

青梅饮品研究进展

洪佳敏, 吴水金, 林宝妹, 吴妙鸿, 张 帅, 李海明*

(福建省农业科学院亚热带农业研究所, 漳州 363005)

摘 要: 青梅是一种药食两用水果, 不仅基本营养丰富, 而且富含多种活性物质, 具有较好的保健功能, 市场前景十分广阔。青梅主要分布在我国亚热带地区, 包括浙江、江苏、福建、广东 4 个产区, 种植面积和产量也逐年扩大和增长。青梅作为中国特色果品之一, 因酸量很高, 含糖较低, 且存在涩味等因素, 少鲜食, 主要用于食品加工, 其加工产品已成为科研开发和市场消费的热点, 其中青梅饮品就是主要的热点产品。本文主要综述了青梅饮品现状, 包括青梅汁饮品、青梅复合饮品、青梅发酵饮品、青梅固体饮品及其他饮品等, 归纳了取汁、澄清、降酸、脱苦、发酵、杀菌等青梅饮品加工关键技术, 旨在为青梅饮品的开发和利用提供科学依据, 为今后深入研究与广泛应用提供参考。

关键词: 青梅; 饮品; 加工技术

Research progress of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. beverage

HONG Jia-Min, WU Shui-Jin, LIN Bao-Mei, WU Miao-Hong, ZHANG Shuai, LI Hai-Ming*

(Subtropical Agricultural Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou 363005, China)

ABSTRACT: It is a dual-purpose fruit for medicine and food of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. It is rich in nutrition and active substances. It has good health care function and broad prospect. It is mainly distributed in subtropical regions, mainly including Zhejiang, Jiangsu, Fujian and Guangdong in China. The planting area and yield are also expanding and increasing year by year. It is one of the fruits with Chinese characteristics in *Prunus mume* Sieb. et Zucc.. Because of its high acid content, low sugar content and astringent taste in *Prunus mume* Sieb. et Zucc., it is mainly used in food processing. Its processed products are becoming the focus of scientific research and development of market consumption. *Prunus mume* Sieb. et Zucc. beverage is the main processing product. This paper mainly summarized the current situation of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. beverage processing products, it was mainly including *Prunus mume* Sieb. et Zucc. juice, *Prunus mume* Sieb. et Zucc. compound beverage, *Prunus mume* Sieb. et Zucc. fermented beverage, *Prunus mume* Sieb. et Zucc. solid beverage and other beverage, and summarized the research progress of *Prunus mume* Sieb. et Zucc. processing technology, including juicing, clarification, acid reduction debittering, fermentation and sterilization. The aim of this article provided scientific basis in the development and utilization, a theoretical reference in-depth research and wide application for *Prunus mume* Sieb. et Zucc. beverage in the future.

KEY WORDS: *Prunus mume* Sieb. et Zucc.; beverage; process technology

基金项目: 福建省科技计划项目公益类科研院所专项(2019R1030-3)

Fund: Supported by the Special Project for Public Welfare for Research Institute in Fujian (2019R1030-3)

*通信作者: 李海明, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为植物保护与加工研究。E-mail: lhm2208564@163.com

*Corresponding author: LI Hai-Ming, Master, Associate Professor, Subtropical Agricultural Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Zhangzhou 363005, China. E-mail: lhm2208564@163.com

0 引言

青梅(*Prunus mume* Sieb. et Zucc.)又称果梅、酸梅,为蔷薇科(*Rosaceae*)李属(*Prunus*)植物,是我国亚热带地区的特产果树。中国栽培青梅历史悠久,品种资源丰富,全国分布范围较广,主要以浙江、江苏、福建、广东等为主,种植面积和产量也逐年扩大和增长。福建省诏安县种植青梅始于明代,是目前中国最大的青梅生产区,主要种植青竹梅、白粉梅、红梅、水梅等多个品种,被称为“中国青梅之乡”。

青梅含有丰富的营养成分,87.85%~88.84%水分、0.71%~0.93%蛋白质、11.16%~12.15%固形物、1.18%~1.48%还原糖、0.85%~0.93%灰分、1.87%~2.33%粗纤维、0.80~2.66 mg/100 g VC [维生素 C (vitamin C, VC)]、5.01~14.34 mg/g 总酚、1.40~9.56 mg/g 黄酮、40.67~66.96 g/kg 有机酸等活性物质,以及110种主要挥发性化合物^[1-2],具有多种保健功效,如抗氧化、抗菌、预防心血管疾病等^[3-4]。

青梅虽然营养丰富,但其具有较强的季节性、区域性、成熟时间的集中性,主要集中在4~6月份,由于采摘后常温下不耐运输和贮藏、容易腐烂等,再加上青梅低糖高酸,因此,青梅采摘后,除小部分鲜食,大部分用于食品加工,其中青梅饮品就是主要的加工产品。随着时代的发展,健康意识的增强,生活节奏的加快,饮品因其口感良好、营养丰富、食用便捷、绿色安全等优点越来越受到人们的关注与青睐。本文综述了青梅饮品现状,归纳了青梅饮品加工关键技术,旨在为青梅的加工提供理论参考和技术支撑。

1 青梅饮品研究现状

1.1 青梅汁饮品

青梅鲜果又酸又涩,不宜鲜食,采收时期短而集中且正逢高温多雨季节,采后不易贮藏。青梅制成汁液是一种较好保存原有营养成分及贮藏的加工方法。郑秀丽^[5]研究发现无添加任何酸味剂的青梅汁饮料口感较佳配方为:青梅原汁添加量为25%、白砂糖添加量为8%,采用果胶、黄原胶和羧甲基纤维素钠(sodium carboxyl methyl cellulose, CMC-Na)作为青梅汁饮料的复配稳定剂,添加量分别为0.10%、0.12%和0.08%,可以达到很好的稳定效果,且青梅汁饮料的口感佳。

1.2 青梅复合饮品

青梅复合饮品是指青梅和其他一种或多种水果、蔬菜等其他材料按比例混合调制而成的饮品,其制作工艺比发酵饮品简单。青梅复合饮品品种繁多、口味丰富、营养健康,颇受消费者喜爱。

1.2.1 青梅与水果复合饮品

红枣是一种药食同源的果品,有“天然维生素丸”的美誉,含有多糖、多酚等活性成分,具有很高的药用价值^[6]。张瑞等^[7]研究了青梅复合果汁的最佳配方为:青梅:红枣:杏:葡萄:沙枣为10:4:5:3:3 (*m:m:m:m:m*),最佳口感风味配方为0.23%柠檬酸、10%蔗糖、0.3%复合稳定剂,所得产品为营养、保健型饮料,风味独特、酸甜可口。

1.2.2 青梅与蔬菜复合饮品

蔬菜中富含多种矿物质、维生素、膳食纤维等营养物质及多酚、类胡萝卜素等活性成分,其制作的复合果蔬汁饮品可较好保留果蔬中的营养成分,同时降低了果汁的糖分,增加了饮品的膳食纤维含量,是一种不可或缺的产品^[8-9]。陈铭中等^[10]以青梅、大蒜、生姜、胡萝卜、西红柿为主要原料,添加适量辅料,进行大蒜的除臭方法探究、配方优化,研制了大蒜青梅复合饮料,并根据花青素含量对其进行营养价值评价。发现大蒜用1.5%~2%的醋酸溶液煮沸15~20 min,蒜与醋酸溶液比为1:2 (g:mL)时除臭效果最佳。

1.2.3 青梅与玫瑰花复合饮品

玫瑰花是蔷薇科植物玫瑰初开放的花或干燥花蕾,是一种良好的药食两用花卉,含有多酚、多糖、黄酮类化合物、花青素、花色苷等活性成分,具有抗氧化、抗菌、抗疲劳、提高免疫力等功效^[11]。代佳和等^[12]以食用玫瑰花、青梅为主要原料,辅以一定的红糖、蜂蜜和柠檬酸,开发营养可口的玫瑰花青梅汁复合饮料。研究发现最佳配方为:玫瑰花瓣和红糖的配比2:1 (*m:m*),经腌渍、陈化、萃取制备玫瑰糖液,玫瑰糖液与青梅汁的最佳物料比3:7 (*V:V*),蜂蜜添加量1.5%,柠檬酸添加量0.1%,得到玫瑰花青梅复合饮料呈淡紫红色、酸甜适中、伴有玫瑰的清香,可溶性固形物、蛋白质、VC含量分别为13.2%、9.34 mg/mL、438 μg/mL,是一款风味独特、营养的健康饮料。

1.2.4 青梅与其他复合饮品

除了与水果、蔬菜、玫瑰花等复合,青梅还有与红茶菌等复合。刘红等^[13]选用优质青梅和红茶为主要原料,研究确定青梅红茶菌复合饮料的最佳配比是:红茶菌发酵液添加量3%、青梅汁浓缩液添加量0.1%、白砂糖添加量12%、柠檬酸添加量0.15%,添加0.05%的CMC-Na作为稳定剂、0.02%的抗坏血酸作为抗氧化剂,同时可添加适量的食用香精,使该饮料风味更加突出完美。该饮料色泽为金黄色、清澈透明、无沉淀不分层、有浓郁的青梅风味、无异味、酸甜可口、清爽宜人。王文义等^[14]以青果、乌梅、橘皮、米、茶叶为主要原料,通过制备、调配、灌装、杀菌等工艺研究复方中药饮料,确定了饮料最佳配方为:青果提取液24%、乌梅提取液3%、橘皮提取液14%、米提取液8%、茶提取液10%、糖3%,稳定性研究中采用浓度为0.1%的CMC-Na、卡拉胶、海藻酸钠复合添加物,添加量为1%,高温灭菌条件为105℃条件下灭菌8 min。复方青梅饮料酸甜适

中、均匀一致,具有青果、乌梅、橘皮的天然风味。

1.3 青梅发酵型饮品

我国果蔬资源丰富、品种多、产量大,采用发酵技术开发发酵型饮品,不仅可改善风味和口感,提升功能成分的含量,增强保健作用,还可丰富饮品的品种,为消费者提供更多有益于身体健康的饮品。发酵产品功能显著,尤其在抗氧化、调节肠道菌群、抑菌方面有较明显的效果^[15]。

1.3.1 青梅发酵乳饮品

发酵乳饮品富含有益活性菌,是兼具营养健康与保健功能的理想饮品,备受大众喜欢。黄慧福等^[16]以大理青梅为原料,确定青梅酸奶最佳工艺及配方为:纯牛奶 500 g、青梅汁 15 g、酸奶发酵剂接种量 15 g、白砂糖用量 35 g、发酵温度为 43 °C、发酵时间为 6 h、冷藏 12 h 以上,以此条件制备的青梅酸奶,具有独特的青梅风味和较好的组织状态。

1.3.2 青梅果酒发酵饮品

果酒发酵饮品是以水果为原料,经发酵、调配等制得的饮料酒,不仅保留了发酵前各类水果中原有的各种营养成分,同时在发酵过程中还生成了多种新的功能性成分,同时果香浓郁、色泽鲜艳、口感优质、种类丰富,具有广阔的市场潜力^[17]。蒋桂芳等^[18]以青梅为原料,优化青梅果酒发酵最佳工艺条件为:酵母接种量为 0.3%、料液比为 66%、初始糖度为 20%、pH 为 4.0、发酵温度为 26 °C,在该条件下发酵 7 d,得到酒精度为 10.6%vol、色泽金黄、澄清透明、果香浓郁、口感清新、风格独特的青梅果酒。宋岑等^[19]以大米和水为主要原料,青梅为辅料,经特殊工艺酿造得到特性风味米曲黄酒。其最优工艺条件为:青梅量 15%、青梅果实完整程度为 0.5、发酵时间 10 d,所得的青梅风味的米曲黄酒口味细腻、果香酒香适宜、风味独特。

1.3.3 青梅果醋发酵饮品

被誉为“第四代饮料”的果醋是由水果或果品下脚料经酒精发酵、醋酸发酵酿造而成的液态调味品,其气味温和不刺激、酸甜适中、回味爽口,并以降脂减肥、抗氧化、抗菌、降血糖、抗疲劳等功效受到消费者青睐^[20]。杨颖等^[21]研究了青梅果醋的生产工艺,发现以八成成熟的青梅为原料,以 1250 U/mL 果胶酶处理果浆 1.5 h,可显著提高青梅出汁率;选择酿酒高活性干酵母进行耐酸性驯化,28 °C 酒精发酵 72 h;选择 *A. pasteurianus* QM17 为醋酸发酵菌种进行浅层表面发酵,30 °C 醋酸发酵 72 h,发酵液陈酿、过滤、杀菌得青梅果醋,

青梅果醋具有典型的梅香与醋香,特色风味突出。

1.3.4 青梅酵素

食用酵素主要以新鲜水果或蔬菜为原料进行发酵,通过酵母菌等微生物自身的新陈代谢活动而制得,在很大程度上保留了果蔬中的营养物质及活性成分,具有较好的抗氧化作用。姜峰等^[22]以新鲜青梅为原料,按 1:1 (*m:V*) 的比例加入适量白砂糖,放于已杀菌处理的密封罐中室温避光发酵,经自然发酵制得酵素。在发酵过程中,酵素中黄酮、总酚等重量浓度逐渐增加,并表现出良好的抗氧化能力。

1.4 青梅固体饮品

与液体饮品相比,固体饮料具有风味独特、速溶性好、携带方便、容易保存等特点。青梅固体饮料主要包括青梅泡腾片等。周倩等^[23]以青梅粉、碳酸氢钠、阿斯巴甜等作为原料,以酸碱湿法制粒获得青梅泡腾片。研究发现其最佳配方为青梅粉 40%、碳酸氢钠 48%、阿斯巴甜 1.4%,同时添加黏合剂聚乙烯吡咯烷酮(polyvinylpyrrolidone, PVP) 乙醇溶液 2.5%、润滑剂聚乙二醇(polyethylene glyco, PEG 6000) 2.5%。此配方制作的青梅泡腾片不易吸潮,外观不变形,崩解时限为 40 s,酸甜适中,崩解后无明显沉淀。

1.5 青梅其他饮品

李涛等^[24]研究不同酒精体积分数的青梅酒,发现 60% 的青梅酒总糖、还原糖的含量均最大,分别为 10.86 和 5.5 g/100 g (以葡萄糖计),其感官评分最高,为 83 分。

2 青梅饮品加工关键技术

2.1 青梅原料取汁技术

由于青梅含有丰富的果胶(2.62%)^[25],在果浆黏度大的情况下直接榨汁出汁率低,且不同取汁工艺对青梅果的营养成分会造成不同程度的损失。水浴提取法具有操作简单、效率高等优点,但成本高,易造成营养物质损失,是一种传统加工方法;超声波辅助提取法具有提取率高、提取时间短等优点;酶解法主要是通过进一步破坏和水解细胞壁物质,降低果肉组织黏度,加快组织溶出,具有出汁率高、提取速度快、较大程度保留果肉营养成分等优点。表 1 对比了 3 种青梅取汁工艺,发现复合酶解法出汁率最高,但酶解时间长,而超声波辅助提取法提取时间短,出汁率次之。建议结合超声辅助法和复合酶法,既可提高出汁率又缩短提取时间。

表 1 3 种取汁技术比较
Table 1 Comparison of 3 kinds of juicing technologies

方法	工艺	出汁率/%	参考文献
水浴提取法	料液比 1:4 (g:mL)、水浴温度 80 °C、水浴时间 60 min	52.4±0.53	
超声波辅助提取法	料液比 1:4 (g:mL)、超声波功率为 140 W、提取温度为 60 °C、提取时间为 20 min	53.2±0.35	[26]
复合酶解法	果胶酶添加量为 0.6%、纤维素酶添加量为 0.2%、酶解温度 40 °C、酶解时间 90 min	66.6±0.15	

2.2 澄清技术对青梅饮品的影响

青梅饮品含有果胶、有机酸、蛋白质和单宁等成分,在储存过程中容易成浊、产生沉淀等,破坏产品的稳定性,影响产品的外观和销售^[27]。因而饮品的澄清技术显得尤为重要。通过表2可以看出,青梅饮品的澄清技术主要有热处理、酶解、使用澄清剂、膜分离技术等。热处理、酶解、使用澄清剂可以提高饮品的澄清度,与其相比,膜分离处理可以更好地去除酒体中的悬浮微粒,极大降低浊度,达94.12%~99.02%,还能达到较好的除菌效果。

2.3 降酸技术对青梅饮品的影响

降酸处理可以提高青梅饮品的品质和口感。目前,降酸方法大部分采用如碳酸钙法、碳酸氢钾法、碳酸钾法、离子交换树脂法等化学方法。在4种化学方法中,离子交换树脂法降酸效果最好,但还是会影响饮品的色香味,甚至破坏饮品的稳定性^[33]。而生物降酸法是一种新型方法,主要是通过苹果酸-乳酸发酵(malolactic fermentation, MLF)来降酸,可以降低饮品的酸涩味和粗糙感,起到改善口感和风味的作用,提高品质,延长货架期^[34],详见表3。

表2 4种澄清技术比较
Table 2 Comparison of 4 kinds of clarification technologies

方法	饮品类型	工艺	效果	参考文献
热处理	青梅酒	将酿造好的青梅枸杞果酒,放入水浴锅中加热至75℃,保持30 min,然后自然冷却,静置30 d	没有添加枸杞的青梅酒对照的透光率由自然澄清条件下的86.72%提高到了90.16%,最大枸杞含量的酒体的透光率也从79.62%提高到了86.12%	[28]
酶解	青梅汁	果胶酶用量为0.07%,纤维素酶用量为0.08%,酶解时间为3.5 h,酶解温度为40℃	青梅汁的透光率为79.43%	[29]
澄清剂使用	青梅酒	皂土添加量0.08 g/100 mL、单宁酸添加量0.08 g/100 mL、果胶酶添加量0.08 g/100 mL、壳聚糖添加量0.06 g/100 mL	青梅酒的透光率为96.5%	[30]
	青梅酒	壳聚糖添加量15.5 g/L、澄清时间5 d、pH为4.3	青梅酒的透光率达到97.4%	[31]
膜分离技术	青梅酒	采用孔径0.2和0.5 μm的陶瓷膜(Al ₂ O ₃ 、过滤面积0.032 m ²)实验室级过滤系统对青梅酒进行微滤。进料流量为12 L/h,由流量调节阀控制。微滤温度为20℃,由温控系统调节控制	0.5 μm的陶瓷膜微滤后浊度为0.01±0.00 0.2 μm的陶瓷膜微滤后浊度为0.06±0.01	[32]

表3 5种降酸技术比较
Table 3 Comparison of 5 kinds of acid reduction technologies

方法	饮品类型	工艺	效果	参考文献
碳酸钙法 碳酸氢钾法 碳酸钾法	青梅酒	准确量取一定量的青梅酒[(18±1)%vol]分装于4个500 mL的锥形瓶中,然后分别加入0.3%的碳酸钙、0.2%的碳酸氢钾、0.3%的碳酸钾,摇匀后静置60 min	3种控酸技术对青梅酒总酸和挥发酸含量均有一定的降低作用,但碳酸钙法处理后的青梅酒香气淡薄、口感粗糙、不柔和,碳酸氢钾法和碳酸钾法处理后的青梅酒苦涩味较重	[35]
离子交换树脂法	青梅酒	树脂D630添加量3%,作用时间90 min,搅拌速率150 r/min	青梅酒中的总酸和挥发酸含量分别为4.06、0.98 g/L,较优化前分别降低了15.06%、4.85%	
生物降酸 (苹果酸-乳酸发酵)	青梅汁	酒酒球菌接种量为2.0×10 ⁸ CFU/mL,青梅汁的pH≥3.4时,MLF能正常进行 酒酒球菌接种量为2.6×10 ⁷ CFU/mL时,青梅汁的pH为3.6才能触发MLF	样品的酸度降低61.35%以上 样品的酸度降低了77.60%	[36]
	青梅汁	酒酒球菌接种量为2.3×10 ⁸ CFU/mL,在pH 3.6和4.0的青梅汁 pH为3.50时,植物乳杆菌LP-L134-1-P的接种量为10 ⁸ 、10 ⁹ 、10 ¹⁰ CFU/g,能引发MLF	添加1.0 g/100 g的葡萄糖的样品,与不添加葡萄糖的样品相比,其酸度分别降低了27.04%和34.63% 120 h发酵后,其样品酸度分别下降了0.57%、0.27%、0.10%	[37]

2.4 脱苦技术对青梅饮品的影响

苦味是一种独特的酒品风格,适量的苦味可以增加酒体的醇厚感,但较高的苦味强度会严重影响酒的质量^[38]。青梅中含有很多苦味物质,在饮品加工过程中,未经脱苦处理的饮品果香浓郁,但风味较差、苦涩味较重;而脱苦处理后,风味和口感均有所改善,更易于消费者接受。表 4 对比了 3 种脱苦技术,发现 3 种方法都有一定的脱苦效果,虽然保留了青梅饮品的风味和口感,但脱苦率不高,建议可同时使用几种方法,可能会得到更好的效果。

表 4 3 种脱苦技术比较

Table 4 Comparison of 3 kinds of debittering technologies

方法	工艺	脱除率/%	参考文献
苦杏仁 甙酶法	杏仁甙酶浓度 0.8 U/mL、温度 50 °C、pH 4.6	43.03	
β -CD 法	β -CD 添加量 1.2%、作用温度 40 °C、作用时间 60 min	37.08	[39]
树脂 吸附法	树脂添加量 3.0%、作用时间 60 min、作用温度 10 °C	30.17	

2.5 发酵技术对青梅饮品的影响

发酵是人类最古老的食物存储方法之一,其实质是利用微生物的生长繁殖和相互作用,同时产生丰富的营养成分和独特的风味物质^[40]。与其他加工工艺相比,发酵技术在食品加工中具有显著的优势。青梅饮品的发酵包括单菌发酵、混合菌发酵和其他发酵等。

2.5.1 单菌发酵

菌种是青梅发酵饮品酿制的关键因素。采用不同的菌种发酵,对于酒的口感、品质及保健效果有较大的影响。陈铭中等^[41]对比了酵母 RV171、果酒专用酵母 RW、帝伯仕酵母 EC118、RC121、D254 对青梅果酒的影响,研究发现,以帝伯仕酵母 D254 为发酵菌种,接种量为 1 g/L,当青梅汁初始糖度为 25%、发酵温度为 28 °C 时,发酵过程稳定,发酵 15 d 后,将原酒置于 20 °C 后发酵 30 d,即获得口感可口且具有青梅特有清香的青梅酒。王辉等^[42]从青梅发酵液中分离得到拜氏接合酵母 Y1,研究发现其最适生长温度为 30 °C,最适生长 pH 为 3.5;能耐受较低的 pH 和较高的糖浓度(40%)、较高的 SO₂ 浓度(600 mg/L),但耐酒精能力较差(3%)。与其他酵母相比,拜氏接合酵母 Y1 发酵的果酒放香快,具有水果香、淡淡的酒香、酯香和甜香,具有更好的产香效果。

2.5.2 混合菌发酵

与单一菌种发酵相比,多种菌种协同发酵可以使发酵饮品营养更加丰富,口感更加良好,香气更加协调,酚类、黄酮类化合物和膳食纤维含量更高,功效性成分更加

稳定,贮藏品质更好。目前,关于单一菌种发酵研究相对较多,而多菌种混合的研究较少,混合发酵菌剂逐渐受到研究人员的关注^[43]。赵玲燕^[44]研究复合酵母发酵制备青梅果酒工艺,最佳条件为:接种 J-1 酵母和 QF-9 酵母复配比为 1:1、总接种量为 5%、发酵温度为 26 °C、料水比为 1:2 ($m:V$)。复合酵母青梅果酒在总酸和挥发酸上分别降低了 5.3%、33.3%,其中苹果酸和柠檬酸总量降低了 3.67%,感官评分为 93 分,比原 BV 酵母青梅果酒提高了 11 分;BV 单菌株发酵酒检测出 39 种风味物质,而复合酵母发酵酒检测出 44 种风味物质,其中酯类和醇类比 BV 单菌株发酵酒分别提高了 5.53%、17.36%,酸类和其他类分别降低了 16.89%、54.43%。陈铭中等^[45]探讨 4 种不同酵母对青梅酒品质的影响,发现帝伯仕 RC212、D254 混合酵母更适用于发酵青梅酒。李艺勤等^[46]采用双菌株混合发酵工艺进行青梅果酒的发酵,发现其发酵工艺为:以白砂糖:葡萄糖=4:1 ($m:m$)为混合碳源,初始 pH 为 5,混合酵母(10 号酵母:16 号酵母=3:2, $V:V$),酵母接种量为 4%,发酵温度为 28 °C,发酵 7 d 后酒精度为 12.5%vol。与优化前相比,发酵周期缩短一半,青梅果香突出明显、酒体丰满、口感柔和,具有明显的果啤风味。

2.5.3 其他发酵

刘英杰等^[47]以青梅为对象,探讨在不同接种方式(单培接种、共培接种、不接种)下发酵青梅酒的品质差异,开发了基于 *Saccharomyces cerevisiae* 和 *Torulaspora delbrueckii* 共培养的多轮补料发酵方式。研究发现不同属的 2 株酵母及接种顺序会影响乙醇、代谢组分的含量,增高了醇类的比例,减少了酸类的比例,且显著减少了 4-乙基苯酚、4-乙基愈创木酚和乙基酚等特征组分的含量。第 2 轮共培养发酵的萜烯类比例略增,其花香和果香更浓郁。强化发酵显著改变了酒的微生物群落结构。

2.6 灭菌技术对青梅饮品的影响

灭菌工艺是饮品生产加工过程中十分重要的环节,也是确保饮品品质卫生和长期保存的必要条件。灭菌技术包括热灭菌和非热灭菌。表 5 对比了 6 种灭菌方式对青梅饮品的影响,发现热灭菌是饮品生产过程中最常用的灭菌方式。不同的加热方式、加热温度、加热时间都会对饮品的品质产生很大影响^[50]。目前的高温灭菌方式会导致饮品综合品质下降,口感香气新鲜度等均无法满足消费者需求。非热灭菌是采用非热的方式对食品进行灭菌处理,且过程中温度无剧烈变化,达到杀菌、除菌或抑菌的目的,从而保证产品品质并延长货架期,主要包括超高压灭菌、超声波灭菌、脉冲电场灭菌、紫外照射灭菌、高压二氧化碳灭菌等^[51]。通过表 5 对比,发现超高压灭菌是一种比较适合青梅饮品的非热灭菌方式。

表 5 6 种杀菌技术比较
Table 5 Comparison of 6 kinds of sterilization technologies

方法	饮品类型	工艺	效果	文献
高温短时杀菌	青梅原汁	121~125 °C处理 3~5 s	青梅原汁杀菌效果好, 菌落总数 ≤ 100 cfu/mL, 大肠菌群 ≤ 3 MPN/100 mL, 致病菌: 未检出	[48]
超高温瞬时灭菌	玫瑰花青梅汁复合饮料	灭菌温度 135 °C、灭菌时间 3~5 s	菌落总数: (38 \pm 12.3) cfu/mL, 大肠菌群: 未检出, 致病菌: 未检出	[12]
巴氏杀菌		80 °C、10 min	青梅汁的非酶褐变程度降低, 对总酚、总可溶性固形物(total soluble solid, TSS)和 pH 有显著性影响, 还原糖、5-HMF 和氨基态氮含量无显著差异, 杀菌率达 100%	
臭氧杀菌		(7.0 \pm 2) mg/m ³ 、45 min	对青梅汁中褐变度、 ΔE 、总酚、还原糖、氨基酸态氮、TSS、pH 和可挥发性风味均有显著影响, 杀菌效果一般, 杀菌率为 70%	
超声波杀菌	青梅汁	200 W、2 s 开始、2 s 关闭	对青梅汁中褐变度、 ΔE 、还原糖、5-羟甲基糠醛(5-hydroxymethylfurfural, 5-HMF)、TSS、pH 和可挥发性风味特征均有显著影响, 杀菌效果一般, 杀菌率为 80%	[49]
超高压杀菌		500 MPa、10 min	可使青梅汁的非酶褐变程度降低, 对 ΔE 、TSS 和 pH 有显著性影响, 但对可挥发性风味保留较好, 杀菌率也高达 90%	

3 结束语

随着社会的发展, 人们健康意识不断增强、消费不断升级, 食品加工已经从营养方面向功能性方面发展。作为一种药食两用果品, 青梅的研究与开发受到广泛关注。目前, 青梅饮品的加工技术还有待进一步提高, 切实需要加强现代高新技术的应用。未来青梅饮品在加工过程中, 以下 3 个方面还需研究者加强关注:

(1)目前生物降酸已逐渐成为降酸技术未来的发展趋势。生物降酸是利用微生物的生长代谢分解有机酸, 具有反应温和、食用安全性高等优点。探讨更多适合青梅饮品的降酸微生物, 研究其作用机制, 为青梅饮品的降酸研究提供新思路^[52]。

(2)借助现代化的微生物发酵技术的新型发酵如固定发酵技术等可以缩短发酵周期, 提高原料利用率, 改善饮品的品质等^[53]。

(3)超声波、超高压等非热力杀菌在较低温度下达到杀菌钝酶的效果, 因其绿色无残留、安全稳定等优势, 成为非热加工技术领域的研究热点之一, 尤其在杀菌领域也逐渐受到关注。但单独超声波或超高压处理对微生物的作用有限, 可通过栅栏技术改善这一情况, 即联合其他技术手段协同杀菌^[54]。

参考文献

- [1] 左绍远, 董莎莎. 大理地区青梅果营养成分分析[J]. 大理学院学报, 2010, 9(6): 13-15.
ZUO SY, DONG SS. Determination of nutritional components of the green plum fruits in dali [J]. J Dali Univ, 2010, 9(6): 13-15.
- [2] 姜翠翠, 叶新福, 林炎娟, 等. 福建省 4 个果梅主栽品种果实营养成分、香气成分分析与评价[J]. 食品科学, 2021, 42(10): 276-283.
JIANG CC, YE XF, LIN YJ, et al. Analysis and evaluation of fruit nutritional quality and aroma components of four main Japanese apricot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc.) cultivars in Fujian Province [J]. Food Sci, 2021, 42(10): 276-283.
- [3] 余洋洋, 徐玉娟, 余元善, 等. 青梅中有机酸的种类及营养健康效应研究进展[J]. 中国果菜, 2020, 40(12): 24-28.
YU YY, XU YJ, YU YS, et al. The active ingredient and nutrition health effect of organic acids in *Prunus mume* [J]. China Fruit Veget, 2020, 40(12): 24-28.
- [4] 余洋洋, 徐玉娟, 余元善, 等. 青梅的营养健康效应研究进展[J]. 现代农业科技, 2020, (23): 215-218.
YU YY, XU YJ, YU YS, et al. Research progress on nutritional and health effects of *Prunus mume* [J]. Mod Agric Sci Technol, 2020, (23): 215-218.
- [5] 郑秀丽. 青梅汁饮料的研制及其稳定性研究[J]. 食品与发酵科技, 2015, 51(3): 60-63.
ZHENG XL. Research on the processing technology and its stability of green plum beverage [J]. Food Ferment Technol, 2015, 51(3): 60-63.
- [6] YANG LU, TAO BAO, JIANLING MO, et al. Research advances in bioactive components and health benefits of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruit [J]. J Zhejiang Uni-Sci B, 2021, 22(6): 431-450.
- [7] 张瑞, 艾合买提江军, 邢军. 青梅、红枣、杏、葡萄、沙枣复合果汁饮料的研制[J]. 食品科技, 2004, (3): 76-79.
ZHANG R, AHMAT JJ, XING J. Development of composite *Prunus mume*, date, apricot, grape and russiololive juice drink [J]. Food Sci Technol, 2004, (3): 76-79.
- [8] 张秋荣, 刘祥祥, 李向阳, 等. 复合果蔬汁饮料发展现状及前景分析[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(14): 294-299.
ZHANG QR, LIU XX, LI XY, et al. Development and prospect analysis of compound fruit and vegetable juice beverage [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(14): 294-299.
- [9] 石超, 吕长鑫, 冯叙桥, 等. 果蔬汁饮料现状及发展前景分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(3): 970-976.
SHI C, LV CX, FENG XQ, et al. Analysis on prospects and current situation of fruit and vegetable juice beverages [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(3): 970-976.
- [10] 陈铭中, 吴晖, 钟旭美. 青梅、大蒜保健饮料研制与评价[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(5): 172-174.
CHEN MZ, WU H, ZHONG XM. Development and evaluation of garlic,

- Prunus mume* compound health beverage [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(5): 172-174.
- [11] 鲁雷震, 贾紫伟, 封成玲, 等. 玫瑰植物中活性物质及其功效研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(20): 206-213.
LU LZ, JIA ZW, FENG CL, *et al.* Review of biologically active substances in rose plants and their functions [J]. Food Res Dev, 2021, 42(20): 206-213.
- [12] 代佳和, 田洋, 杨舒雯, 等. 玫瑰花青梅汁复合饮料制备工艺研究[J]. 农产品加工, 2019, (1): 27-29, 32.
DAI JH, TIAN Y, YANG SW, *et al.* Study on preparation technology of rose green plum juice compound beverage [J]. Farm Prod Process, 2019, (1): 27-29, 32.
- [13] 刘红, 姜明洪, 张明, 等. 青梅红茶菌复合饮料的研制[J]. 饮料工业, 2016, 19(4): 21-25.
LIU H, JIANG MH, ZHANG M, *et al.* Preparation of green plum-tea fungus compound beverage [J]. Beverage Ind, 2016, 19(4): 21-25.
- [14] 王文义, 陈欣, 谢雨薇, 等. 复方青梅饮料研发工艺及质量研究[J]. 中国民族民间医药, 2018, 27(21): 30-35.
WANG WY, CHEN X, XIE YW, *et al.* Research and development technology and quality of compound greengape beverage [J]. Chin J Ethnomed Ethnopharm, 2018, 27(21): 30-35.
- [15] 吴彩云, 张晓荣, 徐怀德, 等. 益生菌发酵果蔬汁生物活性成分及功能特性研究进展[J]. 中国食品学报, 2021, 21(12): 323-334.
WU CY, ZHANG XR, XU HD, *et al.* Research progress on bioactive components and functional properties of fruit and vegetable juice fermented by probiotics [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2021, 21(12): 323-334.
- [16] 黄慧福, 罗优, 潘丽君. 青梅酸奶蛋糕的研制[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(3): 146-151.
HUANG HF, LUO Y, PAN LJ. Study on green plum yoghurt cake [J]. Food Res Dev, 2019, 40(3): 146-151.
- [17] 梁艳玲, 陈麒, 伍彦华, 等. 果酒的研究与开发现状[J]. 中国酿造, 2020, 39(12): 5-9.
LIANG YL, CHEN Q, WU YH, *et al.* Research and development status of fruit wine [J]. China Brew, 2020, 39(12): 5-9.
- [18] 蒋桂芳, 敖单一. 青梅果酒发酵工艺研究[J]. 酿酒科技, 2020, (12): 49-53.
JIANG GF, AO DY. Fermentation technology of greengape wine [J]. Liquor Making Sci Technol, 2020, (12): 49-53.
- [19] 宋岑, 王兰, 鲁小刚, 等. 青梅米曲黄酒工艺的优化研究[J]. 酿酒科技, 2021, (8): 55-57.
SONG C, WANG L, LU XG, *et al.* Optimization of production process of green plum huangjiu [J]. Liquor Making Sci Technol, 2021, (8): 55-57.
- [20] 吴煜樟, 卢红梅, 陈莉. 果醋的抗氧化成分及功能研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(8): 197-200.
WU YZ, LU HM, CHEN L. Research progress on antioxidant components and functions of fruit vinegar [J]. Chin Cond, 2019, 44(8): 197-200.
- [21] 杨颖, 夏其乐, 郑美瑜, 等. 青梅果醋的发酵工艺研究[J]. 中国食品学报, 2010, 10(4): 130-135.
YANG Y, XIA QL, ZHENG MY, *et al.* Study on fermentation technology of green plum vinegar [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2010, 10(4): 130-135.
- [22] 姜峰, 晏子玉, 乐治平. 发酵过程中青梅酵素的活性成分及其抗氧化性能[J]. 南昌大学学报(工科版), 2021, 43(3): 227-233.
JIANG F, YAN ZY, LE ZP. The active ingredients and antioxidant properties of green plum enzymes during fermentation [J]. J Nanchang Univ (Eng Technol Ed), 2021, 43(3): 227-233.
- [23] 周倩, 张鹰, 王琴, 等. 青梅泡腾片固体饮料的研制[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(25): 146-148.
ZHOU Q, ZHANG Y, WANG Q, *et al.* Development of green plum effervescent tablet solid beverage [J]. Anhui Agric Sci, 2018, 46(25): 146-148.
- [24] 李涛, 赵云. 不同酒精体积分数浸泡型青梅酒的理化成分研究[J]. 食品工业, 2021, 42(11): 93-95.
LI T, ZHAO Y. Study on physicochemical components of soaked plum wine with different alcohol volume fraction [J]. Food Ind, 2021, 42(11): 93-95.
- [25] 马嫻, 罗鸣, 殷晓翠, 等. 果梅的化学成分及应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2018, 39(4): 337-341, 352.
MA Y, LUO M, YIN XC, *et al.* Research advances in chemical components of *Prunus mume* and its applications [J]. Food Ind Sci Technol, 2018, 39(4): 337-341, 352.
- [26] 林炎娟, 姜翠翠, 周丹蓉, 等. 不同取汁工艺对青竹梅出汁率及品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(24): 8345-8351.
LIN YJ, JIANG CC, ZHOU DR, *et al.* Effects of different juice extraction processes on juice yield and quality of *Prunus mume* [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(24): 8345-8351.
- [27] 段光慧, 黄立新. 青梅酒起浊成分及其成因的测定研究[J]. 食品工业, 2014, 35(11): 214-217.
DUAN GH, HUANG LX. Investigation on clouding components and reasons of plum wine [J]. Food Ind, 2014, 35(11): 214-217.
- [28] 张超, 王玉霞, 周丹红. 发酵型青梅枸杞果酒澄清技术研究[J]. 中国酿造, 2015, 34(12): 149-152.
ZHANG C, WANG YX, ZHOU DH. Clarification technology of fermented greengape-wolfberry wine [J]. China Brew, 2015, 34(12): 149-152.
- [29] 李远志, 张慧敏, 叶盛英, 等. 酶解对青梅汁澄清效果的影响[J]. 农产品加工学刊, 2008, (7): 160-164, 167.
LI YZ, ZHANG HM, YE SY, *et al.* Clarification effects of enzymatic hydrolysis on sour plum juice [J]. Acad Period Farm Prod Process, 2008, (7): 160-164, 167.
- [30] 李涛, 赵云, 丘裕. 浸泡型青梅酒的制作及澄清工艺[J]. 食品工业, 2020, 41(6): 171-175.
LI T, ZHAO Y, QIU Y. The process of fabrication and clarification of immersion-type greengape wine [J]. Food Ind, 2020, 41(6): 171-175.
- [31] 陈铭中, 刘志芳, 吴海珍, 等. 响应面法优化发酵青梅酒澄清工艺[J]. 中国酿造, 2020, 39(3): 84-87.
CHEN MZ, LIU ZF, WU HZ, *et al.* Optimization of clarification process for fermented plum wine by response surface method [J]. China Brew, 2020, 39(3): 84-87.
- [32] 熊勤梅, 肖胜舰, 黄钧, 等. 发酵型青梅酒的微滤: 膜污染分析与品质评价[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(15): 77-83.
XIONG QM, XIAO SJ, HUANG J, *et al.* Microfiltration of greengape wine: membrane fouling analysis and quality evaluation [J]. Food Ferment Ind, 2020, 46(15): 77-83.
- [33] 文连奎, 赵薇, 张微, 等. 果酒降酸技术研究进展[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 325-328.
WEN LK, ZHAO W, ZHANG W, *et al.* Research progress of acid-reducing techniques for fruit wine [J]. Food Sci, 2010, 31(11): 325-328.
- [34] 何翠婵. 微生物降酸技术在青梅汁中的应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
HE CC. Application of microbial acid reduction technology in green plum juice [D]. Guangzhou: South China University Technology, 2014.

- [35] 赵莹, 谭晓辉, 胡鹏刚, 等. 青梅酒的总酸和挥发酸控制技术研究[J]. 中国酿造, 2018, 37(7): 122–126.
ZHAO Y, TAN XH, HU PG, *et al.* Control technology of total acid and volatile acid contents in greengage wine [J]. China Brew, 2018, 37(7): 122–126.
- [36] 何翠婵, 熊捷, 叶君, 等. 酒球菌在青梅汁中的生长及苹果酸乳酸发酵特性的研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(6): 177–180.
HE CC, XIONG Q, YE J, *et al.* Study on growth and malolactic fermentation characteristics of *Oenococcus oeni* in plum juice [J]. Food Ind Sci Technol, 2014, 35(6): 177–180.
- [37] 熊捷, 何翠婵, 林伟锋, 等. 植物乳杆菌在青梅汁中的生长及苹果酸乳酸发酵特性研究[J]. 现代食品科技, 2013, 29(12): 2850–2854, 2914.
XIONG Q, HE CC, LIN WF, *et al.* Study on the growth of *Lactobacillus plantarum* in green plum juice and the characteristics of malate and lactic acid fermentation [J]. Mod Food Sci Technol, 2013, 29(12): 2850–2854, 2914.
- [38] 刘宗昭, 卢丕超, 王晓军, 等. 葡萄酒产生苦味的影响因素[J]. 酿酒科技, 2020, (12): 54–59, 70.
LIU ZZ, LU PC, WANG XJ, *et al.* Analysis of the factors affecting the bitterness of wine [J]. Liquor Making Sci Technol, 2020, (12): 54–59, 70.
- [39] 陈铭中, 钟旭美, 刘和平, 等. 发酵青梅酒脱苦工艺的优化[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(11): 114–118.
CHEN MZ, ZHONG XM, LIU HP, *et al.* The optimization of debittering process on plum fermented wine [J]. Food Res Dev, 2017, 38(11): 114–118.
- [40] 周袁璐, 师苑, 陆跃乐, 等. 传统发酵过程微生物互作研究进展[J]. 中国食品学报, 2021, 21(11): 349–358.
ZHOU YL, SHI Y, LU YL, *et al.* Research progress on microbial interaction in traditional fermentation [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2021, 21(11): 349–358.
- [41] 陈铭中, 钟旭美, 陈勇, 等. 青梅酒发酵工艺的优化[J]. 农产品加工, 2019, (15): 27–29, 34.
CHEN MZ, ZHONG XM, CHEN Y, *et al.* Optimization of fermentation process of plum wine [J]. Farm Prod Process, 2019, (15): 27–29, 34.
- [42] 王辉, 袁婷玉, 白卫东, 等. 青梅自然发酵液中酵母菌的分离鉴定及特性研究[J]. 食品科技, 2021, 46(8): 16–21.
WANG H, YUAN TY, BAI WD, *et al.* Isolation, identification and characteristics of yeast from plum natural fermentation broth [J]. Food Sci Technol, 2021, 46(8): 16–21.
- [43] 朱丹实, 吴逗逗, 沈雨思, 等. 多菌种混合发酵果蔬汁的研究进展[J]. 中国食品学报, 2021, 21(10): 343–352.
ZHU DS, WU DD, SHEN YS, *et al.* Research progress on mixed fermentation of multiple strains for fruits and vegetables juice [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2021, 21(10): 343–352.
- [44] 赵玲燕. 青梅果酒高效性能酵母筛选及其复合酵母发酵工艺研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
ZHAO LY. Screening of high efficiency yeast for green plum fruit wine and study on fermentation technology of compound yeast [D]. Guiyang: Guizhou University, 2020.
- [45] 陈铭中, 吴海珍, 刘志芳, 等. 不同酵母发酵的青梅酒抗氧化及有机酸的研究[J]. 食品工业, 2020, 41(11): 190–194.
CHEN MZ, WU HZ, LIU ZF, *et al.* Study on antioxidant and organic acids of plum wine fermented by different yeast [J]. Food Ind, 2020, 41(11): 190–194.
- [46] 李艺勤, 喻学淳, 郑蕾, 等. 青梅果酒双酵母菌株混合发酵工艺优化[J]. 四川理工学院学报(自然科学版), 2017, 30(4): 10–16.
LI YQ, YU XC, ZHENG L, *et al.* Study on the optimization of greengage wine fermentation process by two strains of yeast [J]. J Sichuan Univ Sci Eng (Nat Sci Ed), 2017, 30(4): 10–16.
- [47] 刘英杰, 黄钧, 刘建, 等. 不同接种方式对青梅酒品质的影响及微生物多样性研究[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(21): 59–66.
LIU YJ, HUANG J, LIU J, *et al.* Effect of different inoculation on the quality of greengage wines and microbial diversity [J]. Food Ferment Ind, 2021, 47(21): 59–66.
- [48] 李升锋, 徐玉娟, 刘学铭, 等. 一种青梅原汁的生产工艺及营养成分分析[J]. 食品科技, 2006, (11): 190–192.
LI SF, XU YJ, LIU XM, *et al.* A kind of produce technique of sour plum fumet and analysis of its nutrition composition [J]. Food Sci Technol, 2006, (11): 190–192.
- [49] 徐影平. 青梅汁加工关键技术与贮藏期品质研究[D]. 成都: 西华大学, 2021.
XU YP. Study on key processing technology and storage quality of green plum juice [D]. Chengdu: Xihua University, 2021.
- [50] 马艳蕊, 于红, 初乐, 等. 不同杀菌条件下苹果醋风味、营养及活性成分的变化[J]. 中国酿造, 2021, 40(11): 188–193.
MA YR, YU H, CHU L, *et al.* Changes of flavor, nutrition and active ingredients in apple vinegar under different sterilization conditions [J]. China Brew, 2021, 40(11): 188–193.
- [51] 张俊超, 张献忠, 沈金金, 等. 果蔬汁饮料新型非热灭菌技术研究及应用进展[J]. 农产品加工, 2020, (22): 93–97, 102.
ZHANG JC, ZHANG XZ, SHEN JJ, *et al.* Research development of novel non-thermal sterilization technology for fruit and vegetable juice beverages [J]. Farm Prod Process, 2020, (22): 93–97, 102.
- [52] 王金玲, 晏雨辰, 李巧月, 等. 生物降解柠檬酸及其影响因素的研究进展[J]. 现代食品科技, 2022, 38(2): 312, 347–357.
WANG JL, YAN YC, LI QY, *et al.* Research progress of biodegradable citric acid and its influencing factors [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(2): 312, 347–357.
- [53] 贺颖, 吴添伟, 金泽彬, 等. 微生物发酵技术在食品领域中的应用[J]. 吉林医药学院学报, 2021, 42(6): 453–455.
HE Y, WU TW, JIN ZB, *et al.* Application of microbial fermentation technology in food field [J]. J Jilin Med Coll, 2021, 42(6): 453–455.
- [54] 李银汇, 王文骏, 吕瑞玲, 等. 超声波联合杀菌剂杀菌的研究进展[J]. 食品科学, 2022. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220110.1005.011.html>
LI YH, WANG WJ, LV RL, *et al.* Progress in research on the combination treatment of ultrasound with bactericide [J/OL]. Food Sci, 2022. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20220110.1005.011.html>

(责任编辑: 于梦娇 张晓寒)

作者简介

洪佳敏, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品活性成分提取与加工研究。
E-mail: jiaminhong2008@126.com

李海明, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为植物保护与加工研究。
E-mail: lhm2208564@163.com