

低糖蓝莓果脯的微波渗糖工艺

马艳弘¹, 周剑忠¹, 王 英¹, 谢 芹², 黄开红^{1,*}

(1.江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏 南京 210014; 2.中国药科大学药学院, 江苏 南京 210009)

摘 要: 采用单因素和 $L_9(3^4)$ 正交试验研究预处理方式、护色硬化时间、渗糖液中明胶添加量、微波渗糖时间对低糖蓝莓果脯微波渗糖效果的影响, 通过测定微波渗糖过程中的含糖量变化、色度变化、以及样品感官品质来确定最佳微波渗糖工艺。结果表明: 蓝莓经冷冻处理, 微波渗糖效果最佳; 最佳渗糖条件为护色、硬化4.5h、渗糖液中明胶添加量为质量浓度0.6g/100mL, 微波渗糖时间35min, 该条件下制得的蓝莓果脯具有最高的含糖量(35.14%)和最好的感官品质。

关键词: 低糖蓝莓果脯; 含糖量; 微波渗糖; 感官品质

Microwave-Assisted Sugar Permeation for Production of Low-Sugar Preserved Blueberries

MA Yan-hong¹, ZHOU Jian-zhong¹, WANG Ying¹, XIE Qin², HUANG Kai-hong^{1,*}

(1. Institute of Agricultural Products Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;

2. School of Pharmacy, China Pharmaceutical University, Nanjing 210009, China)

Abstract: This study was undertaken to optimize microwave-assisted sugar permeation conditions for the production of low-sugar preserved blueberries. The effects of pretreatment methods, treatment time for simultaneous color protection and hardening, gelatin concentration and sugar permeation time on sugar content, color change and sensory quality were investigated using single factor and orthogonal array design methods. The best results were obtained by freeze drying and microwave-assisted sugar permeation. The best sugar permeation conditions were 4.5 h of color protection and hardening, 0.6 g/100 mL of gelatin concentration and 35 min of sugar permeation time. Preserved blueberries obtained under the optimized conditions had the highest sugar content (35.14%) and the best sensory quality.

Key words: low-sugar preserved blueberries; sugar content; microwave-assisted sugar osmosis; sensory quality

中图分类号: TS255.41

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)10-0050-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201310011

蓝莓属杜鹃花科越橘属, 是21世纪功能性保健浆果, 含有黄酮类、花青素等生理活性物质, 具有抗氧化、抗炎、抗衰老、保护视网膜、保护心血管、保护视力、抗癌、增强免疫力等多种药理保健功效^[1-3], 被联合国粮农组织(FAO)列为人类五大健康食品之一, 具有极高的经济价值和开发前景。近年来我国蓝莓产业发展迅猛^[4], 但蓝莓为易腐果品, 货架期短、季节性强、深加工技术落后, 成为制约我国蓝莓产业发展的技术瓶颈。科研人员针对这一问题做了大量的工作, 蓝莓深加工产品开发研究如火如荼。其中, 通过糖渍加工蓝莓果脯是促进蓝莓反季节销售、延长蓝莓保质期、提高其货架期的重要途径之一。

低糖果脯是果脯加工领域的新趋势。低糖果脯生产普遍存在渗糖速度慢、汁液流失、颜色变化等缺点。Stojanovic等^[5]报道, 蓝莓长时间处于高浓度糖液中, 会

导致抗氧化能力急剧降低, 60%的花青素和酚类物质损失。因此, 快速渗糖和护色处理工艺是保证蓝莓果脯品质的关键。Huo等^[6]建立的微波三维加热模型正好为蓝莓快速渗糖工艺提供了理论依据。研究^[7-9]报道, 采用柠檬酸、VC、NaCl、Ca²⁺联合处理既可以保持产品色泽、提高产品质量, 又可以提高后期干燥效率。祝美云等^[10-11]认为, 渗糖液中添加胶体进行微波渗糖, 不仅可以有效提高果脯渗糖速度, 保持果脯良好的外形, 还可以有效减缓工艺过程中营养成分的损失。王愈^[12]、魏征^[13]、王竹青^[14]等相继报道了橙皮、圣女果、苹果、雪莲等果脯的微波渗糖加工工艺, 但有关蓝莓微波渗糖工艺研究尚未见报道。本实验以兔眼蓝莓为原料, 对低糖蓝莓果脯微波渗糖工艺进行优化, 为微波渗糖工艺研究和工厂化生产提供参考。对于延长蓝莓保质期、增加附加值, 提高

收稿日期: 2012-04-17

基金项目: 江苏省农业自主创新项目(cx(11)2066)

作者简介: 马艳弘(1972—), 女, 副研究员, 博士, 研究方向为生物技术与食品工程。E-mail: ma_yhhy@126.com

*通信作者: 黄开红(1955—), 男, 研究员, 硕士, 研究方向为食品加工。E-mail: jaashuang@hotmail.com

蓝莓的国际市场竞争力,保障蓝莓产业可持续发展等均具有积极的意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

兔眼蓝莓由南京新得力食品有限公司提供。

果葡糖浆、明胶(食品级) 市售;浓硫酸、萘酚、硫酸、无水葡萄糖、柠檬酸、 CaCl_2 、 NaCl 、VC均为分析纯。

1.2 仪器与设备

WSC-S测色色差计 上海精科仪器有限公司;KD21C-C2型微波炉(800W, 2450MHz) 美的微波炉制造有限公司;TGL-16G离心机 上海安亭科学仪器厂;贵夫人高速打浆机 台湾根盈企业有限公司;101A-3电热恒温鼓风干燥箱 上海浦东荣丰科学仪器有限公司;UV-1600PC紫外-可见分光光度计 上海分析仪器厂;BCD-277型直冷式冷藏冷冻箱 博西华家用电器有限公司。

1.3 方法

1.3.1 低糖蓝莓果脯加工工艺流程

原料挑选→清洗→预处理→护色、硬化→漂洗沥干→微波渗糖→沥干→恒温干燥→成品

1.3.2 预处理方式的选择

选择粒度饱满、大小均匀的蓝莓果,流水冲洗,分别经4种不同方式预处理后(微波处理:100%微波火力下处理1min;沸水处理:热烫1min;冷冻处理:蓝莓于 -18°C 以下的冰箱中冻结2h后再室温解冻;盐水处理:蓝莓于2g/100mL的食盐溶液中浸泡1h),放入3倍体积的护色、硬化液中于 30°C 条件下分别浸泡3h,清洗沥干,放入3倍体积的55%果葡糖浆中,在30%微波火力(240W)下微波渗糖20min(每隔5min暂停5min)后,沥干表面糖液,以无预处理的蓝莓果为对照(CK),测定果坯含糖量。护色液组成为0.3g/100mL柠檬酸、0.08g/100mL VC、1.5g/100mL CaCl_2 、1.0g/100mL NaCl ;渗糖液组成为55%糖浆、0.5g/100mL明胶、0.3g/100mL柠檬酸。

1.3.3 护色、硬化时间的确定

蓝莓果6份,流水清洗,放入3倍体积的护色、硬化液中于 30°C 条件下分别浸泡0、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5h,冲洗沥干,于渗糖液中微波渗糖20min后,沥干表面糖液,通过测定果坯色值确定护色、硬化时间。

1.3.4 明胶添加量的确定

蓝莓经护色、硬化后,于含有0、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2g/100mL明胶的渗糖液中,30%微波火力下渗糖20min,通过观察微波渗糖后果脯含糖量和感官品质,确定适宜的明胶质量浓度。

1.3.5 微波渗糖时间的确定

蓝莓护色、硬化3h,在30%微波火力下分别渗糖0、

10、15、20、25、30、35、40min(每隔5min暂停5min),取出沥干后测果坯糖含量,确定微波渗糖时间。

1.3.6 蓝莓果脯微波渗糖工艺正交试验

采用 $L_9(3^4)$ 正交试验设计方案对护色、硬化时间、明胶质量浓度、微波渗糖时间进行筛选,以样品含糖量和感官综合指标进行渗糖效果评价,通过极差分析和方差分析确定最优工艺条件。

1.4 指标测定与感官评价

1.4.1 指标测定

蓝莓含糖量采用萘酚比色法测定;色值采用色差计测定^[15]。其中 L^* 表示明度(luminosity), L^* 值越大,明度越大,颜色越好; a^* 表示红-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^* 表示黄-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; C^* 表示色度(chroma), C^* 值越大,颜色越好。 C^* 的计算公式为: $C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ 。

1.4.2 蓝莓果脯感官评定

选择具有一定经验的12人组成评价小组,通过感官对产品的形态、色泽、口感滋味进行综合评分,取平均值。总分为100分,其中形态、色泽、口感滋味各占20、20、60分。具体评分标准见表1。

表1 低糖蓝莓果脯感官评定方法
Table 1 Sensory evaluation standards for low-sugar preserved blueberries

项目	品质	分值
形态(满分20分)	饱满度好,不粘手,无破裂	16~20
	略有干缩,无流糖和返砂现象	11~15
	干缩严重、表面发黏	0~10
色泽(满分20分)	色泽鲜亮,均匀一致,晶莹剔透	16~20
	色泽鲜亮,透明度差	11~15
	色泽发暗,透明度差	0~10
口感、滋味(满分60分)	甜酸适中,有蓝莓特有风味,软硬适中,有嚼劲	50~60
	甜味过浓或过淡,无异味,韧性较好,有嚼劲	30~49
	无蓝莓香味,有轻微异味,韧性差,无嚼劲	0~29

1.5 数据统计与分析

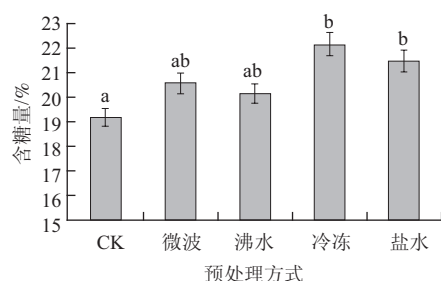
利用Excel 2003统计所有数据,利用SPSS 11.5统计软件进行方差分析,采用Duncan's新复极差法比较因素水平间的显著性。

2 结果与分析

2.1 预处理对蓝莓果脯渗糖效果的影响

由图1可知,与未经预处理的蓝莓果坯(CK)相比,经微波和热烫后的蓝莓果坯含糖量相对提高,但差异不显著($P>0.05$);冷冻和盐水处理后果坯含糖量分别为22.15%和21.30%,比CK含糖量(19.16%)分别提高了15.61%和11.21%,差异显著($P<0.05$)。4种预处理方式中,冷冻处理的蓝莓果坯含糖量最高,但4种预处理之

间并无显著性差异($P>0.05$)。从感官品质上来看,微波和沸水处理后的样品质地变软,且有破裂和汁液外渗现象,而盐水和冷冻处理后的蓝莓果坯硬度变化不大,果脯晶莹透亮,尤以冷冻处理的外观效果最佳。



不同字母表示处理间存在显著差异($P<0.05$)。下同。

图1 不同预处理方式对蓝莓果脯渗糖效果的影响

Fig.1 Effects of pretreatment methods on sugar content of preserved blueberries

2.2 护色、硬化时间对蓝莓果脯色值的影响

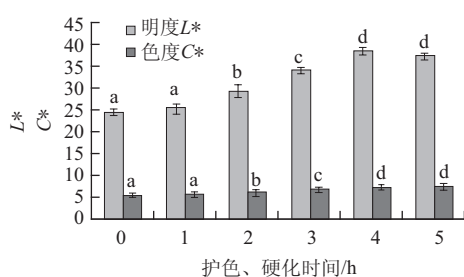


图2 护色、硬化时间对蓝莓果脯色值的影响

Fig.2 Effects of color protection and hardening on sugar content of preserved blueberries

由图2可知,随着护色时间的延长, L^* 呈上升趋势,到护色4h时达到最大(38.58),与0、1、2、3h的处理差异显著($P<0.05$), L^* 分别提高了12.64%、31.49%、52.19%、57.08%;与护色4h的处理相比,护色5h时 L^* 变化甚微,二者无显著性差异($P>0.05$); C^* 的变化趋势同 L^* 一致,护色液处理4h的蓝莓果脯 C^* 达7.21,较0、1、2、3h的处理分别提高了6.66%、18.59%、30.85%、35.53%,差异显著($P<0.05$)。观察护色液处理4、5h的果脯,发现其外形饱满、颜色鲜亮、口感纯正,品质较佳。

2.3 明胶添加量对蓝莓果脯渗糖效果的影响

脯体饱满度和透明度不足是影响果脯质量的重要因素。明胶具有吸水性,在组织中会形成网状结构而起支架作用,微波渗糖时加入适量明胶可以显著提高果脯外形饱满度和透明度。由图3可知,明胶添加量对渗糖效果会产生显著影响。与未添加明胶的处理相比,0.2、0.4g/100mL的明胶严重阻碍微波渗糖,果坯含糖量显著降低($P<0.05$);明胶添加量在0.2~0.6g/100mL之间,随着胶体添加量的提高,果坯渗糖量逐渐提高,胶体添加

量达0.6g/100mL时,果坯含糖量与对照无显著性差异($P>0.05$),继续提高胶体添加量,含糖量并无明显变化。从感官品质来看,添加0.6g/100mL明胶的蓝莓果脯风味纯正、脯体饱满度与韧性好,具有较好的感官效果。

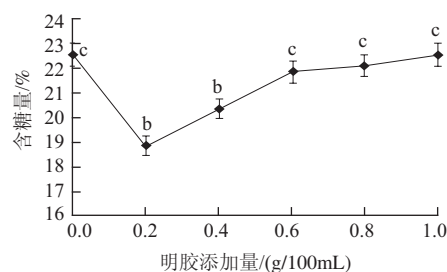


图3 明胶添加量对蓝莓果脯渗糖效果的影响

Fig.3 Effect of concentration of gelatin on sugar osmosis

2.4 微波时间对蓝莓果脯渗糖效果的影响

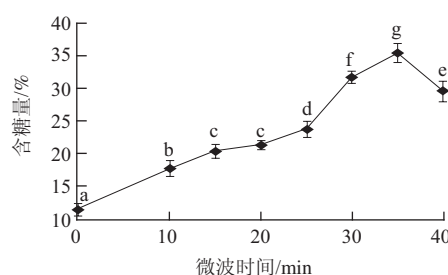


图4 微波时间对蓝莓果脯渗糖效果的影响

Fig.4 Effect of sugar permeation time on sugar content of preserved blueberries

由图4可见,除了15min和20min微波处理之间无显著差异($P>0.05$)外,其他处理间差异均达到了显著水平($P<0.05$)。0~35min之间,随着渗糖时间的延长,果坯含糖量急剧增加,到35min时,含糖量达到最大(35.44%),且此时果坯形态基本完整、组织未受到严重破坏;35min以后,长时间的微波加热导致蓝莓组织松软、果坯破裂、汁液外流,含糖量也随之显著下降。

2.5 蓝莓果脯微波渗糖工艺优化结果

在单因素试验基础上,采用正交试验优化渗糖条件,结果见表2。由极差分析可知,各因素对含糖量的影响程度依次为 $C>B>A$,最优组合为 $A_1B_2C_2$;对果脯感官品质的影响程度依次为 $A>B>C$,最优组合为 $A_2B_2C_2$ 。

SPSS 11.5软件方差分析如表3、4所示,护色、硬化时间和明胶添加量对含糖量与蓝莓果脯感官品质的影响均达到了显著水平($P<0.05$),微波时间对含糖量的影响显著($P<0.05$),对蓝莓果脯感官品质的影响不显著($P>0.05$)。由Duncan's法多重比较结果(表2)可知,A因素2水平、B因素2水平和C因素的2水平的渗糖效果和感官评分均最高。

表2 $L_9(3^4)$ 正交试验设计及结果Table 2 $L_9(3^4)$ orthogonal array arrangement and experimental results

试验号	A护色、硬化 时间/h	B明胶添加量/ (g/100mL)	C微波时 间/min	D空列	含糖 量/%	感官 评分
1	1(4.0)	1(0.4)	1(30)	1	28.78	72.78
2	1	2(0.6)	2(35)	2	35.43	82.46
3	1	3(0.8)	3(40)	3	30.78	76.74
4	2(4.5)	1	2	3	33.23	86.57
5	2	2	3	1	31.56	93.46
6	2	3	1	2	29.34	90.35
7	3(5.0)	1	3	2	28.34	82.78
8	3	2	1	3	29.35	92.57
9	3	3	2	1	32.37	88.35
含糖量	k_1	31.66 ^a	30.12 ^a	29.16 ^a		
	k_2	31.38 ^b	32.11 ^b	33.68 ^c		
	k_3	30.02 ^a	30.83 ^a	30.23 ^b		
	R	1.64	1.99	4.52		
感官 评分	k_1	77.33 ^a	80.71 ^a	85.23 ^{ab}		
	k_2	90.13 ^c	89.50 ^c	85.79 ^b		
	k_3	87.90 ^b	85.15 ^b	84.33 ^a		
	R	12.8	8.79	1.46		

注：同列中同一测定项目肩标不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

表3 含糖量SPSS方差分析表

Table 3 SPSS ANOVA analysis for sugar content with different treatment conditions

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
校正模型	44.244	6	7.374	205.784	0.005
A	4.623	2	2.312	64.511	0.015*
B	6.142	2	3.071	85.709	0.012*
C	33.478	2	16.739	467.132	0.002**
残差	0.072	2	0.036		
总和	8704.479	9			

注：*，差异显著($P < 0.05$)；**，差异极显著($P < 0.01$)。下同。

表4 感官评分SPSS方差分析表

Table 4 SPSS ANOVA analysis for sensory evaluation with different treatment conditions

方差来源	平方和	自由度	均方	F值	P值
校正模型	399.692	6	66.615	436.313	0.002
A	280.593	2	140.297	918.907	0.001**
B	115.812	2	57.906	379.269	0.003**
C	3.287	2	1.643	10.764	0.085
残差	0.305	2	0.153		
总和	65605.322	9			

综合极差分析、方差分析和多重比较结果，可以确定最佳微波渗糖条件为 $A_2B_2C_2$ 。即蓝莓于护色、硬化剂中浸泡4.5h后，于添加0.6g/100mL明胶的渗糖液中微波渗糖35min(30%微波火力)。因该组合不在正交表安排的实验中，故需按照上述工艺条件平行做3次验证实验，结果测得其含糖量为35.14%，感官评分为94.06分。

3 讨论与结论

果脯加工以渗透脱水干燥为基础。果蔬在高渗的糖

溶液中容易发生质壁分离、导致组织失水，细胞膜透性增大，蔗糖等分子进而填充入细胞间隙，既改善了口感、风味，预防了果蔬挥发性营养物质的损失，还能提高后期的干燥效率^[16]。肖春玲等^[17]报道，不同预处理方式会对樱桃番茄果脯的VC保存率和渗糖效果产生显著影响，本实验研究了不同预处理方式对蓝莓果脯渗糖量与感官品质的影响，结果发现：冷冻处理最有利于糖浆在蓝莓中的快速渗透，其原因在于冷冻处理可导致蓝莓细胞壁结构的轻微变化，增大了细胞与组织空间，从而提高了糖的渗糖速度^[18]，而微波处理和热烫处理能致使细胞结构严重破坏、导致汁液外流，反而影响了渗糖效果。

花青素是蓝莓药理保健功能最主要的物质基础，色泽变化与花青素含量密切相关^[19-20]。蓝莓果脯加工过程中汁液的流失、颜色的变化，均会导致其生物活性降低、果脯品质下降。本实验采用柠檬酸、VC、NaCl、CaCl₂配制护色剂，考察护色、硬化时间对蓝莓果脯色泽的影响，结果发现，随着护色时间的延长， L^* 和 C^* 呈上升趋势，到护色4h时达到最大，其果脯外形饱满、颜色鲜亮、口感纯正，品质最佳。尽管各处理果脯色泽测定结果有显著变化，但从肉眼观察，并未发现明显差异。

脯体不饱满、透明度不足、含糖量低是导致蓝莓果脯质量低下的主要因素，本实验结果发现，明胶质量浓度和微波渗糖时间对蓝莓果脯渗糖效果和果脯品质有显著影响，采用添加0.6g/100mL明胶的糖浆微波渗糖35min，蓝莓果脯含糖量高、风味纯正、脯体饱满，具有较好的感官品质。

本实验通过正交试验优化蓝莓微波渗糖工艺，结果发现，蓝莓经冷冻处理后，护色、硬化4.5h，再于添加0.6g/100mL明胶的55%糖浆液中微波渗糖35min(30%微波火力)，可以制得酸甜适中、脯体饱满、颜色鲜亮、口感纯正、品质最佳的蓝莓果脯。但该组合条件对蓝莓抗氧化能力及其药理保健功能的影响仍需进一步深入研究。

参考文献：

- [1] KALEA A Z, LAMARI F N, THEOCHARIS A D. Wild blueberry (*Vaccinium angustifolium*) consumption affects the composition and structure of glycosaminoglycans in Sprague-Dawley rat aorta[J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2006, 17(2): 109-116.
- [2] KONG Jinming, CHIA L S, GOH N K, et al. Analysis and biological activities of anthocyanins[J]. Phytochemistry, 2003, 64(5): 923-933.
- [3] DROTTLEFF L. Blueberries for better health[J]. Western Fruit Grower, 2006, 126: 48-49.
- [4] 李亚东, 唐雪东, 袁菲, 等. 我国小浆果生产现状、问题和发展趋势[J]. 东北农业大学学报, 2011, 4(1): 1-9.
- [5] STOJANOVIC J, SILVA J L. Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbiteye blueberries[J]. Food Chemistry, 2007, 101: 898-906.
- [6] HUO Y, LI B Q. Boundary/finite element modeling of three-

- dimensional electromagnetic heating during microwave food processing[J]. Journal of Heat Transfer, 2005, 27(10): 1159-1169.
- [7] 李波, 芦菲, 王东玲. 杏鲍菇干制的非硫护色方法研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(5): 258-260.
- [8] 肖春玲, 李丽华. 低糖无硫草莓果脯生产工艺技术的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(10): 261-265.
- [9] HEREDIA A, BARRERA C, ANDRE'S A. Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 80: 111-118.
- [10] 祝美云, 魏征, 高峰. 不同微波渗糖工艺对低糖果脯维生素C 保存性的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(2): 298-301.
- [11] 祝美云, 魏征, 郭祥永. 可食性胶体添加对低糖猕猴桃果脯微波渗糖效果的影响[J]. 果树学报, 2011, 28(4): 635-640.
- [12] 王愈, 马世敏. 微波渗糖加工低糖橙皮果脯的工艺研究[J]. 中国食品学报, 2011, 11(1): 91-96.
- [13] 魏征, 祝美云, 邵剑锋. 低糖苹果果脯微波渗糖工艺影响因素研究[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 37-40.
- [14] 吴竹青, 黄群, 傅伟昌, 等. 低糖雪莲果脯的生产工艺[J]. 食品科学, 2009, 30(18): 440-443.
- [15] AYALA-ZAVALA J F, WANG S Y, WANG C Y. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit[J]. Food Technol Biotechnol, 2007, 45(2): 166-173.
- [16] DERMESONLOUGLOU E K, GIANNAKOUREOU M C, TAOUKIS P, et al. Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes[J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78(1): 272-280.
- [17] 肖春玲, 李青萍, 王志伟. 不同预处理对樱桃番茄果脯VC保存率的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(5): 214-217.
- [18] 蔡华珍, 王安利, 钱向东. 微波低糖胡萝卜果脯的研究[J]. 食品工业科技, 2005, 26(2): 148-150.
- [19] 张瑞粉, 朱延林, 杨淑红, 等. 不同时期中红杨叶片色差值与花色素含量的关系分析[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(2): 151-154.
- [20] 李颖畅, 李冰心, 孟良玉, 等. 圣云蓝莓花色苷不同组分的体外抗氧化性和稳定性[J]. 食品科学, 2012, 33(9): 105-109.