

浓缩果汁及其发酵酒的研究进展

Research progress of concentrated fruit juice and its fermented wine

尹子迎^{1,2} 关军锋¹ 刘金龙²

YIN Zi-ying^{1,2} GUAN Jun-feng¹ LIU Jin-long²

(1. 河北省农林科学院生物技术与食品科学研究所, 河北 石家庄 050051;

2. 河北科技大学食品与生物学院, 河北 石家庄 050081)

(1. Institute of Biotechnology and Food Science, Hebei Academy of Agriculture and Forestry, Shijiazhuang, Hebei 050051, China; 2. College of Food and Biology, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, Hebei 050081, China)

摘要:阐述了浓缩果汁的特性,以及常用浓缩技术的优缺点,综述了以浓缩果汁为原料发酵果酒的研究现状,并展望了以浓缩果汁为原料发酵果酒的研究方向。

关键词:浓缩果汁;浓缩技术;发酵工艺;发酵果酒;品质

Abstract: This paper expounded the characteristics of concentrated fruit juice, and the advantages, disadvantages and optimization of common concentrated technologies, summarized the research status of fermented fruit wine with concentrated fruit juice as raw material, and looked forward to the research direction of fermented fruit wine with concentrated fruit juice as raw material.

Keywords: concentrated fruit juice; concentration technology; fermentation process; fermented fruit wine; quality

传统发酵果酒在原料的选择上一般为水果原汁,常见品种有葡萄汁^[1]、苹果汁^[2]、梨汁^[3]、猕猴桃汁^[4]等。水果原汁一般达不到发酵果酒的初始糖度(20~23 °Brix),不足以供发酵菌株生长发育和转化成所要求的酒精度^[5]。因此,传统果酒发酵需要添加白砂糖^[6]或葡萄糖^[7]等外源糖。近年来,低含糖量水果与高含糖量水果复配也逐渐成为一种新的调糖方式,但对于单一果酒并不适用。目前,水果发酵酒普遍存在甲醇超标的安全问题。如张晓晴等^[8]测定了13个品种的桃果酒,发现万州酸桃和蟠桃10号的甲醇含量分别为550,480 mg/L;夏娜等^[9]研究发现,香梨酒中甲醇含量在548~

2 690 mg/L;袁婧威等^[10]测定了市售葡萄酒和果酒的甲醇含量,发现以水果和果汁为原料的水果发酵酒甲醇含量在150~1 000 mg/L,普遍超出了GB/T 15037—2006《葡萄酒》对红葡萄酒中甲醇的限量标准(最大残留量400 mg/L)。此外,果酒风味寡淡和特征模糊也是目前中国果酒行业面临的主要问题。

浓缩果汁是原汁去除部分水分制得的,有较高的可溶性固形物的果汁。以浓缩果汁为原料发酵果酒无需添加外源糖,可提高原料稳定性、延长原料贮藏时间^[11],还可降低甲醇含量、提高果酒风味和典型性,具有广阔研发前景。如张铁楼等^[12]对比了新鲜梨汁和浓缩梨汁对梨酒品质的影响,测定了3个理化指标,利用气相色谱—质谱技术分析了有机酸与香气成分组成,发现浓缩梨汁酒的甲醇含量更低,总酸含量及香气成分种类与含量更高;冯卫华等^[13-14]对比了苹果原汁和浓缩苹果汁对苹果酒品质的影响,发现原汁酒样果香浓郁酒香协调,浓缩汁酒样果香稍淡酒香浓郁;李凤美等^[15]以浓缩桃汁和原桃汁为原料进行发酵对比,发现原汁酒样有发酵迟滞的现象,浓缩桃汁酒样的果香更浓郁,酒香更醇厚。说明以浓缩果汁为原料发酵果酒有助于提香、改善果酒风味、增强果酒特征。此外,梁贵秋等^[16]对比了以桑果原汁和浓缩桑果汁为原料发酵的桑果酒,发现以桑果浓缩汁发酵的桑果酒在理化指标、矿物质含量、维生素含量、氨基酸含量和感官特征上均优于桑果原汁酒样。综上,以浓缩果汁为原料发酵果酒可作为一个提高果酒品质的研究方向。

以浓缩果汁为原料发酵果酒,果酒品质与果汁品质、浓缩技术以及发酵工艺息息相关。文章针对浓缩果汁的特性、浓缩技术特点以及以浓缩果汁为原料酿造果酒的发酵工艺进行综述,旨在为以浓缩果汁为原料发酵果酒的研究提供理论参考。

1 浓缩果汁的特性

浓缩果汁较原汁主要有以下优点:①可溶性固形物

基金项目:国家财政部、农业农村部:现代农业产业(梨)技术体系资助项目(编号:CARS-28-23);河北省国际科技合作基地建设专项资金

作者简介:尹子迎,女,河北科技大学在读硕士研究生。

通信作者:关军锋(1966—),男,河北省农林科学院研究员,博士。
E-mail:junfeng-guan@263.net

收稿日期:2022-08-24 **改回日期:**2022-10-21

含量高,贮藏时间更长;糖渗透压较高,能较快地穿透细胞组织,有利于抑制微生物生长,提高果汁防腐性。②体积小,降低了贮藏和人工成本。③营养成分和风味更浓^[10],可以帮助人体迅速补充所需营养成分,还可以作为更优基料应用于其他加工品。但是浓缩果汁存在褐变、成本高、营养物质损失和芳香物质逸散等常见问题^[17]。目前,针对浓缩果汁的研究主要集中在抑制褐变、提高营养成分和风味物质保留率以及流变特性等方面。

1.1 褐变

褐变不仅破坏果汁的外观和性状,还会使其风味劣变和营养水平降低^[18]。部分学者对影响浓缩果汁褐变的因素进行了研究,如 Li 等^[19]研究发现浓缩苹果汁非酶促褐变的基物 5-羟甲基糠醛主要产生于榨汁、酶解和浓缩 3 个操作;浓缩梨汁的美拉德反应比浓缩苹果汁更剧烈的主要原因是由于浓缩梨汁的氨基酸态氮含量是浓缩苹果汁的 1.6 倍,浓缩砀山梨汁比浓缩鸭梨汁褐变速度快主要是由于浓缩砀山梨汁的氨基酸态氮含量是浓缩鸭梨汁的 1.2 倍左右^[20];杨福臣等^[21]对比了 6 种浓缩梨汁在 4 ℃贮藏过程中的变化,发现褐变度和总色差值随贮藏时间延长而逐渐升高;Hojjat 等^[22]研究发现可溶性固形物含量、贮藏时间和浓缩温度对浓缩葡萄汁的非酶促褐变有显著影响,且与其呈线性正相关。综上,高氨基态氮含量、高可溶性固形物含量、较长贮藏时间和较高的浓缩温度均可导致浓缩果汁的褐变速度加快。目前,浓缩果汁的护色手段主要有:添加护色剂,如抗坏血酸钠、柠檬酸等;优化浓缩工艺,如低温浓缩、真空浓缩等^[23];低温冷藏^[10]。

1.2 功效与香气

果汁的功效取决于其营养成分,包括多酚、黄酮、维生素等。部分学者对影响浓缩果汁营养成分的因素进行了研究,如 Abdulrahman 等^[24]对比了 4 种浓缩石榴汁的理化性质和酚类物质,发现 Swra hanar 石榴浓缩汁的酚类物质含量最高,Kaua hanar 石榴浓缩汁的维生素 C 含量最高,Wonderful 和 Salakhani 石榴浓缩汁的 pH 值较高;孔祥虹等^[25-26]分析了浓缩苹果汁、梨汁、石榴汁中的氨基酸和有机酸,发现浓缩苹果汁主要含天冬酰胺、丙氨酸、组氨酸和苹果酸、乙酸、琥珀酸、马来酸,浓缩梨汁主要含丙氨酸、天冬酰胺、缬氨酸和苹果酸、琥珀酸、马来酸,浓缩石榴汁主要含丙氨酸、组氨酸和奎宁酸、莽草酸、乳酸。综上,浓缩果汁的营养成分主要与原料种类和品种有关。此外,李靖靖等^[27]探究了真空浓缩温度 40~80 ℃对浓缩苹果汁抗氧化成分的影响,发现其维生素 C 含量、超氧化物歧化酶含量和过氧化氢酶含量随温度的升高而降低,在 80 ℃时苹果汁的抗氧化能力几乎丧失。但是,陈树俊等^[28]研究发现在 50~80 ℃真空加热浓缩梨汁时,浓缩梨汁的酚类物质含量随浓缩温度升高而升高。因此,在浓缩过程中,合适的浓缩温度有利于保留果汁的

营养成分。

香气成分的种类与含量是评价果汁质量的重要指标,主要包含醇类、酯类、醛酮类等挥发性物质。原料品种和浓缩工艺是影响浓缩果汁香气成分的主要因素,如齐晓茹等^[29]对比了 4 种浓缩果汁的香气成分,发现普通红枣浓缩汁香气成分种类最多(53 种),其次为山楂浓缩汁(51 种)、葡萄浓缩汁(29 种),脱色脱酸红枣浓缩汁的香气成分种类最少(23 种);秦贯丰等^[30]测定了苹果原果汁、真空蒸发浓缩苹果汁、冷冻浓缩苹果汁的香气含量,分别为 271,337,804 μg/kg。因此,选择合适的浓缩技术更有利于香气成分保留。

1.3 流变特性

流变性和黏度研究有助于工厂在生产过程中对浓缩设备的选择和生产工艺的确定^[31]。温度和可溶性固形物含量是影响浓缩果汁流变学特性的主要因素,如宋洪波等^[32]研究发现在 20 ℃时 66 °Brix 的柚子浓缩汁为非塑性流体,8 °Brix 的柚子汁为牛顿流体;路福绥等^[33]研究了浓缩梨汁的流变学特性,发现在 20~80 ℃时 71 °Brix 的浓缩梨汁为牛顿流体,其黏度在 20~70 ℃时随温度升高而降低,70 ℃以后黏度略有回升;包海蓉等^[34]研究了浓缩葡萄汁的流变学特性,发现 55~66 °Brix 的浓缩葡萄汁为牛顿液体,黏性随温度升高而降低,随可溶性固形物含量升高而升高。因浓缩设备限制,若浓缩为黏度较小的果汁,在浓缩技术的选择上不太受限制,若浓缩为黏度较大的果汁则适合选择热浓缩。

2 浓缩技术

目前,果汁浓缩技术主要有热浓缩、冷冻浓缩、膜浓缩等。理论上,当浓缩果汁添加了被去除的水分后,可以完全恢复成原汁,但实际上,果汁利用不同浓缩技术浓缩后,色泽、营养成分与风味会受到不同程度影响。

2.1 热浓缩

热浓缩包括常压加热浓缩和真空加热浓缩,具有操作简单易控制、设备成本低、浓缩比高、浓缩效率高的优势,是家庭浓缩果汁、实验室或工厂浓缩果汁常用技术。目前,有研究对比了两种技术对果汁品质的影响。如:徐红雨等^[35]对比常压加热和真空加热浓缩枸杞汁,发现常压加热浓缩组的总类胡萝卜素含量、多酚含量和黄酮含量分别为原汁的 7.70,3.81,3.03 倍,均显著高于真空加热浓缩组,但真空加热浓缩组的色度更优;Dhumal 等^[36]对比常压加热浓缩法和真空加热浓缩法对浓缩石榴汁的影响,发现真空加热浓缩石榴汁的多酚含量(8 339.2 μg/g)、花青素含量(3 219.7 μg/g)和抗氧化活性(76.41%)均高于常压加热浓缩组,而且真空加热浓缩法的色度更优。因此,不同品种果汁选择合适的浓缩技术更有利于营养成分保留。此外,Ali 等^[37]研究了真空加热浓缩对葡萄汁抗氧化能力的影响,发现浓缩葡萄汁较原汁 DPPH 自由基清除率下降了 14.2%,ABTS 自由基清除率下降了 17.0%,酚

类物质含量下降了14.8%；郑宇等^[38]研究发现，真空加热浓缩苹果汁后，苹果汁的醇类、酯类和醛类相对浓度分别下降了99.94%，85.83%，94.34%；杜玉雪^[39]研究发现，真空加热浓缩梨汁时，除辛酸乙酯和反-2-顺-4-癸二烯酸乙酯两种物质不具有热敏性和时敏性，大多数芳香成分含量呈下降趋势且趋势较为明显。因此，果汁经热浓缩易造成功效降低和香气逸散。此外，常压加热浓缩易产生异味，导致果汁品质下降。如常压热浓缩西瓜汁后，其香气成分显著减少，且产生了“鱼腥味”和“蘑菇味”^[40]；库尔勒香梨汁随热处理时间的延长，蒸煮味与异味属性呈增强趋势^[41]。但在浓缩效率方面，常压加热浓缩技术更优，如浓缩同一批次石榴汁到65°Brix，常压加热浓缩用时37 min，真空加热浓缩则需107 min^[42]。

为提高热浓缩果汁的品质，王楠等^[42]研究发现纳他霉素能防止浓缩苹果汁污染酵母菌，可作为浓缩苹果汁保鲜的有效防腐剂；扈钦淋等^[3]研究发现，真空加热浓缩梨汁时，添加1‰维生素C、0.2‰亚硫酸氢钠、0.1‰柠檬酸作为护色剂防止褐变的效果最好，选择泵速80 mL/min，出口温度90℃，加热时间15 s，澄清效果最好；李勇等^[43]研究发现，真空加热浓缩砀山酥梨汁时，在梨破碎后经微波预热40 s后果汁澄清效果提高，最好的澄清条件是在50℃加入0.02%的果汁酶澄清12 h，浓缩后维生素C损失率可降至14.36%；赵尔民等^[44]研究发现，真空加热浓缩枇杷汁时，选择75℃为浓缩温度，枇杷浓缩汁的透光率较高和浊度较低、感官评分最高。

2.2 冷冻浓缩

冷冻浓缩技术有利于保护果汁色泽，提高营养成分及风味保留率，常用于对品质要求高、投资大、浓缩比低的情况，尤其对荔枝汁、西瓜汁等热敏性原料友好^[45]。如冷冻浓缩苹果汁的香气含量是真空加热浓缩苹果汁的2.39倍^[30]；对比冷冻浓缩和真空加热浓缩将沙棘汁固形物含量浓缩至30%时，冷冻浓缩沙棘汁的异鼠李素、槲皮素、山奈酚、抗坏血酸和β-胡萝卜素的保留率均显著高于真空加热浓缩组^[46]。对比冷冻浓缩和热浓缩桑果汁，冷冻浓缩桑果汁的含氮物质无显著变化，花青素和维生素C含量的损失率低于10%，远小于热处理损失，可以最大程度保持果汁色泽、风味与营养成分^[47]。但冷冻浓缩存在系统复杂、操作要求高、成本高的问题^[48]。此外，果汁浓度越大冰晶形成的速度越慢且夹带的溶质越多，如当沙棘果汁的初始可溶性固形物含量从12.2°Brix升至13.4°Brix，相同冷冻时间内形成的冰晶质量从45.26 g减少到12.52 g，冰晶中的可溶性固形物含量从9.2°Brix增大到11.9°Brix；且冷冻温度越低冰晶夹带的溶质越多，如随着冷冻温度从-1℃到-19℃的变化，冰晶中夹带出的可溶性固形物含量从1.8°Brix增加到15.2°Brix^[49]。因此，冰冻浓缩在浓缩比较低的情况下才能保证低果汁损失率、高浓缩效果。

为提高冷冻浓缩果汁的品质，降低果汁损失率，蒋文鸿等^[50]对玫瑰香葡萄汁冷冻浓缩工艺进行了优化，发现在冷媒温度-15.0℃，果汁浓度15.4°Brix，冷冻时间93.6 min时，葡萄汁的感官更好，黄酮、总酚和维生素C的保留率分别可达到81.9%，78.2%，78.5%；丁中祥等^[51]研究发现悬浮结晶冷冻浓缩比块结晶、渐进式层结晶更有利于冰晶与浓缩液苹果汁分离，当冰晶堆积床的渗透率为 $4 \times 10^{-8} \text{ m}^2$ ，渗透系数为0.16 m/s，滤布的过滤阻力为 $1.01 \times 10^8 \text{ m}^{-1}$ ，滤饼比阻为 $4.10 \times 10^4 \text{ m/kg}$ 时，相较于块结晶技术，其过滤阻力至少可降低一个数量级。

2.3 膜浓缩

膜浓缩技术是一种高新绿色节能技术，具有操作条件温和、过程无相变以及无需添加化学试剂等优点，主要有微滤、超滤、反渗透等，适用于高品质浓缩汁或热敏性原料的浓缩。郑宇等^[38]通过对比超滤和真空加热浓缩对苹果汁挥发性风味物质的影响，发现热浓缩后醇类和酯类相对浓度分别下降了99.94%和85.83%，而超滤后醇类、酯类化合物相对浓度分别下降了57.86%和41.76%，超滤的挥发性风味物质保留率显著高于热浓缩组；Milczarek等^[40]对比了正渗透浓缩和热浓缩对西瓜浓缩汁香气的影响，发现热浓缩导致香气成分减少，且产生了异味“鱼腥味”和“蘑菇味”，正渗透浓缩更好地保留了“西瓜香”，更有利于保持果汁风味。因此，膜浓缩在保留果汁风味方面具有优势。但膜浓缩存在膜孔易堵塞、膜表面黏性附层等膜污染问题^[52]，且因高渗透压的限制难以以一级方式将果汁浓缩到蒸发所能达到的浓度^[53]。此外，膜浓缩不利于有机酸的保留且易导致浓缩果汁出现苦涩味，如刘月华等^[54]利用反渗透浓缩葡萄汁时，发现多酚物质全部浓缩，总酸损失高达20%，但单宁过高导致了苦涩味，需增加除单宁步骤。从经济角度考虑，膜清洗和更换会导致成本增加^[55]。

为提高膜浓缩果汁的品质，解决膜污染问题，蔡铭等^[56]研究发现可溶性固形物含量为9.9°Brix的果汁在1 L/(m²·h)流速， $5 \times 10^6 \text{ Pa}$ 压力下纳滤浓缩效果较好，不仅保证了较低的膜污染程度，还提高了多酚物质保存率；吴思邈等^[57]研究了正渗透技术浓缩苹果汁过程中的反向溶质扩散现象，发现柠檬酸钠提取液可有效控制反向溶质扩散，更适用于果汁浓缩。

3 以浓缩果汁为原料发酵果酒的研究现状

近年来，关于以浓缩果汁为原料发酵果酒的研究报道主要集中于工艺优化和菌种筛选等方面。

3.1 工艺优化

目前，以浓缩果汁为原料发酵果酒的工艺参照传统果酒制作流程。刘婧琳等^[58]以理化指标和感官质量为目标，对以浓缩苹果汁为原料发酵苹果酒的初始糖度、酸度、温度、酵母营养物、酵母接种量进行优化，确定初始条

件为:糖度 190 g/L、酸度 5 g/L、发酵温度 21 ℃、不添加酵母营养物、酵母接种量 0.1 g/L,发酵 7~9 d,得到了酒精含量为 9.0%、残糖为 4.4 g/L、酸度为 4.7 g/L,色度为 6.45 EBC,多酚含量为 138.4 mg/L 的干型苹果酒。

发酵果酒的浓缩果汁有两种:第一种是将原汁直接浓缩至发酵所需糖度的低糖型浓缩汁,如以浓缩桑果汁为原料发酵桑果酒,主要工艺流程为:将桑果榨汁后浓缩至可溶性固形物为 20 °Brix,添加 2% 的葡萄酒活性干酵母进行酒精发酵^[16]。第二种是将原汁浓缩至较高糖度,再稀释至发酵所需糖度的高糖型浓缩汁,如以浓缩苹果汁为原料发酵苹果酒,主要工艺流程为:将苹果汁浓缩至可溶性固形物为 72 °Brix 后,再稀释为 20%,然后接种酵母进行酒精发酵^[13]。虽然浓缩至较高糖度可以减小贮藏体积,但目前并无研究表明以稀释的高糖型浓缩汁为原料发酵的酒样品质要优于低糖型浓缩汁酒样,且考虑到节能和简化操作,更推荐浓缩果汁至发酵所需糖度。

因为浓缩果汁的果胶质含量更少^[12],发酵果酒过程中产生的沉淀主要是酵母菌引起的,所以浓缩果汁酿酒的澄清工艺更简单,通过过滤处理就能达到澄清的目的,不必进行下胶处理等复杂工序^[59]。

3.2 发酵菌种

发酵菌种是果酒香气的重要影响因素,选择合适的菌株发酵浓缩果汁更有利于提高果酒品质。近来的研究证实某些非酿酒酵母对酒的品质有积极的贡献,如艾方等^[60]从柑桔自然发酵汁中分离筛选出 2 株产香较好的酵母菌 89# 和 95#,其生长特性的测试结果表明耐酒精性能都较差,但可耐受较高的盐和糖浓度,适合用作浓缩果汁酿造或是低醇果酒的增香。付彩霞等^[59]研究了以浓缩柑橘汁为原料发酵果酒的菌株,发现葡糖醋杆菌仅在发酵中期利用部分糖,对糖的利用弱,对乙酸的利用彻底;鲁氏酵母对糖和乙酸利用较彻底,同时产乙醇能力最强;葡糖醋杆菌与鲁氏酵母混合间歇振荡模式发酵浓缩柑橘汁 96 h 的果酒品质最佳。王昕悦等^[61]对比了 2 种菌株发酵浓缩苹果汁的风味成分变化,发现植物乳杆菌 EM1L115 发酵使得浓缩苹果汁中羟基脯氨酸含量升高,其他氨基酸含量均降低,促进了苹果酸—乳酸发酵,使得果酒酸涩、粗糙等特点消失,但在香气上贡献不大;乳酸克鲁维酵母 EM1Y071 可消耗大部分苦味氨基酸,明显提高挥发性香气成分,降低糠醛含量,对苹果浓缩汁风味有明显改善。因此,针对原料品种选育专用酿酒酵母和混菌发酵浓缩果汁可以作为一个改善果酒风味寡淡的研究方向。

4 结语

以浓缩果汁为原料发酵果酒在降低贮藏和人工成本、简化工艺操作、降甲醇、提香、解决果酒风味寡淡和提高果酒品质方向具有广阔研究前景。但是,浓缩汁褐变、后浑浊、营养物质损失和芳香物质的逸散是浓缩过程中

无可避免的问题。为提升浓缩果汁品质,浓缩技术和发酵工艺的选择至关重要。热浓缩技术需要筛选最适浓缩温度,并做好护色和澄清处理;冷浓缩技术需要解决成本高、冰晶分离困难、浓缩比低的问题;膜浓缩需要解决处理量小、膜污染、效率低的问题;在发酵工艺上,优化发酵条件、选育专用酿酒酵母、酿酒酵母和非酿酒酵母混菌发酵可以作为主要研究方向。

参考文献

- [1] WANG B S, TAN F L, CHU R C, et al. The effect of non-Saccharomyces yeasts on biogenic amines in wine[J]. Trends in Food Science & Technology, 2021, 116: 1 029-1 040.
- [2] 尹延顺. 糖度对苹果酒风味物质中上头特征成分变化规律的影响[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2021: 10-12.
YIN Y S. The effect of sugar content on the change law of headache and delirium characteristic components in cider flavor compositions [D]. Jinan: Qilu University of technology, 2021: 10-12.
- [3] 扈钦淋, 叶师, 杨春, 等. 低醇梨酒发酵工艺优化[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(6): 70-75.
HU Q L, YE S, YANG C, et al. Optimization of Fermentation of low-alcohol pear wine[J]. Food Research and Development, 2021, 42 (6): 70-75.
- [4] HUANG J T, WANG Y Q, REN Y C, et al. Effect of inoculation method on the quality and nutritional characteristics of low-alcohol kiwi wine [J]. LWT-Food Science and Technology, 2022, 156: 113049.
- [5] 李广伟, 杨春晓, 于杰, 等. 蓝莓—酸樱桃复合果酒发酵工艺优化[J]. 中国酿造, 2021, 40(12): 211-216.
LI G W, YANG C X, YU J, et al. Optimization of fermentation technology of blueberry-sour cherry compound fruit wine [J]. Brewed in China, 2021, 40(12): 211-216.
- [6] 李少鹏, 夏婷, 张竹君, 等. 枸杞果酒发酵工艺优化及营养成分分析[J]. 中国酿造, 2021, 40(7): 94-100.
LI S P, XIA T, ZHANG Z J, et al. Optimization of fermentation process and analysis of nutritional and functional ingredients of wolfberry fruit wine[J]. China Brewing, 2021, 40(7): 94-100.
- [7] ZHU Z J, HU K, CHEN S Y, et al. Increase in fruity ester production during spine grape wine fermentation by goal-directed amino acid supplementation[J]. Fermentation, 2021, 7(4): 2 272-2 284.
- [8] 张晓晴, 吕真真, 刘慧, 等. 不同品种桃果酒品质特性与酿酒适宜性评价[J]. 果树学报, 2021, 38(8): 1 368-1 380.
ZHANG X J, LU Z Z, LIU H, et al. Characteristics of peach wines made from different cultivars and evaluation on their suitability for wine brewing[J]. Journal of Fruit Science, 2021, 38(8): 1 368-1 380.
- [9] 夏娜, 张双霞, 张莉, 等. 香梨酒中甲醇产生的原因及控制方法研究[J]. 中国食物与营养, 2011, 17(9): 59-62.
XIA N, ZHANG S X, ZHANG L, et al. Research on methanol causing and controlling in fragrant pear wine[J]. Food and Nutrition in China, 2011, 17(9): 59-62.
- [10] 袁婧威, 张波, 杨爽, 等. 市售葡萄酒、果酒甲醇含量风险监测

- 结果分析[J]. 中国食品, 2021(8): 94-95.
- YUAN J W, ZHANG B, YANG S, et al. Analysis on risk monitoring results of methanol content in commercial wine and fruit wine[J]. China Food, 2021(8): 94-95.
- [11] 何靖柳, 张秋霞, 刘杨, 等. 浓缩果汁浓缩方法的研究现状及展望[J]. 南方农机, 2021, 52(24): 20-22.
- HE J L, ZHANG Q X, LIU Y, et al. Research status and prospect of concentrated fruit juice concentration methods [J]. Nanfang Nongji, 2021, 52(24): 20-22.
- [12] 张铁楼, 牛小明, 刘凤珠, 等. 原料对梨酒品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(10): 139-144.
- ZHANG T L, NIU X M, LIU F Z, et al. Effect of raw materials on perry quality[J]. Food Research and Development, 2017, 38(10): 139-144.
- [13] 冯卫华, 许克勇, 叶孟韬, 等. 浓缩苹果汁酿酒研究[J]. 河南职业技术学院学报, 2000(2): 34-35, 44.
- FENG W H, XU K Y, YE M T, et al. The practice of wine making from cider concentrate [J]. Journal of Henan Vocational and Technical College, 2000(2): 34-35, 44.
- [14] 周劝娥, 王晓宇, 田呈瑞, 等. 鲜榨苹果汁与浓缩苹果汁酿酒特性的比较[J]. 食品工业科技, 2011, 32(10): 225-227.
- ZHOU Q E, WANG X Y, TIAN C R, et al. Comparison of enological characteristics between fresh apple juice and juice concentrate[J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(10): 225-227.
- [15] 李凤美, 郭意如. 果汁冷冻浓缩技术对果酒品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2009, 9(1): 44-46.
- LI F M, GUO Y R. Effects of freeze concentration technology on qualities of fruit wines[J]. Storage and Process, 2009, 9(1): 44-46.
- [16] 梁贵秋, 吴婧婧, 董桂清, 等. 冷冻浓缩技术对桑果酒发酵的影响[J]. 食品与发酵科技, 2015, 51(4): 53-56.
- LIANG G Q, WU J J, DONG G Q, et al. Impact of freeze-concentration technology on the mulberry wine fermentation[J]. Food and Fermentation Sciences & Technology, 2015, 51(4): 53-56.
- [17] 马寅斐, 赵岩, 初乐, 等. 果蔬汁浓缩新技术研究概述[J]. 农产品加工, 2015(22): 58-60, 63.
- MA Y F, ZHAO Y, CHU L, et al. Research on new concentration technologies for fruit and vegetable juices[J]. Roducts Processing, 2015(22): 58-60, 63.
- [18] 郭梦霖, 杨阳, 胡嘉森, 等. 西番莲果汁褐变抑制剂的选取及优化[J]. 福建轻纺, 2021(9): 2-5.
- GUO M L, YANG Y, HU J M, et al. Selection and optimization of browning inhibitors for passion fruit juice[J]. The Light & Textile Industries of Fujian, 2021(9): 2-5.
- [19] LI Z, YUAN Y H, YAO Y X, et al. Formation of 5-hydroxymethylfurfural in industrial-scale apple juice concentrate processing[J]. Food Control, 2019, 102: 56-58.
- [20] 陈敏. 梨浓缩清汁生产工艺的研究[J]. 食品工程, 2008(3): 35-38, 50.
- CHEN M. Research on the production technology of clarified pear juice concentrates[J]. Food Engineering, 2008(3): 35-38, 50.
- [21] 杨福臣, 王然, 王凤舞, 等. 六种梨浓缩汁贮藏期间色泽稳定性相关指标研究[J]. 食品科学, 2009, 30(12): 281-284.
- YANG F C, WANG R, WANG F W, et al. Color stability of juice concentrates of 6 pear species during storage at 4 °C [J]. Food Science, 2009, 30(12): 281-284.
- [22] HOJJAT B, MIR K P, MOHAMMAD A, et al. Investigation of non-enzymatic browning characteristics of sardasht black grape juice concentrate using response surface methodology [J]. Food Science and Technology, 2020, 16(97): 127-136.
- [23] 张秋霞, 何丹, 刘杨, 等. 雪花梨浓缩果汁的加工现状及展望[J]. 现代食品, 2021(21): 22-25.
- ZHANG Q X, HE D, LIU Y, et al. Current status and prospect of processing of snow juice in pear [J]. Modern Food, 2021(21): 22-25.
- [24] ABDULRAHMAN A B M, MHAMAD H J, TALB S S, et al. Physicochemical properties and phenolic contents of fresh and concentrated juice of four pomegranate cultivars in Iraq [J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 910(1): 012093.
- [25] 孔祥虹, 付兴隆, 张磊, 等. 浓缩果汁中 20 种氨基酸的超高效液相色谱—串联质谱法同时测定[J]. 分析测试学报, 2010, 29(4): 347-352.
- KONG X H, FU X L, ZHANG L, et al. Simultaneous determination of 20 amino acids in concentrated juices using ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric method[J]. Journal of Instrumental Analysis, 2010, 29(4): 347-352.
- [26] 孔祥虹, 付兴隆, 姚秉华, 等. 固相萃取—反相高效液相色谱法同时测定浓缩果汁中的 11 种有机酸[J]. 食品科技, 2010, 35(7): 291-295.
- KONG X H, FU X L, YAO B H, et al. Simultaneous determination of 11 organic acids in concentrated juices using SPE-reverse-phase high performance liquid chromatography [J]. Food Science and Technology, 2010, 35(7): 291-295.
- [27] 李靖靖, 李红梅. 温度对浓缩加工苹果汁过程中抗氧化成分的影响[J]. 农产品加工, 2018(14): 42-44.
- LI J J, LI H M. Effect of temperature on antioxidant content in the process of concentrated processing of apple juice [J]. Roducts Processing, 2018(14): 42-44.
- [28] 陈树俊, 赵辛, 康俊杰, 等. 不同梨品种品质评价及温度对梨浓缩汁指标影响研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(17): 326-329.
- CHEN S J, ZHAO X, KANG J J, et al. Evaluation of the quality of different varieties of pears and effect of temperature on pear concentrated juice[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(17): 326-329.
- [29] 齐晓茹, 严超, 宋春华, 等. 4 种水果浓缩汁酚类物质及香气成分分析[J]. 食品科技, 2018, 43(2): 279-285.
- QI X R, YAN C, SONG C H, et al. Analysis on phenolic compounds and aroma components in four kinds of fruit concentrated juice[J]. Food Science and Technology, 2018, 43(2): 279-285.

- [30] 秦贯丰, 丁中祥, 原姣姣, 等. 苹果汁冷冻浓缩与真空蒸发浓缩效果的对比[J]. 食品科学, 2020, 41(7): 102-109.
QIN G F, DING Z X, YUAN J J, et al. Comparative experimental study on freeze concentration and vacuum evaporation concentration of apple juice[J]. Food Science, 2020, 41(7): 102-109.
- [31] 周启萍, 张兆云, 袁翔, 等. 啤特果果汁流变学特性研究[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(8): 76-81.
ZHOU Q P, ZHANG Z Y, YUAN X, et al. Study on rheological properties of Piteguo fruit juice [J]. Food and Fermentation Industries, 2021, 47(8): 76-81.
- [32] 宋洪波, 杜吉涛, 安凤平, 等. 柚子浓缩汁及清汁的流变学特性[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2007(4): 422-426.
SONG H B, DU J T, AN F P, et al. Rheological characteristics of concentrated and clarified pomelo juice [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Natural Science Edition), 2007(4): 422-426.
- [33] 路福绥, 黄雪松, 王汉忠. 浓缩梨汁的流变特性研究[J]. 山东农业大学学报, 1996(1): 44-48.
LU F S, HUANG X S, WANG H Z. Rheological property of the concentrated pear juice [J]. Journal of Shandong Agricultural University, 1996(1): 44-48.
- [34] 包海蓉, 陈必文, 邬瀛洲. 浓缩葡萄汁流变特性研究[J]. 食品科学, 2004(10): 70-72.
BAO H R, CHEN B W, WU Y Z. Study on rheological properties of concentrated grape juice[J]. Food Science, 2004(10): 70-72.
- [35] 徐红雨, 鞠葛金悦, 肖更生, 等. 浓缩方式对枸杞汁品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(24): 50-58.
XU H Y, JUGE J Y, XIAO G S, et al. Effect of concentration methods on the quality of *Lycium barbarum* L. juice [J]. Food Research and Development, 2021, 42(24): 50-58.
- [36] DHUMAL S S, KARALE A R, MORE T A, et al. Preparation of pomegranate juice concentrate by various heating methods and appraisal of its physicochemical characteristics [J]. Acta Horticulturae, 2015, 1089: 473-484.
- [37] ALI G, OZLEM T, NEVZAT A. Alterations on phenolic compounds and antioxidant activity during sour grape juice concentrate processing[J]. Ciência & Tecnologia, 2018, 33(2): 136-144.
- [38] 郑宇, 刘畅, 李林洁, 等. 浓缩苹果汁加工过程挥发性风味物质变化规律[J]. 食品与发酵工业, 2015, 41(11): 121-128.
ZHENG Y, LIU C, LI L J, et al. Analysis of the composition and variation of volatile flavor compounds in apple juice concentration [J]. Food and Fermentation Industries, 2015, 41(11): 121-128.
- [39] 杜玉雪. 蒸发浓缩过程中梨汁芳香物质损失研究[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊), 2014(1): 272-273.
DU Y X. Study on the loss of aromatic substances in pear juice during evaporation and concentration [J]. Management & Technology of SME (Mid-term issue), 2014(1): 272-273.
- [40] MILCZAREK R R, SEDEJ I. Aroma profiling of forward-osmosis watermelon juice concentrate and comparison to fresh fruit and thermal concentrate[J]. LWT-Food Science and Technology, 2021, 151(1/2): 112147.
- [41] 张芳, 詹萍, 周文杰, 等. GC-MS 结合 PCA 探究不同加工方式对香梨汁风味品质影响[J]. 现代食品科技, 2017, 33(12): 255-261.
ZHANG F, ZHAN P, ZHOU W J, et al. Effects of different processing methods on the flavor and quality of korla pear juice evaluated by GC-MS combined with PCA [J]. Modern Food Science & Technology, 2017, 33(12): 255-261.
- [42] 王楠, 臧汝瑛, 周宏霞. 浓缩苹果汁中微生物染菌的种类及防治研究[J]. 农产品加工, 2018(17): 49-52.
WANG N, ZANG R Y, ZHOU H X. Research on microbial contamination and precautionary measures in concentrated apple juice[J]. Products Processing, 2018(17): 49-52.
- [43] 李勇, 宋慧, 刘全德, 等. 砀山酥梨浓缩汁生产工艺的研究[J]. 食品科学, 2008(10): 334-336.
LI Y, SONG H, LIU Q D, et al. Study on the production technology of concentrated dangshan crisp pear juice [J]. Food Science, 2008(10): 334-336.
- [44] 赵尔民, 王学连, 张民. 浓缩枇杷清汁的加工工艺研究[J]. 农产品加工, 2020(22): 51-55, 59.
ZHAO E M, WANG X L, ZHANG M. Study on the processing technology of concentrated loquat juice [J]. Products Processing, 2020(22): 51-55, 59.
- [45] 孙卉卉, 马会勤, 陈尚武. 冰冻浓缩对低糖葡萄汁及葡萄酒品质的影响[J]. 食品科学, 2007(5): 86-89.
SUN H H, MA H Q, CHEN S W. Effect on qualities of lower sugar grape must and wine with freeze concentration technology [J]. Food Science, 2007(5): 86-89.
- [46] 张娟, 张存存, 谭志超, 等. 不同浓缩方法对沙棘汁中活性成分含量的影响[J]. 食品科技, 2021, 46(5): 70-75.
ZHANG J, ZHANG C C, TAN Z C, et al. Effects of different concentration methods on the content of active components in seabuckthorn juice [J]. Food Science and Technology, 2021, 46(5): 70-75.
- [47] 张炫, 梁鹏, 刘子放, 等. 冷冻浓缩处理对桑果汁品质的影响[J]. 食品科技, 2018, 43(5): 106-110.
ZHANG X, LIANG P, LIU Z F, et al. Effect of freeze-concentration processing on the quality of mulberry juice [J]. Food Science and Technology, 2018, 43(5): 106-110.
- [48] 陈晓维, 余元善, 邹波, 等. 浓缩技术在茶叶中的应用及研究进展[J]. 中国果菜, 2022, 42(2): 60-64.
CHEN X W, YU Y S, ZOU B, et al. Application and research progress of concentration technology in tea [J]. China Fruit & Vegetable, 2022, 42(2): 60-64.
- [49] 米兰, 冯奥博, 盛文军, 等. 沙棘原浆冷冻浓缩工艺的响应面优化[J]. 食品工业科技, 2018, 39(1): 143-148, 155.
MI L, FENG A B, SHENG W J, et al. Optimization of seabuckthorn juice freeze concentration process [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(1): 143-148, 155.
- [50] 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 W H, YU J C, LIU S W, et al. Optimization and quality research of response surface technology for frozen concentration of rose grape juice[J]. Food Research and Development, 2020, 41(19): 123-131.
- [51] 丁中祥, 秦贯丰, 彭可文, 等. 悬浮结晶冷冻浓缩苹果汁的全床离心过滤[J]. 食品与机械, 2021, 37(2): 104-110.
- DING Z X, QIN G F, PENG K W, et al. Study on full-bed centrifugal filtration used for suspension freeze concentrations of apple juice[J]. Food & Machinery, 2021, 37(2): 104-110.
- [52] 罗世龙, 张中, 韩坤坤, 等. 膜分离技术在食品工业中的应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(6): 43-45.
- LUO S L, ZHANG Z, HAN K K, et al. Research progress on the application of membrane separation technology in food industry[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2021, 49(6): 43-45.
- [53] 苏学素, 焦必宁. 膜分离技术在果汁浓缩中应用的研究进展[J]. 核农学报, 2008(5): 679-685.
- SU X S, JIAO B N. Recent advances on membrane separation technology for the concentrating fruit juices[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2008(5): 679-685.
- [54] 刘月华, 施云芬. 反渗透膜在葡萄酒酿造中的应用[J]. 酿酒, 2005(5): 99-100.
- LIU Y H, SHI Y F. Application of reverse osmosis membrane in wine brewing[J]. Liquor Making, 2005(5): 99-100.
- [55] 李正, 祁佩时, 陈兆波, 等. 移动载体膜生物反应器膜污染控制研究[J]. 中国矿业大学学报, 2008(6): 814-818.
- LI Z, QI P S, CHEN Z B, et al. Membrane fouling control in the moving carriers hybrid membrane bioreactor[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2008(6): 814-818.
- [56] 蔡铭, 吕雨晴, 侯文忠, 等. 苹果汁纳滤过程的膜污染机制及多酚截留特性[J]. 中国食品学报, 2018, 18(1): 104-112.
- CAI M, LU Y Q, HOU W Z, et al. Fouling mechanisms during nanofiltration of apple juice and rejection properties of polyphenols[J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(1): 104-112.
- [57] 吴思邈, 陈建明, 王爱廉, 等. 正渗透技术浓缩苹果汁过程中反向溶质扩散的研究[J]. 食品工业科技, 2021, 42(24): 172-180.
- WU S M, CHEN J M, WANG A L, et al. Study of reverse solute flux in apple juice concentration by forward osmosis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(24): 172-180.
- [58] 刘婧琳, 郭玉蓉. 浓缩苹果汁酿造干型苹果酒的工艺优化[J]. 陕西农业科学, 2016, 62(7): 33-37.
- LIU J L, GUO Y R. Optimization of technology for brewing dry cider from concentrated apple juice [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2016, 62(7): 33-37.
- [59] 付彩霞, 余红波, 邹涛, 等. 基于柑橘浓缩汁的醋杆菌与酵母发酵特征[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(18): 177-183.
- FU C X, YU H B, ZOU T, et al. Research on the fermentation characteristics of gluconacetobacte and zygosaccharomyces rouxii in citrus juice concentrate[J]. Food Research and Development, 2018, 39(18): 177-183.
- [60] 艾方, 胡慧磊, 彭丽桃. 发酵柑桔汁中产香酵母的筛选及生长特性研究[J]. 中国酿造, 2010(4): 67-70.
- AI F, HU H L, PENG L D. Screening and growth characteristics of aroma-producing yeast in citrus juice[J]. China Brewing, 2010(4): 67-70.
- [61] 王昕悦, 曹少军, 赵华杰, 等. 不同菌种发酵苹果浓缩汁的风味成分变化分析[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(4): 238-243.
- WANG X Y, CAO S J, ZHAO H J, et al. Analysis of flavor components of concentrated apple juice fermented by different strains[J]. Food and Fermentation Industries, 2017, 43(4): 238-243.
- (上接第 155 页)
- [5] 朱春胜, 林志健, 张冰, 等. 菊苣化学成分的 LC-MS/MS 定性分析与 HPLC 含量测定[J]. 北京中医药大学学报, 2016, 39(3): 247-251.
- ZHU C S, LIN Z J, ZHANG B, et al. Qualitative and quantitative analysis of chicory root by LC/MS and HPLC[J]. Journal of Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 2016, 39(3): 247-251.
- [6] 周静媛, 徐世涛, 姚响, 等. 不同产地菊苣浸膏挥发性成分对比分析及其在卷烟中的应用[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(5): 103-106.
- ZHOU J Y, XU S T, YAO X, et al. The volatile constituents analysis and comparison of chicory concrete from three habitats and its application in cigarettes[J]. Hubei Agricultural Sciences, 2018, 57(5): 103-106.
- [7] 张凤梅, 刘哲, 司晓喜, 等. 玫瑰精油香味成分分析及在卷烟加香中的应用[J]. 烟草科技, 2020, 53(5): 47-56.
- ZHANG F M, LIU Z, SI X X, et al. Aroma component analysis on cigarette mainstream smoke flavored with rose essential oil [J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(5): 47-56.
- [8] 陈芝飞, 蔡莉莉, 郝辉, 等. 香气活力值在食品关键香气成分表征中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2018, 39(19): 329-335.
- CHEN Z F, CAI L L, HAO H, et al. Progress in the application of odor activity values in the characterization of key aroma components in foods[J]. Food Science, 2018, 39(19): 329-335.
- [9] 张强, 辛秀兰, 杨富民, 等. 主成分分析法评价红树莓果醋的相对气味活度值[J]. 现代食品科技, 2015, 31(11): 332-338.
- ZHANG Q, XIN X L, YANG F M, et al. Evaluation of the relative odor activity value in red raspberry fruit vinegar by principal component analysis[J]. Modern Food Science and Technology, 2015, 31(11): 332-338.
- [10] 高薇, 张兰威. 西藏开菲尔发酵乳中挥发性风味物质分析[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(3): 183-188.
- GAO W, ZHANG L W. Analysis of volatile flavor compounds in tibetan kefir milks[J]. Food Research and Development, 2020, 41(3): 183-188.
- [11] 范海默特. 化合物嗅觉阈值汇编[M]. 李智宇, 王凯, 冒德寿, 等. 译. 2版. 北京: 科学出版社, 2018: 1-536.
- VAN GEMERTL J. Compilations of odour threshold values in air, water and other media[M]. LI Z Y, WANG K, MAO D S, et al. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2018: 1-536.