

文章编号:1673-1689(2006)02-0052-06

蓝莓混汁加工中的防酶促褐变工艺

王银娟, 许时婴, 王璋

(江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036)

摘要: 蓝莓含有大量的多酚氧化酶(PPO), 在果汁加工过程中易与酚类物质发生酶促褐变反应, 影响果汁品质。榨汁前对蓝莓进行防褐变处理可以明显改善蓝莓混汁的品质, 本文主要讨论了添加酶抑制剂和蒸汽热烫直接灭酶两种方法及其对果汁品质的影响。榨汁前添加 0.05% VC 可以抑制 PPO 与酚类物质反应, 但不能使酶完全失活, 且不能促进花色苷和多酚类物质的溶出; 热烫 2 min 能使蓝莓的内源性 PPO 完全失活, 防止酶促褐变, 并且明显提高了果汁中的花色苷和总酚含量, 提高果汁的色泽稳定性。

关键词: 蓝莓果汁; 多酚氧化酶; 褐变; 热烫; 花色苷; 酚类物质

中图分类号: Q 55

文献标识码: A

Study on Anti Enzymatic Browning in Blueberry Cloudy Juice Processing

WANG Yin-juan, XU Shi-ying, WANG Zhang

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

Abstract: Blueberry is enriched with polyphenol oxidase (PPO) which is very active to react with polyphenolics, resulting in deteriorative change of juice. Preventing enzymatic browning before pressing blueberries can improve the quality of juice efficiently. Two kinds of methods, VC addition and steam blanching, were used to prevent browning in this work, and their effects on juice quality were studied. Adding 0.05% VC could inhibit PPO and protect the color of juice, but almost had no effect on the recovery of anthocyanins pigments and total polyphenolics. Blanching blueberry for 2 min was able to inactivate PPO completely, avoid browning, increase anthocyanins and total polyphenolics contents significantly. Furthermore juice from blanched fruits exhibited better blue color and the color was more stable.

Key words: blueberry cloudy juice; PPO; browning; blanching; anthocyanins; polyphenolics

蓝莓是杜鹃花科、越桔属植物(*Vaccinium* sp.) 主要分布在北半球(寒)温带地区, 我国从国外引进的蓝莓品种原产于北美等地。蓝莓主要有矮丛(*V. angustifolium*)、高丛(*V. corymbosum*)、兔眼(*V.*

ashei)和半高丛(*V. angustifolium* × *V. corymbosum*)⁴ 大种类, 各种类又包括很多品种。蓝莓的栽培已有近 1 个世纪的历史, 最早是由美国于 1906 年开始野生选种工作, 1937 年进行商业性栽培^[1-2]。

收稿日期: 2004-11-18; 修回日期: 2005-04-25.

基金项目: 江苏省科技攻关计划(农业)项目(BE2004345).

作者简介: 王银娟(1980-), 女, 安徽黄山人, 食品科学与工程硕士研究生.

蓝莓是越桔属植物中营养成分最丰富的一种水果,其果实内天然色素的含量最高,一般 100 g 新鲜蓝莓含有花色苷 100~200 mg 左右;另外,多酚类物质高达 400~500 mg/100 g 鲜果,叶酸、尼克酸、超氧化物歧化酶(SOD)的含量也超过其他植物许多倍,因此蓝莓被联合国粮农组织(FAO)确定为人类五大健康食品之一。蓝莓富含抗氧化活性成分,主要是酚类物质,即花色苷和多酚类物质,这些物质具有多种生物活性,包括改善大脑记忆和智能,减少人体胆固醇积累,改善心血管机能,防止心脏病,防止尿路感染,增强胶原质,调节血糖,改善夜视和治疗腹泻等^[3,4]。美国农业部人类营养中心(HNRCA)的研究人员通过比较 40 余种水果发现,蓝莓具有最高的消除人体代谢副产物自由基的强抗氧化能力,即蓝莓具有抗人体衰老的功效^[5]。另外,蓝莓还富含其它营养成分如蛋白质、碳水化合物、VA、VC 及钾、铁、钙、镁、锰等矿物质元素,但几乎不含 Na 和胆固醇,符合人们对健康食品的要求,被称为“水果蔬菜之王”^[6,7]。

蓝莓以其独特的保健营养价值在国内外市场上引起广泛的重视和应用,成为最热门的开发产品之一。国外对蓝莓的研究已有很长历史,开发出多种产品,如果汁、果酱、果酒等;近年来主要集中于蓝莓的生物活性功能的研究,有关蓝莓果汁及其加工工艺方面报道较少^[5,8~10];国内对蓝莓加工及其生物活性功能的研究起步较晚,尚未见蓝莓混汁加工的研究报道。本文主要研究蓝莓榨汁前灭酶或抑制酶活性的工艺,以防止酶促褐变的发生,制取色泽好、稳定性好以及营养价值高的蓝莓混浊汁。

1 材料和方法

1.1 材料

蓝莓:南京中山植物研究所提供,品种为兔眼蓝莓,-20℃冻藏。

所用试剂均为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 蓝莓基本成分的测定 水分:常压干燥法^[11];灰分:马福炉灼烧灰化法^[11];可滴定酸度:标准碱滴定法^[11];总糖:苯酚-硫酸法^[11]。

1.2.2 花色苷的测定—pH 示差法 蓝莓中花色苷的提取:称取约 3 g 蓝莓果浆,加入体积分数 1% HCl-甲醇提取液 30 mL(料液比 1:10),在 35℃水浴加热 1 h,每隔 10 min 搅拌一次,重复提取 4 次。真空浓缩(40℃)除去甲醇,用体积分数 1% HCl-H₂O 定容至 100 mL,将所得提取液稀释至一定浓

度,取 1 mL 进行测定^[12]。

果汁中花色苷的提取:将果汁稀释至一定浓度,取 1 mL 进行测定。

取两个 10 mL 容量瓶各加入 1 mL 蓝莓原料提取液(或果汁),分别用 pH 1.0 缓冲液[0.2 mol/L KCl:0.2 mol/L HCl=25:67(V/V)]和 pH 4.5 缓冲液[1 mol/L NaAc:1 mol/L HCl:H₂O=100:60:90(V/V/V)]定容,在冰箱中放置 2 h,分别在 510 nm 和 700 nm 下测吸光值^[12,13]。总花色苷含量 Total anthocyanins content (T_{Acy})按下式计算(结果以矢车菊素-3-葡萄糖苷计):

$$T_{Acy}(\text{mg}/100\text{ g}) = \frac{A \times 449.2 \times 10 \times 100 \times V}{26\,900 \times 100 \times m} \times 100$$

$$A = (\text{OD}_{510\text{ nm}} - \text{OD}_{700\text{ nm}})_{\text{pH } 1.0} - (\text{OD}_{510\text{ nm}} - \text{OD}_{700\text{ nm}})_{\text{pH } 4.5}$$

式中, V 为提取液的总体积,mL; m 为取样量,g;26 900 为矢车菊素-3-葡萄糖苷的摩尔消光系数;449.2 为矢车菊素-3-葡萄糖苷的摩尔相对分子质量。

1.2.3 总酚的测定—Folin-Ciocalteu 法(以没食子酸计) Folin-Ciocalteu 试剂:在 2 L 的圆底磨口回流瓶中依次加入 100 g Na₂WO₄·2H₂O、25 g Na₂MoO₄·2H₂O、700 mL 蒸馏水 50 mL 85% 的 H₃PO₄ 以及 100 mL 浓 HCl。用文火回流 10 h(回流过程中不能使液体沸腾,只能维持在缓慢冒气泡阶段)后,再往装置中加入 100 g Li₂SO₄、50 mL 蒸馏水和数滴液溴,沸腾 15 min 以除去过量的溴,最后冷却定容至 1 000 mL,过滤,滤液为黄色^[14]。

绘制标准曲线:配制 0、50、100、150、250、500 mg/L 的一系列浓度的没食子酸溶液,分别取 1 mL 于 100 mL 棕色容量瓶中,加入 60 mL 去离子水和 5 mL Folin-Ciocalteu 试剂,摇匀,在 0.5~8 min 中内加入 20% Na₂CO₃ 溶液 15 mL,摇匀,用去离子水定容至 100 mL,20~30℃暗处放置 2 h,在 765 nm 处测吸光值^[14]。

蓝莓中总酚的测定:称取约 3 g 果浆,加入 30 mL 1% HCl-甲醇提取液,在 35℃水浴保温 1 h,每隔 10 min 搅拌 1 次,重复提取 4 次。真空浓缩(40℃)除去甲醇,用 1% HCl-H₂O 定容至 50 mL。取一定体积的提取液按绘制标准曲线方法进行比色。

果汁中总酚的测定:将果汁稀释至一定浓度,取 1 mL 进行 Folin-Ciocalteu 法比色。

1.2.4 果汁品质分析 pH:用 pHS-25 型酸度计测定(上海雷磁仪器厂);浊度:用 TURBIDIMETER A24 型浊度仪测定(无锡市光明浊度仪厂);

出汁率;压榨后果汁的质量与原料的质量百分比;可溶性固形物(soluble solid,SS)含量;用阿贝折光仪测定。

色差:用WSC-S测色色差计(上海精密科学仪器有限公司)进行分析。其中: L^* 值表示亮度, L^* 值越大亮度越大; a^* 值表示有色物质的红绿偏向,正值越大偏向红色的程度越大,负值越大偏向绿色的程度越大; b^* 值表示有色物质的黄蓝偏向,正值越大偏向黄色的程度越大,负值越大偏向蓝色的程度越大^[15]。

降解指数DI:pH 1.0测得的花色苷含量与pH示差法测得的花色苷含量的比值。pH 1.0测得的花色苷包括降解和未降解的花色苷,而pH示差法测得的花色苷指未降解部分;DI值越大表示花色苷降解程度越大。

1.2.5 热烫中心温度的测定 热电偶(数字显示巡回检测仪 型号XMD 上海自动化仪表六厂)

热电偶有7根接头,将接头插到蓝莓的中心部位测定温度,取其平均值。每次试验平行测4次。

1.2.6 多酚氧化酶活力的测定 采用分光光度法(T722型可见光分光光度计 上海精密仪器有限公司)测定。将冷冻的蓝莓按1:2的料液比加入冷冻至-25℃的丙酮打浆,迅速抽滤,残渣用冷风吹干至无丙酮味,即得丙酮粉。丙酮粉用pH 7.4的磷酸盐缓冲液提取,冷冻离心得到粗酶液。以0.01 mol/L绿原酸为底物测定粗酶液酶活,400 nm下测吸光值随时间的变化^[16]。酶活计算公式:

$$E = \Delta A \times 60 / V$$

ΔA —每秒钟增加的吸光值, V —粗酶液的体积/mL

2 结果与讨论

蓝莓含有丰富的花色苷和多酚类物质,这些物质容易被多酚氧化酶作用生成褐色物质,不仅影响果汁外观和悬浮稳定性,还损失了酚类物质,减少了蓝莓果汁的功能性成分。常用的防止果蔬酶促褐变的方法有添加酶抑制剂和使酶失活。目前果汁加工中最理想的多酚氧化酶抑制剂是VC,本文以0.05%VC作为酶抑制剂,探讨VC的作用效果;常用的灭酶方法为利用热失活,本文采用蒸汽热烫使蓝莓的内源性多酚氧化酶失活,探讨不同热烫时间的灭酶效果,确定合适的热烫时间。

2.1 VC对多酚氧化酶的抑制作用

冷冻蓝莓经4℃解冻,加入质量分数0.05%VC,用四层纱布包裹在手动式螺旋榨汁机中压榨制得果汁。初榨汁的亮度对时间变化曲线见图1。

压榨时未添加VC的果汁其 L^* 值随时间一直呈下降趋势,且下降幅度较大。这可能是因为刚榨出的果汁有少量较大颗粒下沉,使得样杯中上层液变清,但压榨时蓝莓果肉细胞破碎,内源性多酚氧化酶与酚类物质充分接触,迅速发生褐变反应生成褐色物质,使得果汁颜色很快变暗,因而 L^* 值降低。

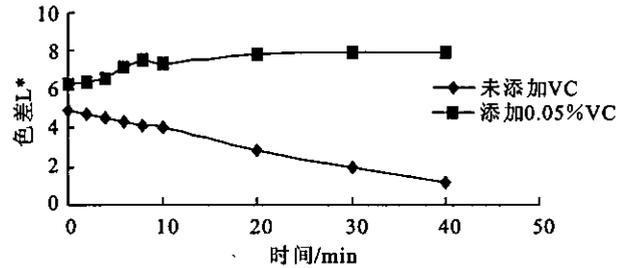


图1 色差 L^* 随时间的变化曲线

Fig. 1 L^* value change of juice with time

在榨汁过程中添加VC的果汁其 L^* 值开始略有上升,但后来随时间几乎不变,可能是因为刚压榨出的果汁有少量沉淀,使样杯中汁液变亮,因而 L^* 值开始有所增加。VC是一种较强的还原剂,常用作果蔬防褐变剂,即多酚氧化酶抑制剂。VC对多酚氧化酶的抑制主要通过三方面作用:将酚的氧化产物醌还原成酚;与酶分子中的 Cu^{2+} 螯合,使PPO失活;被PPO直接氧化,起到竞争性抑制剂的作用。因此,VC可以抑制酶促褐变,防止黑色素的生成,使果汁 L^* 值保持基本不变。但在抑制过程中,VC不断被消耗,且随时间延长,VC与空气中的氧发生氧化反应生成过氧化氢,过氧化氢通过对花色苷C-2位亲核进攻使吡喃环裂解生成香豆素等降解产物^[17],因而,添加VC压榨的果汁花色苷降解指数与不添加VC的果汁相近(见表1)。另外,VC对花色苷及其他多酚类物质的提取效果影响不大。

表1 添加和未添加VC压榨的果汁营养成分

Tab. 1 Nutrient of juices pressed with or without VC

处理方式	花色苷/ mg	总酚/ mg	降解 指数DI
未添加VC	13.73	66.37	1.136
添加0.05%VC	14.86	84.50	1.129

2.2 热烫对PPO的影响

热烫的主要目的是使蓝莓的内源性多酚氧化酶失活,防止果汁发生酶促褐变,因而热烫要使蓝莓的中心温度达到一定值才能保证蓝莓的PPO完全失活。

蓝莓果实个体小,直径约为2~3 cm,传热较快,蒸汽热烫2 min,蓝莓的中心温度达到80℃以

上(见表2)。

表2 不同热烫时间的蓝莓中心温度

Tab.2 Center temperature of blueberries under different blanching time

热烫时间/min	中心温度/℃
1.5	66.5±3.70
2	83.5±3.42
3	95.5±3.13
4	99.1±1.50

注:中心温度取4次平行试验的平均值。

图2是蓝莓多酚氧化酶与底物绿原酸反应的产物吸光值在2 min内的变化情况。由图2和图3可知,未经热烫处理的蓝莓PPO活力较大,随着时间的延长,与绿原酸反应的产物增加;而热处理过的蓝莓PPO酶活较小,尤其是加热2 min和3 min后,酶活基本丧失。一般来说,多酚氧化酶不是非常耐热的酶,在70~90℃处理短时间就能使PPO部分地或全部地不可逆失活^[18]。图2和图3说明热烫2 min能使蓝莓多酚氧化酶完全失活,进一步证实了多酚氧化酶是一种不耐热的酶。

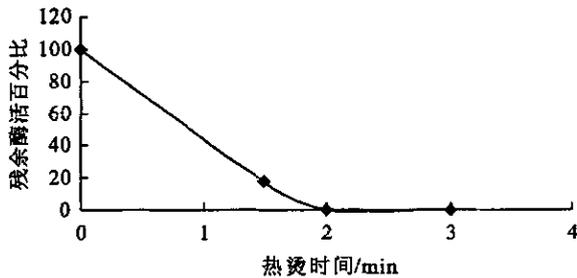


图3 蓝莓的PPO热失活曲线

Fig.3 Thermal inactivity of PPO in blueberries

2.3 热烫时间对果汁品质的影响

热烫可以大大提高果汁中花色苷及总酚的含量,与未经热烫的果汁相比花色苷提高3~4倍,总酚提高2~3倍(见表3)。以果汁的品质而言,热烫3 min较佳,果汁中花色苷含量最高,这是因为花色苷主要存在于蓝莓果皮中,热烫大大促进了花色苷的溶出。热烫4 min得到的总酚含量最高,但花色苷含量比热烫2 min和3 min的低。可能是因为花色苷和其它酚类物质都是水溶性的,热处理有利于其溶出,但蓝莓果实个体小,传热快,热烫4 min,由于加热时间长,蓝莓表皮严重皱缩,部分水溶性的花色苷随自流汁流出,损失较多;另外,花色苷热稳定性比其它酚类物质差,热处理过度,会使花色苷热降解^[17]。因此,热烫4 min的果汁中花色苷含量减少。

热烫后果汁的 L^* 值降低,颜色变暗; a^* 值偏负,红色减弱; b^* 值偏负,蓝色增强,这与Margherita Rossi, Elena Giussani, etc报道结果一致^[8]。这可能是因为热烫后花色苷含量大大增加,颜色变深,因而较暗;蓝莓中的飞燕草葡萄糖苷配基水溶性最大,热烫最有利于其溶出,其次是牵牛色素,飞燕草色素和牵牛色素均偏蓝色,而偏红色的矢车菊色素和芍药色素的水溶性略低,热烫对其溶出影响不大,因此热烫后果汁中飞燕草色素含量大大增加,果汁颜色偏蓝。

冻结的蓝莓在解冻过程中部分表皮被冰晶刺破,热烫时有自流果汁流失,热烫时间越长,损失的果汁越多,热烫后蓝莓表面出现皱缩,出汁率降低。

2.4 热烫时间对蓝莓混汁的色泽稳定性的影响

热烫使蓝莓的内源性多酚氧化酶失活,避免了果汁在贮存过程中的酶促褐变,提高了果汁的色泽稳定性,减少果汁贮藏过程中活性成分的损失。

表3 热烫时间对蓝莓混汁品质和出汁率的影响

Tab.3 Impact of blanching time on juice yield and blueberry cloudy juices

热烫时间/ min	出汁率/ %	pH	SS/ °Brix	浊度/ NTU	花色苷/ mg	总酚/ mg	L^*	a^*	b^*
0	77.24	3.33	10.20	131	13.73	66.37	4.92	23.43	35.18
1.5	71.25	3.39	10.10	134	37.07	134.58	1.25	-0.51	-5.82
2	68.12	3.42	10.30	135	42.58	151.88	1.12	-1.1	-7.37
3	66.05	3.42	10.30	140	53.69	154.15	-0.19	-5.89	-32.57
4	62.21	3.44	10.40	149	37.53	158.13	-0.31	-5.55	-33.15

由图4,5,6可知,蓝莓未经热烫直接压榨的果汁室温放置一天后,花色苷降解了61.11%,总酚减少了11.36%,可见花色苷不如其他酚类物质稳定,芳芳数据

容易受花色苷酶(PPO和葡萄糖苷酶)作用而降解,生成褐色沉淀物,严重影响果汁的色泽和混浊稳定性。热烫1.5 min,花色苷、降解指数和总酚变化

都较大,这是因为花色苷和多酚类物质是水溶性的,热烫大大地提高了果汁中花色苷和总酚的溶出,但热烫 1.5 min 后蓝莓中仍有部分内源性 PPO 残留(见图 2,图 3),与大量的花色苷和多酚类物质发生酶促褐变反应,因而花色苷和多酚类物质发生降解,降解指数 DI 增大。热烫时间超过 2 min 后压榨的果汁放置一天花色苷和总酚及降解指数基本不变,可见热烫不仅提高了花色苷和总酚的含量,还提高了果汁中活性成分的贮藏稳定性。

综上所述,热烫容易导致果汁自流汁的损失,减少出汁率。热烫 4 min 蓝莓表面严重皱缩,失水较多,热烫后出汁率很低。热烫 2 min 能使多酚氧化酶完全失活,且能大大提高果汁中花色苷和总酚的含量,增强果汁的营养价值和改善果汁外观及稳定性,因而确定热烫时间为 2 min。

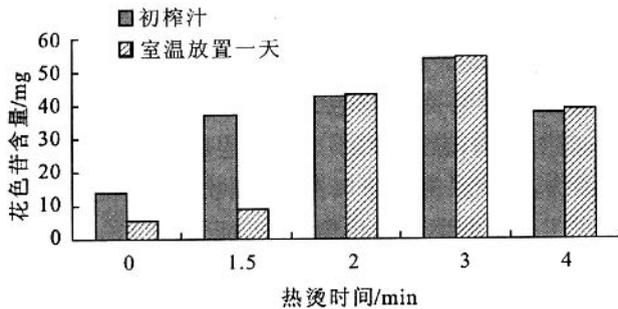


图 4 不同热烫时间对花色苷稳定的影响

Fig. 4 Effect of blanching time on anthocyanins stability

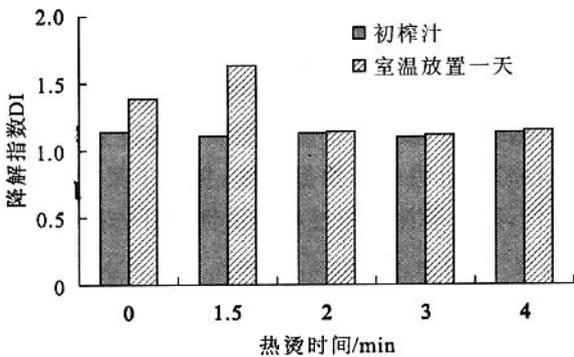


图 5 不同热烫时间对降解指数的影响

Fig. 5 Effect of blanching time on poly phenolics stability

2.5 蓝莓混汁加工中营养成分的变化

蓝莓含有丰富的营养成分,在蓝莓混汁的制取中,除了提高出汁率外,尽可能保留较多的营养成

分,同时保证蓝莓混汁的色泽稳定性是两个关键的问题。因而,本实验采用热烫 2 min 后压榨取汁。

蓝莓中碳水化合物含量很高(见表 4),糖酸比适宜,酸中带甜,甜而不腻,口味宜人;蓝莓含有大量的花色苷和总酚,营养丰富。热烫后果汁中的花色苷和总酚分别占原料的 37%和 33%左右,均比其它常见的天然果汁含量高。

表 4 蓝莓榨汁前后的主要组成

Tab. 4 Composition of blueberries and cloudy juice

成分	每 100 g 蓝莓原料		蓝莓混汁/ g
	按鲜重计/ g	按干重计/ g	
水分	84.88	—	93.18
灰分	0.178	1.177	—
可滴定酸度	0.53	3.51	0.553
总糖	8.84	58.47	8.23
花色苷/mg	114.12	754.76	42.58
总酚/mg	458.12	3029.89	151.88

蓝莓榨汁后还有大量的花色苷和酚类物质残留在果皮和果肉细胞中,因而热烫后还可以进行其他处理,充分破碎果肉细胞,使包裹在果肉内部及蓝莓表皮的花色苷和酚类物质尽可能多的释放出来,进一步增强果汁的营养价值。

3 结论

榨汁前进行防酶促褐变的研究结果表明,添加 VC 在一定程度上具有抑制多酚氧化酶的作用,防止褐变,提高果汁的亮度,改善外观,但对果汁中花色苷和多酚物质的提取率几乎没有作用。蒸汽热烫 2 min 可以使多酚氧化酶完全失活,防止榨汁过程及果汁贮存过程发生酶促褐变,不仅提高了果汁的色泽稳定性,也防止褐变和产生褐色沉淀,因而也提高了混汁的悬浮稳定性。热烫使果汁色泽偏向于蓝莓原料的独特的蓝色;热烫还能促使果皮上的色素和酚类物质溶出,提高果汁中花色苷和多酚类物质的含量,增强了果汁的营养价值。因此,榨汁前进行热烫灭酶处理可以使榨出的果汁色泽鲜艳,美味可口,稳定性好且营养丰富。

参考文献:

- [1] 俞德浚. 中国果树分类学[M]. 北京: 农业出版社, 1979.
- [2] 淤虹. 蓝莓果栽培与采后处理技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2003.
- [3] Kalt W, McDonald J E. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity of processed lowbush blueberry products[J]. J

Food Sci. 2000,65(3):390—393.

- [4] Benvenuti S, Pellati F. Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of *Rubus*, *Ribes*, and *Aronia*[J]. **J Food Sci.** 2004,69(3):164—169.
- [5] Kong Jin-ming, Chia Lian-sai. Analysis and biological activities of anthocyanins[J]. **Phytochemistry**, 2003,64:923—933.
- [6] Victor Hong and Wrolstad R E. Use of HPLC separation/photodiode array detection for characterization of anthocyanins [J]. **J Agri Food Chem.** 1990,38:708—715.
- [7] Kader F, Rovel B. Fractionation and identification of the phenolic compounds of highbush blueberries(*Vaccinium Corymbosum*, L.)[J]. **Food Chemistry**, 1996,55(1):35—40.
- [8] Margherita Rossi, Elena Giussani. Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice[J]. **Food Research International**, 2003,36:999—1005.
- [9] Farid Kader, Bernard Rovel. Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). Role of blueberry polyphenol oxidase, chlorogenic acid and anthocyanins[J]. **J Sci Food Agric**, 1997,74:31—34.
- [10] Lee J, Durst R W, Wrolstad R E. Impact of juice processing on blueberry anthocyanins and polyphenolics: comparison of two pretreatments[J]. **J Food Sci.** 2002,67(5):1660—1667.
- [11] 大连轻工业学院, 华南理工大学, 郑州轻工业学院, 等. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1996.
- [12] 冯建光, 谷文英. 葡萄皮红色素的示差法测定[J]. 食品工业科技, 2002, 23(9):85—86.
- [13] Monica Giusti M, Wrolstad R E. Radish anthocyanin extract as a natural red colorant for Maraschino Cherries[J]. **Journal of Food Science**, 1996,61(4):688—694.
- [14] 陈炳华, 李淑慧, 林菊霞. 4种鳞毛蕨科植物中总酚含量的分析[J]. 福建师范大学学报:自然科学版, 2003, 19(1):86—90.
- [15] Sims C A, Balaban M O, Matthews R F. Optimization of Carrot Juice Color and Cloud Stability[J]. **J Food Sci.** 1993,58:1129—1131.
- [16] Farid Kader, Bernard Rovel, Michel Girardin, et al. Mechanism of browning in fresh highbush blueberry fruit(*Vaccinium corymbosum* L). Partial purification and characterisation of blueberry polyphenol oxidase[J]. **J Sci Food Agric**, 1997,73:513—516.
- [17] 王璋, 许时婴, 江波, 等. 食品化学(第三版)[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2003.
- [18] 王璋. 食品酶学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2002.

(责任编辑:杨萌)

《江南大学学报(自然科学版)》 征稿、征订启事

《江南大学学报(自然科学版)》(双月刊)是由教育部主管、江南大学(国家“211工程”重点建设高校)主办的自然科学类学术期刊。本刊主要刊载通信与控制工程、信息工程、机械工程、产品系统设计理论、纺织工程、应用化学、材料工程、土木工程、数理科学等学科的学术论文、研究报告,反映学科前沿研究动态的高质量综述。

本刊优先刊登国家自然科学基金和省部级及其以上科研项目析出论文,同时发表与企业及生产实际密切相关的应用性研究成果。热忱欢迎广大高校教学、科研人员及相关领域的学者,在读硕士、博士研究生赐稿。

本刊为A4开本,128页,每册订价8.00元;全年共6期,48.00元;本刊邮发代号:28—189,全国各地邮局均可订阅;亦可向本刊编辑部直接订购。本刊可破季订阅。热忱欢迎广大读者订阅本刊。

地址:江苏省无锡市蠡湖大道1800号 邮编:214122

电子邮箱:xbzrkx@sytu.edu.cn

电话:0510—85913519

万方数据