

猕猴桃酵素发酵工艺优化及关键技术分析

曹晓倩¹, 樊晓博¹, 孙占育¹, 党蓓蓓², 侯清娥¹, 彭浩², 蒋宝¹

(1. 渭南职业技术学院, 陕西 渭南 714026; 2. 陕西天醇集团股份有限公司, 陕西 渭南 714026)

摘要:为了丰富猕猴桃的深加工途径,提高猕猴桃的利益价值,以猕猴桃为原料通过发酵工艺制备酵素产品。依据《食用酵素良好生产规范》(T/CBFIA 08002-2016)和《植物酵素》(QB/T 5323-2018)企业标准分析方法对成品的理化指标进行检测,通过单因素及正交试验优化猕猴桃酵素发酵工艺。结果表明,最优发酵工艺为复合果胶酶添加量 0.04 g/L,酵母菌 0.05 g/L、醋酸杆菌 0.07%(V/V)、发酵温度 32 °C、发酵时间 5 d。在该条件下得到的猕猴桃酵素产品乙酸含量为 6.17 g/100 mL、可溶性无盐固形物为 6.65 g/100 mL,产品香气清爽,酸味柔和,颜色微黄、略带绿色,且富有光泽。

关键词:猕猴桃;酵素;工艺优化;总酸(以乙酸计)

中图分类号:S663 文献标识码:A 文章编号:0488-5368(2024)06-0023-07

Optimization of Kiwifruit Fermentation Process and Key Technology Analysis

CAO Xiaoqian¹, FAN Xiaobo¹, SUN Zhanyu¹, DANG Beilei², HOU Qinge¹, PENG Hao², JIANG Bao¹

(1. Weinan Vocational and Technical College, Weinan, Shaanxi 714026, China; 2. Shaanxi Tianjiao Group Co., Ltd., Weinan, Shaanxi 714026, China)

Abstract: To enhance the range of processing methods for kiwifruit and increase its value, enzyme products were prepared through fermentation technology using kiwifruit as a raw material. According to the "Good Production Practice for Edible Enzymes" (T/CBFIA 08002-2016) and "Plant Enzymes" (QB/T 5323-2018) enterprise standard analysis methods, the physical and chemical indexes of finished products were analyzed. The fermentation process of kiwifruit was optimized by single-factor and orthogonal tests. The results showed that the optimal fermentation process was as follows: compound pectinase supplementation at 0.04 g/L, yeast at 0.05 g/L, acetobacter at 0.07 (V/V), fermentation temperature at 32°C, fermentation time of 5 days. Under the fermentation conditions, the acetic acid content of the kiwifruit enzyme product was 6.17 g/100 mL, and the soluble salt-free solid was 6.65 g/100 mL. The product exhibited a refreshing aroma, a mild sour taste, a slight yellow color, a slight green color, and a rich luster.

Key words: Kiwi fruit; Enzymes; Process optimization; Total acid (acetic acid)

猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 为雌雄异株的大型落叶木质藤本植物,被誉为“水果之王”,原产于中国。中国是世界上最大的猕猴桃生产国,约占全球总产量的占 38%^[1]。猕猴桃果实为典型浆果,皮薄多汁,酸甜可口,别有风味,是一种品质鲜嫩,营养丰富,风味鲜美的水果。由于猕猴桃是呼吸跃变型水果,具有明显的生理后熟过程和呼吸高峰,且其采摘季节气温相对较高,采后极易完成后熟过程,导致变

软腐烂,造成大量的资源浪费^[2]。除鲜食外,目前我国已有猕猴桃深加工方式,如猕猴桃汁^[3]、果酱^[4]、果脯^[5]、猕猴桃酒^[6]、猕猴桃醋^[7]等等。

酵素是一种具有天然保健功效的酶类物质,起源于日本并在日本得到产业化发展,后传播至东南亚和台湾地区。近年来,酵素也开始涌入中国大陆地区,并在国内市场迅速流行起来^[8]。有研究者指出,酵素富含膳食纤维、多酚类、黄酮类等生物活性

收稿日期:2023-10-07 修回日期:2024-01-17

基金项目:陕西省重点研发计划项目(2020NY-156);渭南市重点研发计划项目(2019ZDYE-NYCX-30);渭南职业技术学院院级科研项目(WZY202109);渭南职业技术学院青年科研基金(WZYQ202004)。

第一作者简介:曹晓倩(1985-),女,副教授,硕士,研究方向为农产品质量安全及检测技术、发酵食品的研究。

通信作者:蒋宝。

成分,可以促进细胞新陈代谢,增强人体免疫能力^[9]。类似的研究结果也得到了其他学者的支持^[10]。许多水果中的酵素表现出较强的抗氧化性,如蒋增良等对天然发酵的葡萄酵素进行研究,发现发酵前后抗氧化活性明显上升,且与酚类物质显著相关^[11];林冰等人通过 DPPH 和 ABTS 不同的自由基体系对刺梨酵素的抗氧化活性进行了评价,发现刺梨酵素抗氧化能力较强,分解脂肪能力较差^[12];管章瑞等人对蓝莓汁进行发酵,发现发酵过程中抗氧化能力明显增强,但与原花青素无正相关性。张海燕等对苹果酵素自然发酵过程中生物活性物质、功效酶及抗氧化能力的动态变化进行了研究,发现总酚和总黄酮含量在发酵 60 d 时达到最高,SOD 活性是苹果酵素抗氧化能力的主要来源^[14]。此外,有研究表明酵素具有提高免疫力、降血糖、保健护肝等功能^[15~20]。也对癌细胞有部分抑制作用^[21]。作为传统的发酵大国,中国拥有悠久的酿造和发酵工艺历史和文化传统。通过发展猕猴桃酵素产业,可以延长猕猴桃的保质期,减少果实资源的浪费。目前,国内有关猕猴桃酵素生产的相关报道较少。本研究以猕猴桃为原料,研究探索猕猴桃酵素的全液态法发酵,从菌种接种量、发酵温度、发酵时间等方面,优化酵素发酵条件,确定最佳发酵工艺条件,以为猕猴桃酵素规模化生产提供科学依据。

1 材料与方法

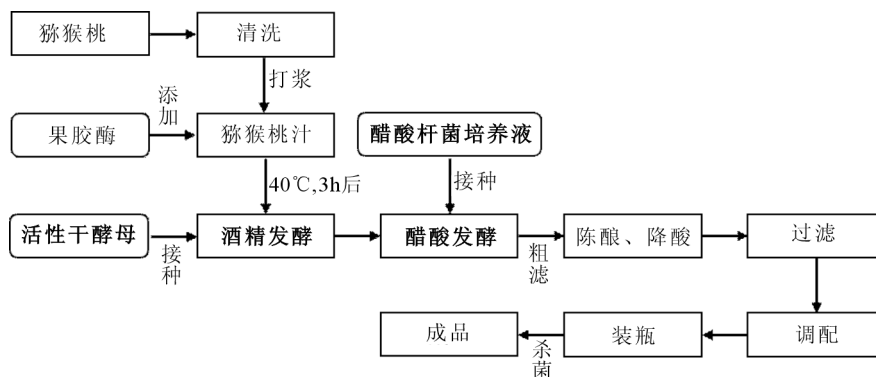


图 1 猕猴桃发酵工艺的流程

注:黑体代表关键工序

1.3 发酵关键工序

1.3.1 酒精发酵 酒精发酵在发酵罐中进行,将经过处理的猕猴桃果浆加入至发酵罐,高活性干酵母(安琪酵母有限公司)在 35~38 °C 条件下,用总糖含量为 5% 的猕猴桃果浆糖水活化 15~30 min。加入 0.03 g/L 酵母和 80 mg/L SO₂(长沙科迪亚实业有限公司),在 26 °C 条件下发酵。在酒精含量

1.1 材料准备

猕猴桃采自陕西省临渭区下邽镇渭南葡萄产业园;挑选新鲜、无病虫害的猕猴桃的成熟果实,清洗干净后,用打浆机获得猕猴桃果浆,并加入白砂糖调节可溶性固形物为 18.0 g/100 mL(可溶性固形物:采用折光仪测定^[22]),随之加入约 0.03 g/L 果胶酶在 40 °C 下水解 3 h。

主要试剂:复合果胶酶(3 000 U/g):天津利华酶制剂厂;氢氧化钠、硝酸、酚酞等(均为分析纯),国药集团化学试剂陕西有限公司;白砂糖,市售;

主要设备仪器:MP5002 电子天平:上海舜宇恒平科学仪器有限公司;SPX-250I 型生化恒温培养箱:上海博迅实业有限公司医疗设备厂;WTY-1 型手持式折光仪,泉州中友光学仪器有限公司;FZ-C 型中试全自动发酵罐,江苏丰泽生物工程设备制造有限公司。HH-4 数显恒温水浴锅,苏州威尔实验用品有限公司;本实验在陕西天醇集团有限公司开展,公司提供了试验开展所需的实验条件、试剂、设备等。

1.2 工艺流程

如图 1 所示,新鲜的猕猴桃经过打浆处理,加入白砂糖调节可溶性固形物为 18% 后,配料装罐,添加果胶酶,分解果胶后进入酒精发酵、醋酸发酵,发酵时间为 5 d,发酵结束后过滤除渣制得酵素产品。

达到 6.0% 时,停止发酵。

1.3.2 醋酸发酵 酒精发酵结束后,进行醋酸发酵,加入 0.08% (V/V) 的活性醋酸杆菌(实验室筛选培养),在 32 °C 下发酵 4 d,每天用酸碱滴定法测定总酸度(以乙酸计),当含量为 6.0 g/100 mL 左右且不再升高时,停止醋酸发酵。

1.4 试验设计

1.4.1 不同复合果胶酶添加量对产品外观及乙酸含量的影响 在猕猴桃果浆酶解阶段,添加不同果胶酶量(0 g/L、0.01 g/L、0.02 g/L、0.03 g/L、0.04 g/L、0.05 g/L)并进行后续发酵生产,观察终产品(未经过过滤)外观状态及乙酸含量,研究果胶酶对产品品质的影响。

1.4.2 酒精发酵及醋酸发酵条件的优化 单因素试验:选取酒精发酵阶段活性干酵母添加量(0.03 g/L、0.05 g/L、0.07 g/L、0.09 g/L、0.11 g/L、0.13 g/L、0.15 g/L)、醋酸杆菌接种量(0.05%、

0.06%、0.07%、0.08%、0.09%、0.10%、0.11%)、醋酸发酵温度(24 ℃、26 ℃、28 ℃、30 ℃、32 ℃、34 ℃、36 ℃)、醋酸发酵时间(1 d、2 d、3 d、4 d、5 d、6 d、7 d)进行单因素试验,并测定猕猴桃酵素的总酸含量(以乙酸计 g/100 mL)。

正交试验:根据上述单因素试验结果,以活性干酵母添加量(A)、醋酸杆菌接种量(B)、醋酸发酵温度(C)、醋酸发酵时间(D)为主要因素,以产品乙酸含量为评价指标进行正交试验,因素与水平见表1。

表1 猕猴桃酵素发酵工艺优化正交试验因素与水平

水平	A 活性干酵母添加量(g/L)	B 醋酸杆菌接种量/%	C 醋酸发酵温度/℃	D 醋酸发酵时间/d
1	0.05	0.06	28	4
2	0.06	0.07	30	5
3	0.07	0.08	32	6

1.4.3 产品指标检测 通过单因素、正交试验,获得的最佳工艺参数,进行试验,获得最终的猕猴桃酵素产品。检测其可溶性无盐固形物、总酸、砷、铅、黄曲霉毒素 B1、菌落总数及致病菌^[23~24]等。并通过感官评价产品的质量。

1.5 猕猴桃酵素感官评价

表2 猕猴桃酵素感官评分

评价项目	标准	分值
色泽(2分)	无任何光泽	0~0.5
	有部分光泽,光泽黯淡	0.6~1
	颜色较为清澈,光泽比较明显	1.1~1.5
	颜色清澈透明,光泽丰富、明显	1.6~2.0
组织状态(2分)	杂质较多,较多沉淀,有分层	0~0.5
	略有杂质,轻微分层和沉淀	0.6~1.0
	较为均匀细腻,粘稠度较为适中,无明显分层与沉淀	1.1~1.5
	均匀细腻,粘稠度适中,无分层,无沉淀	1.6~2.0
滋气味(5分)	香味不明显,有异味	0~1.0
	香味适中,具有发酵清香,酸味适宜,酒精气味,无异味	1.0~2.5
	香味纯正,具有良好的滋气味,酸味适中,无异味	2.5~3.5
	香味纯正,具有良好的滋气味,酸味明显,无异味	3.5~5.0

1.6 数据分析

使用 SPSS 22.0 软件进行正交试验设计及显著差异分析,利用 Graph Pad Prism8.0 进行绘图。所有处理一式三份,结果以均数±标准差(SD)表示。

2 结果与分析

2.1 果胶酶添加量对产品外观及乙酸含量的影响

果胶是植物中常见的一种多糖化合物,它存在于几乎所有植物的细胞结构中。果胶酶是一种能够降解果胶质的酶,主要用于果蔬汁饮料及果酒的

由7位有丰富经验的酵素品评员组成感官评价小组,根据《植物酵素》(QB/T 5323-2018)企业标准对猕猴桃酵素产品进行感官评价,主要对色泽、状态、滋气味等进行打分,具体打分细则如表2所示。

榨汁及澄清。果胶酶不仅可以提高果实的出汁率,还能保持原来的芳香和滋味^[25~26]。根据表3,果胶酶的添加量与产品的澄清度息息相关,添加量为0 g/L,外观明显混浊,且有较多的沉淀,随着果胶酶添加量增多,沉淀物也逐渐减少,所获得的液态产品也越来越澄清。当添加量为0.04 g/L,产品状态达到最佳。因此,适宜的复合果胶酶添加量大约在0.04 g/L左右。添加量过小会导致酵素外观混浊,而添加量过大则会浪费果胶酶,增加成本。而果胶酶添加量对乙酸含量影响不明显(图2)。

表 3 果胶酶添加量对产品外观的影响

果胶酶添加量 (g/L)	产品外观状态
0	有较多悬浮物,沉淀物较多,混浊
0.01	有部分悬浮物,沉淀物,混浊
0.02	悬浮物较少,沉淀较少,较混浊
0.04	无悬浮物,极少沉淀,澄清
0.06	无悬浮物,极少沉淀,澄清

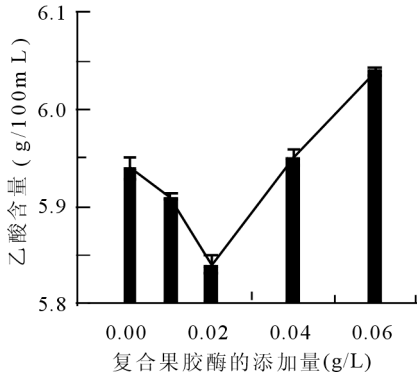


图 2 果胶酶添加量对产品乙酸含量的影响

2.2 发酵工艺条件的研究

2.2.1 单因素试验 如图 3 所示,在不同的因素水平下,猕猴桃酵素的乙酸含量表现出较为明显的差异。在酒精发酵阶段,酵母接种量为 0.07 g/L 时,乙酸含量最高,为 6.2 g/100 mL,表现先升高后

下降的趋势(图 3a)。此外,我们对不同酵母接种量的产品进行了品尝分析,发现酵母添加量较高的产品有较为明显苦味,这是由于过高的发酵剂导致酒精发酵过于剧烈导致^[27]。

在醋酸发酵阶段,随着醋酸杆菌接种量的增加,乙酸含量逐渐上升在后期趋于平缓(图 3b),在接种量 0.07% (V/V) 之后,乙酸含量基本无显著变化。

随着发酵时间的延长发酵醪中的乙酸含量逐渐增加,尤其在前 4 d,乙酸含量增加显著(图 3c)。当发酵时间大于等于 5 d 时,发酵醪的乙酸含量为 6.2 g/100 mL。比发酵 4 d 高出 0.2 g/100 mL,比发酵 6 d 低 0.1 g/100 mL。

在不同发酵温度下,产品中乙酸含量差异明显,尤其在温度小于 30℃ 时最为明显(图 3d)。发酵温度 28℃ 时,乙酸含量为 5.4 g/100 mL,发酵温度为 30℃ 时,乙酸含量较 28℃ 增加约 11%,而在随着温度升高,乙酸含量变化约为 0.1~0.2 g/100 mL。综上,根据乙酸含量的变化,我们通过单因素试验以及成本控制、在发酵时间充足的条件下尽可能缩短发酵周期和温度越高对产品口感的不良影响越大^[28]等情况,我们确定了酵母接种量为 0.07 g/L,醋酸杆菌接种量 0.07% (V/V),醋酸发酵时间 5 d,发酵温度为 32℃。

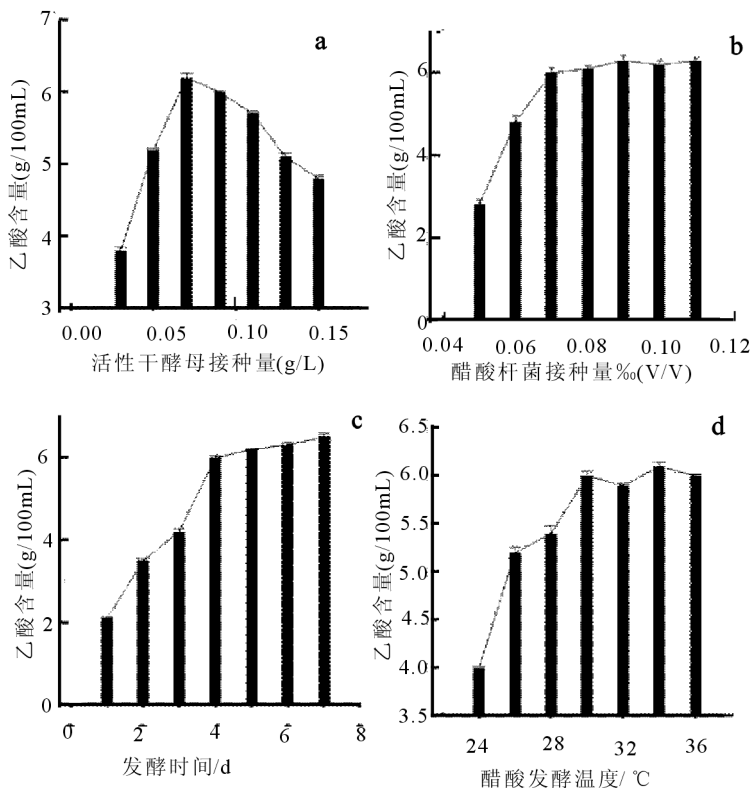


图 3 单因素试验: a 活性干酵母接种量、b 醋酸杆菌接种量、c 醋酸发酵时间、d 醋酸发酵温度对猕猴桃酵素发酵的影响

2.2.2 正交实验 在单因素试验结果的基础上,选取活性干酵母添加量(A)、醋酸杆菌接种量(B)、醋酸发酵温度(C)、醋酸发酵时间(D)为主要

因素进行正交试验,以总酸(以乙酸计)含量为评价标准,根据表1中相应因素及水平对猕猴桃酵素的发酵工艺进行优化试验,结果见表4。

表4 发酵工艺条件优化正交试验结果

试验号	A	B	C	D	乙酸含量(g/100mL)
1	1	1	1	1	5.83±0.12
2	1	2	2	2	6.08±0.01
3	1	3	3	3	5.96±0.07
4	2	1	3	2	5.91±0.05
5	2	2	1	3	5.89±0.09
6	2	3	2	1	5.63±0.15
7	3	1	2	3	5.23±0.00
8	3	2	3	1	5.81±0.02
9	3	3	1	2	5.54±0.21
K1	17.87	16.97	17.26	17.27	
K2	17.43	17.78	16.94	17.53	
K3	16.58	17.13	17.68	17.08	
k1	5.96	5.66	5.75	5.76	
k2	5.81	5.93	5.65	5.84	
k3	5.53	5.71	5.89	5.69	
R	0.43	0.27	0.25	0.15	

根据表4R值的大小,我们得到4因素的主次顺序是:活性干酵母添加量(A)>醋酸杆菌接种量(B)>醋酸发酵温度(C)>醋酸发酵时间(D)。最优配方组合为A₁B₂C₃D₂,即活性干酵母接种量为0.05 g/L、醋酸杆菌接种量为0.07%(V/V)、醋酸发酵温度为32℃、醋酸发酵时间为5 d。最优组合未在表3正交试验的9组中,因此,我们对该条件进行了3次验证实验,得到的乙酸含量分别为6.15 g/mL、6.20 g/mL、6.17 g/100 mL,说明我们得到的组合A₁B₂C₃D₂是最优的。通过验证实验的结果,我们可以确认最优组合的有效性,即活性干酵母添加量为0.05 g/L、醋酸杆菌接种量为0.

07%(V/V)、醋酸发酵温度为32℃、醋酸发酵时间为5 d,可以使猕猴桃酵素中的乙酸含量达到最佳状态。这个最优组合可以为相关生产过程提供指导和参考。

2.3 产品质量指标分析

感官指标:产品呈微黄色,略带绿色,并且富有光泽;在外观上没有明显的不均匀或杂质的存在,没有明显的色差或不均匀的现象。具有独特的清爽香气和滋味。风味纯正,酸味明显,没有明显的异味。品尝时可感受到浓郁的猕猴桃风味。口感光滑,无触感上的粒状或颗粒状物体。产品清澈透明,没有沉淀或悬浮的异物(表5)。

表5 最佳发酵条件下猕猴桃酵素产品指标

产品指标	含量	微生物指标	含量
乙酸(g/100mL)	6.17±0.025	菌落总数(CFU/mL)	≤100
可溶性无盐固形物(g/100mL)	6.65±0.010	大肠菌群(MPN/mL)	≤6
总砷(以As计)/(mg/L)	0.15±0.002	霉菌(CFU/mL)	≤10
铅(Pb)/(g/L)	0.22±0.005	酵母菌(CFU/mL)	≤10
黄曲霉毒素B1/(μg/L)	0.48±0.001	致病菌	未检出

3 讨论与结论

酵素是指以植物和食用菌为原料,经过微生物

发酵制得的含有特定生物活性成分的可食用的产品^[29]。发酵不仅可以提高营养价值,而且可以显著降低糖含量,极大的延长水果蔬菜等的保质期。同时,经过发酵后的产品中含有的活性成分,可以

有效的降低患病风险^[30]。

猕猴桃是呼吸跃变性果实^[31],不仅采收期中,且鲜食量有限,极易发生软化及腐败现象,从而造成了大量的浪费,猕猴桃酵素应运而生,不仅扩展了猕猴桃深加工种类,而且降低了猕猴桃果实原本较高的碳水化合物,转化为维生素、矿物质、必需氨基酸和酚类物质,使得食品的营养价值及抗氧化活性显著升高^[32~35]。

随着近年来,酵素概念我国市场广泛流行,需求量不断增加,深入研究规模化生产已经成为必须,通常实验室、自然发酵时间较长,甚至达到了 90 d 之久^[36],大大的降低了产品上市周期,减少了市场价值。故本研究以中试规模对猕猴桃酵素的生产工艺进行探索,确定了猕猴桃酵素生产的核心工艺及关键控制点,通过果胶酶处理、酒精发酵、醋酸发酵等阶段生产猕猴桃酵素。采用单因素试验及正交试验确定猕猴桃酵素的最优发酵工艺为复合果胶酶添加量 0.04 g/L,活性干酵母接种量 0.05 g/L、醋酸杆菌接种量 0.07% (V/V)、醋酸发酵温度 32 ℃、醋酸发酵时间 5 d,在该条件下,得到的猕猴桃酵素具有产品应有的状态和气味,整体外观均匀一致,没有明显的色差或不均匀的现象,富有光泽;乙酸含量可达 6.17 g/100 mL。本研究为猕猴桃酵素的生产提供了实践经验,提高了猕猴桃加工产品的附加值,顺应了行业发展。

参 考 文 献:

- [1] GUO J, YUAN Y DOU P, *et al.* Multivariate statistical analysis of the polyphenolic constituents in kiwifruit juices to trace fruit varieties and geographical origins [J]. *Food Chem*, 2017, 232:552-559.
- [2] Sivakumaran S, Huffman L, Sivakumaran S, *et al.* The nutritional composition of Zespri SunGold Kiwifruit and Zespri Sweet Green Kiwifruit [J]. *Food Chemistry*, 2018, 238.
- [3] 兰天,赵沁雨,王家琪,等. 益生菌发酵猕猴桃果汁的贮藏特性及货架期预测[J/OL]. *食品工业科技*:1-11 [2023-09-10].
- [4] 李吉达,彭婷,赵玥,等. 黔野生猕猴桃果酱的制备及体外抗氧化性研究[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(3):119-124.
- [5] 秦世蓉,左勇,何颂捷,等. 猕猴桃果脯制作工艺优化[J]. *食品工业科技*, 2019, 40(24):152-159.
- [6] López-Vázquez C, García-Llobodanin L, Pérez-Correa JR, *et al.* Aromatic characterization of pot distilled kiwi spirits[J]. *J Agric Food Chem*. 2012 Mar 7;60(9):2242-2247.
- [7] Wu Q, Kong Y, Liang Y, *et al.* Protective mechanism of fruit vinegar polyphenols against AGEs-induced Caco-2 cell damage [J]. *Food Chem X*. 2023 Jun 5;19:100736. doi: 10.1016/j.fochx.2023.100736. PMID: 37415956; PMCID: PMC10319990.
- [8] 靳素媛,耿燕,周琦,等. 24 种食用植物酵素功能成分分析与生物活性初步研究[J]. *食品与生物技术学报*, 2023, 42(8):62-67.
- [9] Ogunremi O R, Sanni A I, Agrawal R. Probiotic potentials of yeasts isolated from some cereal-based Nigerian traditional fermented food products [J]. *Journal of Applied Microbiology*, 2015, 119(3):797-808.
- [10] 韦仕静,刘涛,葛亚中,等. 西兰花酵素在发酵过程中生化指标变化及其抗氧化活性研究[J]. *现代食品科技*, 2017, 33(8):123-129.
- [11] 蒋增良,毛建卫,黄俊,等. 葡萄酵素在天然发酵过程中体外抗氧化性能的变化[J]. *中国食品学报*, 2014, 14(10):29-34.
- [12] 林冰,孙悦,何怡,等. 刺梨酵素的制备及活性测定[J]. *中国食品添加剂*, 2018(10):109-114.
- [13] 管章瑞,田裕,赵娜,等. 蓝莓酵素发酵过程中的抗氧化活性变化研究[J]. *现代食品科技*, 2016, 32(12):74-80.
- [14] 张海燕,康三江,袁晶,等. 苹果酵素自然发酵过程中生物活性物质的变化[J]. *中国酿造*, 2021, 40(3):111-114.
- [15] 曲佳乐,赵金凤,皮子凤,等. 植物激素解酒护肝保健功能研究[J]. *食品科技*, 2013, 38(9):51-55.
- [16] 秦松,王君,高志鹏,等. 奇魅植物酵素对小鼠酒精性肝损伤保护作用的研究[J]. *重庆医学*, 2016, 45(10):1323-1325.
- [17] 马乔灵,申元英,杨芳,等. 苹果酵素对代谢性疾病模型小鼠的实验研究[J]. *食品研究与开发*, 2015, 36(16):14-16.
- [18] Yanjun Feng, Min Zhang, Arun S. Mujumdar, *et al.* Recent research process of fermented plant extract: A review [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2017.
- [19] Pyo Young-Hee, Seong Ki-Seung. Hypolipidemic effects of Monascus-fermented soybean extracts in rats fed a high-fat and -cholesterol diet. [J]. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2009(18).
- [20] Wuyts S, Van Beeck W, Allonsius CN, *et al.* Applications of plant-based fermented foods and their microbes [J]. *Curr Opin Biotechnol*. 2020 Feb;61:45-52.
- [21] Vuong T, Mallet JF, Ouzounova M, *et al.* Role of a polyphenol-enriched preparation on chemoprevention of mammary carcinoma through cancer stem cells and inflammatory pathways modulation. *J Transl Med*. 2016 Jan 14;14:13. doi: 10.1186/s12967-016-0770-7. PMID: 26762586.
- [22] 高磊,张蕾,罗轩,等. 猕猴桃品种金农与金阳不同

- 采收期果实品质动态分析[J]. 中国果树, 2022(03):37-43.
- [23] Li, G. Yan, N. Li, G. *et al.* Optimization of the Process for Green Jujube Vinegar and Organic Acid and Volatile Compound Analysis during Brewing. *Foods* 2023(12): 3168.
- [24] 李加兴, 孙金玉, 陈双平, 等. 猕猴桃果醋发酵工艺优化及质量分析[J]. 食品科学, 2011, 32(24): 306-310.
- [25] 宁豫昌, 高俊杰, 袁艺萌. 复合酶处理对刺梨、苹果混合发酵果汁的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2023, 42(08): 87-94.
- [26] 李德燕, 贺红早. 响应面法优化酥李果汁的酶法提取工艺[J]. 食品工业科技, 2021, 42(14): 212-218.
- [27] María J C B, Carmen R D, Enrique D G. Development and optimization by means of sensory analysis of new beverages based on different fruit juices and sherry wine vinegar[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013, 93(4): 18-22.
- [28] 刘彩云, 邵建宁, 麻和平, 等. 啤特果渣酿造果醋工艺研究[J]. 中国调味品, 2019, 44(10): 121-125.
- [29] 胡学智. 论植物发酵和酵素[J]. 中国微生物学杂志, 2019, 31(11): 1356-1365.
- [30] 杨彬彦, 党娅, 尤丽. 蓝莓酵素功能特性研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2022, 48(23): 328-336.
- [31] 唐艺宁, 田密霞, 李奕莹, 等. 软枣猕猴桃的开发利用研究进展[J]. 保鲜与加工, 2023, 23(8): 76-80.
- [32] 王虹玲, 丁昊, 安东平, 等. 软枣猕猴桃复合酵素饮料的发酵及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(12): 130-135.
- [33] 彭宁, 杨永峰, 鲁云凤. 猕猴桃酵素生产工艺条件优化[J]. 南阳师范学院学报, 2019, 18(1): 32-37.
- [34] 陈林, 苏珊, 吴应梅, 等. 红阳猕猴桃酵素发酵工艺优化及其体外抗氧化活性[J]. 现代食品科技, 2021, 37(4): 224-233.
- [35] 刘旺, 杨思琦, 陈佳林, 等. 软枣猕猴桃水果酵素复合饮料的研制[J]. 饮料工业, 2022, 25(5): 35-40.
- [36] 王思溥, 朱丹, 牛广财, 等. 黑果腺肋花楸酵素自然发酵过程中主要成分与抗氧化活性变化[J]. 食品工业科技, 2023, 44(15): 93-100.

(上接第8页)

解决方法:需要通过花序等其他特征或测定其DNA序列来进行鉴定及分类。

3.4 小物种群的科普

由于球兰大多附生在高大树木的树冠上, 致使很难被发现, 人们对其了解不多。如树木被砍伐掉, 球兰就失去了它的栖息地。

解决方法:有待向公众开展诸如球兰这类小物种群的科普展览, 提高民众对生物多样性保护的意识, 确保生态安全, 对推进云南生态文明建设具有重要意义。

3.5 野生球兰的温室栽培

野生球兰可以适应北方温室环境及栽培方法。但在养护过程中, 需结合南方的生境数据及北方温室的环境条件, 改善野生球兰在北方温室的环境条件及栽培手段。如:球兰在少土或无土环境中扦插成活后, 需加强遮荫、空气湿度、补水及基质营养。

参考文献:

- [1] 张静峰, 林侨生. 球兰鉴赏[M]. 广东: 广东科技出版社, 2018. 2.
- [2] 中国科学院植物志编辑委员会. 1977. 中国植物志(第63卷). 北京: 科学出版社.
- [3] 赖碧丹, 吴玉华, 韦媛, 等. 球兰属植物发展前景及栽培特性分析[J]. 广东农业科学, 2012(10): 66.
- [4] 杨涓, 官萍, 李燕, 等. 中国设施球兰产业发展现状及发展趋势[J]. 农业工程技术, 2020, 40(13): 31-37.
- [5] 韩鹏远, 柴美清, 陈斌, 等. 山西中南部地区羊肚菌资源及生境调查[J]. 山西农业科学, 2018, 46(3): 426-428.
- [6] 温放. 广西苦苣苔科观赏植物资源调查与引种研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2008.
- [7] 张贵良, 蔡杰, 姜超强. 云南大围山珍稀濒危植物[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2016. 12.
- [8] 中国科学院植物志编辑委员会. 中国植物志(第63卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1977: 475-492.
- [9] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏植物志(第4卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 11-12.
- [10] 广东省植物研究所. 海南植物志(第3卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1974: 271-274.
- [11] 陈汉斌, 郑亦津, 李法曾, 等. 山东植物志(下卷)[M]. 青岛: 青岛出版社, 1997: 967-968.
- [12] 张朝芳, 章绍尧. 浙江植物志 第五卷山柳科——茄科[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 170-171.
- [13] 杨庆华, 黄卫昌. 球兰[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2017: 35-101.
- [14] 张静峰, 林侨生. 球兰鉴赏[M]. 广东: 广东科技出版社, 2018, 25-58.
- [15] 中国科学院植物志编辑委员会. 中国植物志(第63卷). 北京: 科学出版社, 1977.