

瓯柑功能性成分利用现状及深加工研究进展

Research progress on utilization status and deep processing of functional components of Ougan citrus

刘 洵^{1,2,3,4}王阳光⁴夏其乐^{1,2,3}金益丰⁵陆胜民^{1,2,3,4}LIU Xun^{1,2,3,4}WANG Yang-guang⁴XIA Qi-le^{1,2,3}JIN Yi-feng⁵LU Sheng-min^{1,2,3,4}

(1. 省部共建农产品质量安全危害因子与风险防控国家重点实验室, 浙江 杭州 310021;

2. 浙江省果蔬保鲜与加工技术研究重点实验室, 浙江 杭州 310021; 3. 浙江省农业科学院食品科学研究所, 浙江 杭州 310021; 4. 浙江海洋大学食品与药品学院, 浙江 舟山 316022;

5. 温州丰甘生态农业科技有限公司, 浙江 温州 325000)

(1. State Key Laboratory for Managing Biotic and Chemical Threats to the Quality and Safety of Agro-products, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; 2. Provincial Key Laboratory of Fruit and Vegetable Preservation and Processing Technology, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; 3. Institute of Food Science, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 310021, China; 4. School of Food and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang 316022, China; 5. Wenzhou Fenggan Ecological Agriculture Technology Co., Ltd., Wenzhou, Zhejiang 325000, China)

摘要:瓯柑作为一种历史悠久的食药同源水果,其滋味独特,可清热解暑,化痰止咳。但因本身所带有的微苦味,使其具有极强的消费地域性,受众面不广。研究聚焦瓯柑中的营养功能成分的制备技术以及含量分析,总结了传统“柑儿文”和瓯柑陈皮及新型瓯柑酵素、果醋、果酒等瓯柑加工产品的研发现状,指出了瓯柑精深加工领域的未来研究方向。

关键词:瓯柑;功能性成分;深加工;营养保健

Abstract: Ougan (*Citrus Suavissima* Hort. ex Tanaka) as a long history of edible and medicinal fruit, has a unique taste, and can clear heat, detoxify, eliminate phlegm and relieve cough. However, because of its slight bitterness, it has a strong regional consumption and is not widely accepted. This review focuses on the preparation technology and content analysis of nutritional and functional components in Ou orange, summarizes the research and development status of the processing products of ou orange, such as traditional "Gan er wen" and tangerine peel, as well as new Ougan enzyme, fruit vinegar and fruit wine, and points out the future research direction in the field of deep processing of ou orange.

基金项目:温州市环大罗山省级现代农业园区科技支撑项目(编号:WZDLS2021-04)

作者简介:刘洵,女,浙江海洋大学在读硕士研究生。

通信作者:陆胜民(1969—),男,浙江省农业科学院研究员,博士。

E-mail: lushengmin@hotmail.com

收稿日期:2022-09-06 **改回日期:**2022-12-08

Keywords: Ougan citrus; functional components; deep processing; nutritional care

瓯柑(*Citrus Suavissima* Hort. ex Tanaka)属于芸香科柑橘亚科柑橘属,主要分布在浙江省南部的瓯江沿岸,在温州地区已有上千年的种植历史^[1]。2009年,瓯柑被列为中国“地理标志产品”,保护范围为温州市瓯海区现辖区^[2]。采摘初期,瓯柑呈青色,成熟度低,不宜鲜食,需贮藏数月后方可食用,而成熟后的瓯柑色泽金黄,脆嫩多汁,酸甜适中,入口时有微微苦味^[3]。其果实含有丰富的营养和药用价值,可清热解暑、生津润肺、化痰止咳和清咽明目,故在温州当地有“端午瓯柑清热解暑似羚羊”的美誉^[4]。

文章拟对瓯柑的主要营养功能成分进行归纳分类,按照研究的深入程度阐述瓯柑营养功能成分和所应用的提取分析技术,分析瓯柑制品的研发和加工利用现状及未来研究方向,以期对瓯柑资源的综合利用和产品的多样化发展提供依据。

1 瓯柑的主要营养功能成分

瓯柑果实的营养成分及含量见表1,除了基本的水分、糖分外,瓯柑中还含有丰富的柠檬酸、钙、维生素C和维生素D。

1.1 类黄酮

瓯柑中含有丰富的黄酮类物质,主要存在于果皮中,

表 1 每 100 g 瓯柑果实的营养成分及其含量^[5]

Table 1 Nutrient composition and their contents per 100 g of Ougan mandarin fruit

水分/ g	柠檬 酸/g	还原 糖/g	总糖/ g	钙/ mg	维生素 C/ mg	维生素 D/ mg
84.7	0.34	4.13	9.47	55.2	26.7	560

果肉次之。黄酮类物质通常具有极其相似的结构,即黄酮核,由两个芳香环(A 和 B)和一个吡喃环(C)组成,根据 B 环与 C 环连接位置的差异可以有效区分不同的黄酮类化合物^[6]。其主要生物活性有抗炎、抗氧化、抗癌、调节脂肪代谢等^[7]。目前,从瓯柑果实中鉴定出 8 种主要的黄酮类物质(图 1),其中 4 种为黄烷酮糖苷,包括柚皮苷、橙皮苷、新橙皮苷和枸橼苷,另外 4 种为多甲氧基黄酮(PMFs),包括甜橙黄酮、川陈皮素、橘皮素以及 5-去甲基川陈皮素。通过对瓯柑不同部位(油胞层、白皮层、囊衣、汁胞)中黄酮的定量检测可以得出:白皮层的黄酮含量最高,油胞层和囊衣的次之,汁胞中含量最少,其中新橙皮苷在各部位的含量均最高,在白皮层中可达(69.51±8.67) mg/g·DW^[8]。王小凤等^[9]研究表明,瓯柑果皮中总黄酮的最佳提取工艺为:80%乙醇,超声温度 60℃,超声提取 1 h,固液比 1:18 (g/mL),此时瓯柑果皮总黄酮得率为 2.143%,该方法高效环保,操作性更强。张菊华

等^[10]比较分析了不同品种柑橘鲜果皮中 6 种类黄酮含量,发现瓯柑鲜皮中新橙皮苷、川陈皮素、橘皮素含量丰富,其中多甲氧基黄酮总量可达 1 200 mg/kg·FW。PMFs 作为一类具有抗炎、抗菌、抗氧化、抗癌等功效的天然黄酮类化合物,通常可通过大孔树脂层析法和高效液相色谱法进行分离纯化。王岳等^[11]通过技术优化,从瓯柑果皮中分离出高纯度的川陈皮素(99.3%)、橘皮素(99.5%)、5-去甲基川陈皮素(98.6%),为 PMFs 组分的富集提供了一种经济可行的新方法。

1.2 挥发性成分

柑橘中的挥发性成分主要是烯类和萜类物质,二者含量可达总挥发物含量的 90%以上^[12]。由于品种、成熟度以及检测部位的不同,其种类和含量也存在一定差异(见表 2)。徐象华等^[13]采用超临界 CO₂萃取技术结合 GC-MS,成功从瓯柑鲜果皮中分离鉴定出 32 种成分,所鉴定的组分占总峰面积的 93.42%,其中 L-柠檬烯相对含量最高(82.02%),其次为 α-雪松烯(5.18%)、β-榄香烯(1.54%)等。蔡进章等^[14-15]研究发现,瓯柑茎和叶中挥发性物质均以烯类为主,其中含量较高的 3 种分别为 m-花伞烯、τ-松油烯以及 β-芳樟醇,但由于其所处的部位不同,相对含量也有所差别,瓯柑茎中含量最高的为 τ-松油烯(37.80%),而瓯柑叶中含量最高的是 β-芳樟醇(25.28%)。挥发性成分的鉴定为瓯柑精油和果酒的加工奠定了一定的理论基础,通过了解精油提取和果酒酿造过程中香气物质的组成和变化趋势,可以采取有效措施改善其品质和风味。

1.3 瓯柑多糖

多糖是一类具有良好生理活性的大分子物质,广泛分布于动植物和微生物等自然资源中,不同的多糖因其结构差异而呈现不同的生理活性,大体上包括抗氧化、抗凝血、免疫调节、降血糖、抗肿瘤等。据报道^[16],瓯柑干果皮中多糖含量大约为 1 mg/g,用水提醇沉并以 Sevag 法除去蛋白后可以得到较高纯度的瓯柑多糖,且该多糖有良好的自由基清除能力,其活性大小在一定范围内与用量呈正相关,其中对 O₂⁻· 的清除作用强于 OH·。马森^[17]通过对高血糖模型小鼠喂食添加有 10%瓯柑皮的饲料后,发现小鼠血糖降低 57.7%,由此推断瓯柑果皮中的多糖类和黄酮类物质对降低血糖有潜在作用,且降糖效果显著,但有关其降糖机理仍需进一步研究。

1.4 矿物质

瓯柑中含有钙、铁、镁、锰、铜、锌、钠、钾等多种矿物质元素,其含量在瓯柑果肉、皮、籽中差异显著。新鲜瓯柑果肉富含镁、钾等元素^[18-19],其中钾元素作为一种电解质,可维持人体内的酸碱平衡,帮助肌肉活动和调节心跳。足量钾离子的摄入可维持人体正常血压,并降低中风的可能性^[20]。瓯柑果皮中的锌、铁含量大约是果肉中

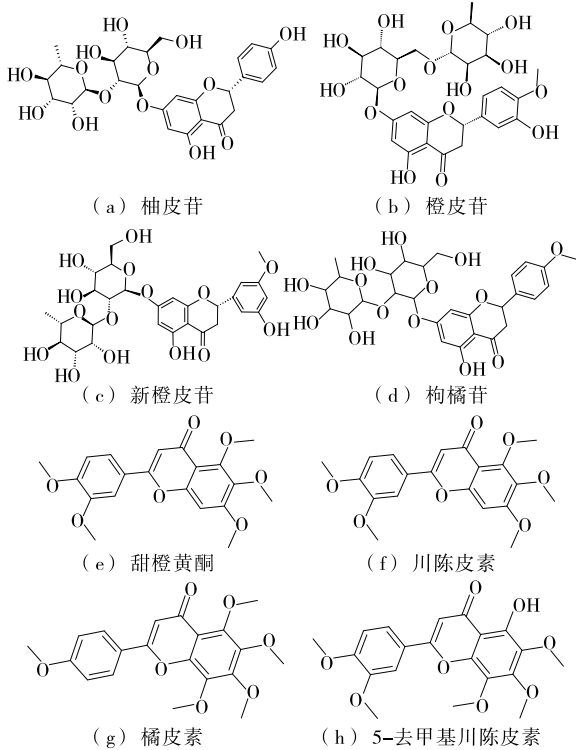


图 1 瓯柑中主要类黄酮的化学结构式

Figure 1 Chemical structures of the main flavonoids in Ougan mandarin

表 2 瓯柑各部位主要挥发性物质

Table 2 The main volatile substances in each part of Ougan mandarin

部位	挥发性成分	分子式	结构式
果皮	<i>L</i> -柠檬烯	C ₁₀ H ₁₆	
	β -榄香烯	C ₁₅ H ₂₄	
果实	亚油酸	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	
	γ -谷甾醇	C ₂₉ H ₅₀ O	
	<i>m</i> -花伞烃	C ₁₀ H ₁₄	
茎、叶	τ -松油烯	C ₁₀ H ₁₆	
	β -芳樟醇	C ₁₀ H ₁₈ O	

的 2 倍,而瓯柑籽中的矿物质含量更加丰富,其中钙、铁、镁含量分别为果肉中的 3.0、8.0、2.4 倍^[19]。综上,瓯柑皮和籽具有较高的利用价值,可用于开发相关的功能性产品。

1.5 维生素

维生素是人类维持健康的一类至关重要的微量有机化合物,在生长发育过程中发挥着重要的基础作用。研究^[21-22]发现,柑橘类水果中有 6 种维生素,包括维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 C、维生素 E 和维生素 B₃。在瓯柑果汁中,维生素 B₁、维生素 B₂ 和维生素 C 含量分别为 0.284、0.182、0.444 mg/mL,与温州蜜柑和日本夏橙相比,其维生素 B₂ 含量略高于其他两种柑橘品种,而维生素 C 含量基本与温州蜜柑的持平,但均低于日本夏橙的^[23]。

2 瓯柑加工利用现状

资料^[1]显示,2020 年瓯柑种植面积为 2 240 hm²,产量为 4.5 万 t,与 2012 年相比,种植面积缩减了 38%。这

是因为近 10 年来柑橘市场涌入了大量的新品种,其甘甜多汁,符合大部分消费者的口味,而瓯柑鲜果入口带有微苦味,具有明显的地域性特点。因此,对瓯柑进行精深加工与综合利用是扩宽其消费市场、提高其利用价值的重要途径。

温州地区的瓯柑加工可分为传统型和创新型两种,传统型以柑儿文和瓯柑陈皮为主。柑儿文以瓯柑新鲜幼果为原材料,通过日晒制成。其用水煎服可去油腻,有效缓解消化不良等症状^[24]。而创新性产品主要以瓯柑果汁、果奶、蜜茶等饮品以及果脯、爽口条、瓯柑饼等休闲零食为主,更加受到年轻消费群体的喜爱^[25]。目前市场上可购买到的瓯柑产品种类少,品质不一,知名度不高,加工原料主要为瓯柑果肉,而含有大量生物活性物质的皮和籽并未得到有效利用,造成了药用资源的严重浪费。

从市面销售来看,最成熟的瓯柑制品是果汁类饮品,在线下实体商店和线上电商平台均有售卖。有研究^[26]选用 4 种浙产区域性柑橘果实,分别为常山胡柚、瓯柑、温岭高橙和庆元甜橘柚,按统一加工工艺制成全果饮品(蜂蜜柚子茶),发现不同柑橘果实的加工适应性与贮藏特性各不相同,其中高橙的抗坏血酸、总酸和总酚含量相对较高,更适合开发成功能性饮品,而瓯柑在此统一工艺下并未展现出其优质的营养功能价值,故在后期工艺开发过程中需根据瓯柑的加工特性和贮藏特性对该类产品的加工工艺进行合理化调整,以凸显其优于其他柑橘品种的营养功能价值,提高其市场竞争力。此外,郭小等^[27]采用副干酪乳杆菌和植物乳杆菌进行更深层次的发酵,发现两种乳酸菌在瓯柑汁中的活菌数均达到 9 lg(CFU/mL)以上,但采用植物乳杆菌发酵,瓯柑汁中的总酚和总黄酮含量更高、抗氧化能力更强;而采用副干酪乳杆菌发酵,瓯柑汁中的乳酸含量更丰富。因此,从营养健康价值角度来说,用植物乳酸杆菌发酵瓯柑汁会更多地受到消费者的青睐,其实际经济价值更高。

3 瓯柑加工利用研究趋势

3.1 瓯柑酵素

食用型酵素主要是指以天然果蔬、谷物或者菌类为底物,通过益生菌发酵,生成具有多种生物活性的酶类和代谢产物^[28]。利用果蔬发酵生产酵素不仅可以最大限度保留果蔬中的膳食纤维、矿物质、维生素等营养成分,还能有效利用其中的类黄酮、酚酸等生物活性物质。

瓯柑中富含多种维生素、矿物质、黄酮以及酚酸等,从理论上来说也是加工酵素的优质原料之一。有研究^[29]提供了一种切实可行的发酵方案,利用乳酸菌对瓯柑浆料进行发酵得到酵素原液,再结合桦褐孔菌进行混合培养,最终得到富含多酚的瓯柑酵素产品。该工艺在保留瓯柑的营养功能性成分外,还赋予了产品新的活性物质和大量益生菌,对人体健康具有良好的促进作用。

3.2 瓯柑保健酒

T/CBJ 5101—2019 将保健酒定义为:以蒸馏酒、发酵酒或食用酒精为基酒,加入符合国家相关规定的原料、辅料或食品添加剂,并经注册或备案的具有保健功能的饮料酒,适合于特定人群食用,但不以治疗为目的,并且不会对人体产生任何急性、亚急性或慢性危害。其同时具备食品属性、功能属性和非药品属性,在普遍追求健康的当下,具有巨大的市场潜力^[30]。

瓯柑中的维生素、黄酮类、多糖、酚酸以及微量元素都是制备保健酒的优质成分,文献^[31]报道了利用瓯柑和南瓜发酵制成复合型果酒。此外,瓯柑果皮还能结合多种中药材,如蛹虫草、枸杞、甘草、桑葚、佛手、山药等制成保健药酒^[32]。因瓯柑果皮中含有优质的抗氧化物质,对饮酒后肝脏和胰腺的保护可起关键作用。因此瓯柑保健酒除了原料自身具备的保健功效外,还可以缓解乙醇给身体带来的损伤。

3.3 瓯柑冻干含片/咀嚼片

近年来,冷冻干燥被广泛应用于各种脱水果蔬制品中,如苹果、草莓、榴莲、芒果、南瓜、香菇等,是一种公认的生产高质量营养食品的技术。冷冻干燥主要包含预冻和真空干燥两部分,首先通过低温使水分冻结形成冰晶,随后在真空条件下使其实现升华,在升华还未完全结束的末期进行二次干燥,最终使食品保留营养成分的同时脱去 95%~98% 的自由水分^[33-35]。市面上常见的冻干果蔬均是以整体冻干为主,保留了其基本外观、色泽和风味。而现有研究人员针对冻干瓯柑进行了创新性发明,将其冷冻干燥后粉碎并压片制成咀嚼片,食用方便,营养成分保留程度好,还便于运输和储存,可有效降低工厂的生产成本。通过该技术制成的瓯柑含片蛋白质和维生素等各种营养成分保持不变,固有物质基本不损失,保存时间可达 2~5 年^[36]。

3.4 瓯柑果醋

果醋是以水果或其副产物为主要原料,利用微生物发酵酿制而成的一类集营养、保健功能为一体的新型健康饮品^[37-38]。发酵过程中,水果含有的大部分有机酸、维生素、多酚、黄酮等功能性成分得到了很好的保留,因此果醋兼具抗氧化、调节新陈代谢、增强免疫力、减肥降脂以及预防肿瘤等多种功效,被称作“21 世纪的食品”^[39-40]。近年来,国内外学者针对柑橘^[41-42]、苹果^[43]、梨^[44]、红树莓^[45-46]、沙棘^[47]等多种优质水果进行了果醋研发和酿造工艺的改进。其中,柑橘果醋含有丰富的柠檬酸,其呈现的酸味是乙酸和柠檬酸的复合味,故酸感比粮食醋丰满柔和,且柑橘中的黄酮类及柠檬苦素类物质含量丰富,对预防人体心脑血管病和癌症有一定的积极作用。

瓯柑因含有丰富的类黄酮、有机酸和柠檬苦素等有益成分,是制作果醋的优质原料,但目前对此研究较少,仅有浙江省柑橘研究所申请了相关专利^[48]。此工艺中,

果皮经钙液浸渍后粉碎去油,连同黄精和山楂一起加入到果浆中,进行复合发酵。最终制得的复合型瓯柑果醋饮品不仅保证了其纯正风味,还因黄精和山楂两味药食同源原料的加入,强化了预防糖尿病、助消化等保健功能。该固态发酵工艺克服了以往存在的技术缺陷,既能保持瓯柑的天然果香和鲜爽口感,又强化了保健功能,制作方便,并适宜于规模化的工业生产。

4 结语

一直以来,瓯柑因其酸甜可口的滋味和优良的药用价值而受到浙江地区人们的喜爱,近年来有关瓯柑功能性成分的研究也取得了有效进展,但是,从整体上看,仍存在一定的不足之处需要后续进一步的研究。例如:① 关于瓯柑营养功能因子的研究,大部分针对类黄酮化合物,而对果皮果渣中果胶、纤维素等营养物质的研究较少。而且,有关类黄酮物质的研究主要集中于分离提取,关于其抗肿瘤、降血糖功效及其相关机理研究不足,缺乏详实的数据支撑。② 目前市场上瓯柑制品种类单一,知名度不高,竞争力不强,难以得到消费者青睐。未来,在瓯柑精深加工领域,针对瓯柑中具有不同理化性质的营养功能因子,采取合理的高新技术生产出更符合人们营养保健意识的新型食品或健康营养产品将会成为主流趋势。此外,对于瓯柑加工副产物的研究也应更加全面具体,深入挖掘瓯柑果皮、果渣、果籽中的有效物质,从体外到体内试验,多个角度探究其可能存在的良好生物活性,并对其相关机理进行深入研究,以此提高瓯柑废弃物的综合利用率,获得更高的经济和社会效益。

参考文献

- [1] 陈淑莲. 瓯柑:山水温州的“金名片”[J]. 科技创新与品牌, 2022 (2): 66-68.
CHEN S L. Ougan: The "golden business card" of Wenzhou[J]. Science and Technology Innovation and Branding, 2022(2): 66-68.
- [2] 黄建珍, 黄胜华, 林显荣. 地理标志产品: 瓯柑优质安全生产技术[J]. 中国南方果树, 2009, 38(5): 31-32.
HUANG J Z, HUANG S H, LIN X R. Geographical indication products: High-quality and safe production technology of Okan[J]. South China Fruits, 2009, 38(5): 31-32.
- [3] 吴宝玉, 徐建国, 郑小艳, 等. 采收期对瓯柑果实贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2021, 50(5): 42-45, 49.
WU B Y, XU J G, ZHENG X Y, et al. Effect of harvest period on storage quality of Mandarin fruits[J]. South China Fruits, 2021, 50 (5): 42-45, 49.
- [4] 魏学贵. 食疗保健话瓯柑[J]. 福建农业, 2010(3): 37.
WEI X G. Dietary therapy and health care[J]. Fujian Agriculture, 2010(3): 37.
- [5] 胡明月. 瓯柑的营养价值及研究进展[C]// 中国营养学会特殊营养第十一次学术会议论文汇编. 吉林: [出版者不详], 2018: 198-199.

- HU M Y. Nutritional value and research progress of orange[C]// Proceedings of the 11th Conference on Special Nutrition of Chinese Nutrition Society. Jilin: [s.n.], 2018: 198-199.
- [6] KHAN M K, ZILL E H, DANGLES O. A comprehensive review on flavanones, the major citrus polyphenols [J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2014, 33(1): 85-104.
- [7] 黄睿, 沈淑好, 陈虹霖, 等. 柑橘类黄酮的生物学活性及提高生物利用度技术研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(1): 319-326.
- HUANG R, SHEN S Y, CHEN H L, et al. Research progress on biological activity and bioavailability enhancement of citrus flavonoids[J]. Food Science, 2019, 40(1): 319-326.
- [8] 张九凯. 瓯柑和胡柚果实黄酮类化合物组分鉴定、分离纯化及生物活性研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2013: 20-34.
- ZHANG J K. Determination and purification of flavonoids from *Citrus reticulata* cv. *Suavissima* and *Citrus changshanensis* fruit and their bioactivity evaluation [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013: 20-34.
- [9] 杨小凤, 朱一力, 戴歌心. 瓯柑果皮中总黄酮的提取及含量的测定[J]. 光谱实验室, 2006(4): 810-814.
- YANG X F, ZHU Y L, DAI G X. Extraction and determination of total flavonoids in the peel of Mandarin orange[J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2006(4): 810-814.
- [10] 张菊华, 李志坚, 单杨, 等. 柑桔鲜果皮中类黄酮含量比较与分析[J]. 中国食品学报, 2015, 15(5): 233-240.
- ZHANG J H, LI Z J, SHAN Y, et al. Comparison and analysis of flavonoid content in citrus fresh fruit peel[J]. Chinese Journal of Food Science, 2015, 15(5): 233-240.
- [11] 王岳, 季诗誉, 曹锦萍, 等. 瓯柑果实中多甲氧基黄酮的分离纯化研究[C]// 中国园艺学会 2018 年学术年会论文摘要集. 青岛: [出版者不详], 2018: 84.
- WANG Y, JI S Y, CAO J P, et al. Isolation and purification of polymethoxy flavonoids in Mandarin fruit[C]// Proceedings of the 2018 Annual Conference of the Chinese Horticultural Society. Qingdao: [s.n.], 2018: 84.
- [12] 施要强, 张海朋, 田静, 等. ABA 处理对不同柑橘种质汁胞中挥发性物质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2020, 39(1): 10-17.
- SHI Y Q, ZHANG H P, TIAN J, et al. Effects of ABA treatment on volatile substances in the juice cells of different citrus germplasms[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2020, 39(1): 10-17.
- [13] 徐象华, 卢涛, 胡旭腾, 等. 瓯柑果皮挥发油成分的提取及 GC/MS 分析[J]. 浙江林业科技, 2009, 29(5): 55-58.
- XU X H, LU T, HU X T, et al. Extraction and GC/MS analysis of volatile oil components from Ougan peel[J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2009, 29(5): 55-58.
- [14] 蔡进章, 苏孝共, 潘晓军, 等. 瓯柑叶挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 海峡药学, 2009, 21(6): 99-100.
- CAI J Z, SU X H, PAN X J, et al. GC-MS analysis of volatile components of mandarin Ougan leaf[J]. Straits Pharmaceutical Sciences, 2009, 21(6): 99-100.
- [15] 蔡进章, 潘晓军, 林观样, 等. 瓯柑茎挥发性成分的 GC-MS 分析[J]. 海峡药学, 2009, 21(5): 79-80.
- CAI J Z, PAN X J, LIN G Y, et al. GC-MS analysis of volatile components of Ougan stem[J]. Straits Pharmaceutical Sciences, 2009, 21(5): 79-80.
- [16] 吴建章, 叶辉, 向铮, 等. 瓯柑多糖的提取及其对活性氧自由基的清除作用[J]. 食品科学, 2008(5): 101-103.
- WU J Z, YE H, XIANG Z, et al. Extraction of Ougan mandarin polysaccharides and their scavenging of reactive oxygen radicals[J]. Food Science, 2008(5): 101-103.
- [17] 马森. 瓯柑橘皮和陈皮降血糖作用研究[J]. 武夷学院学报, 2010, 29(2): 18-20.
- MA S. Study on hypoglycemic effect of citrus peel and tangerine peel[J]. Journal of Wuyi University, 2010, 29(2): 18-20.
- [18] 周焱, 徐素君. 蕉柑、瓯柑中微量元素含量的测定[J]. 浙江柑桔, 1993(2): 22-23.
- ZHOU Y, XU S J. Determination of trace element content in banana mandarin and Ougan Mandarin[J]. Zhejiang Citrus, 1993(2): 22-23.
- [19] 杨小凤, 仇佩虹, 叶筱琴. 瓯柑中微量元素的测定[J]. 广东微量元素科学, 2004(9): 41-43.
- YANG X F, QIU P H, YE X Q. Determination of trace elements in Ougan[J]. Guangdong Trace Element Science, 2004(9): 41-43.
- [20] FRATIANNI F, OMBRA M N, D'ACIERNO A, et al. Apricots: Biochemistry and functional properties [J]. Current Opinion in Food Science, 2018, 19: 23-29.
- [21] 尹凯静. 柑橘的功能成分和生物活性研究进展[J]. 现代食品, 2022, 28(6): 19-22.
- YIN K J. Research progress on functional components and biological activities of citrus[J]. Modern Food, 2022, 28(6): 19-22.
- [22] 张铎. 柑橘果渣主要功能成分及抗氧化活性的研究[J]. 中国食品添加剂, 2022, 33(4): 81-88.
- ZHANG D. Study on main functional components and antioxidant activity of citrus pomace[J]. China Food Additives, 2022, 33(4): 81-88.
- [23] 林显荣, 赵和平. 瓯柑的营养价值与食疗作用[J]. 浙江柑桔, 2007(3): 14-16.
- LIN X R, ZHAO H P. Nutritional value and therapeutic effect of Ougan orange[J]. Zhejiang Citrus, 2007(3): 14-16.
- [24] 金益丰. 品味清爽甘醇的“柑儿文”, 品读先苦后甜的“温州味”[J]. 祝您健康, 2021(11): 41-42.
- JIN Y F. Taste the refreshing and sweet "citrus wen", and taste the "Wenzhou taste" that is first bitter and then sweet[J]. I Wish You Health, 2021(11): 41-42.
- [25] 朱伟进. 瓯柑全产业链现状与发展对策[J]. 浙江柑橘, 2017, 34(4): 2-6.
- ZHU W J. Current situation and development countermeasures of the whole Ougan mandarin industry[J]. Zhejiang Citrus, 2017, 34(4): 2-6.
- [26] 唐伟敏, 郑建荣, 杨颖, 等. 四种杂柑全果饮品的加工适应性及贮藏特性[J]. 浙江农业学报, 2020, 32(3): 483-489.
- TANG W M, XING J R, YANG Y, et al. Processing adaptability and storage characteristics of four kinds of citrus whole fruit

- drinks[J]. Zhejiang Journal of Agricultural Sciences, 2020, 32(3): 483-489.
- [27] 郭小, 曹雪丹, 李二虎, 等. 甌柑汁中2种乳酸菌发酵特性的比较研究[J]. 食品科技, 2018, 43(9): 29-34.
- GUO X, CAO X D, LI E H, et al. Comparative study on fermentation characteristics of two lactic acid bacteria in Mandarin orange juice[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(9): 29-34.
- [28] 索婧怡, 朱雨婕, 陈磊, 等. 食用酵素的研究及发展前景分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(19): 271-283.
- SUO J Y, ZHU Y J, CHEN L, et al. Research and development prospect analysis of edible enzymes[J]. Food and Fermentation Industry, 2020, 46(19): 271-283.
- [29] 林蒙蒙, 陈波, 王伟军, 等. 一种富含多酚的甌柑酵素及其制备方法: CN112385833A[P]. 2021-02-23.
- LIN M M, CHEN B, WANG W W J, et al. A polyphenol-rich oquat enzyme and preparation method thereof: CN112385833A[P]. 2021-02-23.
- [30] 秦月, 严沁, 张玲, 等. 中国保健酒的历史发展及研究进展[J]. 中国酿造, 2021, 40(9): 7-11.
- QIN Y, YAN Q, ZHANG L, et al. Historical development and research progress of health wine in China[J]. China Brewing, 2021, 40(9): 7-11.
- [31] 李彦坡, 徐静, 王青波, 等. 甌柑南瓜果酒的研制[J]. 食品与机械, 2012, 28(4): 217-221.
- LI Y P, XU J, WANG Q B, et al. Development of Ougan pumpkin fruit wine[J]. Food & Machinery, 2012, 28(4): 217-221.
- [32] 赵宽. 一种保健酒及其制备方法: CN107354067B[P]. 2018-10-26.
- ZHAO K. Health wine and preparation method thereof: CN107354067B[P]. 2018-10-26.
- [33] 岳军. 真空冷冻干燥食品的加工工艺研究[J]. 食品安全导刊, 2021(18): 157, 160.
- YUE J. Research on processing technology of vacuum freeze-dried food[J]. Food Safety Guide, 2021(18): 157, 160.
- [34] 史硕利. 真空冷冻干燥食品加工工艺分析[J]. 现代食品, 2021(9): 71-73.
- SHI S L. Analysis of processing technology of vacuum freeze-dried food[J]. Modern Food, 2021(9): 71-73.
- [35] 曹娅, 张冠群. 新食品加工技术对食品营养的影响[J]. 食品安全导刊, 2021(22): 112-113.
- CAO Y, ZHANG G Q. Effects of new food processing technology on food nutrition[J]. Food Safety Guide, 2021(22): 112-113.
- [36] 叶秀青. 一种冻干甌柑含片的制作方法: CN107853547A[P]. 2018-03-30.
- YE X Q. Preparation method of freeze-dried oquat lozenges: CN107853547A[P]. 2018-03-30.
- [37] 唐燕萍, 张书泰, 赵祎武. 果醋概述[J]. 饮料工业, 2022, 25(1): 64-66.
- TANG Y P, ZHANG S T, ZHAO Y W. Overview of fruit vinegar[J]. Beverage Industry, 2022, 25(1): 64-66.
- [38] 刘敏楠, 丛懿洁. 复合果醋的研究进展[J]. 食品工程, 2021(2): 5-7.
- LIU M N, CONG Y J. Research progress of compound fruit vinegar[J]. Food Engineering, 2021(2): 5-7.
- [39] 朱胜虎, 崔鹏景, 李国权, 等. 果醋功能性成分的研究现状[J]. 江苏调味副食品, 2021(2): 4-8.
- ZHU S H, CUI P J, LI G Q, et al. Research status of functional components of fruit vinegar[J]. Jiangsu Seasoning Food, 2021(2): 4-8.
- [40] 石媛媛, 胡萍, 张珺, 等. 乳酸菌强化发酵对刺梨果醋风味品质的影响[J]. 食品与发酵科技, 2022, 58(2): 22-30.
- SHI Y Y, HU P, ZHANG J, et al. Effect of enhanced fermentation of lactic acid bacteria on flavor quality of prickly pear fruit vinegar[J]. Food and Fermentation Science and Technology, 2022, 58(2): 22-30.
- [41] 杨宇驰, 杨馨悦, 周秀娟, 等. 两种发酵方式柑橘果醋品质特性的比较[J]. 中国酿造, 2020, 39(9): 152-156.
- YANG Y C, YANG X Y, ZHOU X J, et al. Comparison of quality characteristics of citrus fruit vinegar in two fermentation methods[J]. China Brewing, 2020, 39(9): 152-156.
- [42] 方修贵, 李嗣彪, 曹雪丹, 等. 一种改良液态法柑橘果醋工艺及其风味修饰技术[J]. 浙江柑橘, 2021, 38(1): 34-37.
- FANG X G, LI S B, CAO X D, et al. Improved liquid citrus fruit vinegar process and flavor modification technology[J]. Zhejiang Citrus, 2021, 38(1): 34-37.
- [43] 张盟, 李兴江, 穆冬冬, 等. 双菌协同发酵苹果醋研究及其品质分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(10): 50-55.
- ZHANG M, LI X J, MU D D, et al. Study on collaborative fermentation of apple cider vinegar by two bacteria and its quality analysis[J]. China Brewing, 2021, 40(10): 50-55.
- [44] 孟金明, 刘秋鸣, 熊思敏, 等. 枇杷一梨复合果醋发酵工艺的研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(3): 154-159.
- MENG J M, LIU Q M, XIONG S M, et al. Study on fermentation process of loquat-pear compound fruit vinegar [J]. China Condiments, 2022, 47(3): 154-159.
- [45] 武林芝, 郝秀萍. 红树莓果醋的制作工艺及香气成分分析[J]. 中国调味品, 2021, 46(10): 129-132.
- WU L, HAO X P. Production process and aroma component analysis of red raspberry fruit vinegar[J]. China Condiments, 2021, 46(10): 129-132.
- [46] 郝秀萍, 武林芝. 红树莓果醋酿造工艺及有效成分研究进展[J]. 食品工程, 2021(4): 23-26.
- HAO X P, WU L Z. Research progress on brewing technology and active ingredients of red raspberry fruit vinegar [J]. Food Engineering, 2021(4): 23-26.
- [47] 张莉莉, 张军, 蔡永国, 等. 沙棘果醋发酵工艺对其食用品质影响的研究[J]. 中国调味品, 2021, 46(9): 86-89.
- ZHANG L L, ZHANG J, CAI Y G, et al. Study on the effect of seabuckthorn fruit vinegar fermentation process on its edible quality[J]. China Condiments, 2021, 46(9): 86-89.
- [48] 方修贵, 南云, 曹雪丹, 等. 一种甌柑保健果醋及其制造方法: CN105255691B[P]. 2017-11-24.
- FANG X G, NI Y, CAO X D, et al. A kind of oquat health fruit vinegar and manufacturing method thereof: CN105255691B[P]. 2017-11-24.