

紫薯复合饮料的质量指标、营养成分及抗氧化性分析

潘丽军, 孙潇雅, 姜绍通

(合肥工业大学农产品加工研究院, 安徽省农产品精深加工重点实验室, 安徽 合肥 230009)

摘要: 研究实验室自制紫薯复合饮料的质量指标、组分含量以及抗氧化性。采用中温 α -淀粉酶、葡萄糖糖化酶水解原料紫薯, 与苹果汁进行复配制得紫薯复合饮料。结果表明: 紫薯复合饮料可溶性固形物含量不小于8%、总酸含量0.5%左右、花青素含量6.18mg/100mL、透光率43.9%; 微生物指标符合国家标准要求; 色泽、味道、口感俱佳。氨基酸自动分析仪检测表明, 自制紫薯复合饮料中含有12种游离氨基酸, 总量约为33.68mg/100mL, 其中人体必需氨基酸5种, 含量9.15mg/100mL; 采用高效液相色谱系统分析紫薯复合饮料糖分组成及含量, 测得其含葡萄糖38.94mg/mL、果糖7.59mg/mL、蔗糖0.84mg/mL。自制紫薯复合饮料的 $\cdot\text{OH}$ 清除率为44.79%、DPPH自由基清除率为94.49%、 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 清除率为83.02%, 与市购紫薯饮料、100%苹果汁以及桑果汁饮料相比, 抗氧化效果显著。

关键词: 紫薯复合饮料; 质量指标; 游离氨基酸成分; 糖类成分; 抗氧化性

Quality Indicators, Nutritional Composition and Antioxidant Activities of Blended Purple Sweet Potato Beverage

PAN Li-jun, SUN Xiao-ya, JIANG Shao-tong

(Key Laboratory for Agricultural Products Processing of Anhui Province, Institute of Agricultural Products Processing Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the quality indicators, component contents and their antioxidant activities of a blended purple sweet potato-apple beverage which was prepared in our laboratory by hydrolyzing purple sweet potato in the presence of α -amylase and glucoamylase and subsequently mixing with apple juice. The soluble solid content and total acid content were no less than 8% and approximately 0.5%, respectively. The anthocyanin content and light transmission were 6.18 mg/100 mL and 43.9%. All microbiological indicators tested met the GB (the Chinese national standard) requirements. The beverage had nice color, good taste and mouth feeling. Twelve free amino acids including five essential amino acids (EAA) were detected with an automatic amino acid analyzer. The contents of total amino acids (TAA) and EAA were 33.68 mg/100 mL and 9.15 mg/100 mL, respectively. Sugar composition and contents were analyzed by high-performance liquid chromatography. The beverage contained 38.94 mg/mL glucose, 7.59 mg/mL fructose and 0.84 mg/mL sucrose. The hydroxyl radical scavenging activity of the beverage was 44.79%. The DPPH radical and superoxide anion scavenging activities were 94.49% and 83.02%, respectively. Therefore, this blended beverage has significant antioxidant activity as shown compared with commercial counterparts.

Key words: blend purple sweet potato-apple beverage; quality indicators; free amino acid composition; sugar composition; antioxidant activity

中图分类号: TS275.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)20-0165-05

doi:10.7506/spkx1002-6630-201320034

紫薯是一类薯皮呈紫黑色、肉质呈紫色至深紫色的甘薯新品种。因含有十分丰富的花青素类色素、硒、多糖、植物蛋白、维生素和矿物质等多种营养成分而成为当前研究和开发的热点。花青素是药用价值很高的天然强效自由基清除剂^[1], 具有清除自由基、抗氧化、抗肿瘤、预防和治疗心血管疾病、抑菌等多种药用功能^[2]。

采用紫薯为原料制得的饮料, 颜色鲜艳、香气浓厚、口感甘甜且具有很高的营养价值。目前国内针对紫薯饮料的研究主要集中在产品的工艺开发方面^[3-5], 而对紫薯饮料营养价值分析和抗氧化性的研究则相对较少。本实验对实验室自制紫薯复合饮料的主要成分进行系统地检测分析与评价, 并将其与市售相关饮料的抗氧

收稿日期: 2012-10-16

基金项目: 国家科技成果转化引导基金项目(2009GB2C300163); “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD02B04)

作者简介: 潘丽军(1955—), 女, 教授, 硕士, 研究方向为农产品资源综合利用。E-mail: panlijun1955@163.com

化性进行比较,旨在为紫薯原料的高值化利用和紫薯饮料的规模化生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

紫薯、100%苹果汁、桑果缘桑果汁饮料、紫薯浆复合果蔬汁饮料 市购。其中,100%苹果汁不添加白砂糖,购买的饮料均不添加任何防腐剂,且与实验室自制的紫薯复合饮料生产日期相近。

氨基酸标准品(色谱纯)、DPPH自由基 美国Sigma公司;TRIONE茚三酮(色谱纯)、TBST洗涤缓冲液(色谱纯) 美国Pickering公司;乙腈(色谱纯) 美国Tedia天地试剂公司;Tris Base 美国Promega公司;其他试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪 美国Waters公司;AR1140/C型电子天平 澳豪斯(上海)公司;S7130 Amino Acid Reagent Organizer氨基酸全自动分析仪 德国Sykam公司;HH-4数显恒温水浴锅 常州国华电器有限公司;PHS-2C型精密pH计 上海胜磁仪器有限公司;UV-2102PC型紫外-可见分光光度计 龙尼柯(上海)仪器有限公司;台式高速冷冻离心机 美国Beckman公司。UDK152自动凯氏定氮仪 意大利Velp公司;N-1000型旋转蒸发器 上海爱朗仪器有限公司;3-550PD可控高温炉 美国Vulcan公司。

1.3 方法

1.3.1 紫薯基本营养成分分析及紫薯复合饮料的制备工艺条件

1.3.1.1 紫薯基本营养成分的分析

水分:按GB/T 5009.3—2010《食品中水分的测定》规定的方法进行测定;灰分:按GB/T 5009.4—2010《食品中灰分的测定》规定的方法进行测定;粗脂肪:按GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》规定的方法进行测定;蛋白质:按GB/T 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》规定的方法进行测定;淀粉:按GB/T 5009.9—2008《食品中淀粉的测定》规定的方法进行测定;膳食纤维按GB/T 5009.88—2008《食品中膳食纤维的测定》规定的方法进行测定。

1.3.1.2 花青素含量的测定^[6]

1) 标准曲线的绘制:配制0.5mg/mL的原花青素标准溶液(称取原花青素标准品5.00mg溶于甲醇中,定容至10mL),吸取0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5mL分别置于6支10mL具塞比色管中,各加入甲醇溶液至1.0mL,然后加入6.0mL正丁醇-盐酸溶液(95:5, V/V),和0.2mL 2%硫酸铁铵溶液(临用时配,用浓度为2mol/L盐酸配成2%

的溶液,2.0g $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 溶于盐酸中,定容至100mL),摇匀后,置沸水浴中加热40min,然后置于冰水浴中冷却15min,以正丁醇-盐酸:硫酸铁铵:0.1%盐酸=30:1:5(V/V)的混合试剂空白作参比,于最大吸收波长处测定吸光度。

2) 样品中花青素含量的测定:将样品中提取的花青素浓缩液定容,取1.0mL按标准曲线绘制方法测定其吸光度,根据回归方程计算样品中花青素的质量浓度,样品中原花青素含量的计算见式(1):

$$\text{花青素含量}(\text{mg}/100\text{g}) = \rho \times \frac{V}{m} \times 100 \quad (1)$$

式中: ρ 为样品花青素的质量浓度/(mg/mL); V 为溶液体积/mL; m 为样品质量/g。

1.3.1.3 紫薯复合饮料的制备工艺流程^[7]

紫薯→清洗去皮→蒸汽灭酶5min→破碎→高温糊化40min→加3倍水打浆→调节pH值至6.0, α -淀粉酶的加入量为70U/100mL(酶活为2000U/g)、酶解温度70℃、酶解50min→调节pH值至4.2;再加入葡萄糖糖化酶进行酶解,葡萄糖糖化酶的加入量为8500U/100mL(酶活为75000U/g)、酶解温度65℃、酶解时间120min→灭酶后冷却→过滤→硅藻土精滤→紫薯原汁60mL、苹果汁25mL、水15mL调配→80℃条件下灭菌40min→成品

1.3.2 紫薯复合饮料质量指标测定

1.3.2.1 感官指标的测定

参照NY 82.2—1988《果汁测定方法:感官检验》规定的方法检验。

1.3.2.2 微生物指标的测定

参照GB/T 4789.21—2003《食品卫生微生物学检验:冷冻饮品、饮料》规定的方法检验。

1.3.2.3 理化指标的测定

可溶性固形物:按GB/T 12143—2008《饮料通用分析方法》规定的方法测定;总酸:按GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》规定的方法测定;总砷及无机砷:按GB/T 5009.11—2003《食品中总砷及无机砷的测定》规定的方法测定;铅:按GB 5009.12—2010《食品中铅的测定》规定的方法测定;铜:按GB/T 5009.13—2003《食品中铜的测定》规定的方法测定;花青素参照1.3.1.2节的方法测定。

1.3.3 紫薯复合饮料中糖组分的测定^[8]

1.3.3.1 标准品的配制

将葡萄糖、果糖、蔗糖和麦芽糖烘干,配制成2.5mg/mL的混合标品,过0.22 μm 水系滤膜,再进行高效液相色谱(high performance liquid chromatography, HPLC)分析。

1.3.3.2 紫薯原汁和紫薯复合饮料的处理

将紫薯原汁和成品紫薯复合饮料分别离心,过0.22 μm 水系滤膜,再进行HPLC分析。

1.3.3.3 色谱条件

色谱柱: 氨基柱; 流动相: 乙腈:水=80:20(V/V); 流速: 0.6mL/min; 进样量: 15 μ L; 柱温: 80℃。

1.3.4 紫薯复合饮料中游离氨基酸的测定

取0.5mL试样加入10mL 80%乙醇溶液混合均匀后, 静置过夜, 10000r/min离心5min, 取1mL上清液浓缩后加入1mL缓冲液过滤上机。参考GB/T 5009.124—2003《食品中氨基酸的测定》进行测定。

1.3.5 抗氧化能力的测定

1.3.5.1 羟自由基($\cdot$ OH)清除率的测定^[9-10]

取1mL 0.75mmol/L邻二氮菲的无水乙醇溶液于试管中, 依次加入2mL 0.15mol/L磷酸盐缓冲溶液(PBS, pH7.40)和1mL蒸馏水, 混匀; 加入1mL 0.75mmol/L $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 溶液, 混匀, 加入1mL 0.01%的 H_2O_2 , 于37℃水浴反应60min, 在536nm波长处测定吸光度 $A_{\text{损}}$, 未损伤管以蒸馏水代替损伤管中 H_2O_2 , 同等操作条件下测吸光度 $A_{\text{未}}$, 样品管分别以4种样品代替损伤管中的蒸馏水, 同等操作条件下测吸光度 A , 每个样品做3个平行取平均值, 清除率计算见式(2):

$$\text{清除率}/\% = \frac{A - A_{\text{损}}}{A_{\text{未}} - A_{\text{损}}} \times 100 \quad (2)$$

1.3.5.2 超氧阴离子自由基($\text{O}_2^{\cdot-}$)清除率的测定^[11]

在试管中加4.5mL 0.05mol/L、pH8.2的Tris-HCl缓冲液, 分别加入待测样品50 μ L, 空白组加入同体积的蒸馏水, 再加入25 μ L的0.045mol/L邻苯三酚(以0.01mol/L盐酸配制), 振荡计时3min, 加入50 μ L 10%抗坏血酸中止反应, 立即于325nm波长处测定吸光度, 样品本身颜色有影响, 用50 μ L样品加4.5mL 0.05mol/L、pH 8.2的Tris-HCl缓冲液作为参比。清除自由基活力(scavenging activity, SA)计算见式(3):

$$\text{SA}/\% = (A_0 - A_s) / A_0 \times 100 \quad (3)$$

式中: A_0 为空白样吸光度; A_s 为待测样品吸光度。

1.3.5.3 DPPH自由基清除率的测定^[12]

取待测样品各2mL, 分别与 2×10^{-4} mol/L的DPPH自由基无水乙醇溶液混合, 摇匀后放置30min。以相对应的溶剂(2mL蒸馏水与2mL无水乙醇的混合溶液)为对照, 分别测定上述溶液在517nm波长处的吸光度 A_1 。取待测样品各2mL, 分别与2mL蒸馏水混合均匀后, 以蒸馏水为对照, 分别测定各混合液于波长517nm波长处的吸光度 A_2 。取 2×10^{-4} mol/L的DPPH自由基无水乙醇溶液2mL与水混合均匀后, 以相对应的溶剂(2mL蒸馏水与2mL无水乙醇的混合溶液)为对照, 测定上述溶液于517nm波长处的吸光度 A_0 , 清除率(I , %)按式(4)计算:

$$I/\% = \left(1 - \frac{A_1 - A_2}{A_0}\right) \times 100 \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 紫薯基本营养成分分析

表1 紫薯的基本营养成分

Table 1 The major nutritional components of purple sweet potato

膳食纤维含量/ (以干质量计)	灰分 含量/%	粗淀粉 含量/%	蛋白质 含量/%	水分 含量/%	脂肪 含量/%	花青素含量/ (mg/100g)
8.37	0.59	24.95	0.90	92.77	0.11	24.05

2.2 紫薯复合饮料质量指标

2.2.1 感官

色泽: 呈亮紫色液体, 均匀一致; 滋味和气味: 具有紫薯的气味, 香气协调、滋味柔和, 甜酸适度、无异味; 组织状态: 均匀一致的透明液体, 有极少量沉淀, 但摇匀后仍成均匀状态, 无肉眼可见外来杂质。饮料放置6个月后, 色泽、滋味、气味以及组织状态均无改变。

2.2.2 微生物

菌落总数 ≤ 100 CFU/mL; 大肠杆菌数 ≤ 3 MPN/100mL; 霉菌、酵母数 ≤ 20 CFU/mL; 致病菌(沙门氏菌、志贺氏菌、金黄色葡萄球菌)未检出。

2.2.3 理化指标

表2 紫薯复合饮料理化指标测定结果

Table 2 Physical and chemical properties of the blended beverage

花青素含量/ (mg/100mL)	可溶性固形 物含量/%	总酸 含量/%	透光 率/%	铜含量/ (mg/kg)	铅含量/ (mg/kg)	砷含量/ (mg/kg)
6.18	≥ 8	0.5	43.9	< 5	< 0.3	< 0.2

2.3 紫薯复合饮料中糖组分的分析

2.3.1 标品分析

按高效液相色谱分析条件测定, 4种糖的混合标品见图1。出峰时间8.426、9.293、12.438、13.408min依次为果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖, 4种糖在给定检测条件下, 分离效果较好, 峰形标准, 基线稳定, 说明仪器条件合适。

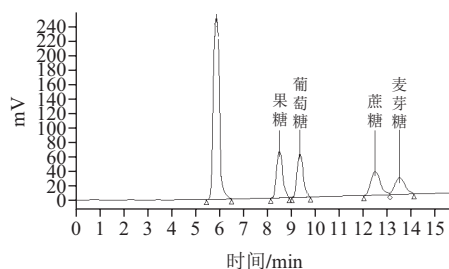


图1 2.5mg/mL的葡萄糖、果糖、蔗糖、麦芽糖标品高效液相色谱图

Fig.1 HPLC chromatogram of 2.5 mg/mL mixed solution of glucose, fructose, sucrose and maltose standards

2.3.2 紫薯复合饮料中糖组分的分析

表 3 紫薯原汁和紫薯复合饮料中葡萄糖、果糖、蔗糖和麦芽糖的含量
Table 3 The contents of glucose, fructose, sucrose and maltose in original purple sweet potato juice and the blended beverage

名称	果糖	葡萄糖	蔗糖	麦芽糖
紫薯原汁	0.59	31.97	0	0
紫薯复合饮料	7.59	38.94	0.84	0

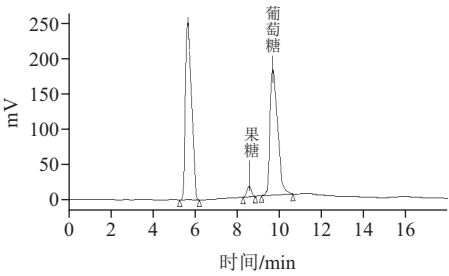


图 2 紫薯原汁中葡萄糖、果糖液相色谱图

Fig.2 HPLC chromatogram of glucose and fructose in original purple sweet potato juice

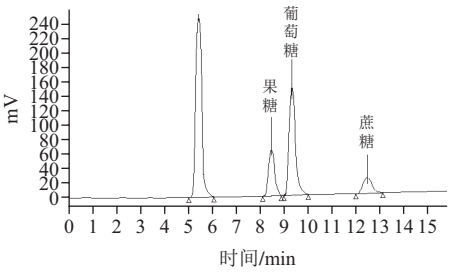


图 3 紫薯复合饮料中葡萄糖、果糖、蔗糖液相色谱图

Fig.3 HPLC chromatogram of glucose, fructose and sucrose in the blended beverage

糖类化合物是维持生命活动的主要能源，能够改善饮料的口味并起到增加热能的目的。目前国家标准对部分饮料中糖类物质种类、含量没有明确规定。饮料中的糖主要包括果糖、葡萄糖和蔗糖。

由表3可以看出，紫薯复合饮料虽未添加食用糖类，但由于加工过程中采用酶解淀粉的方法处理紫薯原料，并且在调配得过程中加入了苹果汁，所以饮料中含有一定数量的单糖和双糖。

饮料中葡萄糖含量最多，为38.94mg/mL，紫薯中含有大量淀粉，经过液化和糖化后，紫薯中的淀粉转化成麦芽糖并最终转换为葡萄糖(图2、3)，同时由于调配工艺中添加了苹果汁，苹果汁中也含有一定量的葡萄糖^[13]，因此，最终的成品中含有较多的葡萄糖。

饮料中果糖含量为7.59mg/mL，由于紫薯的加工工艺中未采用果胶酶进行水解，所以只产生了很少的果糖(图2)，果糖的主要来源是苹果汁，苹果原汁中果糖含量居所有糖类之首，约为10%^[13]。

饮料中蔗糖含量为0.84mg/mL，由图3可知，酶解后的紫薯原汁中不含有蔗糖，且饮料的调配过程中未添加蔗糖，所以推测蔗糖也主要来自苹果汁。

2.4 紫薯复合饮料中的氨基酸组成与含量^[14]

表 4 紫薯复合饮料的氨基酸组成及含量
Table 4 Amino acid composition of the blended beverage

氨基酸组成	平均含量/(mg/100mL)	占氨基酸总量的比例/%
天冬氨酸 Δ	4.66	13.84
丝氨酸	9.92	29.45
甘氨酸 Δ	0.21	0.63
丙氨酸 Δ	2.18	6.47
缬氨酸*	5.60	16.62
异亮氨酸*	0.81	2.40
亮氨酸*	0.85	2.52
酪氨酸	0.72	2.13
苯丙氨酸*	1.01	3.01
组氨酸	6.46	19.17
赖氨酸*	0.88	2.60
精氨酸 Δ	0.39	1.15
必需氨基酸	9.15	27.16
非必需氨基酸	24.53	72.84
总氨基酸	33.68	
必需氨基酸含量/非必需氨基酸含量		37.28
必需氨基酸含量/总氨基酸含量		27.16

注：*：必需氨基酸； Δ ：鲜味氨基酸。

2.4.1 紫薯复合饮料中必需氨基酸含量

人体必需氨基酸共有8种——亮氨酸、赖氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、蛋氨酸(其中儿童还包括组氨酸)。从表4中可以看出，紫薯复合饮料中含有5种必需氨基酸，必需氨基酸含量为9.15mg/100mL，占氨基酸总量27.16%。必需氨基酸中缬氨酸含量高达5.6mg/100mL，其他必需氨基酸含量为：苯丙氨酸1.01mg/100mL、赖氨酸0.88mg/100mL、亮氨酸0.85mg/100mL、异亮氨酸0.81mg/100mL。从表4可以看出，实验室自制的紫薯复合饮料中必需氨基酸配比比较适宜，可以作为日常生活的必需氨基酸补充来源。我国居民习惯于食用含赖氨酸较少的谷物类食，因此赖氨酸摄入量不足，而实验室自制的紫薯复合饮料赖氨酸的含量较高，可以起到平衡我国居民膳食中氨基酸比例的作用。

2.4.2 紫薯复合饮料中氨基酸总量

从表4可以看出，紫薯复合饮料中至少含有12种游离氨基酸，氨基酸总量达33.68mg/100mL，其中丝氨酸含量达9.92mg/100mL，占氨基酸总量的29.45%，丝氨酸是脑等组织中的丝氨酸磷脂的组成部分，有降低血液中的胆固醇浓度、防治高血压的作用。此外，组氨酸、天冬氨酸、丙氨酸、酪氨酸、精氨酸、甘氨酸的含量分别为6.46、4.66、2.18、0.72、0.39、0.21mg/100mL。由此可以看出，实验室自制的紫薯复合饮料中氨基酸种类丰富，含量较多，具有一定的营养价值。

2.4.3 紫薯复合饮料中呈味氨基酸的含量

紫薯复合饮料中,天冬氨酸、精氨酸、丙氨酸和甘氨酸呈现一定的鲜味,是构成饮料鲜味的主要来源之一。其中天冬氨酸与味觉中鲜味的形成有关,甘氨酸、丙氨酸与味觉中甜味的形成有关,这几种呈甜、鲜味的氨基酸同其他呈味物质共同构成复杂的味感,呈味氨基酸在饮料中含量相对较高,占氨基酸总量的22.08%,这也是饮料呈现特殊的紫薯香甜味的原因之一。

2.5 紫薯复合饮料抗氧化性的测定^[15-20]

将实验室自制的紫薯复合饮料与选择的3种相关市售饮料进行抗氧化性对比实验。选择的3种市售饮料分别为紫薯浆复合果蔬汁饮料、100%苹果汁和桑果缘桑果汁饮料。3次平行实验结果如图4所示。

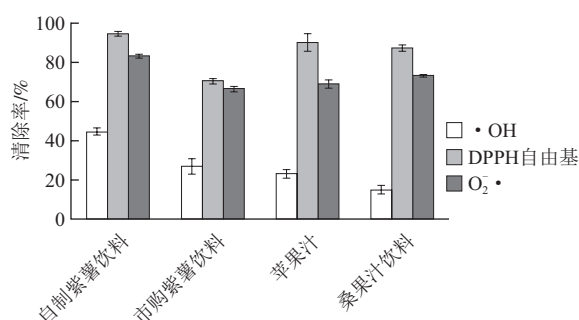


图4 4种饮料抗氧化能力的比较

Fig.4 Comparison of free radical scavenging activity among original purple sweet potato juice, original apple juice, the blended beverage and commercial blended purple sweet potato beverage

由图4可以看出,3种抗氧化评价方法的评价结果是有一定差异的。每种抗氧化能力的测定方法都是有其局限性的,有的甚至还会得到趋势完全不同的结果。在对•OH清除率的测定中,抗氧化能力强弱顺序为自制紫薯饮料>市购紫薯饮料>苹果汁>桑果汁饮料;在对DPPH自由基清除率的测定中,抗氧化能力强弱顺序为自制紫薯饮料>苹果汁>桑果汁饮料>市购紫薯饮料;在对O₂•⁻清除率的测定中,抗氧化能力强弱顺序为自制紫薯饮料>桑果汁饮料>苹果汁>市购紫薯饮料。

在3种评价方法评价中,自制紫薯复合饮料的抗氧化能力都是最高的,对•OH清除率为44.79%,对DPPH自由基清除率为94.49%,对O₂•⁻清除率为83.02%。

在3种抗氧化评价方法中,4种饮料的抗氧化能力差异性是非常显著的($P<0.0001$)。明显可以看出,DPPH自由基法评价出的抗氧化能力比其他两种要高。DPPH自由基法被认为是一种简单、精确的测定果蔬汁的抗氧化性的方法,本实验也验证了这一点。

3 结论

本实验室自制的紫薯复合饮料呈亮紫色,香气协

调,口感爽滑;微生物指标符合GB/T 4789.21—2003要求;可溶性固形物含量不小于8%,总酸含量约为0.5%,花青素含量为6.18mg/100mL。含12种氨基酸,总量约为33.68mg/100mL,其中人体必需氨基酸5种,占氨基酸总量的27.16%;饮料中葡萄糖含量最多,为38.94mg/mL,果糖含量为7.59mg/mL,蔗糖含量为0.84mg/mL。自制紫薯复合饮料•OH清除率为44.79%,DPPH清除率94.49%,O₂•⁻清除率83.02%,与市购紫薯饮料、100%苹果汁以及桑果汁饮料相比,抗氧化效果显著。

参考文献:

- [1] 吴敏,张杰,曾凡骏,等.天然花青素稳定性研究现状[J].中国食品添加剂,2008(5):50-53.
- [2] 方忠祥,倪元颖,李洪民.紫肉甘薯中花青素在不同环境条件下稳定性的研究[J].食品与发酵工业,2002,28(10):31-34.
- [3] 母丽萍,雷激,李博,等.紫甘薯饮料制备工艺研究[J].食品科学,2010,31(20):513-517.
- [4] 李春阳,张红城,李建军,等.酶处理工艺对紫心甘薯饮料品质的影响[J].江苏农业学报,2008,24(1):80-84.
- [5] 闫征,李春阳,王乃富,等.酶法生产紫心甘薯汁的工艺[J].食品研究与开发,2010,31(3):116-118.
- [6] 黄琼,陈婵.微波法萃取紫色甘薯皮原花青素工艺的研究[J].食品科技,2010,35(4):199-203.
- [7] 合肥工业大学.紫薯银耳悬浮饮料及其制备方法:中国,201210262279.1[P].2012-10-31.
- [8] 李昭.红薯浓缩汁工艺优化及糖类物质分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2011:41-47.
- [9] 沈晗,金志刚,孙宝国,等.酱渣多肽及其美拉德反应产物的抗氧化性[J].北京工商大学学报,2010,28(2):6-9.
- [10] CHEN H M, MURAMOTO K, YAMAUCHI F, et al. Antioxidative properties of histidine-containing peptides designed from peptide fragments found in the digests of a soybean protein[J]. Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(1): 49-53.
- [11] 姚钰蓉.紫甘薯花青素的提取纯化、稳定性及抗氧化活性研究[D].保定:河北农业大学,2009:43-47.
- [12] 郭文莉,李敏,谢琼,等.葡萄皮色素抗氧化活性的初步研究[J].中国食品添加剂,2007(1):116-119.
- [13] 阎政礼,杨明生,冯志明,等.苹果原汁中葡萄糖、果糖和蔗糖NMR定量分析[J].湖南师范大学学报:医学版,2011,8(1):86-89.
- [14] 姜荷,王红青,孙岚,等.氨基酸分析仪测定功能性饮料中游离氨基酸[J].中国卫生检验杂志,2010(4):763-764.
- [15] 朱洪梅,赵猛.紫甘薯花色苷的组分及抗氧化活性研究[J].林产化学与工业,2009,29(1):39-45.
- [16] 但俊峰,盛雪飞,陈健初,等.5种柚汁中主要抗氧化成分含量及其抗氧化能力的比较[J].食品科学,2008,29(7):90-93.
- [17] 何秋彤,余以刚,李聪聪,等.20种市售凉茶类植物饮料抗氧化性的比较研究[J].食品科学,2011,32(7):47-51.
- [18] 罗娅,唐勇,冯珊,等.6个草莓品种营养品质与抗氧化能力研究[J].食品科学,2011,32(7):52-56.
- [19] PASKO P, BARTON H, ZAGRODZKI P, et al. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth[J]. Food Chemistry, 2009, 115(19): 994-998.
- [20] SUN T, POWERS J R, TANG J M. Evaluation of the antioxidant activity of *Asparagus broccoli* and their juices[J]. Food Chemistry, 2007, 105(1): 101-106.