

蓝莓、黑莓原果汁及7种天然红色素果汁饮料产品的比较

赵慧芳, 朱 泓, 吴文龙*

(江苏省中国科学院植物研究所, 南京 210014)

摘 要: **目的** 比较几种蓝莓、黑莓原果汁及天然红色素果汁饮料的品质。**方法** 通过对6品种蓝莓、黑莓果汁出汁率、可溶性固形物、总酸含量、色价、总花色苷含量及花色苷降解指数等品质指标的比较,并制备黑莓果汁饮料,与6种市售蓝莓、桑葚果汁饮料的品质进行比较。**结果** 6品种原果汁的可溶性固形物含量在8.8%~14.2%范围内,总酸含量在0.447%~1.604%之间,色价为6~45,总花色苷含量在22~83 mg/100 mL之间,花色苷降解指数为1.10~1.23,出汁率为60%~70%,其中园蓝和宝森原果汁的品质较好。7种果汁产品的品质差异较大,其中黑莓果汁饮料的果汁含量30%,色价为 3.63 ± 0.050 ,总花色苷含量 6.70 ± 0.019 mg/100 mL,花色苷降解指数1.34,仅次于果汁含量95%的蓝百蓓有机野生蓝莓汁。蓝百蓓野生蓝莓汁和光明桑果汁饮料的品质适中,受欢迎度高。**结论** 原果汁品质从高到低依次为园蓝、宝森、赫尔、切斯特、灿烂、巨蓝;果汁产品品质从高到低依次为蓝百蓓有机野生蓝莓汁、黑莓果汁饮料、光明桑果汁饮料、蓝百蓓野生蓝莓汁、萃雅源蓝莓汁、绿情野生蓝莓汁、金双谷蓝莓汁。

关键词: 天然红色素果汁;色价;总花色苷含量;花色苷降解指数

Comparison of blueberry and blackberry raw juice and seven kinds of red fruit juice beverage products

ZHAO Hui-Fang, ZHU Hong, WU Wen-Long*

(Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China)

ABSTRACT: Objective To compare the quality of blueberry and blackberry fruit raw juice and seven kinds of natural red fruit juice beverage products. **Methods** By the contrast of juice yield rate, soluble solid content, total acid content, color value, total anthocyanin content and anthocyanin degradation index of blueberry and blackberry raw fruit juice, a product of blackberry fruit juice beverage was prepared and compared with six kinds of red fruit juice beverage. **Results** The soluble solid content of raw fruit juice were in the range of 8.8% to 14.2%, total acid content were 0.447%~1.604%, color values were in the range of 6 to 45, total anthocyanin content and degradation indexes of raw fruit juice were in the range of 22 to 83 mg/100 mL and 1.10 to 1.23. The juice yield rates of three kinds of blueberry and three kinds of blackberry cultivars were 60%~70%. Gardenblue and Boysen fruit raw juice

基金项目: 江苏省农业科技自主创新项目(CX(15)1026)、南京市科技计划项目(201505033)、江苏省农业三新工程项目(SXGC[2015]332)

Fund: Supported by Jiangsu Agricultural Science and Technology Independent Innovation Project (CX(15)1026), Nanjing Science and Technology Project (201505033) and Sanxin Agricultural Project of Jiangsu Province (SXGC[2015]332)

*通讯作者: 吴文龙, 研究员, 主要研究方向为黑莓、蓝莓等小果类果树的引种栽培与加工利用。E-mail: 1964wwl@163.com

*Corresponding author: WU Wen-Long, Professor, Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China. E-mail: 1964wwl@163.com

had preferable quality. There was a large difference among the quality of juice beverage products. The juice content of blackberry juice beverage was 30%, color value was 3.63 ± 0.050 , total anthocyanin content was 6.7 ± 0.019 mg/100 mL and anthocyanin degradation index was 1.34, which all ranked only second to Blue Beauty organic wild blueberry juice. Blue Beauty wild blueberry juice and Bright mulberry drink had moderate quality and ranked the first and second in sensory evaluation test. **Conclusion** According to the quality ranked from high to low, six blueberry and blackberry cultivars are Gardenblue, Boysen, Hull, Chester, Brightwell and Prolific; and seven juice beverage products are Blue Beauty organic wild blueberry juice, blackberry fruit juice, Bright mulberry drink, Blue Beauty wild blueberry juice, Cui Yayuan blueberry juice, Lv Qing wild blueberry juice, and Jinshuanggu blueberry drink.

KEY WORDS: red fruit juice; color value; total anthocyanin content; anthocyanin degradation index

1 引言

蓝莓为杜鹃花科越橘属植物,其浆果色泽艳丽,酸甜可口,具有宜人的香气,由于其富含花色苷等活性成分,具有较高的营养保健价值,如抗氧化、抗衰老、改善眼部血液循环等,被称作“第三代水果”,近年来受到人们的追捧^[1-4]。目前国内市面上的天然红色素果汁饮料除“紫葡萄汁”外,蓝莓占了一大部分,此外还包括桑椹、黑莓汁等。随着人们消费观念的改变,“第三代水果”深加工产品由于其营养、保健等优点越来越受到人们的青睐。但市面上的产品鱼龙混杂,质量参差不齐。生产及鉴别高质量的产品势在必行。

相比较苹果汁、梨汁等,天然红色素果汁饮料的特征性成分为花色苷,如在蓝莓果汁中主要为飞燕草素、矢车菊素、芍药素、矮牵牛素、天竺葵素等花青素与糖通过糖苷键结合而成的苷类物质^[5],黑莓果汁中主要为矢车菊素、天竺葵素、锦葵素等与糖结合成的苷类物质^[6,7]。天然花色苷成分使得果汁具有艳丽的色泽,同时还具有较好的生理活性,但是其稳定性稍差,在强光及高温等条件下易发生降解^[8,9]。

本研究选择了3个蓝莓品种和3个黑莓品种的速冻果,制备原果汁,对其出汁率及品质指标进行比较和评价,在此基础上制备了一种“黑莓果汁饮料”产品,比较其色价、花色苷含量及花色苷降解指数与市面上的5种蓝莓汁饮料、1种桑果汁饮料的差异,并结合感官评定的数据,综合评价7种果汁产品的品质。

2 材料与方法

2.1 材料

萃雅源蓝莓汁(果汁含量10%),绿情野生蓝莓汁(果汁含量20%),蓝百蓓野生蓝莓汁(果汁含量50%),蓝百蓓有机野生蓝莓果汁(果汁含量95%),光明桑果汁饮料(果汁含量50%),购于南京金润发超市;金双谷蓝莓汁(果汁含量30%),购于南京北京华联超市。

蓝莓速冻果:园蓝(Garden Blue)、巨蓝(Prolific)、灿烂(Brightwell)品种鲜果于2015年购于江苏省溧水县蓝莓种植农户,清洗后-18℃速冻保存;黑莓速冻果:赫尔(Hull)、宝森(Boysen)、切斯特(Chester)鲜果于2015年采集于江苏省中国科学院植物研究所位于溧水县的黑莓实验基地,-18℃速冻保存。

2.2 方法

2.2.1 蓝莓、黑莓果汁样品的制备

对采集的果实样品各取100g置于250mL的烧杯中,微波解冻后破碎,加入20μL的果胶酶(万分之二),45℃水浴2h进行酶解^[10],4000r/min离心5min,将上清液倒出称重,计算出汁率。上清液即为原果汁样品。

2.2.2 黑莓果汁饮料的制备

取黑莓赫尔和切斯特速冻果约35kg,加热软化后破碎酶解,方法同上,经过滤取得原汁,原汁经澄清处理后加入一定比例的纯净水和白砂糖配制成果汁含量30%黑莓果汁饮料产品,灌装后加热灭菌保存。

2.2.3 果汁样品的预处理

将黑莓果汁饮料和6种天然红色素果汁产品各取50mL,4000r/min离心5min,取上清液备用。

2.2.4 色价的测定

色价是我国习惯采用的表示色素含量的方法,它通过测定试样溶液在特定pH值、特定波长处的吸光度来表示全部发色物质占样品质量的百分率。此处以100%的样品透过1cm比色皿时在最大吸收峰处的吸光度值表示该样品的色价。

(1)试剂和溶液

磷酸氢二钠溶液:0.6mol/L;柠檬酸溶液:0.3mol/L;pH=3.0缓冲液:取0.6mol/L的磷酸氢二钠溶液100mL加入0.3mol/L的柠檬酸溶液127mL,混匀。

(2)分析步骤

用移液管吸取2mL样品液,再吸取pH3.0缓冲液18mL,混匀,以水溶液作空白,在可见光波长范围内扫描样品的吸收光谱,确定特征峰值的波长,分别在相应的特征峰值波长下测定样品的吸光度值,吸光度值在0.2~0.7的

范围内。当试样溶液的吸光度 $E > 0.7$ 时, 可用 $\text{pH}=3.0$ 缓冲液将溶液稀释到适当的浓度再进行测定。样品的色价按下列公式计算^[11]。

$$E=A \times f / m \times 100$$

其中: E —色价; A —峰值下的吸光度值; m —样品质量, g ; f —稀释倍数。

每样品重复测定 3 次。

2.2.5 总花色苷(total anthocyanins, ACY)含量及降解指数的测定

利用花色苷的结构特性, 以矢车菊-3-葡萄糖苷为例, 当 pH 为 1.0 时, 510 nm 处有最大吸收峰, 而当 pH 为 4.5 时, 花色苷转变为无色查尔酮形式, 在 510 nm 处无吸收, 用示差法计算溶液中总花色苷含量。

(1)试剂和溶液

氯化钾溶液: 0.2 mol/L; 盐酸溶液: 0.2 mol/L; 醋酸钠溶液: 0.2 mol/L; 醋酸溶液: 0.2 mol/L; $\text{pH}=1.0$ 缓冲液: 将 0.2 mol/L 的氯化钾溶液和 0.2 mol/L 的盐酸溶液以体积比 25 : 67 的比例混匀; $\text{pH}=4.5$ 缓冲液: 将 0.2 mol/L 的醋酸钠溶液和 0.2 mol/L 的醋酸溶液以体积比 1 : 1 的比例混匀。

(2)分析步骤

用移液管吸取 2 mL 样品液, 分别用 pH 1.0 和 pH 4.5 的缓冲液稀释至 20 mL, 混匀, 以 2 mL 溶剂加 18 mL 相应缓冲液作空白, 用 1 cm 的比色皿杯于分光光度计 510 nm 和 700 nm 波长处测定吸光值, 后者是用以排除溶液浑浊而引起的误差。总花色苷的含量(以矢车菊色素-3-葡萄糖苷计)按以下公式计算^[12]:

$$\text{总花色苷含量 ACY (mg/100 g)} = A \times 449.2 \times 10 \times V / (26900 \times m) \times 100$$

其中: A —吸光度差值, 即 $(A_{510}-A_{700})_{\text{pH} 1.0}-(A_{510}-A_{700})_{\text{pH} 4.5}$; V —提取液的总体积, mL; m —取样量, g; 26900—矢车菊色素-3-葡萄糖苷的摩尔消光系数; 449.2—矢车菊色素-3-葡萄糖苷的摩尔分子质量。

花色苷的降解指数是指单一 pH 1.0 法测定的总花色苷与 pH 示差法测定的总花色苷的比值。单一 pH 1.0 法测定花色苷的吸光度值包括未降解花色苷和降解花色苷产物

的吸光度值, 而示差法测定值只包括未降解花色苷的吸光值, 降解指数按以下公式计^[13]:

$$\text{降解指数 Degradation Index(DI)} = (A_{510} - A_{700})_{\text{pH} 1.0} / A$$

其中: A —吸光度差值, 同上; DI —花色苷降解指数。

每样品重复测定 3 次。

2.2.6 果汁产品的品尝和评价

邀请 7 名在校高二学生及 5 名实验室工作人员对几种果汁产品进行品尝, 用文字简要描述各个产品的颜色、风味和口感, 并对产品的喜爱程度进行排序。

3 结果与分析

3.1 蓝莓、黑莓原果汁的品质差异

不同品种果实的出汁率同果汁制备方法、果实成熟度、软硬程度、含水量及品种特性等相关。本研究通过果胶酶酶解、离心取汁的实验, 测得蓝莓、黑莓原果的出汁率在 60%~70%之间(见表 1), 灿烂、巨蓝蓝莓和赫尔黑莓的出汁率较高, 均超过 69%, 其次为园蓝蓝莓和宝森黑莓, 也达到 65%以上, 切斯特黑莓的出汁率较低, 仅为 61.4%。在获得原汁的基础上, 对其可溶性固形物 SSC (主要为糖分)、总酸、色价、总花色苷含量、花色苷降解指数进行了测定, 结果见表 1。

由表 1 可知, 3 种黑莓和 3 种蓝莓原果汁在 pH 3.0 时最大吸收峰在 513~519 nm 的范围内, 黑莓的最大吸收峰偏小, 在 513~514 nm, 园蓝蓝莓的最大吸收峰最大, 在 519 nm。分别在最大吸收峰下测定样品的吸光度值并计算色价, 结果发现 3 种蓝莓原果汁的 SSC 含量在 10.4%~14.2%, 总酸含量在 0.511%~0.719%之间, 色价在 6~30 之间, 园蓝的色价和 SSC 含量最高, 总酸含量居中; 巨蓝的色价和 SSC 含量最低, 总酸含量最高; 灿烂的色价和 SSC 含量居中, 总酸含量最低。黑莓原果汁的 SSC 含量在 8.8~9.9 之间, 总酸含量在 0.752%~1.604%之间, 色价在 22~45 之间, 宝森黑莓原果汁的色价和 SSC 、总酸最高, 赫尔、切斯特黑莓原果汁的色价相近, 无显著差异, 切斯特的

表 1 蓝莓、黑莓原果汁的品质指标($n=3$)
Table 1 Quality indexes of blueberry and blackberry raw fruit juice ($n=3$)

品 种	$\lambda_{\max}$	$\text{SSC}(\%)$	总酸($\%$)	色价	$\text{ACY}(\text{mg}/100 \text{ mL})$	降解指数	出汁率($\%$)	果渣 $\text{ACY}(\%)$
园 蓝	519	14.2±0.055 ^a	0.511±0.022 ^e	28.6±1.8 ^b	82.8±1.6 ^a	1.12±0.016 ^a	67.5±0.42 ^b	1.59±0.088 ^a
巨 蓝	515	10.4±0.050 ^c	0.719±0.032 ^d	6.5±0.10 ^c	27.3±2.4 ^{bc}	1.18±0.044 ^a	69.4±0.50 ^a	1.05±0.065 ^c
灿 烂	517	11.2±0.53 ^b	0.447±0.019 ^f	11.3±3.6 ^c	22.8±0.65 ^c	1.16±0.056 ^a	69.7±0.34 ^a	0.75±0.042 ^c
赫 尔	513	8.8±0.038 ^c	0.752±0.034 ^c	22.9±2.6 ^b	49.3±0.29 ^b	1.10±0.021 ^a	69.1±0.39 ^a	0.75±0.046 ^c
宝 森	514	9.9±0.048 ^c	1.604±0.057 ^a	44.6±0.65 ^a	78.6±14.8 ^a	1.10±0.029 ^a	65.7±0.29 ^c	0.77±0.048 ^d
切斯特	513	9.7±0.049 ^d	0.922±0.041 ^b	23.0±2.4 ^b	39.2±1.6 ^{bc}	1.23±0.079 ^a	61.4±0.27 ^d	1.39±0.072 ^b

注: 表中不同小写字母表示各因素不同水平间的差异显著, $P < 0.05$ 。

SSC 和总酸含量居中, 赫尔最低。6 种原果汁的总花色苷含量在 22~83 mg/100 mL 之间, 相差幅度同色价近似。原果汁的花色苷降解指数则在 1.10~1.23 之间, 6 个品种间无显著差异。综合来看, 6 个蓝莓、黑莓品种中, 园蓝蓝莓和宝森黑莓原果汁的品质最好。此外, 实验中还对果渣的总花色苷含量进行了测定, 结果发现园蓝蓝莓果渣总花色苷含量最高达 1.59%, 其次为切斯特黑莓和巨蓝蓝莓, 宝森黑莓果汁总花色苷含量较高(达 78.6±14.8 mg/100 mL), 而果渣总花色苷含量较低仅为 0.77%, 可见在相同的条件下酶解取汁加工原果汁, 6 个果实品种中宝森黑莓能最大程度将果实的花色苷成分萃取出来。

3.2 果汁产品色价的差异

色价是根据样品在其特定吸收波长下的吸光度值计算来的, 因此在进行吸光度值测定时首先对其最大吸收峰进行扫描, 峰值可在一定程度上反应样品的性质, 由表 2 可见, 7 种果汁产品的最大吸收峰差异略大, 在 509~527 nm 的范围内, 绿情野生蓝莓汁和光明桑果汁饮料的最大吸收峰偏小, 在 509 nm, 萃雅源蓝莓汁及 2 种蓝百蓓蓝莓汁的最大吸收峰偏大, 分别在 521、522 和 527 nm。根据文献, 花色苷在可见光区的最大吸收波长在 500~540 nm^[14], 由此可见 7 果汁产品均在花色苷的特征吸收峰范围内。

果汁的色价是果汁色泽一个较为直观的指标, 能从一定程度上反应色素含量的高低。从表 2 可以看出, 果汁产品色价在 0.6~13.2 的范围内, 最高的为蓝百蓓有机蓝莓果汁(色价为 13.13±0.484), 其次为黑莓果汁饮料, 再次为光明桑果汁饮料和金双谷蓝莓汁, 其余 3 种果汁的色价较低, 均小于 2。

3.3 果汁产品总花色苷含量的差异

几种天然红色素果汁的原料除了蓝莓之外, 还包括黑莓和桑椹, 这 3 种果实均富含花色苷色素, 花色苷是一种颜色

会随 pH 值变化的天然色素, 具有一定的抗氧化等生理活性^[1-3]。根据天然花色苷的这一特点, 可以用示差法测定样品的总花色苷含量。由于各种果汁饮料的含量不一(10%到 95%不等), 将各果汁的总花色苷含量测定结果调整到以 30%果汁含量计后在同一水平比较, 结果见图 1(图中不同小写字母表示各因素不同水平间的差异显著, $P<0.05$)。蓝百蓓有机野生蓝莓果汁的总花色苷含量最高达 10.00±0.222 mg/100 mL, 其次为黑莓果汁饮料达 6.70±0.019 mg/100 mL, 萃雅源蓝莓汁和光明桑果汁饮料, 分别为 2.80±0.025 和 2.10±0.017 mg/100 mL 左右, 而金双谷蓝莓汁经示差法测定其花色苷含量为零。

3.4 果汁产品降解指数的差异

通过对 7 种果汁产品的花色苷降解指数进行比较, 见图 2(图中不同小写字母表示各因素不同水平间的差异显著,

表 2 果汁产品的色价及最大吸收峰
Table 2 Color value and maximum absorption peak of fruit juice beverage products

果汁产品	果汁含量(%)	λ_{max} (pH 3.0)	色价(n=3)
黑莓果汁饮料	30	514	3.63±0.050 ^b
绿情野生蓝莓汁	20	509	1.01±0.049 ^e
光明桑果汁饮料	50	509	2.47±0.051 ^e
萃雅源蓝莓汁	10	521	0.60±0.015 ^f
蓝百蓓野生蓝莓汁	50	522	1.82±0.021 ^d
蓝百蓓有机野生蓝莓果汁	95	527	13.13±0.484 ^a
金双谷蓝莓汁	30	515	2.56±0.026 ^e

注: 表中不同小写字母表示各因素不同水平间的差异显著, $P<0.05$ 。

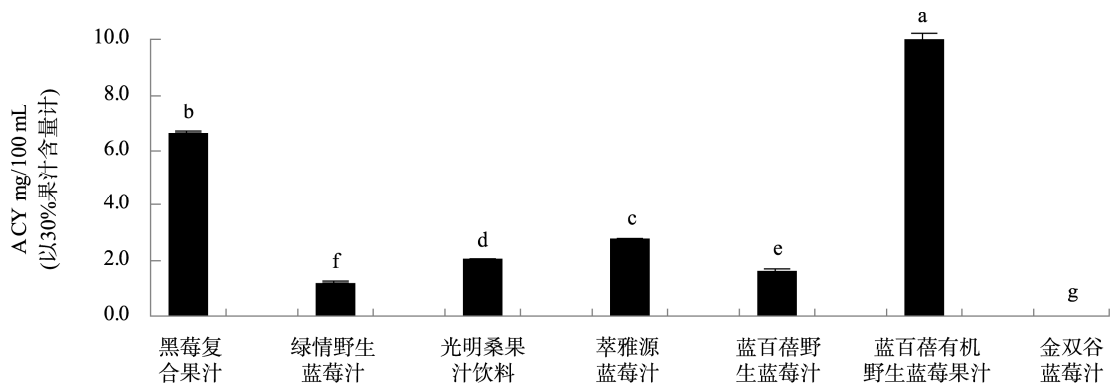


图 1 果汁产品总花色苷含量的差异
Fig. 1 Total anthocyanin content difference of fruit juice beverage products

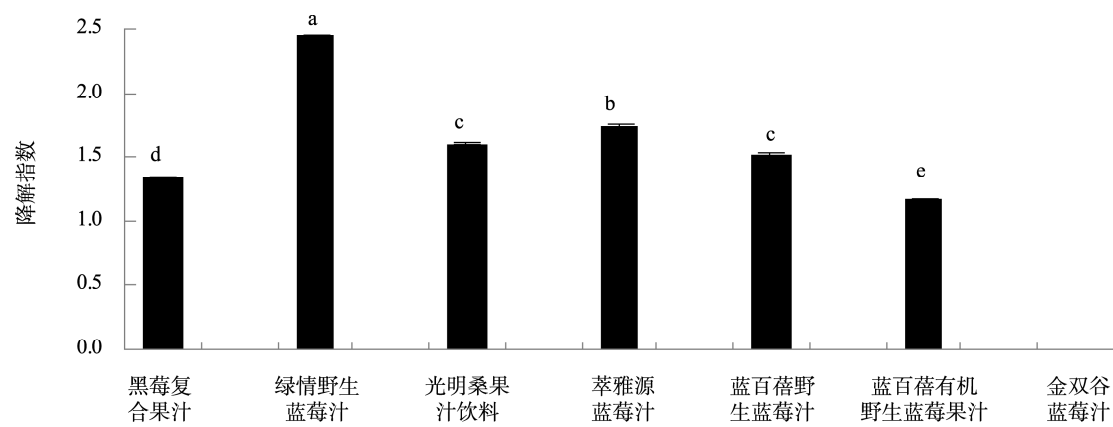


图 2 果汁产品花色苷降解指数的差异
Fig. 2 Differences of anthocyanin degradation index of fruit juice beverage products

表 3 果汁产品品尝及评价结果
Table 3 Tasting and evaluation results of fruit juice beverage products

产品名称	果汁含量(%)	颜色、风味和口感特征	喜爱程度排序
黑莓果汁饮料	30	紫红色, 艳丽, 风味天然, 口感清爽, 略较酸	6
绿情野生蓝莓汁	20	浅粉红色略偏褐色, 香精味, 口感清爽, 口味偏甜	5
光明桑果汁饮料	50	紫红色透亮, 含香精, 口感略醇厚, 酸甜适中	2
萃雅源蓝莓汁	10	红色透亮, 果香味淡, 酸甜适中	4
蓝百蓓野生蓝莓汁	50	紫红色, 透亮艳丽, 天然果香味, 清爽, 酸甜适中	1
蓝百蓓有机野生蓝莓果汁	95	深紫红色, 蓝莓果香味浓郁, 口感醇厚酸涩	7
金双谷蓝莓汁	30	紫色, 蓝莓香精味, 酸甜可口	3

$P<0.05$), 研究发现, 果汁产品花色苷的降解指数在 1.17~2.45, 本实验室中试产品“黑莓果汁饮料”的花色苷降解指数较低, 2 种蓝百蓓蓝莓汁、光明桑果汁饮料及萃雅源蓝莓汁的花色苷降解指数差异较小, 对比产品的总花色苷含量和其降解指数发现, 总花色含量较高的产品降解指数偏小。此外绿情野生蓝莓汁的花色苷降解指数最高达 2.45, 可能是由于果汁中含有苋菜红和亮蓝的缘故(配料表标明)。

3.5 果汁产品品尝评价

邀请 7 名在校高二学生及 5 名实验室工作人员对 7 种果汁产品进行品尝, 只粗略对其颜色、风味和口感特征进行简单描述, 对喜爱程度进行排序, 结果见表 3。由表 3 可知, 蓝百蓓野生蓝莓汁和光明桑果汁饮料的受欢迎度较高, 其果汁含量均为 50%, 花色苷含量也适中。金双谷蓝莓汁虽不含花色苷, 但其口味酸甜可口, 也受到大家的好评, 萃雅源蓝莓汁和绿情野生蓝莓汁的果汁含量分别为 10%和 20%, 果香味较淡, 品质稍差。黑莓果汁饮料虽然花色苷含量较高, 营养成分好, 但是由于口味略偏酸而不被喜爱。蓝百蓓有机野生蓝莓果汁由于果汁和花色苷含量高, 口感偏

涩, 受到较多年轻人的排斥。

4 讨 论

通过对 3 种蓝莓、3 种黑莓原果汁的制备及其品质指标的测定, 结果发现园蓝蓝莓和宝森黑莓的出汁率及果汁的色价及总花色苷含量均较高, 果汁品质较好, 是 2 个较适宜进行果品加工的品种。实验中同时对取汁后果渣的花色苷含量进行了测定, 发现果渣的总花色苷含量在 0.7%~1.7%之间, 因此有必要对酶解榨汁后的果渣进一步的利用。

在原果汁制备的基础上, 结合前期的工作基础, 加工了一种黑莓果汁饮料产品, 并将其与 6 种果汁产品的色价、总花色苷含量及花色苷降解指数进行比较, 结果发现, 果汁产品的色价在 0.6~13.2 的范围内, 差异较大。总花色苷含量(以 30%果汁含量计)在 0~10.0 mg/100 mL 之间, 蓝百蓓有机野生蓝莓果汁的色价和总花色苷含量均最高, 其次为黑莓果汁饮料, 金双谷蓝莓汁的色价较高, 但总花色苷含量为零。果汁产品的花色苷降解指数在 1.17~2.45, 均较

原果汁高,总花色苷含量较低的绿情野生蓝莓汁和萃雅源蓝莓汁的花色苷降解指数较高,而总花色苷含量较高的蓝百蓓有机野生蓝莓果汁和黑莓果汁饮料的花色苷降解指数较低。

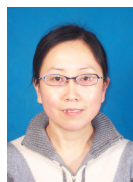
果汁的色价是其色泽的一个直观指标,但是仅仅通过色价的测定不足以评判一个产品的营养价值。比如对于果汁产品的色泽是由天然的花色苷成分还是人工色素组成,需要通过示差法进行总花色苷含量的测定,并对花色苷的降解指数进行评定。本研究中,通过示差法测定发现金双谷蓝莓汁的总花色苷含量为零,可能完全为人工色素配制。降解指数的差异比较也再一次验证了添加有人工色素的果汁产品,由于其在碱性条件下依然显色的缘故^[15],会导致花色苷降解指数的测定值偏高。

参考文献

- [1] 陈介甫,李亚东,徐哲. 蓝莓的主要化学成分及生理活性[J]. 药学报, 2010, 45(4): 422-429.
- Chen JF, Li YD, Xu Z. Chemical principles and bioactivities of blueberry [J]. Acta Pharm Sin, 2010, 45(4): 422-429.
- [2] 李颖畅,马春颖,孟宪军,等. 蓝莓花色苷提取物抗油脂氧化能力的研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(2): 92-95.
- Li YC, Ma CY, Meng XJ, et al. Antioxidation of anthocyanin from blueberry fruits [J]. J Chin Cereals Oils Assoc, 2010, 25(2): 92-95.
- [3] Giovanelli G, Buratti S. Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties [J]. Food Chem, 2009, 112: 903-908.
- [4] 李颖畅,宣景宏,孟宪军. 蓝莓果中花色素苷的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2007, 128(1): 178-181.
- Li YC, Xuan JH, Meng XJ. Research progress of blueberry anthocyanin [J]. Food Res Dev, 2007, 128(1): 178-181.
- [5] 李斌,雷月,孟宪军,等. 蓝莓营养保健功能及其活性成分提取技术研究进展[J]. 食品与机械, 2015, 31(6): 251-254.
- Li B, Lei Y, Meng XJ, et al. Progress on functionality of blueberry and extracting technology for its active ingredient [J]. Food Mach, 2015, 31(6): 251-254.
- [6] Wu X, Prior RL. Systematic identification and characterization of anthocyanins by HPLC-ESI-MS/MS in common foods in the United States: fruits and berries [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53: 2589-2599.
- [7] Dugo P, Mondello L, Errante G, et al. Identification of anthocyanins in berries by narrow-bore high performance liquid chromatography with electrospray ionization detection [J]. J Agric Food Chem, 2001, 49: 3987-3992.
- [8] Araceli C, Ma LP, Ma EP, et al. Chemical studies of anthocyanins: A review [J]. Food Chem, 2009, 113: 859-857.
- [9] 张燕,谢玖珍,廖小军. 热和紫外辐照对红莓花色苷稳定性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2005, 31(3): 37-39.
- Zhang Y, Xie MZ, Liao XJ. Effece of thermal and ultraviolet irradiation on the stability of red raspberry anthocyanin [J]. Food Fermen Ind, 2005, 31(3): 37-39.
- [10] 赵慧芳,姚蓓,吴文龙,等. 黑莓果浆酶解工艺研究[J]. 食品工业, 2013, 34(5): 40-43.
- Zhao HF, Yao B, Wu WL, et al. Study on enzymatic maceration processing of blackberry fruits [J]. Food Ind, 2013, 34(5): 40-43.
- [11] 赵慧芳,王小敏,阎连飞,等. 黑莓果实中花色苷的提取和测定方法研究[J]. 食品工业科技, 2008, 29(5): 176-179.
- Zhao HF, Wang XM, Lv LF, et al. Study on the extraction and assay method of anthocyanin in blackberry fruits [J]. Sci Technol Food Ind, 2008, 29(5): 176-179.
- [12] 刘云,丁霄霖. 荔枝果皮总花色苷及降解指数的测定[J]. 中国食品添加剂, 2002, (6): 82-96.
- Lui Y, Ding XL. Determination of total anthocyanin and degradation index for *Lychee Pericarp* [J]. China Food Addit, 2002, (6): 82-96.
- [13] Elisia I, Hu C, Popovich DG, et al. Antioxidant assessment of an anthocyanin- enriched blackberry extract [J]. Food Chem, 2007, (101): 1052-1058.
- [14] 孙建霞,张燕,孙志健,等. 花色苷的资源分布以及定性定量分析方法研究进展[J]. 食品科学, 2009, 30(5): 263-268.
- Sun JX, Zhang Y, Sun ZJ, et al. Summary of resource distribution and qualitative and quantitative analysis methods of anthocyanin [J]. Food Sci, 2009, 30(5): 263-268.
- [15] 陈颖秋,马小星,黄永俊,等. 花色苷含量鉴定红葡萄酒真伪的研究[J]. 大众科技, 2011, (6): 94-96.
- Chen YQ, Ma XX, Huang YJ, et al. Anthocyanin content in red wine authenticity research [J]. Popular Sci Technol, 2011, (6): 94-96.

(责任编辑: 白洪健)

作者简介



赵慧芳,助理研究员,主要研究方向为黑莓、蓝莓等植物功能性营养物质的研究与利用。

E-mail: nuzhenzi_1984@163.com



吴文龙,研究员,主要研究方向为黑莓、蓝莓等小果类果树的引种栽培与加工利用。

E-mail: 1964wwl@163.com