

文章编号:1009-038X(2004)05-0042-06

浑浊苹果汁生产工艺的改进

赵光远, 王璋, 许时婴

(江南大学食品学院, 江苏无锡 214036)

摘要: 苹果破碎前在 45℃ 热水中处理 45 min, 在 30℃ 破碎可以增加果汁中果胶的含量和悬浮颗粒的 ξ 电位, 增加了果汁的浊度和浑浊稳定性. 苹果破碎时用质量分数 0.02% 的 VC 和 0.044% 的 NaCl 组合防褐变剂代替国内报道工艺中使用的质量分数 0.05% ~ 0.08% 的 VC, 既经济又较好地防止了褐变效果, 且减轻了由 VC 降解引起的非酶褐变. 该工艺生产出的产品有较高的浊度和较好的颜色, 果汁中颗粒的平均粒径为 1.770 μm .

关键词: 浑浊苹果汁; 颜色; 浊度; 防褐变剂

中图分类号: TS 255.44

文献标识码: A

Process Development for Production of Nature Cloudy Apple Juice

ZHAO Guang-yuan, WANG Zhang, XU Shi-ying

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

Abstract: When apples were heated in 45 °C water and then crushed at 30 °C, the pectin content and particles' Zeta potential in Juice were increased, and the Juice's stability of color and turbidity was improved. Replacing 0.05% ~ 0.08% VC in the reported processing with the combination of 0.044% NaCl and 0.02% VC could be more economical and had a good effect on inhibition of enzymatic browning as well as reduction the non-enzymatic browning caused by the decomposition of VC. The products made by this method have a better color and an improved turbidity compared with the products made by the reported processing. The mean diameter of particles in juices was 1.770 μm .

Key words: cloudy apple juice; color; turbidity; anti-enzymatic reagent

近年来, 浑浊苹果汁风靡欧美和日本^[1], 而我国却缺少高质量的浑浊苹果汁. 浑浊苹果汁重要的质量指标是颜色和浊度及它们的稳定性. 为了防止酶促褐变的发生, 使果汁保持苹果的天然风味和乳白色, 较安全和有效的措施是在破碎时加入维生素 C (VC)^[2]. 但 VC 在果汁加工和储藏中会降解, 使果汁发生非酶促褐变^[3], 影响果汁的风味和颜色. Nuri Marti 等^[4]报道用 HPLC 技术研究加入石榴汁

中的 VC (330 mg/L), 发现其在常温下 4 d 后全部损失, 且对花色苷有破坏作用. 《苹果加工》^[2]推荐的 VC 添加质量分数在 0.05% ~ 0.08%, 少于此量则酶促褐变容易发生. 这样高的 VC 添加量不但不经济, 而且在储藏过程中 VC 容易损失并发生由 VC 降解引起的非酶褐变. 另外, 按《苹果加工》推荐的工艺, 生产的浑浊苹果汁的浊度较低.

本试验用 VC 和 NaCl 组合防褐变剂代替传统

收稿日期: 2003-12-21; 修回日期: 2004-02-23.

作者简介: 赵光远 (1973-) 男, 河南泌阳人, 工程师, 食品科学与工程博士研究生.
万方数据

的单一防褐变剂 VC,增加了苹果破碎前的热处理,VC用量大大减少,产品与按《苹果加工》推荐的工艺生产的产品相比有相似的颜色和较高的浊度。

1 材料与方法

1.1 材料和仪器设备

红富士苹果:购自无锡锡澄果品批发市场;热处理器:由不锈钢容器和电炉组成;HR2839型搅拌机:珠海 Philip 电器有限公司产品;榨汁器:本教研室自行设计;灭酶装制:由蠕动泵、不锈钢盘管、油浴锅组成;冷却装制:由不锈钢盘管、冷水容器组成;CL-20B 冷冻离心机:上海安亭科学仪器厂生产;TG16-WS 台式高速离心机:长沙湘仪离心机有限公司生产;LXJ-II 离心沉淀机:上海医用分析仪器厂生产;WSC-S 测色色差计:上海精密科学仪器有限公司生产。

1.2 方法

1.2.1 苹果破碎前热处理条件 将苹果从 4℃冰柜中取出并在室温恒温 10 h。将苹果放入自制的恒温水浴器,在 45℃分别加热 15、30、45、60 min(水:苹果,质量比为 2:1)。热处理时用热电偶测定苹果中间温度。热电偶探头用密封胶(HC703)密封,以防止水渗漏而影响测定结果。

将热处理过的苹果于室温放置到温度降为 30℃左右(其中处理 15 min 的勿需放置)。将质量分数 0.02% 的 VC 和质量分数 0.044% 的 NaCl^[5]溶解于水中(水与苹果质量比为 7:100),此组合防褐变剂溶液加入破碎机,将苹果切成 2 cm×2 cm 的块状加入,打浆 40 s,然后将浆用绢布包裹后放入压榨机制汁。鲜榨汁装入 270 mL 玻璃瓶,封口,在沸水浴中加热 8 min。

1.2.2 破碎温度 将 45℃热处理 45 min 后的苹果分为 3 组处理(1)在冰浴中浸泡至果肉温度为 15℃左右时制汁(2)于室温放置到温度降为 30℃左右再制汁(3)直接制汁,制汁方法同 1.2.1。

1.2.3 果汁中多酚氧化酶(PPO)热失活条件 将加入了组合防褐变剂的鲜榨汁用灭酶器加热。果汁在不锈钢蛇型管中的流动时间为 45 s,油浴温度分别为(110±2)℃(118±3)℃(130±3)℃,则果汁在蛇管出口温度分别为(85±1)℃(90±1)℃(95±1)℃。酶活测定用分光光度计法,具体方法见文献[6]。

1.2.4 浊度的测定 将果汁经台式离心机离心(3 500 r/min) 5 min 后,测上清液在 660 nm 的光

吸收值(A_{660}),用去离子水调零。 A_{660} 越大表示样品的浊度越高。

1.2.5 粘度的测定 用奥氏粘度计测果汁的流动时间 t (30℃),同时测相同条件下去离子水的流动时间 t_0 ,代入下式计算样品粘度。

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

式中: η_0 为 0.800 7; ρ_0 为水的体积质量; ρ 为样品的体积质量。

1.2.6 可溶性果胶含量的测定 样品的处理:在 30 mL 果汁中加入 120 mL 无水乙醇,边加边迅速搅拌,离心(5 000 g),收集沉淀并用 200 mL 体积分数为 80% 乙醇洗 2 遍,除去样品中的糖和酸。沉淀再在 40℃烘箱中放置 20 min,挥发掉乙醇。把果胶样品复溶于 20 mL 去离子水中,充分搅拌使果胶样品分散均匀,然后把果胶样品定容至 50 mL,用硫酸-间-羟基联苯法^[7]测定果胶含量,以半乳糖醛酸计。

1.2.7 蛋白质含量的测定 取 30 mL 果汁采用微量凯氏定氮法测定,转化系数为 6.24。

1.2.8 酚类含量的测定 总酚含量用福林-肖卡法^[8];A 环为间苯三酚的黄烷醇和聚原花色素含量的测定用香草醛-盐酸法^[9]。

1.2.9 果胶甲氧基含量的测定 见文献[10]。

1.2.10 果胶中还原端基的测定 见文献[11],以半乳糖醛酸计。

1.2.11 果汁中总 VC 和还原型 VC 的测定 见文献[12]。

1.2.12 果汁颜色测定 按文献[5]进行。 L 值表示亮度,其值越大亮度越高,果汁褐变越轻,反之褐变越严重; a 值越大果汁越红,褐变越严重,越小果汁则越绿,褐变越轻; b 值越大果汁越黄,越小果汁则越蓝。褐变指数按文献[5]并做改进:果汁摇匀,取出 10 mL,加 10 mL 无水乙醇,摇 2 min,过滤,取滤液用分光光度计测其在 420 nm 光吸收值 A_{420} , A_{420} 即为褐变指数。 A_{420} 越大表明褐变越严重。

1.2.13 果汁中悬浮颗粒 Zeta 电位的测定 将果汁稀释 25 倍后用 ZETASIZER2000 型 Zeta 电位仪(英国 Malvern 公司产品)测量。

1.2.14 果胶相对分子质量分布测定 采用 Sepharose CL-6B 凝胶柱,流动相 0.1 mol/L NaCl,体积流量:15 mL/h,每管收集量为 2.5 mL;柱尺寸:100 cm×1.6 cm。果胶检测用苯酚-硫酸法。

1.2.15 果汁中悬浮颗粒粒径分析 采用 MASTERSIZER 2000 型激光粒径分析仪(英国 Malvern 公司产品)分析。

在研究阶段,果汁先离心 20 min 后再分析(3 000 r/min)。

2 结果与讨论

2.1 破碎前热处理条件的优化

2.1.1 45 °C 处理不同时间对果汁浊度和色泽的影响 由表 1 看出,苹果破碎前随着 45 °C 处理时间的延长,得到果汁的浊度逐渐增加,处理时间 45 min 时达到较大值(0.701)。处理时间延长至 60 min 时,果汁的浊度却降低。这表明就初始浊度而言,苹果破碎前 45 °C 处理 45 min 为最佳值的处理条件。

表 1 热处理时间对果汁理化特性的影响*

Tab. 1 The effect of heating time on the physico-chemical properties of juices

| 处理时间/min | 浊度/ A_{660} | 粘度/($\text{mPa} \cdot \text{s}$) | 果胶质量浓度/ ($\mu\text{g}/\text{mL}$) | 蛋白质质量浓度/ (mg/mL) | 总酚质量浓度/ (mg/L)** |
|----------|---------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 对照 | 0.205 | 0.8879 | 98.2 | 1.375 | 654.1 |
| 15 | 0.577 | 1.0948 | 221.4 | 1.581 | 664.3 |
| 30 | 0.602 | 1.0968 | 215.1 | 1.681 | 680.1 |
| 45 | 0.701 | 1.1465 | 232.7 | 1.692 | 680.1 |
| 60 | 0.698 | 1.0640 | 201.0 | 1.685 | 671.2 |

注:* 结果为 2 次平均,下同; ** 为福林-肖卡法测定结果,以没食子酸计。

果汁的浑浊稳定性与果汁的粘度除处理时间 60 min 外相关性较好(见表 1)。随着 45 °C 处理苹果时间的延长,果汁中果胶的甲氧基质量分数逐渐降低,到 60 min 时质量分数为 7.2%。King^[13] 的研究表明,高于 40 °C,苹果的果胶甲酯酶(PME)活力高但热稳定性差,10 min 会丧失其大部分活力。在 40 °C 时其活力可持续 20 ~ 30 min,低于 40 °C 其活力逐渐降低。随着热处理时间的延长,苹果内部温度越接近 40 °C,苹果中果胶甲酯酶作用于果胶的时间也在延长,则果胶的甲氧基质量分数会逐渐降低。果胶脱去甲氧基后会暴露出—COOH 基团,—COOH 解离后变成—COO⁻。由于脱去了甲氧基的果胶有较多的—COO⁻,则在果汁中这些带较多负电荷的果胶更易包裹住带正电荷的蛋白质(在果汁较低的 pH 条件下其中的蛋白质会带正电荷),且这种结合会更紧密。果汁中悬浮颗粒带有较多的负电荷,表现为其中悬浮颗粒有较大的 ξ 电位(见表 2),则悬浮颗粒之间的静电排斥作用就较强,这种分散体系就有较高的浑浊稳定性。

试验还发现,苹果破碎前随着 45 °C 处理时间的延长,得到果汁中果胶的还原端基逐渐增多(见表 2),表明相对分子质量逐渐降低,这一点可由凝胶过滤色谱图(见图 1、2)得到验证。

表 2 果汁中果胶甲氧基质量分数和还原端基质量
Tab. 2 The content of pectin and reducing terminal of pectin in juices

| 处理时间/min | 单位质量果胶的还原端基/ μg | 甲氧基质量分数/% | ξ 电位/mV |
|----------|----------------------------|-----------|-------------|
| 对照 | 0.189 | 9.5 | -15.2 |
| 15 | 0.196 | 9.3 | -15.4 |
| 30 | 0.208 | 9.1 | -15.6 |
| 45 | 0.227 | 8.6 | -16.2 |
| 60 | 0.323 | 7.8 | -17.7 |

注:甲氧基为果胶经 NaOH 皂化后释放的甲醇占果胶的质量分数(%)。

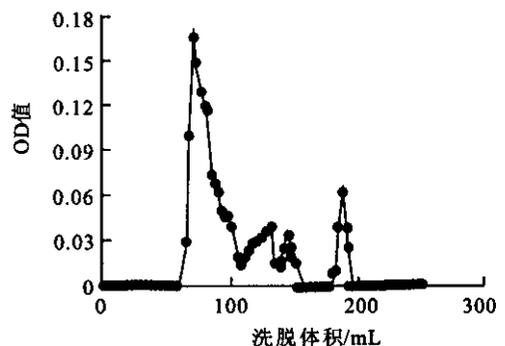


图 1 未热处理苹果得到果汁中果胶的 Sepharose CL-6B 柱层析图

Fig. 1 Chromatogram of pectin in control on Sepharose CL-6B

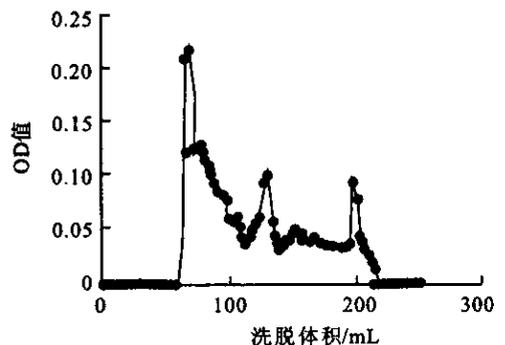


图 2 热处理苹果 45 min 得到果汁中果胶的 Sepharose CL-6B 柱层析图

Fig. 2 Chromatogram of pectin in the juice made from heated apple on Sepharose CL-6B

这是因为苹果中聚半乳糖醛酸酶的最适温度约为 40 °C,时间越长则聚半乳糖醛酸酶(PG)就有越多的时间降解果胶。同时,更重要的是如上所讨论的,果胶的甲氧基质量分数逐渐降低,则这种果胶正是 PG 的较好底物,在 PG 和 PME 的协同作用下,果胶的相对分子质量随时间延长逐渐降低。但由于苹果正常的组织结构未遭破坏,这种作用不会是剧烈的。由于处理 60 min 后果胶变得较短,大分子变短后其粘度会降低,所以尽管处理 60 min

后产品的 ξ 电位最高,但由于粘度较低,据 STOCK 理论,它的浊度反而下降.另外,低甲酯果胶与二价以上离子结合形成凝胶也可能降低果汁的浊度.处理 45 min 可能使果胶达到了暴露—COOH 而带负电荷的目的,又没有使之变成 PG 的合适底物,还没有使之变为低甲酯果胶而与二价以上离子结合形成凝胶,故这种处理条件得到的果汁具有最高的初始浊度和最好的混浊稳定性,表现为其中的果胶、蛋白质、总酚质量分数均较高(见表 1).

由表 3 看出,随着处理时间的延长,果汁的 L 值逐渐降低,表明酶促褐变发生较重,特别是处理 60 min 酶促褐变最为严重.这是因为苹果细胞的膜结构在受到较长时间的热处理后可能遭到部分破坏,通透性增加,则原本被隔开的 PPO 与其底物有相遇的机会,酶促褐变得以发生.由以上讨论,选定 45 °C 热处理 45 min 的条件.

表 3 苹果在 45 °C 处理不同时间的果汁颜色

Tab. 3 The effect of heating time at 45 °C on the color of juices

| 处理时间/min | L | a | b |
|----------|-------|-------|-------|
| 对照 | 37.22 | -1.01 | 10.65 |
| 15 | 37.20 | -1.00 | 10.60 |
| 35 | 37.15 | -0.90 | 10.74 |
| 45 | 36.69 | -0.84 | 10.95 |
| 60 | 35.68 | -0.74 | 10.45 |

2.1.2 破碎温度对果汁浊度和色泽的影响 随着破碎温度的升高,果汁的初始浊度逐渐增大.相应地除了总酚和 VC 外,蛋白质和果胶质量分数都随着破碎温度的升高而增大(见表 4).由于 VC 的氧化受温度影响较大,温度越高其氧化降解越剧烈,所以随着破碎温度的升高,VC 含量降低较快.由于苹果在破碎过程中,VC 对 PPO 有抑制作用,从而保护酚类物质不被 PPO 氧化,且酚类物质降解也随着温度的升高而加剧,40 °C 破碎制得的果汁总酚含量比 30 °C 破碎的低.而对于 15 °C 破碎制得的果汁,虽然其降解量较 30 °C 的少,但其浊度低于 30 °C 破碎制得的果汁,所以二者的总酚含量相近.果胶和蛋白质从植物细胞壁和组织溶出量随着温度的升高而增大,随着温度的升高,不溶性果胶也会转化为可溶性果胶,所以果胶含量随着破碎温度的升高逐渐增大(见表 4).由于破碎耗时不足 1 min,果汁又很快地进行了 90 °C 杀菌处理,内源的 PME 和 PG 来不及作用于果胶即遭热失活,所以果胶的释放还原基量和甲氧基质量分数变化不大(万克表据),也即相对分子质量和甲酯化度

变化不大,表现为 ξ 电位没有显著差异.

以上讨论说明,果胶含量的差别,主要是因为果胶从植物细胞壁和组织溶出量随着温度的升高而增大所致.果汁粘度也呈相同的趋势.

表 4 破碎温度对果汁成分的影响

Tab. 4 The effect of crushing temperature on the composition of juices

| 破碎温度/°C | 总酚质量浓度/(mg/L)* | 蛋白质质量浓度/(mg/mL) | 果胶质量浓度/(μ g/mL) | 还原型 VC 质量浓度/(mg/mL) |
|---------|----------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| 15 | 678.5 | 1.593 | 108.3 | 0.0241 |
| 30 | 680.1 | 1.692 | 232.7 | 0.0124 |
| 40 | 663.2 | 1.717 | 352.7 | 0.0057 |

注:*总酚质量浓度用福林-肖卡法,以没食子酸计.

表 5 破碎温度对果汁浊度和果胶特性的影响

Tab. 5 The effect of crushing temperature on the turbidity of juices and the property of pectin of juices

| 破碎温度/°C | 浊度/ A_{660} | 单位质量果胶的还原基/ μ g | 甲氧基质量分数/% | ξ 电位/mV | 粘度/(mPa·s) |
|---------|---------------|---------------------|-----------|-------------|------------|
| 15 | 0.261 | 0.225 | 8.8 | -16.4 | 0.9076 |
| 30 | 0.701 | 0.227 | 8.6 | -16.2 | 1.1465 |
| 40 | 0.798 | 0.229 | 8.6 | -16.4 | 1.1678 |

注:甲氧基为果胶经 NaOH 皂化后释放的甲醇占果胶的质量分数(%).

由表 6 看出,随着破碎温度的升高,果汁颜色越差,表明其中的酶促褐变随着温度的升高而加剧.PPO 的最适温度为 30 °C,如单从温度角度而言应在 30 °C 时酶促褐变最严重,但不能忽视 VC 对 PPO 活性的影响,PPO 活性显著地受 VC 质量浓度的影响.而在 40 °C 破碎条件下,VC 几乎全被氧化,它对 PPO 活性的抑制大大降低,则表现为这种条件下的酶促褐变最为严重.单从颜色考虑,破碎温度越低越好.

表 6 破碎温度对果汁颜色的影响

Tab. 6 The effect of crushing temperature on the color of juices

| 破碎温度/°C | L | a | b |
|---------|------|-------|-------|
| 15 | 37.5 | -1.50 | 10.90 |
| 30 | 36.8 | -1.20 | 10.75 |
| 40 | 35.5 | -0.86 | 10.53 |

2.2 破碎时酶促褐变的防止

破碎时添加 VC 是自 1948 年以来并延用至今的防褐变剂.VC 自身会降解而发生非酶褐变,特别是在温度较高和质量浓度较大时这种变化更剧烈^[3].另外,Nuri Marti 等^[4]用 HPLC 研究表明,VC

添加到果汁中在常温下4 d 将全部降解,且对花色苷有破坏作用.传统工艺^[2]VC 添加质量分数0.05%~0.08%,此用量既不经济,消费者饮用时可能已失去其生理作用,降解后又产生不好的风味,且还改变了果汁原有的色泽(见表7).添加量少则防止酶促褐变的效果不理想.考虑到采用带皮和核的全果制汁,结合文献[5],选择质量分数0.02%的VC和0.044%的NaCl组合防褐变剂.

2.3 果汁中PPO失活的条件

按照文献[6],苹果PPO在80℃时对热不稳

表7 VC添加质量分数对果汁颜色和酚类的影响

Tab.7 The effect of the amount of VC added on the color and phenolic compounds of juices

| VC 质量 分数/% | 储藏0 d | | | | 室温储藏15 d后 | | | |
|---------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|----------|-------------------------|----------------------------|----------------------|----------|
| | 总VC 质量浓度/ (mg/mL) | 还原型 VC 质量浓度/ (mg/mL) | 酚类/ A_{500nm} * | 褐变 指数 | 总VC 质量浓度/ (mg/mL) | 还原型 VC 质量浓度/ (mg/mL) | 酚类/ A_{500nm} * | 褐变 指数 |
| 0.02 | 0.118 | 0.007 | 0.061 | 0.037 | 0.101 | 0.005 | 0.050 | 0.049 |
| 0.08 | 0.297 | 0.041 | 0.058 | 0.044 | 0.266 | 0.022 | 0.042 | 0.105 |

注:*酚类/ A_{500nm} 用香草醛-盐酸法测定.

表8 果汁在油浴盘管的出口温度对果汁中PPO活力及颜色的影响

Tab.8 The effect of the temperature of juices coming off the coil on the color and PPO's activity of juices

| 出口 温度/℃ | PPO 活力* | | 储藏0 d | | | 室温储藏3个月后 | | |
|------------|---------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | pH 7.2 | pH3.8 | <i>L</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>L</i> | <i>a</i> | <i>b</i> |
| 85 | 0.027 | 0.001 | 37.3 | -1.01 | 10.9 | 34.2 | 0.49 | 9.5 |
| 90 | 0.002 | 0.000 | 37.5 | -1.03 | 10.8 | 34.5 | 0.47 | 9.3 |
| 95 | 0.000 | 0.000 | 37.1 | -0.95 | 10.2 | 33.8 | 0.55 | 9.3 |

注:*PPO活力测定参见文献[6],酶活力以吸光值(A_{400nm})在最初75 s内的变化表示.

2.4 改进的工艺流程及产品特性

根据以上研究,归纳工艺流程如下:

苹果在45℃热水中处理45 min(前热处理器)↓
 ↓
 凉至30℃左右→破碎40 s(破碎机)→制汁(压榨机)→灭酶(果汁在蛇管出口温度84~87℃)→迅速冷却至37℃以下(冷却器)→离心(3 000 r/min 22 min)→脱气(0.1 mPa 5 min)→装瓶→杀菌(沸水浴8 min)→冷水喷淋→产品

2.4.1 产品指标 果汁加工出24 h内测定的结果见表9.由表看出,采用改进后工艺生产的果汁优于按文献[2]工艺制得的果汁.

2.4.2 粒径分析 粒径分析图谱见图3.由终端处理器得到的数据可知,果汁中颗粒的体积平均粒径为1.770 μm,不含有粒度小于0.209 μm的颗粒.粒度在0.240~8.710 μm的颗粒体积分数为97.06%,粒度在10.0~26.303 μm的颗粒体积分数为2.94%,没有大于30.0 μm的颗粒.

定.80℃时处理30 s的加了组合防褐变剂的苹果汁,虽然其中的PPO没有完全失活,但它被果汁中一定质量浓度的抗褐变剂及果汁自身的低pH抑制,在48 h后检测不出酶促褐变.故在试验中选用油浴,控制果汁在油浴盘管的出口温度为84~87℃.由表8知,其中PPO虽没有完全失活,但在果汁天然pH值3.8左右及抗褐变剂存在的情况下,测不出酶活,因此果汁在6个月储藏中没有酶促褐变发生.

表9 2种工艺制得的果汁特性

Tab.9 The property of products made by two kinds of processing

| 产品类型 | 改进工艺 的果汁 | 按文献[2] 工艺的果汁 |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| 可溶性固形物/°Br | 10.5 | 10.6 |
| 褐变指数 | 0.037 | 0.044 |
| 果汁颜色 | <i>L</i> 37.32 | <i>L</i> 37.12 |
| | <i>a</i> -1.02 | <i>a</i> -0.98 |
| | <i>b</i> 10.92 | <i>b</i> 10.72 |
| 粘度/(mPa·s) | 1.1470 | 1.1272 |
| 浊度/ A_{660nm} | 0.533 | 0.324 |
| 还原型VC 质量浓度/(mg/mL) | 0.007 | 0.041 |
| 总VC质量 浓度/(mg/mL) | 0.118 | 0.297 |
| pH | 3.78 | 3.76 |
| 酚类/ A_{500nm} ^a | 0.061 | 0.058 |
| P总固形物质量分数/% ^b | 11.33 | 11.01 |

注 a. 酚类/ A_{500nm} 用香草醛-盐酸法测定; b. 总固形物质量分数指果汁中总干物质与果汁的质量分数.

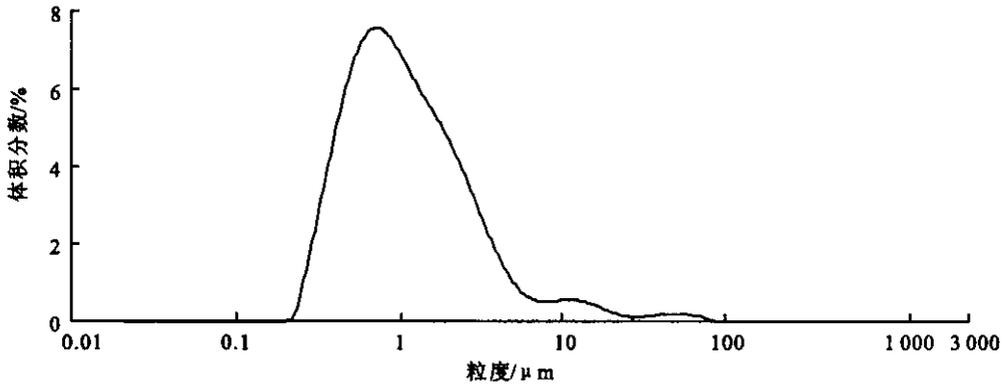


图3 改进后工艺制得的果汁中颗粒粒径分布图

Fig.3 The particle size distribution of juice made by improved processing

参考文献：

- [1] Beveridge T. Haze and cloud in apple juice[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* ,1997 ,37(1) 75 -91.
- [2] 吴卫华. 苹果加工[M]. 北京 :中国轻工业出版社 ,2001. 79 -80.
- [3] 陈清泉. 果汁非酶素性褐变及其抑制方法(上) [J]. *食品工业* ,1992 24(1) 45 -53.
- [4] Nuri Marti ,Antonio Perez-Vicente ,Cristina Garcia-Viguera. Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice[J]. *J Science Food Agriculture* 2001 82 217 -221.
- [5] 赵光远 ,王璋 ,许时婴. 浑浊苹果汁加工过程中的酶促褐变及其防止的研究[J]. *食品工业科技* 2003 (10) 57 -61.
- [6] 赵光远 ,王璋 ,许时婴. 浑浊苹果汁加工中苹果 PPO 热失活条件的研究[J]. *食品科技* 2003 (7) 84 -87 95.
- [7] Kintner P K ,Van Buren J P. Carbohydrate interference and its correction in pectin analysis using the m-hydroxydiphenyl method[J]. *Journal of Food Science* ,1982 47 756 -764.
- [8] Dugh C S ,Amerine M A. Methods for Analysis of Musts and Wines[M]. Second edition. New York :A Wiley-Interscience Publication ,John Wiley & Sons ,1988. 203 -205.
- [9] Martin L Price ,Steve Van Scoyoc ,Larry G. Butler ,A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain[J]. *J Agric Food Chem* ,1978 26(5) ,1214 -1218.
- [10] Wood P J ,Siddiqui I R. Determination of methanol and its application to measurement of pectin ester content and pectin methyl esterase activity[J]. *Analytical Biochemistry* ,1971 39 418 -428.
- [11] Milner Y ,Avigad G. A copper reagent for the dertermination of hexuronic acids and certain keto hexoses[J]. *Carbohydr Res* ,1967 4 359 -361.
- [12] 罗平. 饮料分析与检验[M]. 北京 :轻工业出版社 ,1993. 132 -136.
- [13] King K. Partial characterization of the in situ activitg of pectinesterase in Bramley appl[J]. *Int J Food Sci Tech* ,1990 25 : 188 -197.

(责任编辑 杨 勇)