

# 不同添加剂对刺梨果汁品质稳定性的影响

梁芳<sup>1</sup>, 高霞<sup>1</sup>, 杨雪<sup>1</sup>, 廉勇<sup>2</sup>, 丁筑红<sup>1,\*</sup>

(1. 贵州大学生命科学学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 黔西县绿原食品开发有限公司, 贵州 黔西 562400)

**摘要:** 以刺梨果汁为原料, 探讨4种添加剂壳聚糖、羧甲基壳聚糖、聚乙烯吡咯烷酮(PVPP)和明胶对刺梨果汁中单宁、VC、黄酮含量和超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响, 并探讨添加剂对刺梨果汁VC、黄酮、SOD热稳定性的影响。结果表明: 壳聚糖具有良好的脱单宁效果, 0.4g/100mL壳聚糖溶液对单宁脱除率达到66.40%, 0.4g/100mL羧甲基壳聚糖溶液对单宁脱除率达到52.40%, 0.5g/100mL PVPP溶液对单宁脱除率达到61.30%, 0.8g/100mL明胶溶液对单宁脱除率达到54.40%; 且壳聚糖能提高VC和黄酮的保存率, 0.7g/100mL壳聚糖溶液的VC和黄酮保存率分别为96.86%、97.55%; 对SOD活性无显著性影响( $P > 0.05$ )。在各添加剂的最优添加量下, 在45℃处理6h组VC、黄酮保存率和SOD活性均高于45℃处理50h和100℃处理30min组, 其中, 45℃处理6h组羧甲基壳聚糖处理组VC保存效果较好, 为72.88% ( $P < 0.05$ ); 壳聚糖组黄酮保存率96.44% ( $P < 0.05$ ), 壳聚糖和羧甲基壳聚糖处理组SOD活力保存率分别为78.26%和78.95% ( $P < 0.05$ )。

**关键词:** 添加剂; 刺梨果汁; 单宁; 品质稳定性

## Effects of Different Additives on the Quality Stability of *Rosa roxburghii* Tratt. Juice

LIANG Fang<sup>1</sup>, GAO Xia<sup>1</sup>, YANG Xue<sup>1</sup>, LIAN Yong<sup>2</sup>, DING Zhu-hong<sup>1,\*</sup>

(1. College of Life Science, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Qianxi Xian Lv Yuan Shi Pin Kai Fa Co.Ltd., Qianxi 562400, China)

**Abstract:** This study was performed to investigate the effect of different additives such as chitosan, carboxymethyl chitosan, polyethylene pyrrole (PVPP) and gelatin on the contents of tannins, VC and flavonoids and SOD activity in *Rosa roxburghii* Tratt. (Cili pear) juice. Besides, the effect on the thermal stability of VC and flavonoids and SOD activity in the juice was also examined. The results indicated that chitosan had an excellent tannin removal effect with a removal rate of 66.40% when added to Cili pear juice at a concentration of 0.4 g/100mL. At the same concentration, carboxymethyl chitosan addition resulted in a removal rate of 52.40%. The tannin removal rates resulting from 0.5 g/100mL PVPP addition and 0.8 g/100mL gelatin addition were 61.30% and 54.40%, respectively. Moreover, chitosan improved the retention rates of VC and flavonoids, which were 96.86% and 97.55%, respectively at the concentration of 0.7 g/100mL, but had no significant effect on SOD activity ( $P > 0.05$ ). When each additive was added at the optimized concentrations individually, heating at 45 °C for 6 h resulted in an increase in the retention rates of VC and flavonoids and SOD activity than at the same temperature for 50 h and at 100 °C for 30 min. Further, carboxymethyl chitosan showed a better retention of VC in Cili pear juice after heating at 45 °C for 6 h than other three additives, reaching 72.88% ( $P < 0.05$ ). The retention rates of flavonoids and SOD activity of chitosan treatment group were 96.44% and 78.26% ( $P < 0.05$ ), respectively, and of SOD activity of carboxymethyl chitosan treatment group 78.95% ( $P < 0.05$ ).

**Key words:** additives; *Rosa roxburghii* Tratt. (Cili pear) juice; tannin; quality stability

中图分类号: Q949.751.8

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)23-0053-05

刺梨(*Rosa roxburghii* Tratt.)为蔷薇科多年生落叶灌木, 是一种极具开发价值的植物资源。刺梨果中具有丰富的营养物质<sup>[1]</sup>, 特别是含有丰富的VC、黄酮和SOD等营养功效成分, 素有“三王水果”之称<sup>[2]</sup>, 但刺梨果中VC、超氧化物歧化酶(SOD)在加工贮藏过程中极不

稳定, 特别在饮料加工及贮藏过程中, 易受光、温度、pH值、金属离子等的影响而损失, 使刺梨果汁营养保健功能降低, 且刺梨含有较高的单宁物质, 口感酸涩<sup>[3]</sup>, 色泽褐变, 影响了刺梨产品感官品质。本实验以刺梨果汁为研究原料, 探讨不同添加剂对刺梨果汁单宁脱除效

收稿日期: 2011-06-30

基金项目: 毕节循环经济研究院专项资金项目(毕循专合字(2010)ZK008号)

作者简介: 梁芳(1989—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与安全。E-mail: liangfang226@yahoo.cn

\* 通信作者: 丁筑红(1966—), 女, 教授, 本科, 研究方向为农产品贮藏与加工。E-mail: gzdxdzh@163.com

果和品质稳定性的影响,旨在为提高刺梨果汁加工产品质量提供技术来源。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

刺梨:本地人工种植果,充分成熟,新鲜无霉烂变质,挑选后清洗滤干水分,聚乙烯薄膜包装后经-18℃冰柜冷冻贮藏备用。

羧甲基壳聚糖(脱乙酰度>95%) 合肥博美生物科技有限责任公司;壳聚糖(食品级) 杭州中香化学有限公司;聚乙烯吡咯烷酮 天津市科密欧化学试剂开发中心;明胶(食品级) 清新县和畅食品原料有限公司。

### 1.2 仪器与设备

JJ-2 组织捣碎匀浆机 常州澳华仪器有限公司;TU-1810 紫外分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司;数显式恒温水浴锅 上海梅香仪器有限公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 刺梨果汁的制备

将冻藏果室温下自然解冻,破碎压榨取汁,以净化水与刺梨汁体积比1:1稀释的刺梨汁备用。总酸含量0.66%(以苹果酸计<sup>[4]</sup>),总糖含量2.90%。

#### 1.3.2 添加剂使用方法

分别配制不同质量浓度的壳聚糖、羧甲基壳聚糖、PVPP和明胶水溶液,取1.3.1节中稀释的刺梨汁10mL按表1设计的添加量加入各添加剂,充分搅拌,自然放置15h后测定各项指标。

表1 刺梨汁添加剂实验用量

添加剂	添加量/(g/100mL)						
壳聚糖	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
羧甲基壳聚糖	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
PVPP	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
明胶	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4

#### 1.3.3 刺梨汁热稳定性实验

刺梨果汁具有热不稳定性<sup>[5]</sup>,实验初步探讨刺梨汁在45℃处理6h、45℃处理50h、100℃处理30min的热处理条件下,添加剂对其稳定性影响特性。

采用脱单宁实验的最优添加量加入10mL刺梨果汁中,分别为壳聚糖0.4g/100mL、羧甲基壳聚糖0.4g/100mL、PVPP 0.5g/100mL、明胶0.8g/100mL,搅拌充分,自然放置15h后,分别在45℃水浴6h、45℃水浴50h、100℃水浴30min,分别进行指标测定。

### 1.4 分析方法

单宁含量测定:高锰酸钾滴定法;VC含量测定:

分光光度法<sup>[6]</sup>;黄酮含量测定:分光光度法<sup>[7]</sup>;SOD活性测定:分光光度法<sup>[8]</sup>。

### 1.5 统计分析

利用SPSS软件,采用Duncan's新复极差法对各项指标进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同添加剂对刺梨果汁单宁脱除效果的影响

单宁又称植物多酚,是广泛存在于蔬菜和水果中的一类多元酚类化合物,刺梨中单宁物质含量影响刺梨汁的口感及色泽<sup>[9]</sup>。不同添加剂对刺梨果汁中单宁脱除效果如图1所示。

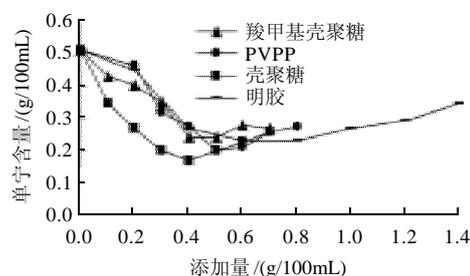


图1 不同添加剂对刺梨果汁单宁含量的影响

Fig.1 Effect of different additives on tannin content in Cili juice

由图1可知,壳聚糖在刺梨果汁中单宁含量随着壳聚糖增加呈现先下降后上升趋势,当添加量为0.4g/100mL时,刺梨果汁中的单宁脱除效果最佳,脱除率达到66.40%,单宁含量为0.172g/100mL。这是由于壳聚糖可以与果汁中负电性的胶态颗粒(如单宁)结合,并且以壳聚糖的长链作为骨架附聚其上形成凝聚体沉降下来<sup>[10]</sup>。由于高分子絮凝剂浓度保持在较窄范围内才能实现较好的絮凝效果<sup>[10]</sup>,随着壳聚糖添加量的增加,絮凝效果减弱。羧甲基壳聚糖是壳聚糖经羧甲基化后得到的一种衍生物,通过羧甲基改性,破坏壳聚糖分子间的氢键,增加其水溶性,同时羧甲基壳聚糖是两性高分子聚电解质,既可以结合带负电荷的物质,又可以结合带正电荷的物质<sup>[11]</sup>。当羧甲基壳聚糖添加量为0.4g/100mL时,刺梨果汁单宁的脱除效果达到最佳,此时单宁含量为0.243g/100mL,脱除率达到52.40%,随着羧甲基壳聚糖添加量的增加,单宁含量也出现小幅度的增加。

PVPP具有较强的络合沉淀能力,可通过羰基与多酚类物质形成氢键络合物,吸附类黄酮和单宁,除去具有涩味的成分而改善饮料的口感<sup>[12-13]</sup>。随着添加量的增加,刺梨果中单宁物质逐渐下降,当添加量为0.5g/100mL时,单宁含量达到最低值,为0.198g/100mL,脱除率达到61.30%。当添加量大于0.5g/100mL时,PVPP对单

宁的吸附能力逐渐下降, 导致单宁含量逐渐升高, 分析可能原因是 PVPP 添加量的增加, 相互之间产生交联, 吸附单宁的表面积减少, 导致吸附能力下降<sup>[14]</sup>。

明胶与单宁间多点疏水键和氢键的共同作用, 形成明胶-单宁络合物沉淀, 使果汁中的单宁随沉淀而去除<sup>[9]</sup>。随着明胶溶液添加量的不断增加, 刺梨汁中单宁含量呈先下降后上升的趋势, 此结果与解利利等<sup>[14]</sup>研究结果一致。添加量小于 0.8g/100mL 时, 刺梨果汁中单宁含量随着明胶添加量的增加逐渐降低, 当添加量为 0.8g/100mL 时达到最低, 此时, 明胶对单宁的吸附作用达到最大, 单宁脱除率为 54.40%, 这是由于当溶液中蛋白质的浓度较低时, 众多的单宁分子在蛋白质表面结合形成单分子疏水层。当结合的单宁分子达到一定数量, 使蛋白质表面疏水性足够大时, 沉淀随之产生, 单宁随着沉淀脱除, 继续增加蛋白质浓度, 蛋白质之间产生交联作用, 使蛋白质沉淀, 使得单宁分子与蛋白质的结合能力下降, 吸附作用减小<sup>[15]</sup>。

根据统计分析可知, 4 种添加剂不同处理间单宁脱除效果均有极显著性差异( $P < 0.05$ ), 不同添加剂对刺梨果汁中单宁脱除效果依次为壳聚糖 > PVPP > 羧甲基壳聚糖 > 明胶, 壳聚糖处理组以添加量为 0.4g/100mL 效果最佳。

### 2.2 不同添加剂对刺梨果汁 VC 含量的影响

VC 为水溶性维生素, 化学性质活泼, 对热、氧、金属离子及碱性环境敏感, 极易损失<sup>[16]</sup>。果蔬产品加工过程中, VC 保存程度是衡量产品质量的重要指标。添加剂对刺梨果汁中 VC 影响如图 2 所示, 同种添加剂不同处理量 VC 含量有显著性差异( $P < 0.05$ )。不同添加剂之间 VC 含量也呈显著差异( $P < 0.05$ ), 其中壳聚糖效果优于其他处理, 壳聚糖 > 羧甲基壳聚糖 > 明胶 > PVPP。

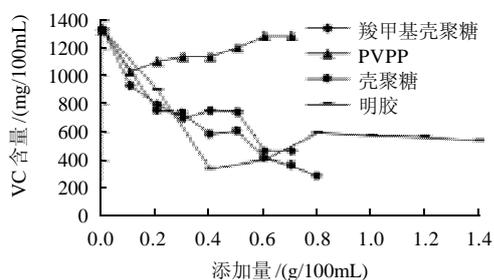


图 2 不同添加剂对刺梨果汁 VC 含量的影响

Fig.2 Effect of different additives on VC content in Cili juice

由图 2 可知, 添加壳聚糖的刺梨果汁能很好的保存刺梨果汁中 VC 含量, 壳聚糖对 VC 的保护作用优于羧甲基壳聚糖、PVPP 和明胶。当壳聚糖添加量为 0.1g/100mL 时, 其 VC 保存率可达到 77.90%, 均高于其他添加剂处

理组。随着壳聚糖添加量的增加, VC 保存率也逐渐升高, 当其添加量为 0.6g/100mL 时, VC 保存率高达 96.74%; 添加量为 0.7g/100mL 时, VC 保存率为 96.86%。这可能是壳聚糖具有抗氧化性<sup>[17]</sup>, 能保护 VC 的氧化。随着羧甲基壳聚糖添加量的增加, VC 含量呈下降趋势, 当其添加量为 0.7g/100mL 时, 果汁 VC 的保存率仅为 35.58%。说明高质量浓度的羧甲基壳聚糖不利于 VC 的保存。PVPP 不利于 VC 的保存, 当其添加量为 0.1g/100mL 时, 刺梨果汁 VC 保存率仅为 57.21%, 随着添加量的增加, VC 的含量逐渐下降, 当添加量为 0.8g/100mL 时, 其 VC 损失率高到 78.65%。

王亚楠<sup>[18]</sup>研究明胶对菠菜原汁中 VC 保存率的影响表明随着明胶浓度的增加, 可以提高其 VC 的保存率。而在本实验中, 明胶的添加使得刺梨果汁中 VC 含量出现较大幅度的波动, 呈现先下降后上升再下降的趋势, 当其添加量为 0.2g/100mL 时, VC 含量相对较高, 为 911.63mg/100mL, 保存率为 68.37%; 当添加量为 0.4g/100mL 时, VC 含量达到最低值, 仅为 341.09mg/100mL, 保存率仅为 25.58%; 当添加量大于 0.4g/100mL 时, VC 含量逐渐上升, 在添加量为 0.8g/100mL 时, VC 含量出现一个最高值, VC 含量为 595.35mg/100mL, 随后保持稳定。

### 2.3 不同添加剂对刺梨果汁黄酮含量的影响

黄酮是刺梨果实中存在的丰富的天然抗氧化物质, 它能防止 VC 被氧化而受到破坏, 增强维生素的效果<sup>[19]</sup>。黄酮也是一类极不稳定的物质, 在饮料加工及贮藏过程中, 易受光、温度、pH 值、金属离子等的影响而损失。

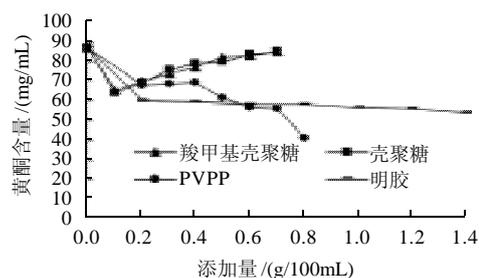


图 3 不同添加剂对刺梨果汁黄酮含量的影响

Fig.3 Effect of different additives on flavonoid content in Cili juice

由图 3 可知, 随着羧甲基壳聚糖和壳聚糖的增加, 刺梨果汁中黄酮含量呈上升趋势, 当添加量为 0.7g/100mL 时, 黄酮含量均为 85.25mg/mL、黄酮保存率达 97.55%, 羧甲基壳聚糖和壳聚糖的作用效果无显著性差异。刺梨果汁中黄酮含量随着 PVPP 添加量增加而减少, 当添加量为 0.8g/100mL 时, 黄酮含量仅为 40.75mg/mL, 保存率仅为 46.63%, 可能因为 PVPP 通过羰基与多酚类物质

形成氢键络合物时, 吸附类黄酮和单宁<sup>[12]</sup>, 导致黄酮含量下降。

统计分析显示, PVPP各处理组黄酮含量有显著性差异( $P < 0.05$ )。明胶的添加降低了黄酮的含量, 当添加量为0.2g/100mL时, 黄酮保存率为69.03%, 当添加量为1.4g/100mL时, 其保存率为61.96%, 其变化趋势较小, 呈相对较稳定的状态, 各处理无显著性差异( $P > 0.05$ )。

#### 2.4 不同添加剂对刺梨果汁 SOD 活力的影响

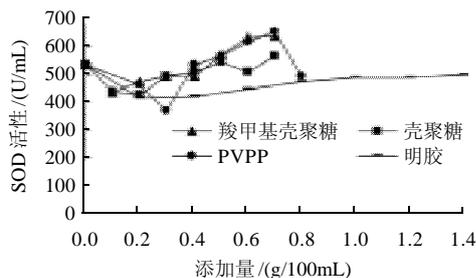


图4 不同添加剂对刺梨果汁 SOD 活力的影响

Fig.4 Effect of different additives on SOD activity in Cili juice

刺梨果中含有丰富的 SOD<sup>[20]</sup>, 是需氧有机体普遍存在的一种含金属的酶, 可清除有机体内毒性最强的超氧化阴离子自由基, 保护机体免受自由基的危害<sup>[5]</sup>, 是刺梨中重要的功效成分。由图4可知, 刺梨果汁中 SOD 活性随着4种添加剂添加量的增加而呈上升趋势, 其中羧甲基壳聚糖和壳聚糖的添加量为0.7g/100mL时, 刺梨果汁 SOD 活性出现最大值, 分别为639.1、567.52U/mL。PVPP对刺梨果汁 SOD 活性的影响出现先上升后下降的趋势, 当添加量为0.7g/100mL时, SOD 活性达到最大值, 为654.44U/mL, 随后出现下降趋势。SOD 活性随着明胶添加量的增加而呈上升趋势, 但增加缓慢, 最大增长率仅6.9%, 说明明胶添加量对 SOD 活性影响较小, 添加量为1.4g/100mL时, SOD 活性为499.4U/mL。

统计分析显示, 不同添加剂之间 SOD 含量无显著性差异( $P > 0.05$ ), 同种添加剂不同处理量 SOD 含量也无显著性差异( $P > 0.05$ )。说明各添加剂不同处理组对刺梨果汁 SOD 含量无明显影响。

#### 2.5 不同添加剂对刺梨果汁 VC、黄酮、SOD 热稳定性的影响

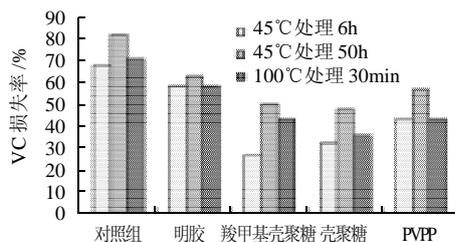


图5 不同添加剂对 VC 稳定性的影响

Fig.5 Effect of different additives on VC stability in Cili juice after thermal treatment

张雁等<sup>[16]</sup>、吴红艳等<sup>[21]</sup>研究得出 VC 在 35~45℃时相对较稳定, 随着温度升高, VC 保存率持续下降。由图5可知, 刺梨原汁 45℃处理 6h、45℃处理 50h、100℃处理 30min, VC 保存率分别为 30.86%、16.73% 和 28.15%。100℃处理 30min 各处理组 VC 损失率大于 45℃处理 6h, 低于 45℃处理 50h, 温度过高, 加热时间的延长, 促进 VC 热分解, 而壳聚糖和羧甲基壳聚糖处理组 VC 的损失较其他添加剂少, 壳聚糖 VC 保存率分别为 67.49%(45℃处理 6h)、51.49%(45℃处理 50h)和 63.34%(100℃处理 30min), 较对照组提高 36.63%(45℃处理 6h)、34.76%(45℃处理 50h)和 35.19%(100℃处理 30min); 羧甲基壳聚糖处理 VC 的保存率分别为 72.88%(45℃处理 6h)、49.47%(45℃处理 50h)和 56.49%(100℃处理 30min), 较对照组提高 42.28%、32.74% 和 28.34%。

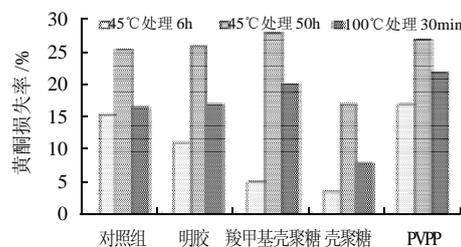


图6 不同添加剂对黄酮稳定性的影响

Fig.6 Effect of different additives on flavonoid stability in Cili juice after thermal treatment

由图6可知, 在 45℃处理 6h 组黄酮保存率优于 45℃处理 50h, 其中, 壳聚糖处理组黄酮保存率达到最高, 为 96.44%, 其次为羧甲基壳聚糖, 保存率达 94.82%, 而 45℃处理 50h 保存, 羧甲基壳聚糖保存率为 71.86%, 壳聚糖保存率为 82.99%; 同时可以看出高温长时间处理不利于黄酮稳定性, 100℃处理 30min, 对照组刺梨果汁中黄酮保存率为 85.83%, PVPP 组保存率为 77.98%, 壳聚糖组保存率为 92.04%。

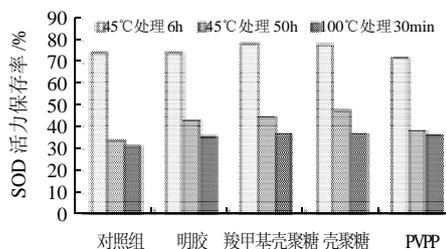


图7 不同添加剂对刺梨果汁 SOD 活力的影响

Fig.7 Effect of different additives on SOD stability in Cili juice after thermal treatment

由图7可知, 45℃处理 6h 组 SOD 活力高于 45℃处

理 50h, 高于 100℃ 处理 30min, 45℃ 处理 6h 后, 45℃ 处理 6h 组 SOD 活力均保存在 70% 以上, 其中壳聚糖和羧甲基壳聚糖活力最高, 分别为 78.26%、78.95%, 分别比对照高 4.36%、3.67%, 此结果与吕金海等<sup>[1]</sup>研究证明 SOD 活性在 45℃ 条件下相对较稳定的结果一致, 而 100℃ 处理 30min, SOD 活性迅速减弱, 其中酶活力最高组为羧甲基壳聚糖, 保存率仅为 37.54%, 证明高温以及长时间不利于 SOD 的保存, 会抑制 SOD 酶活力。

统计分析显示, 不同保存条件对刺梨果汁中 VC、SOD 稳定性呈显著性差异( $P < 0.01$ ), 不同保存条件黄酮含量有显著性差异( $P < 0.05$ ), 其稳定效果依次为 45℃ 处理 6h > 100℃ 处理 30min > 45℃ 处理 50h, 其中羧甲基壳聚糖与壳聚糖处理效果优于其他处理组。

### 3 结 论

由于刺梨果汁中含有不稳定的营养成分, 在贮藏加工过程中极易遭到破坏而影响果汁品质与营养, 在刺梨果汁加工过程中, 添加 0.4g/100mL 壳聚糖溶液, 能有效脱除刺梨果汁中的单宁物质, 改善果汁口感, 单宁脱除率达 66.40%, 且壳聚糖的存在能够很好的保存 VC、黄酮含量及 SOD 活力。实验表明 VC、SOD 和黄酮具有热不稳定性, 在加工贮藏中应避免高温及长时间贮藏。羧甲基壳聚糖、壳聚糖处理可有效减少 VC、SOD、黄酮热损失, 对生产加工中控制刺梨品质具有一定参考价值。

### 参 考 文 献:

- [1] 赵转地, 张爱华, 洪峰. 刺梨及其产品的营养及保健药用价值研究进展[J]. 环境与职业医学, 2007(1): 82-84.
- [2] 任秋萍, 邢柱东, 张演义. 水果珍品: 刺梨[J]. 特种经济动植物, 2003(10): 31.

- [3] 丁正国. 刺梨果汁的加工与保鲜[J]. 食品科学, 1994, 15(4): 70-73.
- [4] 安华明, 刘明, 杨曼, 等. 刺梨有机酸组分及抗坏血酸含量分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(10): 2094-2100.
- [5] 吕金海, 李胜华, 陈静. 刺梨中维生素 C 和超氧化物歧化酶的稳定性研究[J]. 山地农业生物学报, 2006(3): 223-228.
- [6] 曹健康, 姜微波. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [7] 吴素玲, 孙晓明, 张卫明. 紫外分光光度法测定刺梨黄酮含量的研究[J]. 粮油食品科技, 2006, 4(5): 54-56.
- [8] MARKLUND S, MARKLUND G. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of phyrogattol and a convenient assay of superoxide dismutase[J]. Eur J Biochem, 1974, 47: 466-469.
- [9] 张磊, 吕远平. 果汁中单宁脱除方法的研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(3): 312-315.
- [10] 李维静. 甲壳素、壳聚糖的性质、制备及其在食品中的应用[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(10): 58-60.
- [11] 王卫东, 许时婴. 羧甲基壳聚糖的制备及其在黑莓果汁澄清中的应用[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 241-244.
- [12] WALTERS M T, HEASMAN A P, HUGHES P S. Comparison of (+)-catechin and ferulic acid as natural antioxidants and their impact on beer flavor stability[J]. J Am Soc Brew Chem, 1997, 55(3): 91-98.
- [13] 王志, 黄惠华, 陈建新. 饮料中的多酚-蛋白质反应及其稳定化处理[J]. 食品工业科技, 2002(12): 81-84.
- [14] 解利利, 张愨, 孙金才. 化学吸附法脱除蓝莓汁中单宁的研究[J]. 食品与生物技术学报, 2010(6): 847-853.
- [15] 张磊, 吕远平. 果汁涩味脱除工艺的研究[J]. 饮料工业, 2009(8): 19-21.
- [16] 张雁, 徐玉娟. 苦瓜原汁中 VC 稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(11): 87-90.
- [17] 金黎明. 壳聚糖及其衍生物的抗氧化作用[J]. 食品与发酵工业, 2008(11): 66-68.
- [18] 王亚楠. 菠菜原汁中 VC 稳定性的研究[J]. 浙江农业科学, 2010(3): 554-557.
- [19] 王鹤滨. 维生素家族的另类成员: 维生素 P[J]. 科学养生, 2011(3): 38.
- [20] 柯世省, 王克满. 刺梨汁 SOD 及其同工酶的活力测定与定位染色[J]. 浙江农业学报, 2001(3): 176-178.
- [21] 吴红艳. 马铃薯中维生素 C 稳定性的研究[J]. 齐齐哈尔大学学报, 2004(3): 29-31.