

黑莓原汁加工工艺及贮藏稳定性研究

赵慧芳¹, 刘洪霞^{1*}, 闫连飞¹, 吴文龙¹, 李维林^{2*}

(1. 江苏省中国科学院植物研究所, 南京 210014;
2. 南方现代林业协同创新中心, 南京林业大学林学院, 南京 210037)

摘要: **目的** 研究黑莓原汁的加工工艺及贮藏稳定性。**方法** 通过对黑莓原汁澄清、灭菌和贮藏过程中透光率、色度、色调、花色苷、多酚、可溶性固形物、总酸含量变化的考察, 优化加工工艺, 并了解其贮藏稳定性。**结果** 离心澄清(10000 r/min, 5 min)的方法能在保持果汁各项指标稳定的前提下将原汁的透光率提高至44.0%~77.2%, 是最适合黑莓原汁的澄清方法; 加热灭菌(90 °C, 3 min)会在一定程度上降低原汁的透光率(-11.4%~-39.1%)和总花色苷含量(-7.1%~-23.1%); 黑莓原汁在低温(0 °C)条件下贮藏12周, 总多酚、总酸、可溶性固形物含量变化极小, 总花色苷含量有缓慢下降趋势, 色泽有缓慢的变淡(色度降低)和变暗(色调升高)的趋势。**结论** 黑莓原汁可以通过直接榨汁、离心澄清和加热灭菌的方式加工, 产品在低温贮藏12周内具有较好的稳定性。

关键词: 黑莓; 原汁; 澄清; 灭菌; 贮藏

Research on processing technology and storage stability of blackberry juice

ZHAO Hui-Fang¹, LIU Hong-Xia^{1*}, LV Lian-Fei¹, WU Wen-Long¹, LI Wei-Lin^{2*}

(1. Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the processing technology and storage stability of blackberry juice. **Methods** The changes of transmittance, chroma, hue, anthocyanins, polyphenols, soluble solids and total acids in blackberry juice during clarification, sterilization and storage were investigated to optimize the processing technology and understand its storage stability. **Results** Centrifugal clarification at 10000 r/min for 5 min was the best clarification method, which could increase the light transmittance achieve up to 44.0%~77.2% on the premise of keeping the indexes of the blackberry juice stable. Pasteurization at 90 °C for 3 min could reduce the light transmittance(-11.4%~-39.1%) and total anthocyanin content(-7.1%~-23.1%) of blackberry juice. The content of total polyphenols, total acids and soluble solid of the blackberry juice was stable when being stored at 0 °C for 12 weeks,

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(18)2018]、省属公益类科研院所自主科研项目(JSPKLB202056)

Fund: Supported by the Jiangsu Independent Innovation Project of Agricultural Science and Technology [CX(18)2018], and the Independent Research Projects of Provincial Public Welfare Research Institutes (JSPKLB202056)

***通信作者:** 刘洪霞, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为浆果保鲜与功能成分研究。E-mail: njliuhx@163.com

李维林, 博士, 研究员, 主要研究方向为经济林果育种栽培、药用植物资源评价和开发利用、天然产物化学。E-mail: wlli@njfu.edu.cn

***Corresponding author:** LIU Hong-Xia, Ph.D, Assistant Professor, Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China. E-mail: njliuhx@163.com

LI Wei-Lin, Ph.D, Professor, Co-Innovation Center for the Sustainable Forestry in Southern China, College of Forestry, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China. E-mail: wlli@njfu.edu.cn

whereas the total anthocyanin content decreased slowly, and the juice color became shallow (chroma decreased) and darkened (hue increased). **Conclusion** The blackberry juice can be processed by direct juicing, centrifugal clarification and pasteurization, and the product has good stability during 12 weeks of low temperature storage.

KEY WORDS: blackberry; juice; clarification; sterilization; storage

0 引言

黑莓果实柔软多汁, 在炎热的 6~8 月份成熟, 极不耐贮藏, 是一种典型的加工型水果^[1]。黑莓加工产品包括果汁^[2-3]、果酱、果酒等^[4-7], 其中果汁是最常见、市场占有率最高的加工产品。黑莓果汁色泽艳丽, 酸甜爽口, 风味独特, 营养丰富, 具有抗氧化、抗菌等多种生理活性^[8-11]。近年来, 随着人们饮料消费观念的改变, 由原果压榨后直接罐装而成的非浓缩还原果汁(not from concentrate, NFC)因其在功能、营养、健康等方面优点越来越受到人们的青睐^[12-13]。

黑莓原果汁的加工主要包括取汁、澄清和灭菌。生产中因为黑莓鲜果极不耐贮藏, 一般在采收后第一时间加工成单粒速冻果, 贮藏在低温冷库中, 后期再加工成各种类型的产品。取汁的方法有酶解取汁、压榨取汁等, 酶解取汁是浆果生产中最常见的取汁方法^[14], 所获得的果汁可以称为“酶解果汁”, 果胶酶预处理能够提高黑莓果出汁率 60%到 80%以上^[15], 但同时在生产中也发现酶解过程在一定程度上会影响果汁的风味^[16]及花色苷等活性成分的含量^[17]; 压榨取汁是一种最简单直接的物理取汁方法, 近年来随着技术的进步, 压榨取汁在苹果、梨的加工中逐渐成为主流^[12-13], 浆果也可以采用压榨的方法取汁, 取汁前通过冷冻预处理能提高浆果压榨的出汁率^[18]。黑莓果汁的澄清方法包括自然澄清、澄清剂絮凝作用、离心等方式^[19], 生产中可以根据设备条件和想要达到的指标来选择。澄清处理是黑莓原果汁加工的一道关键工序, 其对产品的品质和贮藏稳定性会产生关键影响, 生产实践中发现, 未经澄清处理的黑莓原浆在贮藏过程中稳定性极差, 褐变迅速, 主要是因为花色苷成分的降解导致。灭菌也是黑莓原果汁加工的一个重要工序, 目前热处理依然是一种最常见的灭菌方式, 但是由于黑莓原果汁中含有丰富的花色苷、多酚等化学成分, 热处理可能会对这些功能成分产生一定影响。产品的贮藏温度和货架期的长短也是影响其品质和功能的一个重要因素。本研究综合考察了黑莓取汁、澄清、灭菌和贮藏过程中产品的感官指标和营养指标的变化, 以期在黑莓原果汁产品的生产加工提供技术指导。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

黑莓品种‘宝森’‘宁植 3 号’‘赫尔’‘卡依娃’的成熟鲜果, 采收于江苏省中国科学院植物研究所品种园, 单粒速冻后

于-18 °C保存。

1.2 仪器设备与试剂

EX-200A 型电子天平(慈溪天东衡器厂); 759 型紫外可见分光光度计(上海菁华科技有限公司); PAL-1 数显手持糖度计(日本爱拓公司); PL-5-B 型低速离心机(上海安亭科学仪器厂)。

福林酚(2 mol/L, 上海 Sigma 公司); 没食子酸标准品(99%)、浓盐酸、碳酸钠、浓硫酸、醋酸、醋酸钠、氢氧化钠(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 原汁的制备

黑莓冻果加热软化破碎, 100 目(150 μm)尼龙网过滤, 或低速离心(5000 r/min, 5 min)进行渣汁分离, 获得黑莓原汁。

1.3.2 澄清对原汁透光率和品质的影响

低温澄清: 选用 0 °C低温静置澄清的方法澄清 14 d, 每 2 d 取 1 次样, 考察果汁透光率、总花色苷含量、色度、色调、总多酚、总酸、可溶性固形物含量在澄清过程中的变化。

离心澄清: 以普通离心(5000 r/min, 5 min)或高速离心(10000 r/min, 5 min)的方法对黑莓原汁进行澄清, 比较澄清前后原汁透光率的变化。

1.3.3 原汁灭菌稳定性考察

采用 90 °C加热 3 min 的方式对澄清后的原汁进行灭菌, 考察灭菌前后 2 个较为敏感的指标透光率和总花色苷含量的变化。

1.3.4 原汁贮藏稳定性考察

考察 0 °C条件下贮藏 12 周内果汁品质的变化, 0~6 周每 1 周取样 1 次, 6~12 周每 2 周取样 1 次。考察果汁透光率、总花色苷含量、色度、色调、总多酚、总酸、可溶性固形物含量在贮藏过程中的变化^[6,9]。

2 结果与分析

2.1 澄清对黑莓原汁透光率和品质的影响

2.1.1 低温澄清对原汁品质的影响

将灭酶后的原汁放置在 0 °C条件下进行贮藏, 每隔 2 d 测定 1 次各项指标的变化, 监测 14 d, 见表 1, 结果发现原汁的可溶性固形物、总酸和总多酚含量在澄清过程中变化较小。透光率、色调、色度以及总花色苷含量有所变化(见图 1), 其中透光率在起始时较低, 仅为 0.7%, 至 14 d 时上

升至 40%。低温澄清过程中原汁的色调一直维持艳丽的红色不变, 色调一直保持在 0.52 左右(见图 1)。原汁的总花色苷含量在澄清过程中逐渐下降, 下降比例最高达 18.7%。花色苷是黑莓原汁的主要呈色物质, 因此随着花色苷含量的降低, 原汁的色度也有所降低, 下降比例最高达 15%。由此可见, 糖、酸及酚类成分是在黑莓原汁中稳定性较好, 而花色苷成分则较容易降解。

2.1.2 离心澄清对原汁透光率的影响

鉴于原汁在低温澄清过程中, 起始透光率只有近 40%, 本研究试着寻找一种能更进一步提高透光率的方法, 因此

尝试了普通离心和高速离心的方法。鉴于离心是一种较为安全的物理澄清方法^[20], 对原汁品质影响较小, 因此仅以透光率为考察指标, 结果见图 2。原汁低速离心后, 透光率升高比例较小(5.8%~27.9%), 比较 4 个品种, ‘卡依娃’原汁透光率升高最少, 仅为 5.8%, ‘宝森’其次, ‘赫尔’和‘宁植 3 号’原汁透光率升高较多, 在 27%以上。高速离心后, 透光率升高的比例较高(52.9%~130%), 不同品种的原汁存在一定的差异, 其中‘赫尔’原汁的透光率提高一倍以上达 77.2%。因此, 高速离心(10000 r/min, 5 min)的方法较适宜用于黑莓原汁的澄清。

表 1 低温澄清对黑莓原汁可溶性固形物、总酸和总多酚含量的影响(n=3)
Table 1 Effects of cold still-treatment on soluble solid, total acid and total polyphenols contents of blackberry juice (n=3)

澄清天数/d	可溶性固形物含量/%	总酸含量/%	总多酚含量/(mg/mL)
0	7.4±0.07	1.65±0.025	2.63±0.221
2	7.2±0.00	1.65±0.026	2.50±0.184
4	7.2±0.00	1.62±0.030	2.56±0.152
6	7.2±0.00	1.60±0.051	2.44±0.258
8	7.2±0.07	1.61±0.060	2.52±0.119
10	7.2±0.00	1.63±0.033	2.52±0.218
12	7.2±0.00	1.64±0.045	2.51±0.126
14	7.2±0.00	1.65±0.082	2.51±0.107

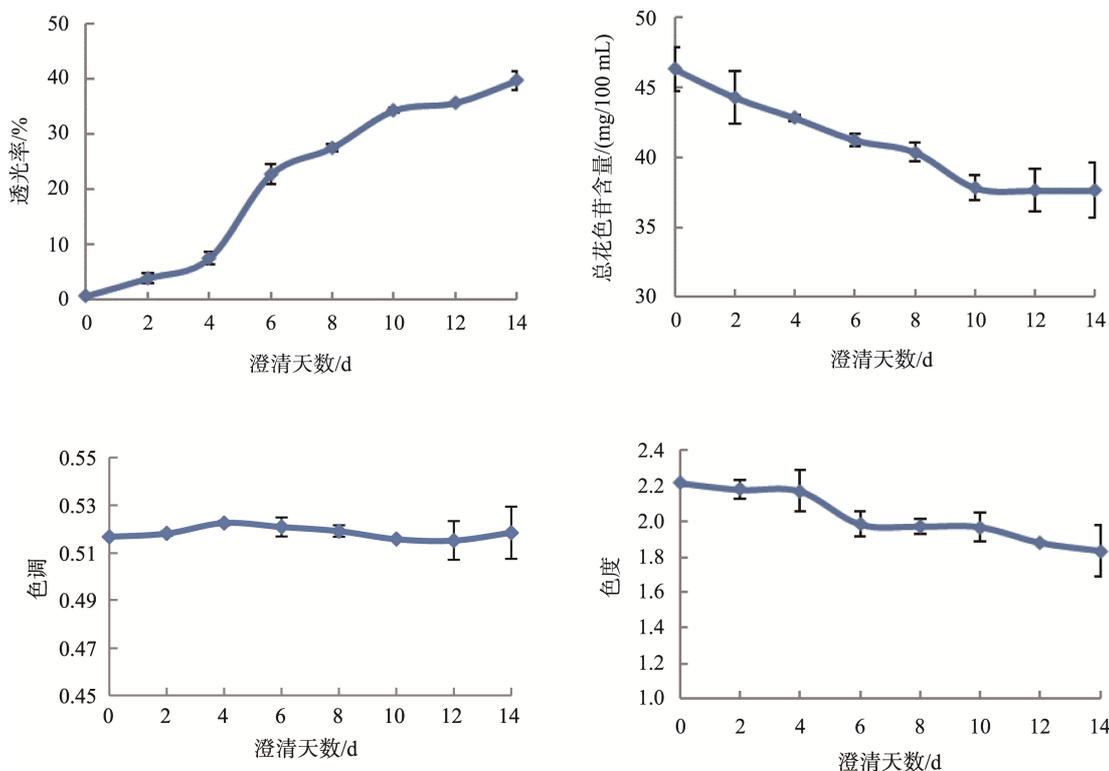
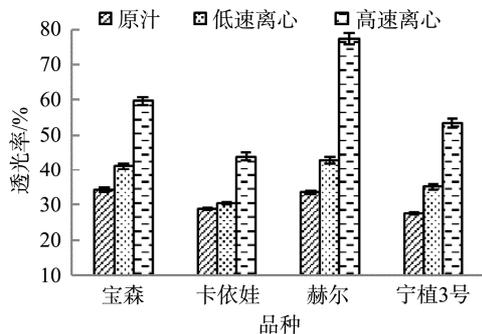


图 1 低温澄清对原汁外观特征和总花色苷含量的影响(n=3)

Fig.1 Effect of cold still-treatment on color features and total anthocyanins content of blackberry juice (n=3)

图2 离心速度对黑莓原汁透光率的影响($n=3$)Fig.2 Effect of centrifugal velocity on light transmittance of blackberry juice ($n=3$)

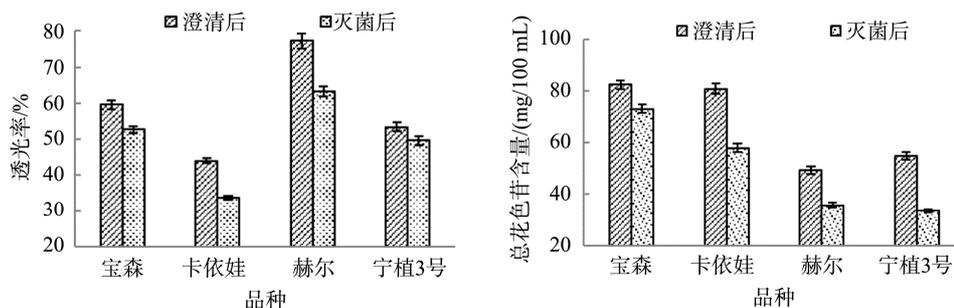
2.2 加热灭菌对原汁品质的影响

黑莓原汁在灭菌加工过程中需要注意2点:(1)原汁的透光率,由于黑莓原汁是一种含果胶及多种成分的复合胶体,在加热过程中有可能会产生絮凝、沉淀等,进而改变产品的透光率;(2)黑莓原汁还含有具有一定光、热敏感性的花色苷成分,加工过程中也要尽量减少对花色苷成分的影响。鉴于以上2点,本研究比较了4个品种的黑莓原汁在灭菌前后透光率和总花色苷含量变化,结果见图3。由图3可以看出,4个品种的黑莓原汁在加热灭菌(90℃,

3 min)后透光率和总花色苷含量均存在一定程度的降低,总花色苷含量在加热灭菌后降低了11.4%~39.1%,其中‘宝森’原汁最低,为11.4%,‘宁植3号’原汁最高,达39.1%,透光率在加热灭菌后降低了7.1%~23.1%,其中宁植3号原汁透光率下降比例最低,为7.1%,‘卡依娃’原汁透光率下降比例最高,达23.1%。

2.3 黑莓原汁贮藏稳定性考察

在取汁、澄清、灭菌方法研究的基础上,进一步对原汁在低温(0℃)条件下的贮藏稳定性进行考察。每隔1周(0~6周内)或2周(6~12周内)取样1次,测定有关指标,结果发现在低温(0℃)条件下贮藏12d后黑莓原汁的可溶性固形物(soluble solids content, SSC)、总酸和总多酚含量变化极小(见表2)。原汁的透光率在贮藏过程中呈现先上升后下降的趋势,在6~8周时达最高值63.1%,8~12周又逐渐下降至贮藏前的水平(图4)。除透光率之外,低温贮藏12周内原汁的总花色苷含量有极小幅度的下降,色度也随着贮藏时间的延长略有下降,至12周时色度下降10%左右。原汁的色调在贮藏过程中逐渐上升,12周内从0.519逐渐上升至0.567(见图4)。综上所述,在低温(0℃)条件下贮藏,黑莓原汁的营养指标如总多酚、总酸、可溶性固形物含量较为稳定,总花色苷含量缓慢下降,色泽有缓慢地变淡(色度降低)和变暗(色调升高)的趋势。

图3 加热灭菌对黑莓原汁透光率和总花色苷含量的影响($n=3$)Fig.3 Effects of pasteurization on light transmittance and total anthocyanins content of blackberry juice ($n=3$)表2 低温贮藏过程中黑莓原汁品质指标的变化($n=3$)Table 2 Changes on soluble solid, total acid and total polyphenols contents of blackberry juice under cold storage ($n=3$)

贮藏时间/周	可溶性固形物含量/%	总酸含量/%	总多酚含量/(mg/mL)
0	7.4±0.00	1.59±0.024	2.51±0.318
1	7.2±0.00	1.61±0.042	2.43±0.099
2	7.2±0.00	1.61±0.027	2.66±0.126
3	7.2±0.07	1.68±0.028	2.72±0.183
4	7.2±0.00	1.63±0.033	2.61±0.231

表 2(续)

贮藏时间/周	可溶性固形物含量/%	总酸含量/%	总多酚含量/(mg/mL)
5	7.2±0.00	1.64±0.071	2.77±0.060
6	7.2±0.00	1.63±0.033	2.63±0.115
8	7.2±0.07	1.68±0.117	2.70±0.100
10	7.2±0.00	1.67±0.023	2.69±0.146
12	7.2±0.00	1.68±0.067	2.76±0.186

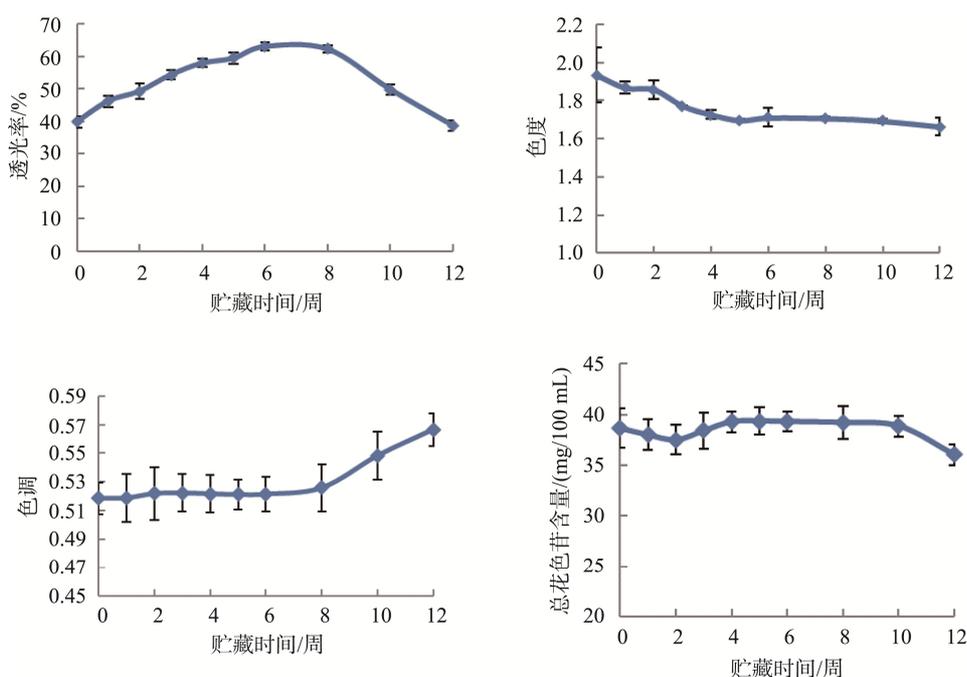


图 4 黑莓原汁低温贮藏过程中透光率、色度、色调和总花色苷含量的变化(n=3)

Fig.4 Changes on color features and total anthocyanins content of blackberry juice under cold storage(n=3)

3 结论与讨论

黑莓原汁的加工工艺流程为果实软化破碎、渣汁分离、澄清和灭菌,相比于酶解果汁,黑莓原汁不经过果胶酶酶解的过程,能更好地保留原果的风味。通过对低温澄清和离心澄清方法的比较发现,高速离心(10000 r/min, 5 min)能将黑莓原汁的透光度提高到44.0%~77.2%,非常高效,且对原汁的色、香、味均没有影响,能保持黑莓原汁原有的品质和风味,是黑莓原汁最理想的加工方法。选用90℃加热3 min的灭菌方式会对黑莓原汁的物理指标(透光率)和营养指标(花色苷含

量)产生一定的影响,4个黑莓品‘卡依娃’‘赫尔’‘宝森’‘宁植3号’原汁的透光率降低了7.1%~23.1%,总花色苷含量降低了11.4%~39.1%,品种间存在一定差异。黑莓原汁在低温(0℃)条件下贮藏12周,营养指标如总多酚、总酸、可溶性固形物含量较为稳定,总花色苷含量缓慢下降,透光率先升高后又略有下降,色调略有升高,色度略有下降。

本研究结果证明了黑莓原汁可以通过压榨取汁的方法生产,相比于传统的酶解原汁,压榨原汁的风味更好。目前市场上黑莓的加工产品较为常见的主要有2种:黑莓汁饮料和黑莓原浆,黑莓汁饮料一般果汁含量

20%~30%，采用果胶酶酶解后的黑莓清汁制成，稳定性好，成本低，营养价值一般；黑莓原浆通过黑莓原果直接破壁加工而成，含有黑莓原果所有的营养成分，营养价值较高，但是产品的稳定性较差。本研究存在的主要不足在于杀菌方式采用了热杀菌，而富含热不稳定花色苷成分的黑莓原浆在热杀菌过程中花色苷含量下降了11.4%~39.1%，此外还有一点不足在于贮藏实验缺少常温贮藏数据与冷藏的对比，而且贮藏实验的时间略短，只进行了12周。研究结果表明，黑莓原浆可以通过直接榨汁、离心澄清和加热灭菌的方式加工，产品在低温贮藏12周内具有较好的稳定性，可为黑莓原浆的开发推广提供参考。

参考文献

- [1] 李维林, 孙醉君, 郑海燕. 黑莓鲜果及其加工品的营养成分[J]. 天然产物研究与开发, 1998, (1): 55-59.
LI WL, SUN ZJ, ZHENG HY. The nutritional components of blackberry fruit and its processed products [J]. Nat Prod Res Dev, 1998, (1): 55-59.
- [2] 范琳琳, 王英, 程先玲, 等. 超声辅助酶解制备黑莓清汁工艺及其协同效应[J]. 食品科学, 2019, 40(6): 304-311.
FAN LL, WANG Y, CHENG XL, *et al.* Ultrasonic-assisted enzymatic hydrolysis of blackberry juice and synergistic effect [J]. Food Sci, 2019, 40(6): 304-311.
- [3] 张南海, 刘芮瑜, 董筱睿, 等. 黑莓汁树脂降酸工艺研究及其复合果汁制备[J]. 食品科学, 2020, 41(10): 281-287.
ZHANG NH, LIU RY, DONG XR, *et al.* Deacidification of blackberry juice by resin adsorption and preparation of fruit juice blends [J]. Food Sci, 2020, 41(10): 281-287.
- [4] 方亮, 赵慧芳, 屈乐文, 等. 三种黑莓果酱的研制与感官评价[J]. 食品工业, 2011, 32(8): 10-12.
FANG L, ZHAO HF, QU LW, *et al.* Preparation and sensory evaluation of three blackberry jams [J]. Food Ind, 2011, 32(8): 10-12.
- [5] 李亚辉, 马艳弘, 黄开红, 等. 黑莓发酵酒澄清稳定处理技术[J]. 食品与生物技术学报, 2017, 36(3): 302-309.
LI YH, MA YH, HUANG KH, *et al.* Technology study of clarification and stabilization of blackberry wine [J]. J Food Sci Biotechnol, 2017, 36(3): 302-309.
- [6] 赵慧芳, 吴文龙, 李维林. 黑莓、树莓露酒加工工艺研究[J]. 酿酒科技, 2015, (11): 94-97, 101.
ZHAO HF, WU WL, LI WL. The processing technology of blackberry and raspberry liqueur [J]. Liquor Mak Sci Technol, 2015, (11): 94-97, 101.
- [7] 赵慧芳, 刘洪霞, 吴文龙, 等. 黑莓、蓝莓咀嚼片的研制[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(4): 140-145.
ZHAO HF, LIU HX, WU WL, *et al.* Optimization on processing technology of blackberry and blueberry nutrient chewable tablet [J]. Food Res Dev, 2020, 41(4): 140-145.
- [8] AZOFEIFA CG, QUESADA MS, NAVARRO BL, *et al.* Hypoglycaemic, hypolipidaemic and antioxidant effects of blackberry beverage consumption in streptozotocin-induced diabetic rats [J]. J Funct Food, 2016, 26: 330-337.
- [9] YANG H, HEWES D, SALAHEEN S, *et al.* Effects of blackberry juice on growth inhibition of foodborne pathogens and growth promotion of *Lactobacillus* [J]. Food Control, 2014, 37: 15-20.
- [10] SARKAR D, ORWAT J, HURBURT T, *et al.* Evaluation of phenolic bioactive-linked functionality of blackberry cultivars targeting dietary management of early stages type-2 diabetes using *in vitro* models [J]. Sci Hortic-Amsterdam, 2016, 212: 193-202.
- [11] ALEXA S, YITONG Z, HWANG J, *et al.* Gender differences in the effect of blackberry supplementation in vascular senescence and atherosclerosis in ApoE mice [J]. J Nutri Biochem, 2020, (80): 1-8.
- [12] 王彦淇, 郭玉蓉, 王永涛, 等. 不同品种苹果非浓缩还原汁的多酚组成及与抗氧化能力的关系[J]. 中国食品学报, 2020, 20(5): 80-89.
WANG YQ, GUO YR, WANG YT, *et al.* Analyses of phenolic composition and antioxidant activities of NFC apple juices from different cultivars [J]. J Chin Inst Food Sci Tech, 2020, 20(5): 80-89.
- [13] 曹雪慧, 赵宇婷, 王甄妮, 等. 8个梨品种非浓缩还原汁的特性分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(12): 26-29.
CAO XH, ZHAO YT, WANG ZN, *et al.* Study on character of not from concentrate juice in 8 pear varieties [J]. Food Res Dev, 2020, 41(12): 26-29.
- [14] 蒋文鸿, 余金橙, 刘素稳, 等. 玫瑰香葡萄汁冷冻浓缩响应面工艺优化与品质研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(19): 123-131.
JIANG WH, YU JC, LIU SW, *et al.* Optimization and quality research of response surface technology for frozen concentration of rose grape juice [J]. Food Res Dev, 2020, 41(19): 123-131.
- [15] 吴文龙, 王小敏, 李维林, 等. 不同加工工艺对黑莓浆果出汁率及果汁品质的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 172-175.
WU WL, WANG XM, LI WL, *et al.* Effect of different juice processing technics on juice quality and juice yield of blackberry [J]. Food Sci, 2008, 29(3): 172-175.
- [16] 马兆瑞, 祝战斌, 李元瑞. 果胶酶处理对苹果酒风味的影响[J]. 食品工业, 2004, (4): 21-22.
MA ZR, ZHU ZB, LI YR. The effect of pectase on cider flavor [J]. Food Ind, 2004, (4): 21-22.
- [17] ZHAO H, LYU L, LI W, *et al.* Effect of processing methods on quality of blackberry juice [J]. Acta Hort, 2019, (1265): 63-72.

- [18] 胡选生, 张雨鑫, 惠靖茹, 等. 不同澄清剂对夏黑葡萄汁澄清效果的工艺研究[J]. 食品与发酵科技, 2020, 56(3): 59–62, 68.

HU XS, ZHANG YX, HUI JR, *et al.* Study on the clarification effect of different clarifiers to summer black grape juice [J]. Food Ferment Technol, 2020, 56(3): 59–62, 68.

- [19] 黄能凤. 刺葡萄冷冻预处理榨汁及加热澄清工艺的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2015.

HUANG NF. Research on the squeezing juice with frozen pretreatment and heating clarification technique of brier grape [D]. Changsha: Hunan Agriculture University, 2015.

- [20] 张梦薇. 不同澄清方法对枸杞子酿造干酒澄清效果研究[J]. 中国食品添加剂, 2016, (9): 169–173.

ZHANG MW. Studying on the wolfberry dry wine clarification with different methods of clarification [J]. China Food Addit, 2016, (9): 169–173.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



赵慧芳, 硕士, 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



刘洪霞, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为浆果保鲜与功能成分研究。

E-mail: njliuhx@163.com



李维林, 博士, 研究员, 主要研究方向为经济林果育种栽培、药用植物资源评价和开发利用、天然产物化学。

E-mail: lwlcnbx@mail.cnbg.net