的更小的新颗粒。果汁中开始并不

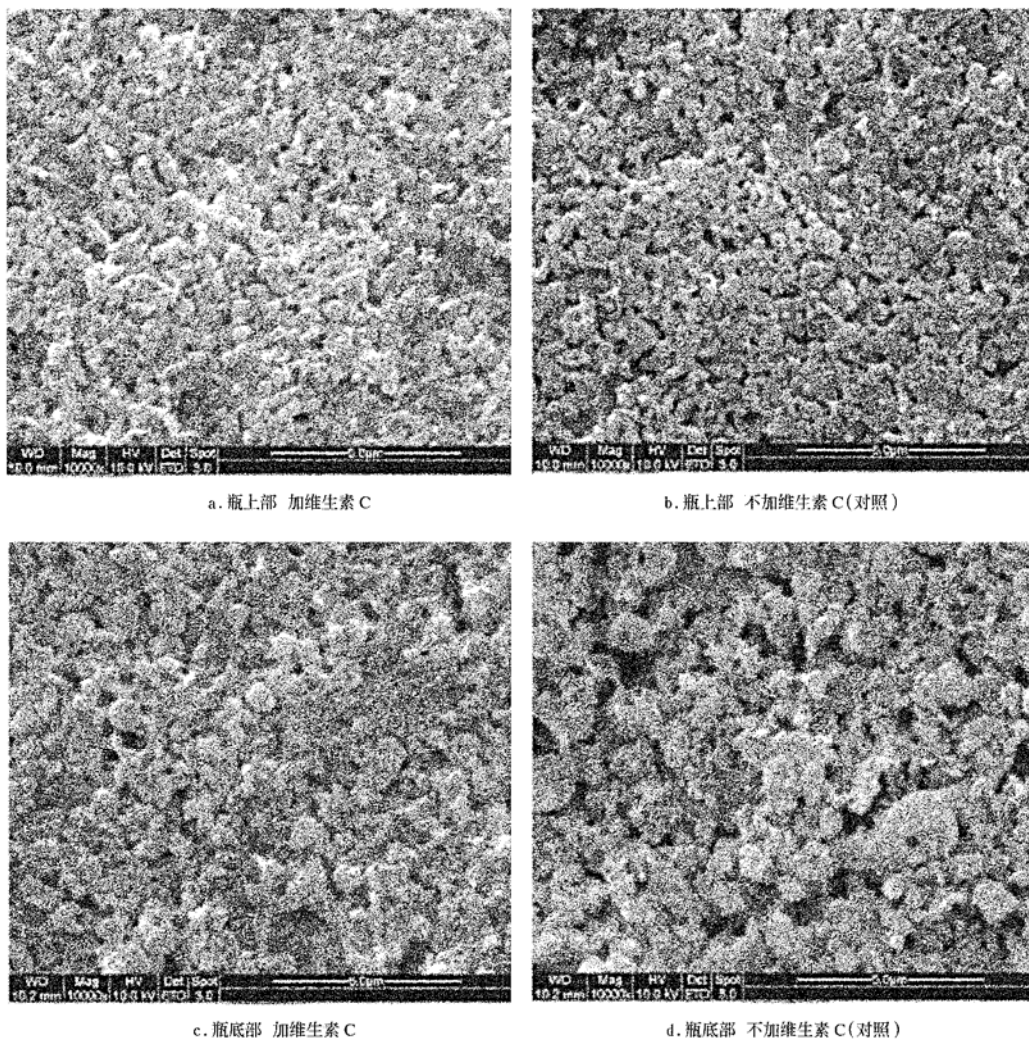


图 5 22℃贮藏 120 d 后果汁的扫描电镜照片(比例尺为 5.0 μm)

Fig. 5 Ultrastructure of cloudy apple juice stored at 22°C for 120 days observed by using Scanning Electron Microscope(SEM)

存在 0.105~0.120 μm 和 0.138~0.158 μm 的颗粒,贮藏结束时二者的含量分别为 2.43% 和 11.60%。以上结果可推测果汁在贮藏的过程中其中的颗粒行为是:随着贮藏时间的延长,①大尺寸的粒子(设为粒子 1)首先聚集下沉。②小一级的粒子(设为粒子 2)会聚集成粒子 1。③新的最小的粒子(粒子 3)聚集而形成粒子 2。④粒子 3 不断地形成。这样,图 1 中浊度的变化可解释为:由于行为①在贮藏初期较远大于行为②,表现为果汁浊度迅速下降。行为①逐渐趋缓,行为②加快,果汁浊度下降也趋缓。行为④由慢到快地进行。结合 2.3 的果汁中重要酚类物质的变化,行为④代表酚类的氧化聚合产生新的颗粒,特别是缩合单宁的聚合度的增大尤为重要。

表 1 贮藏时间对果汁悬浮颗粒粒度分布的影响

Table 1 Effect of storage time on size distribution of suspending particle in juice

粒度/ μm	颗粒体积百分比/%					
	0 d	对照 0 d	15 d	对照 15 d	120 d	对照 120 d
0.105~0.120	0	0	0.03	1.46	2.43	4.01
0.138~0.158	0	2.12	4.30	9.36	11.60	13.56
0.182~0.240	3.46	12.29	17.00	19.06	23.81	23.75
0.275~0.479	30.69	30.23	30.91	24.06	29.72	27.41
0.550~2.188	49.64	41.29	36.49	37.69	32.43	31.25
2.512~19.953	16.17	14.07	11.28	8.40	0.01	0
平均粒径/ μm	1.443	1.533	1.294	1.123	0.514	0.504

注:贮藏温度为 22℃;结果为两次数据平均值。

由表 1 还发现,在不加维生素 C 的果汁(对照)中,在贮藏开始时就存在 2.12% 的 0.138~0.158 μm 的颗粒。这样尺寸的颗粒可能是在加工过程中由酚类的氧化聚合产生的。维生素 C 对酚类的氧化聚合有阻止作用,故这样尺寸的颗粒在加维生素 C 的果汁中不存在。随着贮藏时间的延长,果汁中小颗粒逐渐增多,表明酚类的氧化聚合作用一直在进行。贮藏结束时,不加维生素 C 的果汁中新产生的小颗粒所占比例(4.01%)高于加维生素 C 的果汁的(2.43%),这同样是维生素 C 对酚类的氧化聚合有阻止作用的结果。这样的结果与电镜观察的结果相一致。

由表 2,贮藏温度对果汁平均粒径的影响不大,但发现在 4℃贮藏的果汁中不存在 0.105 μm 的颗粒,在 22℃和 40℃贮藏的果汁中这种尺寸的颗粒所占比例分别为 0.09% 和 0.56%。表明随着贮藏温度的升高,产生了一些新的小颗粒。这与贮藏温度升高加速果汁中酚类

氧化聚合反应、促进褐色色素的产生,从而使果汁褐变加重,浊度明显升高的结果一致。

表 2 贮藏温度对果汁悬浮颗粒粒度分布的影响

Table 2 Effect of storage temperature on size distribution of suspending particle in juice

粒度/ μm	颗粒体积百分比/%		
	4℃ 120 d	22℃ 120 d	40℃ 120 d
0.105	0.00	0.09	0.56
0.105~0.182	18.75	21.81	25.11
0.209~0.479	47.97	45.75	39.65
0.550~3.802	33.28	32.44	35.24
平均粒径/ μm	0.533	0.514	0.521

注:贮藏温度为 22℃;结果为两次数据平均值。

由表 3 可见,果汁和对照中悬浮颗粒带有负电荷。在整个贮藏期间果汁和对照中悬浮颗粒的 Z 电位虽然有降低的趋势,但并没有显著的变化。另外,添加 0.006% 的维生素 C 对果汁中悬浮颗粒的 Z 电位几乎无影响。果汁中悬浮颗粒的 Z 电位越大,颗粒之间的静电斥力就越大,体系也越稳定。笔者的研究表明贮藏期间果汁中悬浮颗粒的 Z 电位变化不显著,颗粒的电性质对颗粒的悬浮稳定性影响不大。

表 3 果汁中悬浮颗粒的 Z 电位随贮藏时间的变化

Table 3 Effect of storage time on Zeta potential of suspending particles in juice

贮藏时间 /d	果汁中悬浮颗粒 的 Z 电位/mV	对照中悬浮颗粒 的 Z 电位/mV
0	-17.3	-17.0
15	-16.7	-16.4
75	-16.8	-16.5
120	-16.6	-16.0

注:贮藏温度为 22℃;结果为两次数据平均值。

2.3 酚类物质的变化

贮藏期间果汁中的酚类物质随着贮藏时间的延长和贮藏温度的升高逐渐降低,到贮藏 120 d 时,样品中的总酚、聚原花色素及单体和表儿茶素的含量显著比对照中的多($p < 0.05$) (表 4),这表明添加 0.006% (质量分数) 的维生素 C 可以显著降低上述酚类物质在贮藏中的损失,但添加维生素 C 对绿原酸在贮藏中的含量影响不显著(表 4)。此外,缩合单宁的平均聚合度随贮藏时间的延长和温度的升高而变大(表 4)。

表 4 果汁中酚类含量随贮藏时间的变化

Table 4 Effect of storage time on the content of phenolic compounds in juice

贮藏时间 /d	贮藏条件	总酚 (福林-酚法) ^a /mg · L ⁻¹	聚原花色素及单体 (HCl-香草醛法) ^b /mg · L ⁻¹	绿原酸 (HPLC 法) /mg · L ⁻¹	表儿茶素 ^b (HPLC 法) /mg · L ⁻¹	缩合单宁的 平均聚合度 ^c
0	样品	489.1 ± 9.0a	269.6 ± 4.9a	105.7 ± 2.2a	82.1 ± 2.0a	1.3
	对照	476.4 ± 8.6a	261.3 ± 4.8a	101.3 ± 2.1a	77.6 ± 1.6b	1.3
5	样品(4℃)	451.4 ± 8.3	261.8 ± 5.0	—	—	—
	对照(22℃)	424.6 ± 8.1	250.9 ± 5.1	—	—	—
	样品(22℃)	444.2 ± 8.2	253.1 ± 4.7	—	—	—
	样品(40℃)	428.1 ± 8.5	235.2 ± 4.6	—	—	—
15	样品(4℃)	472.8 ± 8.4	252.6 ± 4.7	104.0 ± 2.4	81.2 ± 1.8	1.3
	对照(22℃)	442.0 ± 8.0	224.8 ± 4.2	96.2 ± 2.1	71.6 ± 1.9	1.5
	样品(22℃)	460.2 ± 7.9	239.0 ± 4.5	102.5 ± 2.0	77.6 ± 1.2	1.4
	样品(40℃)	432.5 ± 8.2	180.2 ± 4.1	100.0 ± 2.3	69.3 ± 1.4	1.5
45	样品(4℃)	438.9 ± 8.4	233.5 ± 4.3	101.0 ± 2.2	70.8 ± 1.8	1.4
	对照(22℃)	387.9 ± 7.6	193.8 ± 4.0	92.0 ± 2.4	65.0 ± 1.7	1.6
	样品(22℃)	397.8 ± 8.0	205.3 ± 3.8	93.8 ± 1.9	65.7 ± 1.5	1.4
	样品(40℃)	356.0 ± 7.6	150.9 ± 3.9	92.6 ± 2.2	62.0 ± 2.0	1.6
75	样品(4℃)	437.1 ± 7.8	227.0 ± 5.1	—	—	1.4
	对照(22℃)	385.3 ± 8.0	162.3 ± 4.2	—	—	2.2
	样品(22℃)	401.4 ± 8.1	172.6 ± 4.2	—	—	1.7
	样品(40℃)	363.9 ± 7.3	111.2 ± 4.1	—	—	2.5
120	样品(4℃)	443.5 ± 8.1b	218.3 ± 4.1b	94.9 ± 3.0b	71.3 ± 1.1c	1.5
	对照(22℃)	333.5 ± 7.9c	151.9 ± 3.5c	78.1 ± 1.8c	39.5 ± 1.2d	2.5
	样品(22℃)	363.9 ± 6.5d	169.2 ± 3.9d	79.4 ± 2.1c	44.9 ± 1.7e	1.9
	样品(40℃)	337.0 ± 7.1e	101.8 ± 3.8e	78.1 ± 1.9c	37.7 ± 1.3f	3.4

注: a 以没食子酸计; b 以儿茶素计; c 定义为: 香草醛测定的吸光度(用乙酸为溶剂)和花色素测定的吸光度的比值; 数据结果为: 均值 ± S. D(n= 3); 表中同列中不含相同字母代表数据有显著差异($p < 0.05$)。

3 结 论

随着贮藏温度的升高和贮藏时间的延长, 酚类氧化聚合反应加剧, 促进褐色色素等小微粒产生, 使果汁浊度升高。适量添加维生素 C 可减缓酚类氧化聚合反应, 防止果汁褐变和新的颗粒的产生, 使浊度变化减小。悬浮颗粒的尺寸大于悬浮颗粒的电性质对浑浊稳定性的影响程度。

[参 考 文 献]

- [1] Yamasaki M, Yasui T, Arima K. Pectic enzymes in the clarification of apple juice: part I study on the clarification reaction in a simplified model[J]. *Agric Biol Chem*, 1964, 28(11): 779– 787.
- [2] Beveridge T. Haze and cloud in apple juices[J]. *Critical Rev in Food Sci and Nut*, 1997, 37(1): 75– 91.
- [3] Beveridge T, Veto L, Harrison J E. Formation of chin-like structures in apple juice haze [J]. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* /Food Science & Technology, 1998, 31(1): 74– 77.
- [4] Shomer I, Yefremov T, Merin U. Involvement of protein in cloud instability of Shamouti orange juice[J]. *J Agric Food Chem*, 1999, 47: 2623– 2631.
- [5] Genovese D B, Lozano J E. Effect of cloud particle characteristics on the viscosity of cloudy apple juice[J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65(4): 641– 645.
- [6] Genovese D B, Lozano J E. Contribution of colloidal forces to the viscosity and stability of cloudy apple juice [J]. *Food Hydrocolloids*, 2006, 20(6): 767– 773.
- [7] Baron A, Denes J M, Durier C. High-pressure treatment of cloudy apple juice [J]. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* /Food Science & Technology, 2006, 39(9): 1005– 1013.
- [8] 钟葵, 廖小军, 梁楚林, 等. 脉冲电场和热处理对鲜榨苹果汁贮藏期品质的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(8): 49– 53.
- [9] 钟葵, 胡小松, 陈芳, 等. 脉冲电场对果胶酯酶的活性及构象的影响[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(2): 149– 159.
- [10] 赵光远, 王璋, 许时婴. 破碎时蒸汽热处理对浑浊苹果汁色泽及浑浊稳定性的影响[J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(10): 26– 30.
- [11] 赵光远, 纵伟, 姚二民. 混浊苹果汁储藏过程中色泽稳定性的研究[J]. *食品科学*, 2006, 27(8): 93– 97.
- [12] Cameron R G, Baker R A, Grohmann K. Citrus tissue

- extract juice cloud stability[J]. *J Food Science*, 1997, 62 (2): 242– 245.
- [13] 綦菁华, 蔡同一, 倪元颖, 等. 活性炭对苹果汁中多酚和浑浊物的吸附研究[J]. *食品与发酵工业*, 2000, 29(4): 11– 14.
- [14] 赵光远, 王 璋, 许时婴. 浑浊苹果汁加工过程中理化变化的研究[J]. *食品科学*, 2005, 26(10): 71– 75.
- [15] Butler L G, Price M L, Brotherton J E. Vanillin assay for proanthocyanidins(condensed tannins): modification of the solvent for estimation of the degree of polymerization [J]. *J Agric Food Chem*, 1982, 30: 1087– 1089.
- [16] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 648.
- [17] Genovese D B, Elustondo M P, Lozano J E. Color and cloud stabilization in cloudy apple juice by steam heating during crushing[J]. *J Food Sci*, 1997, 62(6): 1171– 1175.

Cloud stabilization of cloudy apple juice during storage

Zhao Guangyuan¹, Zhang Lu¹, Wang Zhang², Xu Shiying²

(1. School of Food and Biological Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China;

2. School of Food Science and Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: To investigate the cloud stability of cloudy apple juice during storage, the 120 day storage experiments of cloudy apple juice at 4°C, 22°C and 40°C were conducted. The cloud stability of juices during storage were studied by using optical microscopy, electron microscopy, Zeta potential and size distribution analysis of particles combined with polyphenols component analysis by High Performance Liquid Chromatography(HPLC). At the beginning of storage, the turbidity of juice decreased quickly because particles of larger size in juices congregated and deposited, and with the decrease of the larger particles at the upper portion of the bottles, the depositing speed of particles decreased. The loss of total phenolic compounds, epicatechin, chlorogenic acid and tannin increased, with the increase of temperature and storage time. The addition of 0.006% (m/m) vitamine C to juices can inhibit the oxidation and polymerization of phenolic compounds to avoid the formation of new small insoluble particles, and reduce the change of turbidity of juices during the storage. The effect of particles size on cloud stabilization is more remarkable than that of particles electricity.

Key words: cloudy apple juice; turbidity; viscosity; polyphenols; Zeta potential of particles