

甜菜红色素研究现状

宁艳东, 兰 西, 王清发*, 张景楼, 杨 国, 徐 驰

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘 要: 甜菜红色素是安全无毒的天然色素, 是一种纯绿色添加剂, 具有降血脂、抗癌等功效, 可广泛应用于食品、医药、保健等方面。本文收集总结近十年的甜菜红色素研究现状, 包括理化性质研究、提取工艺研究及其他方面应用研究, 并对研究现状进行总结与展望。

关键词: 甜菜红色素; 提纯; 理化性质

中图分类号: TS264.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)06-0153-04

Research Progress on Betalain

NING Yandong, LAN Xi, WANG Qingfa*, ZHANG Jinglou, YANG Guo, XU Chi

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Betalain is a safe and non-toxic natural pigment, which is a pure green additive. It has the effects of reducing blood fat, anti-cancer, etc. It can be widely used in food, medicine, health care, etc. This paper collected and summarized the research status of betalain in recent ten years, including physical and chemical properties, extraction technology and other application research, and summarized and looked forward to the research status.

Key words: Betalain; Purification; Physicochemical property

甜菜红色素是食用甜菜中所含有色化合物的总称, 由红色的甜菜花青素(betacyanines)和黄色的甜菜黄素(betaxanthines)组成^[1]。食用甜菜根和叶子含有氨基酸、甜菜红、甜菜碱、维生素等17种以上的化学成分^[2], 其中甜菜红色素的含量最多。甜菜红色素安全无毒, 对人体无害, 符合卫生要求, 可广泛应用于食品、医药、保健品等行业^[3], 其具有降血脂、溶血、抗氧化、抗癌等作用, 有治疗糖尿病和促进酶活性的特点^[4]。随着人们生活水平的提高, 具有特殊功能的保健品市场广阔。在未来的食品工业上, 天然的甜菜红色素是不可或缺的纯绿色食品添加剂。目前合成色素逐渐受到世界各国的法律限制, 因此寻找替代合成色素的天然色素必将是日后趋势。

1 甜菜红色素的提取及理化性质

甜菜红色素色泽鲜艳、着色均匀、无异味, 为

块状、粉末或糊状物。易溶于水、牛奶、50%的乙醇, 难溶于醋酸、丙二醇, 不溶于无水乙醇、甘油、丙酮、氯仿、油脂、乙醚等有机溶剂^[5]。甜菜红色素的热稳定性较差, 若将甜菜苷溶液加热至100℃, 则可见其红色逐渐消退变成淡黄褐色。自然光对甜菜红色素水溶液的稳定性有不良的影响, 当色素水溶液于室温条件下长时间在自然光环境放置, 颜色则变淡直至黄色。而自然光对加入50%乙醇的红色素溶液影响较小。 V_c 对色素水溶液及色素乙醇溶液均有较大的影响, 加入 V_c 的量越大, 对色素的破坏性越大; 氧在食用甜菜加工时可引起产品褪色或褐变, 此外, 某些含氯化物如漂白粉、次氯酸钠等可使甜菜苷褪色^[1]。

提取天然色素的主要方法有溶剂提取法、冻结-溶解法、超临界流体萃取法、微波提取法、酶提取法、空气爆破法^[6]。甜菜红色素易溶于水和有机溶剂, 因此提取红叶甜菜的甜菜红色素多采用水溶性浸提法。其中浸提溶液包括不同体积分数的乙醇、丙酮、水或混合溶液进行提取。李伟等研究发现^[7]当温度低于70℃时水提溶液与乙醇提溶液中的甜菜红色素相对稳定。甜菜红色素不耐高温不耐碱, 热处理时间不宜过长, 此外, 金属离子对其稳定性也有一定的影响, 并且总结出最佳

收稿日期: 2020-05-13

基金项目: 国家糖料产业技术体系白城综合试验站(CARS170703)

作者简介: 宁艳东(1967-), 男, 助理研究员, 主要从事甜菜育种及栽培植保研究。

通讯作者: 王清发, 男, 研究员, E-mail: tyec315@163.com

提取甜菜红色素的混合溶液为80%乙醇与蒸馏水共同提取的方式。周宏璐等^[8]针对甜菜红色素的色阶、稳定性、得率及精制方法做了对比试验。结果表明温度70℃, pH=3时, 红色素的得率与浸提率最大, 并且多级连续浸提效果更佳。曹机良等^[9]利用紫外可见光谱法, 探究了甜菜红色素的稳定性, pH为2~4时, 吸光值随着pH值的增加而增加; pH为5~12时, 随pH的增加而减小; 同等条件下增加温度, pH为2~3时, 吸光值随pH值的增加而增加, 但其上升趋势在pH为4~5时达到最快; pH为6~12时, 吸光值随着pH升高呈下降趋势。针对温度, 其他条件相同的情况下, 30℃~50℃, 甜菜红色素无明显变化; 60℃时颜色变浅十分明显; 90℃时甜菜红色素无色。针对金属离子的试验表明, 不同的金属离子对甜菜红色素有不同的降解作用, 如不加处理的甜菜红色素呈现红色, 加入 Fe^{2+} 后变为橙色, 加入 Cu^{2+} 后变为深紫色, 加入 Al^{3+} 后变为浅粉色, 加入稀土变为深粉色。热处理时间分为0、15、30、45、60、90、120、180 min八个时间梯度, 结果表明随着热处理时间增加, 吸光值呈降低趋势。程超^[10]用pH、光照、温度三个因素做了实验, 研究表明甜菜红色素不耐碱, pH超过8其稳定性下降, 并且随着光照强度增加而出现保存率下降的趋势, 并且甜菜红色素热降解符合Arrhenius的定律。熊勇^[3]研究发现甜菜红色素光稳定性较好, 在光照条件下损失率较低, 但是甜菜红色素热稳定性较差, 超过20℃便十分不稳定; 发现金属离子如 Mn^{2+} 、 Fe^{2+} 与 Cu^{2+} 等对甜菜红色素稳定性有影响; 此外, 含氯化物如次氯酸钠、漂白粉可使甜菜红色素褪色, 而且 SO_4^{2-} 和高活性的水对其稳定性也影响较大。

2 甜菜红色素的纯化与稳定

纯化甜菜红色素的目的是为去除影响色素溶解性和透明度的果胶、蛋白等大分子, 提高色素色价和色素品质, 滤除溶液中部分的糖类、金属离子等。一般采取酶法、微生物发酵法、膜分离法、离子交换树脂法和吸附解析法等进行纯化。齐浩等^[11]研究表明, 高活性干酵母在30℃, 2%接种量, 100 r/min, 发酵时间为6 h的情况下, 提取的甜菜红色素最佳。徐菡等^[12]将12种常见的添加剂单一或混合加入天然甜菜红色素中, 通过两者结合探究甜菜红色素稳定性。结果显示 CaCl_2 、抗坏血酸、 β -环糊精和柠檬酸较适宜作为甜菜浓缩汁制备过程中的稳定剂, 而植酸、草酸、

EDTA、L-半胱氨酸、 NaHSO_3 、 Na_2SO_3 及偏重亚硫酸钠则不适宜作为稳定剂, 实验探究最佳复合组合0.15%抗坏血酸与0.05% CaCl_2 可大大提高甜菜红色素的稳定性, 并提出常温下提取甜菜红色素最佳, 提取液比例为1:5, pH 4.5, 时间为5 h。pH值、光照与温度对甜菜红色素影响均较大, 0.1%苯甲酸钠对甜菜红色素有保护作用, 金属离子对色泽无明显影响, Fe^{2+} 与 Cu^{2+} 对于色素的稳定性有较大影响可降低色调。熊勇等^[13]通过单因素与正交试验的结果表明, 最佳提取甜菜红色素的条件为常温, 料液比1:5, 时间5 h, pH 4.5, 并进行二次提取。经D3520大孔树脂吸附后的甜菜红色素纯度增加了6倍, 最佳吸附条件为上样浓度2 mg/mL, pH=3, 速度为3 mL/min, 洗脱最佳条件为70%乙醇, 洗脱速度2 mL/min, 洗脱体积4 BV。刘英丽等^[14]采用单因素试验确定最适提取甜菜红色素的条件料液比1:5, 时间4 h, pH=3, 温度20℃, 选择水作为提取液, 用响应面法优化微波辅助提取甜菜红色素, 结果表明影响提取率因素从高到低依次为微波时间、微波功率、料液比, 最后确定微波辅助提取最佳条件为料液比1:5.76, 时间112.8 s, 功率398 W; 用超滤杯对甜菜红色素进行粗提取时发现, 光照与pH对稳定性影响显著, 而添加0.04%苯甲酸钠和0.04% V_c 复配的稳定剂可明显提高甜菜红色素的稳定性。吴昕^[15]利用超声波辅助浸提甜菜红色素并优化了体系条件, 使其提取率达到18.2%。

3 甜菜红色素的应用研究

甜菜红色素受外界条件影响极易降解, 吕晓玲等^[16]以麦芽糊精和阿拉伯胶作为复合壁材, 对甜菜红色素进行微胶囊化。实验结果表明: 微胶囊最佳工艺条件为包埋温度30℃, 包埋时间1 h, 壁材: 芯材(W/W)=2:1, 复合壁材中阿拉伯胶质量分数为60%, 此时微胶囊效率为92.5%, 微胶囊化后的甜菜红色素对热、光、氧等的稳定性都有明显改善。曹机良等^[17]以稀土为浸染双蛋白纤维的媒染剂, 浸染时最佳条件为甜菜红色素1.5%, pH=2, 稀土1~2 g/L, 温度30℃, 染色时间90 min。结果表明染色后的双蛋白纤维的牢度有很大提高, 并且通过Langmuir吸附性能测试, 染色后织物牢度在3级以上。Gandía-Herrero等^[18-19]以麦芽糊精与壳聚糖作为胶囊材料, 以140℃入口温度的喷雾干燥法, 经分光光度计与HPLC法进行检测, 其可减缓产品氧化速度6个月。Martianez等^[20]在研制的猪肉肠中添加红甜菜块根粉末, 同

时也加入 V_C 、迷迭香叶与乳酸钠,这三种物质明显抑制了甜菜红色素与油脂的氧化速度。徐光域等^[21]在去除香肠中亚硝酸盐含量时加入甜菜红色素与壳聚糖进行对比试验,发现壳聚糖表现出了较好的保水力,而甜菜红色素具有良好的去除亚硝酸盐能力。王春丽^[22]将提取的甜菜红色素作用于小鼠身上,结果表明小鼠血清、总胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯均有降低趋势,而高密度脂蛋白胆固醇浓度却显著升高,说明甜菜红色素可以调节血脂。Murthy 等^[23]以实验证明甜菜红色素可清除自由基,并以此降低患糖尿病动物的血脂与血糖。Kapadia 等人^[24]在研究中也发现甜菜红色素可有效抑制老鼠肺癌与皮肤癌的发生。Tesoriere 等^[25]发现在甜菜红色素水溶液中培养一阶段的离体红细胞产生了溶血作用。

4 其他方面的研究

郝秀梅等^[26]以小鼠为研究对象,探究甜菜红色素的抗疲劳反应,经检查小鼠的血清尿素氮、肝糖元、全血乳酸和肌糖元的含量表明:甜菜红色素能减少血清尿素氮、全血乳酸的含量、增加肝糖元和肌糖元的含量。证明甜菜红色素具有抗疲劳特性。肖朝耿等^[27]测定不同部位的红甜菜硝酸盐与亚硝酸盐含量发现,块根中亚硝酸盐含量最高,以粉末形态添加到肉糜中发色作用良好,同时也可降低亚硝酸盐残留作用。非但不影响肉糜的品质,并且因其良好的抗氧化能力延长了肉糜制品货架期的时间。吴则东等^[28]用水萃取法对红心火龙果与 11 个食用红甜菜中的甜菜红色素之间的差异进行对比,结果表明有 8 个甜菜品种的红色素含量超过了红心火龙果,此结果可为以甜菜红色素为主要加工产品的企业和种植者提供参考。甜菜提取物有抗菌活性作用,Canadanovic-Brunet 等^[29]与 Rauha J. 等^[30]的研究表明其具有预防食物传染病原微生物生长的能力。

5 展 望

近十年,随着天然色素使用率的提高,科学界对甜菜红色素研究重点已经从植物精致到化学合成、从提取到纯化、从简单的萃取到色谱、质谱、高效液相色谱等方向转移。提取方法愈加科学、丰富,研究范围不断拓展,研究领域也不断拓宽。但国内研究甜菜红色素的方法,整体趋向于提取、纯化、稳定性方面,分析方法大致相似,研究范围较狭窄,相对较落后。已知的研究中也存在

一些问题:一是利用酵母菌发酵制取甜菜红色素,后期随着发酵时间的推移,其 pH 也会出现下降趋势,导致甜菜红色素的保存率下滑。除此之外,发酵过程中产生的难闻气味仍有待解决;二是目前在甜菜红色素产品的浓缩干燥工艺中,采用的冷冻干燥方法有较大优势,但由于其成本与耗时较多,与较常规方法(真空浓缩、常温逆流提取、大孔吸附树脂^[9])相比在投入实际生产中受限。而较实用的水提法对甜菜红色素离心程度要求较高,未达要求过夜则会产生沉淀;三是为了保持甜菜红色素稳定性,延长保存时间,将其制成微胶囊或改变提取工艺,但缺少对包装或改良后的口味与感官评定;四是藜科红甜菜获取的甜菜红色素色调变化范围很大(大红色至深紫色),由于天然色素颜色受光、热、pH、温度等影响会发生改变,目前技术水平无法针对研发某一种颜色;五是在提取甜菜红色素的方法上基本采用溶剂提取法、微波提取法、酶提取法,而当前的研究方法中也只是不断优化上述方法的条件。在提取和纯化的效率方面缺乏创新。

参考文献:

- [1] 卢秉福,耿 贵,周艳丽.甜菜红色素的加工与利用[J].中国甜菜糖业,2008(1):40-42.
- [2] 蔡 葆,张文彬,黄彩云,等.食用甜菜开发利用的前景[J].中国糖料,2007(2):55-57,60.
- [3] 熊 勇.甜菜红色素的制备及其稳定性的研究[D].南昌:南昌大学,2011.
- [4] 张玉霜,许庆轩,李红侠,等.甜菜色素种类分布和应用研究进展[J].中国农学通报,2015,31(24):149-156.
- [5] 张建霞,袁红波,薛 强,等.甜菜红色素的研究进展[J].农业工程技术(农产品加工业),2010(5):48-51.
- [6] 李阿娜,盛 侠,刘素果,等.青梅果皮色素的提取工艺[J].经济林研究,2010,28(2):29-34.
- [7] 李 伟,周大寨.浸提溶剂对红叶甜菜红色素的影响[J].食品科学,2012,33(17):87-89.
- [8] 周宏璐,王景会.甜菜红色素提取、精制、稳定化研究[J].吉林农业科学,2010,35(6):58-62.
- [9] 曹机良,曹 毅,张成玉,等.甜菜红色素的稳定性探讨[J].染整技术,2014,36(3):28-31.
- [10] 程 超.红叶甜菜红色素降解动力学研究[J].中国酿造,2014,33(2):59-62.
- [11] 齐 浩.发酵法精制甜菜红色素及其稳定性的研究[D].天津:天津科技大学,2012.
- [12] 徐 茜,赵镇雷,李晓璐,等.食品添加剂对甜菜汁中甜菜红色素热稳定性的影响[J].烟台大学学报(自然科学与工程版),2014,27(3):224-228.
- [13] 熊 勇,张军兵,张水军,等.大孔树脂分离纯化甜菜红色素的研究[J].中国食品添加剂,2015(7):100-105.

- [14] 刘英丽,李福芳,张慧娟,等. 响应面优化微波辅助提取甜菜红色素及其稳定性研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(18): 44-49.
- [15] 吴 昕. 超声波在甜菜红色素提取中的应用研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.
- [16] 吕晓玲, 齐 浩, 陈泽芳, 等. 甜菜红色素微胶囊化的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(8): 314-317.
- [17] 曹机良, 孟春丽, 董振亚, 等. 天然色素甜菜红对双蛋白纤维的媒染染色[J]. 毛纺科技, 2014, 42(3): 41-44.
- [18] Gandía-Herrero F, Cabanes J, Escribano J, et al. Encapsulation of the Most Potent Antioxidant Betalains in Edible Matrixes as Powders of Different Colors[J]. Agriculture Food Chemistry, 2013, 61: 4294-4302.
- [19] Gandía-Herrero F, Simón-Carrillo A, Escribano J, et al. Determination of Beet Root Betanin in Dairy Products by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) [J]. Chemistry Education, 2012, 89: 660-664.
- [20] Martiánrez L, Cilla I, Beltrán J A, et al. Combined Effect of Modified Atmosphere Packaging and Addition of Rosemary(*Rosmarinus officinalis*), Ascorbic Acid, Red Beet Root (*Beta vulgaris*), and Sodium lactate and Their Mixtures on the Stability of Fresh Pork Sausages[J]. Agriculture Food Chemistry, 2006, 54: 4674-4680.
- [21] 徐光域, 王 卫, 郭晓强. 发酵香肠加工中的发酵剂及其应用进展[J]. 食品科学, 2002, 23(8): 306-310.
- [22] 王春丽. 红甜菜甜菜红素的稳定性及降血脂作用研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011.
- [23] Murthy K N C, Manchali S. Anti-diabetic Potentials of Red Beet Pigments and Other Constituents[M]. New York: Springer, 2012: 155-174.
- [24] Kapadia G J, Tokuda H, Konoshima T. Chemoprevention of lung and skin cancer by *Beta vulgaris*(beet) root extract[J]. Cancer Letter, 1996, 100(1): 211-214.
- [25] Tesoriere L, Butera D, Pintaudi, et al. Supplementation with Cactus pear(*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans, A comparative study with vitamin C. [J]. Am. J. Clin. Nutr, 2004, 80, 391-395.
- [26] 郝秀梅, 王振宇, 任 建, 等. 甜菜红色素对小鼠抗疲劳作用的研究[J]. 营养学报, 2010, 32(6): 584-586.
- [27] 肖朝耿, 谭芦兰, 朱培培, 等. 红叶甜菜在肉糜中的发色效果及其抗氧化作用[J]. 中国食品报, 2019, 19(5): 111-121.
- [28] 吴则东, 刘乃新, 吴玉梅, 等. 不同红甜菜品种与火龙果中甜菜红色素含量的比对研究初报[J]. 中国糖料, 2017, 39(2): 18-20.
- [29] Canadanovic-Brunet, J, Savatovic S S, Cetkovic G S, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of beet root pomace extracts [J]. Czech Journal of Food Sciences, 2011, 29(6): 575-585.
- [30] Rauha J, Remes S, Heinonen M, et al. Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other pH enolic compounds[J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 56(1): 3-12.

(责任编辑: 王丝语)

欢迎订阅 2023 年《北方园艺》

中文核心期刊(1992-2020) 中国农业核心期刊 中国农林核心期刊
美国化学文摘社(CAS)收录期刊 2015、2016、2018 年期刊数字影响力 100 强

《北方园艺》是由黑龙江省农业科学院主管、主办的园艺类综合性学术期刊。创刊以来,《北方园艺》始终与时代同频,策划新栏目,报道行业热点,不断推出具有创新价值、学术价值和实用价值的科研成果,在全国园艺类核心期刊中排名第三;在新时代背景下,《北方园艺》积极推动传统媒体与新兴媒体的融合发展,探索新型出版模式,设有专属投稿网站和微信公众号,学术传播力不断提升。2020 年获得农林领域高质量科技期刊 T2 行列。

为增加文章的可读性和更好地体现研究成果,本刊增加了内文和封二新品种彩版宣传;作者也可将团队试验成果以音视频形式在本刊微信公众号传播,具体事宜联系编辑部。

国际标准刊号:ISSN 1001-0009

国内统一刊号:CN 23-1247/S

邮发代号:14-150 半月刊 每月 15、30 日出版

单价:35.00 元 全年:840.00 元

全国各地邮局均可订阅,或直接向编辑部汇款订阅。

投稿网址: <http://bfyy.haasep.cn>

地址:黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号

邮编:150086

电话:0451-51522860

E-mail: bfyybjb@vip.163.com

《北方园艺》编辑部

