

文章编号:1673-1689(2010)06-0847-07

化学吸附法脱除蓝莓汁中单宁的研究

解利利¹, 张 慤^{*1}, 孙金才²

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 浙江海通食品有限公司, 浙江 慈溪 315300)

摘 要: 采用明胶和聚乙烯吡咯烷酮(PVP)对蓝莓汁进行单宁的吸附研究。明胶吸附正交实验结果表明, 明胶吸附单宁类多酚物质的最佳条件为: 作用温度 30 ℃, 作用时间 30 min, 按 10 mL/dL 添加质量分数为 1% 明胶溶液。单宁的脱除率可达 65.60%。PVP 吸附正交实验结果表明: PVP 吸附单宁类多酚物质的最佳条件为: 作用温度 30 ℃, 作用时间 25 min, 添加量 5 g/L。单宁的去除率可达 74.48%。

关键词: 蓝莓汁; 单宁; 明胶; PVP

中图分类号: TS 275.4

文献标识码: A

Study on Removing Tannin in Blueberry Juice by Chemical Adsorption

XIE Li-li¹, ZHANG Min^{*1}, SUN Jin-cai²

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Haitong Food Group Ltd. Co, Cixi 315300, China)

Abstract: In this study, the optimum conditions of gelatin and PVP to remove tannin in Blueberry juice were determined by orthogonal experiment. The optimum conditions for gelatin to adsorb tannin was listed as follows: adsorption temperature 30 ℃, adsorption time 30min, the dosage of 1% gelatin solution 10 mL/dL. The optimum conditions for PVP was as follows: adsorption temperature 30 ℃, adsorption time 25 min, the dosage of PVP 5 g/L. By employed those optimum conditions, the tannin removal rate achieved at 65.60% and 74.48%, respectively.

Key words: blueberry juice, tannin, gelatin, PVP

蓝莓(blueberry), 又称越橘、蓝浆果, 属杜鹃花科越橘属多年生落叶或常绿灌木。蓝莓果实近圆形, 呈现深蓝色。蓝莓果含有丰富的花色苷, 另外还含有碳水化合物、有机酸、纤维素、Vc、黄酮、钾、钙、磷等矿物质^[1-3]。

果汁的涩味主要是单宁与蛋白质作用引起感官上的收敛性^[4]。蓝莓果实中含有较多的单宁, 尤

其在果皮和果核中含量丰富。在果汁加工过程中, 由于果皮或果核去除不完全, 导致大量的单宁混入果汁, 引起果汁的苦涩味, 影响果汁的口感和质量。国内现有蓝莓果汁的生产工艺多为: 原料选择, 清洗, 破碎, 酶解, 榨汁, 调配等^[5-7], 有报道使用明胶和膨润土进行澄清处理^[8], 并有防止蓝莓混汁褐变的研究^[9], 但专门脱涩方法研究较少。针对蓝莓汁

收稿日期: 2009-12-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(20776062)。

* 通信作者: 张慤(1962—), 男, 浙江平湖人, 工学博士, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品贮藏与加工研究。

Email: min@jiangnan.edu.cn.

中由单宁引起的涩味问题进行了明胶和 PVP 脱涩研究,对改善蓝莓汁的适口性及提高蓝莓汁产品品质有着积极的意义。

1 试验材料

1.1 试验仪器与试剂

721 可见分光光度计:上海第三分析仪器厂产品;HH-S 型水浴锅:郑州长城科工贸有限公司;CJJ78-1 型磁力加热搅拌器:金坛市大地自动化仪器厂产品;FA1104 分析天平:上海天平仪器厂产品;LXJ-II 型离心沉淀机:上海医用分析仪器厂产品。

单宁酸、FC 试剂、亚硝酸钠、硫酸铝、无水乙酸钠、冰醋酸、浓盐酸:分析纯试剂;明胶、柠檬酸、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、无水碳酸钠:化学纯试剂;去离子水。

1.2 试验原料

蓝莓原汁:浙江海通食品集团提供。

2 试验方法

蓝莓汁加工工艺流程:蓝莓原汁→解冻→吸附→离心→调配→灭菌→密封灌装→成品。

2.1 明胶脱涩影响因素研究步骤

2.1.1 明胶添加量对吸附单宁的影响 取 100 mL 解冻后蓝莓原汁,分别添加不同体积质量分数为 1% 的明胶溶液 2、4、6、8、10、12 mL,30 °C 条件下进行吸附,处理 30 min。离心,测定离心液中单宁含量,同时测定黄酮及单体花色苷含量。

2.1.2 明胶作用温度对吸附单宁的影响 取 100 mL 解冻后蓝莓原汁,添加质量分数为 1% 的明胶溶液 10 mL,在 10、20、30、40、50 °C 下分别进行吸附,处理 30 min。离心,测定离心液中单宁含量,同时测定黄酮及单体花色苷含量。

2.1.3 明胶作用时间对吸附单宁的影响 取 100 mL 解冻后蓝莓原汁,添加质量分数为 1% 的明胶溶液 10 mL,30 °C 吸附处理 20、30、40、50、60 min。离心,测定离心液中单宁含量,同时测定黄酮及单体花色苷含量。

2.2 PVP 脱涩影响因素研究步骤

2.2.1 PVP 添加量对吸附单宁的影响 取 100 mL 解冻后蓝莓原汁,分别添加 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8 g PVP,30 °C 吸附处理 45 min。离心,测定离心液中单宁含量,同时测定黄酮及单体花色苷含量。

2.2.2 PVP 作用温度对吸附单宁的影响 取 100

mL 解冻后蓝莓原汁,添加 0.5 g PVP,在 10、20、30、40、50 °C 下分别进行吸附,处理 35 min。离心,测定离心液中单宁含量,同时测定黄酮及单体花色苷含量。

2.2.3 PVP 作用时间对吸附单宁的影响 取 100 mL 解冻后蓝莓原汁,添加 0.5 g PVP,30 °C 下分别吸附处理 15、25、35、45、55 min。离心,测定离心液中单宁含量,同时测定黄酮及单体花色苷含量。

2.3 单宁的测定

选用 FC 法^[10]测定蓝莓汁中的单宁含量。

FC 试剂的配制:准确称取 100.00 g 钨酸钠($\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)和 25.00 g 铝酸钠

($\text{NaWO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),量取 700 mL 蒸馏水,用少量蒸馏水溶解钨酸钠,钨酸钠移入 2 000 mL 的带塞蒸馏瓶中,加入 50 mL 体积分数 85% 浓磷酸和 100 mL 浓盐酸,充分浑匀,小火回流 10 h,再加入 150.000 g 硫酸锂($\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、50 mL 蒸馏水和几滴溴水,去塞煮沸 15 min,溴水挥发完全后,将溶液冷却,定容至 1 000 mL,过滤。

标准曲线绘制:准确称取单宁酸 5 mg,溶解后移入 50 mL 容量瓶中,蒸馏水定容至刻度,混匀。即得 0.1 mg/mL 单宁酸标准溶液。取 5 个 50 mL 的棕色容量瓶,分别加入单宁酸标准液 1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 mL,而后加入 2.0 mL 的 FC 试剂和 10.0 mL 75 g/L 饱和 Na_2CO_3 溶液,加水定容至刻度,30 °C 避光放置 1 h,760 nm 波长测吸光度,做 3 次平行试验,取平均值,以浓度和吸光度为横纵坐标绘制单宁酸标准曲线。以蒸馏水做空白。

样品中单宁含量测定:取处理好的蓝莓汁 0.5 mL 于 50 mL 容量瓶中,加入 2.0 mL 的 FC 试剂和 10.0 mL 75 g/L 饱和 Na_2CO_3 溶液,加水定容至刻度,30 °C 避光放置 1 h,760 nm 波长测吸光度,做 3 次平行试验,取平均值,根据回归方程计算出单宁含量。

2.4 黄酮的测定

标准曲线绘制:精确称取 120 °C 干燥恒重芦丁(作黄酮标准对照品)10 mg,体积分数 60% 乙醇定容于 100 mL 容量瓶中,摇匀。分别移取芦丁对照品溶液 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5 mL 置 10 mL 具塞试管中,加质量分数 5% 亚硝酸钠溶液和质量分数 10% 硝酸铝溶液各 0.3 mL 放置 6 min;加 1 mol/L 的 NaOH 溶液 4.0 mL 用体积分数 60% 乙醇溶液稀释至刻度,摇匀。放置 15 min,于 510 nm 处测吸光度^[11],以蒸馏水为空白,做 3 次平行试验,取平均值,以质量浓度和吸光度为横纵坐标绘制芦丁标准

曲线。

样品中黄酮含量测定:取处理好的蓝莓汁 0.5 mL 置 10 mL 具塞试管中,加质量分数 5%亚硝酸钠溶液和质量分数 10%硝酸铝溶液各 0.3 mL 放置 6 min;加 1 mol/L 的 NaOH 溶液 4.0 mL 用体积分数 60%乙醇溶液稀释至刻度,摇匀。放置 15 min,于 510 nm 处测吸光度,做 3 次平行试验,取平均值,根据回归方程计算出样品中黄酮含量。

2.5 花色苷的测定

取 10 mL 试管两支,各加入 0.5 mL 果汁,再分别加入 pH 1.0 缓冲液和 pH 4.5 缓冲液各 9.5 mL,置于暗处平衡 30 min,以蒸馏水作对照,用紫外-可见分光光计在 510 和 700 nm 处分别测定其吸光度值 A,每个样品重复 3 次,取平均值,计算花色苷质量浓度^[12]:

花色苷质量浓度(mg/L) = (A/L) × 26 900 × 1 000 × 449.2 × 稀释倍数

其中:A 为单吸光度,L 为比色杯的宽度(cm),此处为 1;26 900 为矢车菊色素-3-葡萄糖苷的摩尔消光系数;449.2 为矢车菊色素-3-葡萄糖苷的摩尔相对分子质量。

3 结果与讨论

3.1 单宁酸及黄酮标准曲线

单宁酸标准曲线如图 1 所示。单宁酸质量浓度与 760 nm 处的吸光度呈线性关系,在一定浓度范围内单宁的回归方程为 $y = 11.363x + 0.1073$, $R^2 = 0.9982$ 。因此可以通过测定吸光度确定蓝莓汁中单宁的浓度。经测定,解冻后的蓝莓原汁中单宁酸质量分数为 350 mg/hg。

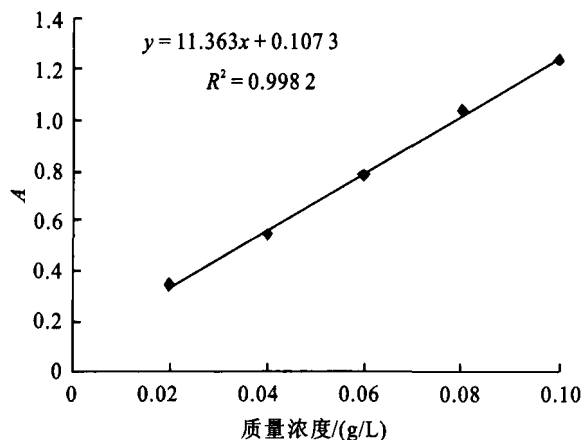


图 1 单宁标准曲线

Fig. 1 Standard curve of tannin

黄酮标准曲线如图 2 所示。芦丁质量浓度与 510 nm 处的吸光度呈线性关系,在一定浓度范围内芦丁的回归方程为 $y = 15.804x + 0.0161$, $R^2 =$

0.9993,可以通过测定吸光度确定蓝莓汁中黄酮的质量浓度。

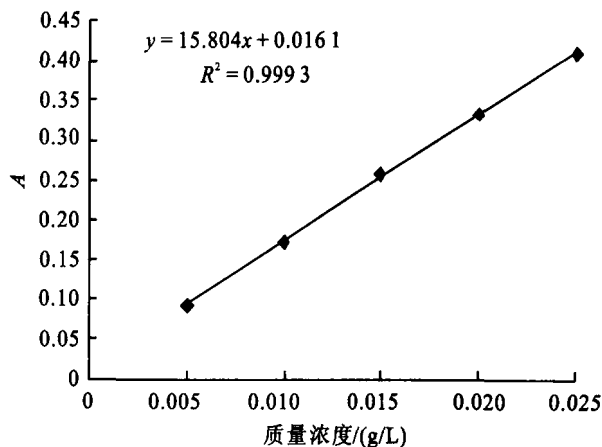


图 2 芦丁标准曲线

Fig. 2 Standard curve of rutin

3.2 明胶脱涩影响因素研究

3.2.1 明胶添加量对吸附单宁的影响 100 mL 蓝莓汁中添加不同体积的体积分数为 1%明胶溶液,30 ℃ 30 min 吸附处理后果汁中的单宁及黄酮和花色苷含量变化如图 3 所示。由图 3 可知,随着明胶溶液的添加量不断增加,果汁中单宁的含量呈现先下降后上升的趋势。图 3 还显示,明胶的添加量对果汁中的黄酮和花色苷含量也有影响,但影响效果不如对单宁效果显著。随着明胶添加量的增加,果汁中黄酮含量变化不大,花色苷含量总体呈现逐渐下降趋势,但下降幅度较小。

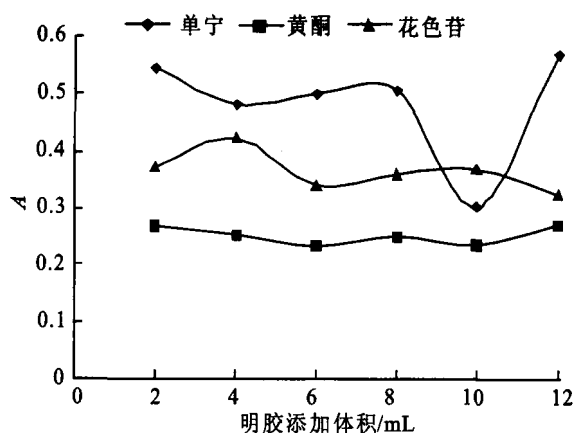


图 3 明胶添加量对果汁中单宁、黄酮及花色苷含量的影响

Fig. 3 Effect of the gelatin concentration on the tannin, flavone and anthocyanin

添加量小于 10 mL 时,果汁中单宁浓度随着明胶添加量的增加逐渐降低,在添加量为 10 mL 时达到最低,即明胶对单宁的吸附作用达到最大,随着添加量的继续增加,明胶对单宁的络合吸附能力反而下降。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,因此吸附能力随着明胶添加量的增加而增加。继续增加蛋白质浓度,由于溶液中蛋白质比例增加,蛋白质分子间产生了交联,即蛋白质分子被单宁分子连接成聚集体,其结果是蛋白质更易沉淀,但提供给单宁分子结合的表面积降低,因而蛋白质吸附单宁的能力降低^[13-14],所以质量分数 1%明胶溶液的添加量为 10 mL/dL 时对单宁有最佳的吸附效果。

3.2.2 明胶作用温度对吸附单宁的影响 100 mL 蓝莓汁中添加 10 mL 的质量分数 1%明胶溶液,不同温度下 30 min 吸附处理后果汁中的单宁、黄酮及花色苷含量经测定如图 4 所示。图 4 表明,在不同温度下,明胶对单宁的吸附能力有所不同。随着温度的不断升高,明胶对单宁的吸附能力总体呈现下降趋势。果汁中黄酮和花色苷含量随着明胶吸附温度的升高呈现微小下降趋势,并逐渐趋于平衡。

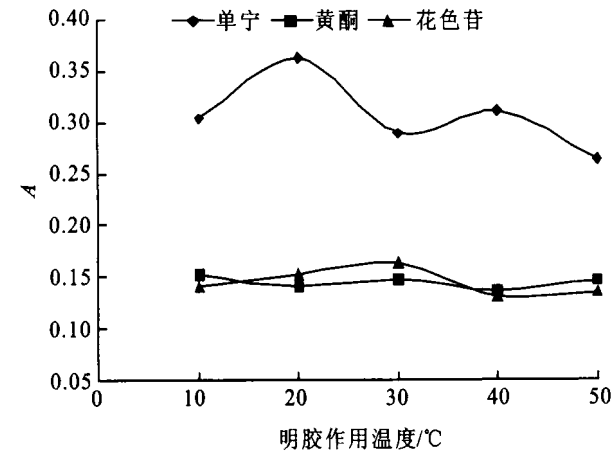


图 4 明胶作用温度对果汁中单宁、黄酮及花色苷含量的影响

Fig. 4 Effect of gelatin adsorption temperature on the tannin, flavone and anthocyanin

由分析可知,明胶对单宁的吸附能力随温度的升高逐渐增强,但处理温度较高,果汁风味物质挥发严重,且酸味过于突出,对成品果汁品质不利。因此选择 30℃为明胶吸附的较佳温度,此时果汁中黄酮和花色苷保持也较好。

3.2.3 明胶作用时间对吸附单宁的影响 100 mL 蓝莓汁中添加 10 mL 的质量分数 1%明胶溶液,30℃吸附处理不同时间后果汁中的单宁、黄酮及花色苷含量变化见图 5。从图 5 可以看出,明胶对单宁的吸附能力随着作用时间的延长呈现先提高后下降并趋于平稳态势。随着明胶作用时间的变化,果汁中的黄酮和花色苷的变化趋势同单宁变化基本一致,都呈现先下降后逐渐趋于平衡的趋势。

由图可知果汁中黄酮和花色苷变化趋势同单宁相同,但吸附最低点不同。分析可能原因为:明

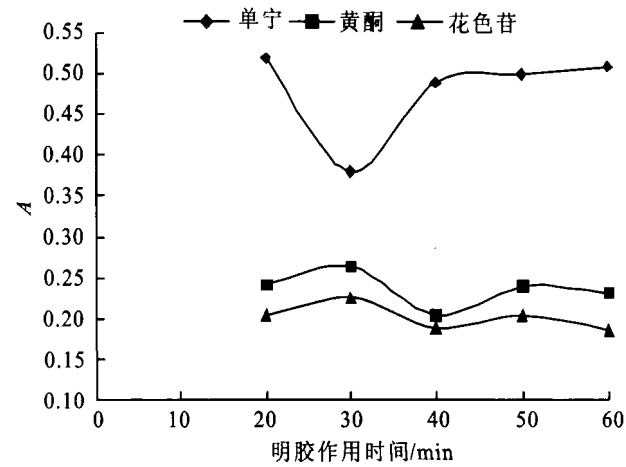


图 5 明胶作用时间对果汁中单宁、黄酮及花色苷含量的影响

Fig. 5 Effect of gelatin adsorption time on the tannin, flavone and anthocyanin

胶的吸附能力有限,当其对单宁的吸附能力上升时,对其他物质的吸附能力就有所下降。添加 10 mL 的明胶溶液于 100 mL 蓝莓汁中,30℃处理 30 min 时,果汁中的单宁含量降到最低,黄酮和花色苷含量保持较好。吸附时间大于等于 40 min 时,吸附达到平衡,明胶和单宁的多点氢键结合在适宜的温度下具有较强的稳定性。

3.2.4 明胶吸附正交实验 在明胶吸附单因素试验的基础上,采用 $L_9(3^4)$ 正交表,以吸附温度、吸附时间、1%明胶溶液添加量进行三因素三水平正交试验,以确定蓝莓汁中单宁去除效果的适宜工艺参数。正交试验结果见表 1。

表 1 明胶吸附正交实验结果				
Tab. 1 Results of orthogonal tests in gelatin adsorption experiment				
序号	A	B	C	A
1	1(20℃)	1(20 min)	1(6 mL)	0.164
2	1	2(30 min)	2(8 mL)	0.145
3	1	3(40 min)	3(10 mL)	0.159
4	2(30℃)	1	2	0.134
5	2	2	3	0.12
6	2	3	1	0.174
7	3(40℃)	1	3	0.163
8	3	2	1	0.187
9	3	3	2	0.186
K1	0.468 00	0.461 00	0.525 00	
K2	0.428 00	0.452 00	0.465 00	
K3	0.536 00	0.519 00	0.442 00	
R	0.036 00	0.022 30	0.027 70	

由正交试验结果分析可知,各因素对蓝莓汁中单宁含量的影响程度依次为 $A>C>B$,即明胶吸附

温度>明胶添加量>明胶吸附时间,并且每个因素的各个水平间大小关系为 $A_3>A_1>A_2$, $B_3>B_1>B_2$, $C_1>C_2>C_3$,所以最佳提取条件为 $A_2B_2C_3$ 。由极差分析结果可知,明胶吸附时间对蓝莓汁中单宁含量影响显著性最小,明胶吸附温度对蓝莓汁中单宁的影响最显著,明胶添加量对蓝莓汁中单宁含量具有显著性。由此可见,明胶吸附蓝莓汁中单宁的最优工艺组合为 $A_2B_2C_3$,即吸附温度 30℃,吸附时间 30 min,质量分数 1%明胶溶液添加量为 10 mL/dL 蓝莓汁。此时,明胶对蓝莓汁中单宁脱除率为 65.60%。

3.3 PVP 脱涩影响因素研究

3.3.1 PVP 添加量对吸附单宁的影响 100 mL 蓝莓汁中分别添加 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8 g PVP,30℃吸附处理 45 min 后果汁中的物质含量如图 6 所示。PVP 能够与单宁形成络合物,是较好的单宁吸附剂。由图 6 可知,PVP 添加量为 5 g/L 时,蓝莓汁中单宁的含量降到最低,添加量进一步增大,PVP 对单宁的吸附能力逐渐下降。分析可能原因是 PVP 添加量增大,在溶液中彼此接触机会加大,相互间产生交联,吸附单宁的表面积反而减小,导致吸附单宁能力下降。随着 PVP 添加量的不断增大,果汁中黄酮和花色苷的含量也发生变化,添加量 ≥ 6 g/L 时,两者含量都趋于平衡。

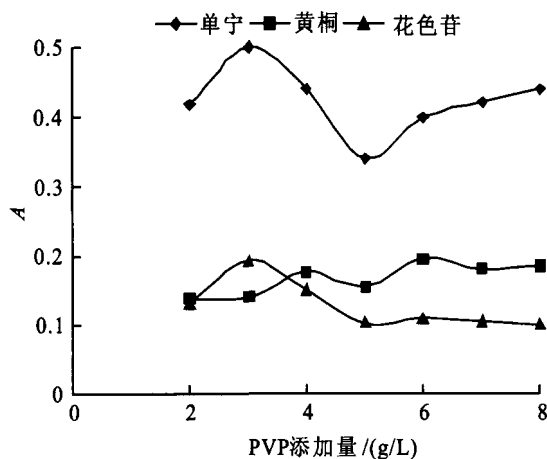


图 6 PVP 添加量对果汁中单宁、黄酮及花色苷质量分数的影响

Fig. 6 Effect of the PVP concentration on the tannin, flavone and anthocyanin

3.3.2 PVP 作用温度对吸附单宁的影响 100 mL 蓝莓汁中添加 0.5 g PVP,不同温度下 35 min 吸附处理后果汁中的单宁、黄酮及花色苷含量如图 7 所示。由图 7 可知,温度对 PVP 吸附单宁的能力影响较大,对黄酮和花色苷含量影响影响较小。随着温度的变化,PVP 与单宁的络合能力不断变化,在 30℃时,形成络合物能力较强。

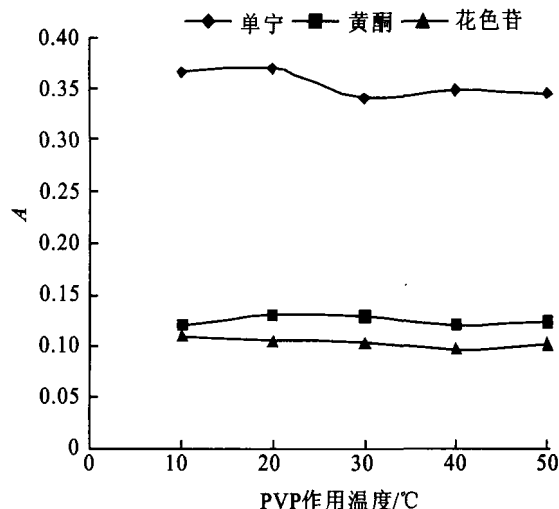


图 7 PVP 作用温度对果汁中单宁、黄酮和花色苷含量的影响

Fig. 7 Effect of PVP adsorption temperature on the tannin, flavone and anthocyanin

3.3.3 PVP 作用时间对吸附单宁的影响 100 mL 蓝莓汁中添加 0.5 g PVP,30℃下分别吸附处理 15、25、35、45、55 min 对果汁中的单宁、黄酮和花色苷的影响如图 8 所示。从图 8 可以看出,PVP 作用时间 ≥ 20 min 后,黄酮和花色苷含量基本不再变化,即 PVP 对两者的吸附很快达到平衡。作用时间小于 35 min 时,随着作用时间的延长,PVP 吸附处理的蓝莓汁中单宁的含量逐渐下降。吸附时间大于等于 45 min 时,PVP 对单宁的吸附达到平衡。由图 7 还可知,30℃下 PVP 添加量为 0.5 g/dL 蓝莓汁,处理 35 min 时,PVP 对单宁的吸附能力最佳。

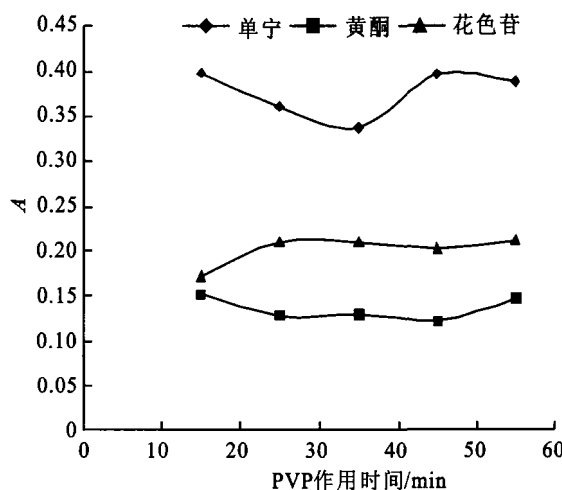


图 8 PVP 作用时间对果汁中单宁、黄酮及花色苷含量的影响

Fig. 8 Effect of PVP adsorption time on the tannin, flavone and anthocyanin

3.3.4 PVP 吸附正交实验 在 PVP 吸附单因素试验的基础上,采用 $L_9(3^4)$ 正交表,以吸附温度、吸附时间、PVP 添加量进行三因素三水平正交试验,

以确定蓝莓汁中单宁去除效果的适宜工艺参数。正交试验结果见表 2。

表 2 PVP 吸附正交实验结果

Tab. 2 Results of orthogonal tests in PVP adsorption experiment

序号	A	B	C	吸光度
1	1(20 ℃)	1(25 min)	1(5 g/L)	0.230
2	1	2(35 min)	2(6 g/L)	0.254
3	1	3(45 min)	3(7 g/L)	0.245
4	2(30 ℃)	1	2	0.224
5	2	2	3	0.235
6	2	3	1	0.219
7	3(40 ℃)	1	3	0.225
8	3	2	1	0.223
9	3	3	2	0.237
K ₁	0.729 00	0.679 00	0.672 00	
K ₂	0.678 00	0.712 00	0.715 000	
K ₃	0.685 00	0.701 00	0.705 00	
R	0.017 00	0.011 00	0.014 30	

由正交试验结果分析可知,各因素对蓝莓汁中单宁含量的影响程度依次为 $A>C>B$,即 PVP 吸附温度>PVP 添加量>PVP 吸附时间,且每个因素的各个水平间大小关系为 $A_1>A_3>A_2$, $B_2>B_3>B_1$, $C_2>C_3>C_1$,所以最佳提取条件为 $A_2B_1C_1$ 。由极差分析结果可知,PVP 吸附时间对蓝莓汁中单宁含量影响显著性最小,PVP 吸附温度对蓝莓汁中单宁的影响最显著,PVP 添加量对蓝莓汁中单宁含量具有显著性。由此可见,PVP 吸附蓝莓汁中单宁的最优工艺组合为 $A_2B_1C_1$,即吸附温度 30 ℃,吸附时间 25 min,PVP 添加量为 5 g/L。此时,PVP

对蓝莓汁中单宁脱除率为 74.48%。

4 结 语

- 1) 采用 FC 法测定蓝莓原汁中总单宁质量分
数为 350 mg/hg。
- 2) 明胶吸附单因素实验表明,明胶作用的最佳
条件为:质量分数 1%的明胶溶液添加量为 10 mL/
dL,作用温度 30 ℃,处理时间 30 min。正交实验结
果表明,明胶吸附蓝莓汁中单宁的最优工艺组合
为:吸附温度 30 ℃,吸附时间 30 min,质量分数 1%
明胶溶液添加量为 10 mL/dL 蓝莓汁;明胶对蓝莓
汁中单宁脱除率为 65.60%。
- 3) PVP 吸附单因素实验表明,PVP 作用的
最佳条件为:PVP 添加量为 0.5 g/L,作用温度 30 ℃,
处理时间 35 min。正交实验结果表明,PVP 吸附蓝
莓汁中单宁的最优工艺组合为:吸附温度 30 ℃,吸
附时间 25 min,PVP 添加量为 0.5 g/L;PVP 对蓝
莓汁中单宁脱除率为 74.48%。
- 4) 经过明胶吸附最优组合参数处理并经过调
配的蓝莓汁 4 ℃放置 1~4 d 出现混浊现象,分析原
因可能是由于明胶添加量较大,并溶解于果汁中,
后续离心操作不能完全去除,在实际应用过程中,
还需进行深一步的研究。经 PVP 吸附最优组合参
数处理并经过调配的蓝莓汁 4 ℃放置 7 d 仍然澄清
透亮,没有后沉淀产生。同时 PVP 对单宁的脱除
也较明胶效果好。
- 5) 由于单宁的大量存在使得蓝莓汁有着较为
严重的苦涩口感,但少量单宁的存在也会突出果汁
的酸味,对风味有一定的积极作用。实验结果表明
明胶和 PVP 对蓝莓汁中的单宁都有一定的脱除作
用,在实际的应用中还需进行深入研究。

参考文献(References):

[1] 胡雅馨,李京,惠伯棣. 蓝莓果实中主要营养及花青素成分的研究[J]. 食品科学,2006,10:600—603.
HU Ya-xin,LI Jing,HUI Bai-di. Study on the main constituents of nutrition and anthocyanin of Blueberry [J]. **Food sci-
ence**,2006,10:600—603. (in Chinese)

[2] 陈宏毅,于战平,曲福玲. 蓝莓的综合开发利用与产业化发展对策研究[J]. 世界农业,2009,2:67—69.
CHEN Hong-yi,YU Zhan-ping,QU Fu-ling. Comprehensive utilization and industry development strategies of blueberry
[J]. **World Agriculture**,2009,2:67—69. (in Chinese)

[3] 李咏梅. 越橘的开发利用价值[J]. 特种经济动植物,2002(6):23.
LI Yong-mei. The value of blueberry on development and utilization[J]. **Special Economic Animal and Plant**,2002(6):23.
(in Chinese)

- [4] 张宝善,陈锦屏,卢勇. 水果的涩味研究[J]. 食品研究与开发,1998,19(1):31-34.
ZHANG Bao-shan, CHEN Jin-ping, LU Yong. Research on fruit astringency[J]. *Food Research and Development*, 1998, 19(1):31-34. (in Chinese)
- [5] 陈蓓莉,刘珊珊,张秀玲. 蓝莓果汁乳饮料稳定性的研究[J]. 东北农业大学学报,2006,37(6):779-782.
CHEN Bei-li, LIU Shan-shan, ZHANG Xiu-ling. Study on the stability of the blueberry milk beverage [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2006, 37(6):779-782. (in Chinese)
- [6] 钱英燕,庄梦军,王莉华,等. 蓝莓野果浓缩汁及蓝莓野果汁饮料生产技术的研发[J]. 食品与发酵工业,2004,30(4):117-120.
QIAN Ying-yan, ZHUANG Meng-jun, WANG Li-hua, et al. Study on producing concentrated blueberry juice and beverage [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2004, 30(4):117-120. (in Chinese)
- [7] 吴文龙,闫连飞,孙视,等. 蓝浆果原汁及果汁饮料加工技术[J]. 食品工业科技,1995,20(5):38-40.
WU wen-long, LV lian-fei, SUN shi, et al. Studies on Blueberry juice and juice beverage processing technology[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 1995, 20(5):38-40. (in Chinese)
- [8] 文连奎,都凤华,张金波. 笃斯越橘果汁饮料的研制[J]. 农产品加工·学刊,2005,(9):143-145.
WEN Lian-kui, DU Feng-hua, ZHANG Jin-bo. Studies on blueberry juice[J]. *Academic Periodical of Farm Products Processing*, 2005, (9):143-145. (in Chinese)
- [9] 王银娟,许时婴,王璋. 蓝莓混汁加工中的防酶促褐变工艺[J]. 食品与生物技术学报,2006,25(3):52-57.
WANG Yin-juan, XU Shi-ying, WANG Zhang. Study on anti enzymatic browning in blueberry cloudy juice processing[J]. *Journal of Food Science and Biotechnology*, 2006, 25(3):52-57. (in Chinese)
- [10] Ajaj, Gurdeep Kaur. Colorimetric determination of capsaicin-aocum fruits with the Folin- ciocalteu reagent[J]. *Mikrochimica Acta[Wien]*, 1979, 1:81-86.
- [11] 陈双,史俊燕,钟洁,等. 小麦麸皮中总黄酮微波辅助提取技术研究[J]. 粮食与饲料工业,2008,9:26-28.
CHEN Shuang, SHI Jun-yan, ZHONG Jie, et al. A Study on extracting flavonoids from wheat bran with microwave-aided extraction[J]. *Food and feed industry*, 2008, 9:26-28. (in Chinese)
- [12] Tibor Fuleki, Francis F J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. extraction and determination of total anthocyanin in cranberries[J]. *Journal of Food Science*, 1968, 33:72-77.
- [13] Bickley J. Vegetable tannins and tanning[J]. *Journal Soc Leather Tech Chem*, 1991, 76(5): 1-5.
- [14] Halame, Lilly T, Cai Y, et al. Traditional herbal medicines the role of polyphenols[J]. *PlantaMedival*, 1989, 55(1):1-8.

(责任编辑:朱明)