

野木瓜酵素发酵过程中活性成分的变化

王瑜¹, 李立郎¹, 张洁², 李雪¹, 杨礼寿¹, 林灵³, 周美¹, 杨小生¹

(1. 贵州医科大学药用植物功效与利用国家重点实验室, 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州贵阳 550014) (2. 贵州医科大学大健康学院, 贵州贵阳 550025) (3. 贵州医科大学药学院, 贵州贵阳 550025)

摘要: 本研究以贵州野木瓜为原料, 采用三种优势菌群为不同的发酵剂制备野木瓜酵素, 并分析不同发酵剂对其主要活性物质(总三萜、总黄酮、儿茶素、超氧歧化酶 SOD)含量损耗的影响, 结果表明: 高效酒曲发酵结束后总三萜由 6.79 mg/100 mL 降低到 5.71 mg/100 mL, 降低了 15.91%, 总黄酮含量下降了 40.00%, 儿茶素含量下降了 37.78%, SOD 活性下降了 56.32%; 曲王发酵结束后总三萜含量下降了 38.73%, 总黄酮含量下降了 58.82%, 儿茶素含量下降 35.56%, SOD 活性下降了 42.27%, 变化显著 ($p < 0.05$); 甜酒曲发酵结束后总三萜升高 0.74%, 总黄酮含量下降 15.89%, 儿茶素含量下降 0.11%, SOD 活性下降了 48.73%。综上可知, 不同的发酵剂发酵后活性物质成分均有损耗, 优势菌群不同, 损耗程度有所差异, 其中采用酵母菌、醋酸菌、乳酸菌复配而成的甜酒曲发酵结束后活性成分的衰减程度最低, 因此, 以酵母菌、醋酸菌、乳酸菌复配而成的发酵剂可应用于野木瓜酵素工业化生产中。

关键词: 野木瓜; 酵素; 发酵剂; 活性成分

文章编号: 1673-9078(2019)010-125-130

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2019.10.018

Changes in Active Components in *Stauntonia chinensis* Ferment during Fermentation

WANG Yu¹, LI Li-lang¹, ZHANG Jie², LI Xue¹, YANG Li-shou¹, LIN Ling³, ZHOU Mei¹, YANG Xiao-sheng¹

(1.State Key Laboratory for Efficacy and Utilization of Medicinal Plants, The Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guizhou Medical University, Guiyang 550014, China)

(2.Grand Health College, Guizhou Medical University, Guiyang 550025, China)

(3.School of Pharmacy, Guizhou Medical University, Guiyang 550025, China)

Abstract: In this study, *Stauntonia chinensis* ferment was prepared through using wild *Stauntonia chinensis* grown in Guizhou province as the raw material, and three different dominant microflora as the starter cultures. The loss of the major active substances (total triterpenes, total flavonoids, catechins and superoxide dismutase (SOD)) were analyzed. The results showed that after efficient fermentation with starter cultures, the total triterpenes decreased from 6.79 mg/100 mL to 5.71 mg/100 mL (decrease by 15.91%), with the total flavonoid content, catechin content and SOD activity decreasing by 40.00%, 37.78% and 56.32%, respectively. After the fermentation with king starter cultures, the contents of total triterpenoids, total flavonoids and catechins, and SOD activity decreased by 38.73%, 58.82%, 35.56% and 42.27% ($p < 0.05$), respectively. After the fermentation with sweet starter cultures, the content of total triterpenoids increased by 0.74%, whilst the total flavonoid content, content of catechins, and SOD activity decreased by 15.89%, 0.11% and 48.73%, respectively. In conclusion, the fermentation using different starter cultures led to a loss of active components in *Stauntonia chinensis* ferments, with different dominant microflora causing different extents of loss. Among which, the decreases of the active components in the ferments were the lowest when the composite sweet starter cultures (consisting of yeast, acetic acid bacteria and lactic acid bacteria) was used. Therefore, the composite starter culture composed of yeast, acetic acid bacteria and lactic acid bacteria can be applied in the industrial production of *Stauntonia chinensis* ferments.

Key words: *Stauntonia chinensis*; ferment; starter; functional components

收稿日期: 2019-03-01

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合 LH 字[2016]7431); 贵州省科技支撑项目(黔科合支撑[2018]2308); 贵州省科技支撑项目(黔科合支撑[2017]2851); 贵州省高层次创新型人才项目(黔科合人才[2015]4027)

作者简介: 王瑜(1987-), 男, 助理研究员, 研究方向: 健康养生产品开发

通讯作者: 杨小生(1966-), 男, 博士, 研究员, 研究方向: 天然产物

野木瓜 (*Stauntonia chinensis*) 属蔷薇科灌木丛植物, 为中国特有果木之一, 素有“百益之果”美称, 是贵州省遵义市正安县特有水果^[1]。野木瓜皮薄肉厚、风味浓郁、品质优良, 富含多种营养成分, 包括氨基酸、维生素、多糖^[2]、总黄酮^[3]、多酚类、三萜皂苷类化合物齐墩果酸^[4]和酶类, 其中酶包括过氧化氢酶、木瓜蛋白酶、超氧化物歧化酶 (SOD) 等^[5]。药理作用方面, 野木瓜具有镇痛抗炎、阻滞神经传导、抑制胃肠道平滑肌等药理活性^[6]。

果蔬中的营养物质包括纤维、维生素、矿物质等, 并含有一些非营养类的植物活性成分, 包括黄酮类、植物雌激素、含硫化合物、单萜及生物活性肽等; 发酵过程中, 生物活性肽、短链脂肪酸或多糖等分子生成, 糖或抗营养物质减少, 酚类转化为具有附加生物价值的分子^[7]。酵素发酵是一个复杂的混菌发酵体系, 其中微生物通过其自身的物质代谢, 使发酵原料在分子水平上发生分解和结构改变, 产生很多复杂的中间代谢或交叉代谢产物, 实现物质之间的代谢转化, 产生新的生物活性成分, 并代谢产生多种生物酶^[8]。发酵剂的优势菌群不同代谢产物也不同, 凌空^[9]等人研究了果蔬酵素不同发酵周期中微生物: 从6个月果蔬酵素中分离鉴定出菌种7株, 包括3株乳酸杆菌, 4株酵母菌; 从12个月果蔬酵素中分离出菌种5株, 包括3株乳杆菌和2株酵母; 从18个月果蔬酵素中分离出菌种3株酵母。综上可知, 果蔬发酵过程中各位功能活性成分的变化与发酵剂的微生物组成关系重大, 因此通过研究不同发酵剂发酵野木瓜酵素后功能成分的变化, 可以更好的筛选出适宜的发酵剂。而目前基于野木瓜微生物发酵的研究主要有野木瓜酒^[10,11], 野木瓜醋^[12]等工艺方面的研究, 目前还没有针对野木瓜酵素发酵过程中活性成分变化的研究。

为了筛选适宜野木瓜酵素发酵的发酵剂, 本研究选择优势菌群不同的三种发酵剂, 即高效酒曲, 甜酒曲, 曲王来发酵制备野木瓜酵素, 其中高效酒曲以产酯产香的细菌类微生物为主, 少量酵母菌, 曲王以酵母为主, 甜酒曲以产糖化和液化酶类以及酵母, 醋酸菌, 乳酸菌复配而成。在相同的发酵环境下发酵制备野木瓜酵素, 追踪发酵过程中主要的活性成分总三萜, 总黄酮, 儿茶素以及超氧歧化酶 SOD 的变化。可为更好的指导野木瓜酵素的工业化生产提供理论技术参数。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

野木瓜原料, 贵州遵安农旅科技发展有限公司提供; 高效酒曲发酵剂, 贵州省酿酒工程技术开发中心研制 (产品执行标准编号为 Q-QK05-2003); 曲王, 产地陕西横山县 (执行编号为 Q/SHQ01-1998); 甜酒曲, 实验室自制 (以糖化和液化酶与安琪酵母、醋酸菌、乳酸菌复配而成); 发酵辅料: 白糖、水、无水乙醇, 天津市科密欧化学试剂有限公司; 显色剂: 碘, 国药集团化学试剂有限公司; 5%硫酸乙醇溶液、五氧化二磷, 国药集团化学试剂有限公司; 硫酸亚铁, 南京化学试剂股份有限公司; 过氧化氢, 国药集团化学试剂有限公司; 水杨酸, 国药集团化学试剂有限公司; 香草醛, 天津市津南区咸水沽工业园区; 冰乙酸, 成都市科龙化工试剂厂; 高氯酸, 国药集团化学试剂有限公司; 齐墩果酸, 中国药品生物制品检定所 (纯度99%); 芦丁, 贵州迪大生物科技有限责任公司 (纯度94.47%); 儿茶素, 贵州迪大生物科技有限责任公司 (纯度98%); 总超氧化物歧化酶 (T-SOD) 测试盒 (羟胺法), 南京建成生物工程研究所。

1.2 仪器与设备

高效液相色谱仪 (Millipore-0026), 美国 Thermo Fisher 公司; 打浆机 (SKG-PB-936), 上海达瑞宝公司; 电子天平 (BS-210S), 北京赛多利斯仪器有限公司; 分析天平 (AG285), Metler Toledo; 旋转蒸发器 (EYELA), 上海爱朗仪器有限公司; 超纯水机 (Millipore-0026), 美国 Millipore 公司; 鼓风烘箱 (GZX-9420MBE), 上海博迅实业有限公司; 紫外分光光度计 (UV-1800), 上海精密科学仪器有限公司; 离心机 (TCL-168), 上海安亭科技仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 野木瓜酵素的制备工艺

将成熟的野木瓜洗净去籽, 分别称取9份150.00 g质量相等的鲜果, 分别加入两倍量的灭菌蒸馏水打浆, 打浆1 min, 将浆液称重后, 倒入已灭菌的三角瓶中, 按照浆液质量加入10%白糖, 搅拌使白糖完全溶化, 按照质量份数为0.5%的添加量, 分别添加活化好的三种发酵剂: 高效酒曲、甜酒曲、曲王, 每种发酵剂做三份平行, 搅拌均匀使其溶解, 并使其温度在25℃~35℃开始发酵。按照发酵阶段在第0 d、第10 d、第20 d、第30 d、第40 d取上清液过滤后进行活性成分分析检测。

1.3.2 活性成分分析检测方法

1.3.2.1 总三萜含量测定

以齐墩果酸为对照品, 称取5.00 mg 齐墩果酸到

5.00 mL 的容量瓶中, 加入甲醇溶解制成 1.00 mg/mL 齐墩果酸的对照品溶液, 吸取 1.00 mL 对照品溶液置于 10.00 mL 容量瓶中, 加入甲醇稀释定容, 得每 1.00 mL 含有 0.10 mg 齐墩果酸的对照品溶液。吸取 50.00 μ L 野木瓜酵素液按照顺序依次加入 0.40 mL 5% 香草醛-冰乙酸溶液和 1.00 mL 高氯酸, 在 60 $^{\circ}$ C 水浴加热 15 min 后, 放置于冰水浴中, 然后加入 5.00 mL 冰乙酸, 摇匀, 做全波长扫描测定在 545 nm 处吸收值最大, 绘制总三萜的标准曲线, 取样 50.00 μ L, 通过紫外分光光度计测定吸光度计算总三萜含量^[13]。

1.3.2.2 总黄酮含量测定

以芦丁为对照品, 精密称取 5.00 mg 芦丁到 5.00 mL 的容量瓶中, 加入甲醇溶解制成 1.00 mg/mL 芦丁的对照品溶液, 精密量取 2.40 mL 对照品溶液置于 10.00 mL 容量瓶中, 加甲醇稀释定容, 得每 0.24 mg/mL 芦丁的对照品溶液。吸取 100.00 μ L 野木瓜酵素发酵液加入 0.20 mL 5% 亚硝酸钠 (M/V) 摇匀, 放置 6 min, 10% 硝酸铝 0.20 mL (M/V), 摇匀, 放置 6 min, 加入 4% NaOH (M/V) 2.00 mL, 用水定容至刻

$$\text{总SOD活力} = \frac{\text{对照OD值} - \text{测定OD值}}{\text{对照OD值} \times 50\%} \times \frac{\text{反应总体积 (mL)}}{\text{取样量 (mL)}} \div \text{匀浆液浓度 (g/mL)}$$

式中: 匀浆浓度=野木瓜果肉 (g) / 发酵液中水的体积 (mL)。

表 1 HPLC 测定儿茶素含量的色谱条件

Table 1 Chromatographic conditions for the determination of catechin content by HPLC

梯度洗脱体积流量	0~5 min	5~15 min	15~35 min	流速/(mL/min)	柱温/ $^{\circ}$ C	波长/nm	进样量/ μ L
儿茶素	5% A	15% A	25% A	1	25	265	2.5

1.3.3 数据统计与分析

所有实验数据均是3次重复实验的平均值并计算标准偏差。应用SPSS 21.0软件进行显著性分析, 以 $p < 0.05$ 为变化显著, 采用Origin 8.5软件作图。

2 结果与分析

2.1 野木瓜酵素发酵过程中总三萜含量变化

由图 1 可知, 野木瓜酵素, 总三萜含量整体下降的趋势, 发酵前检测到原料中的总三萜含量为 6.79 mg/100 mL, 采用以酵母为主的曲王发酵的野木瓜酵素由 6.79 mg/100 mL 降低至 4.16 mg/100 mL, 变化显著 ($p \leq 0.05$); 采用以产酯产香的细菌类微生物为主的高效酒曲, 在发酵到第 10 d 时, 总三萜的含量由降低变为增加, 最终由 6.79 mg/100 mL 降低至 5.71 mg/100 mL, 变化不显著 ($p \geq 0.05$); 采用以产糖化和液化酶类以及酵母、醋酸菌、乳酸菌复配而成的甜酒曲, 总三萜的含量由先升高后降低, 后期又升高, 由 6.79 mg/100 mL 升高至 6.84 mg/100 mL。因此合理的选择

度, 摇匀, 放置 15 min。全波长扫描测定在 510 nm 处有最大吸收值, 以芦丁为对照品绘制标准曲线, 采用紫外分光光度计在 510 nm 处测定吸光值, 通过计算得出不同发酵剂发酵野木瓜酵素总黄酮含量变化。

1.3.2.3 儿茶素含量测定

分别精密称量儿茶素 5.00 mg 于 5.00 mL 容量瓶中, 分别加甲醇溶解制成 1 mg/mL 的对照品溶液; 分别精密量取儿茶素对照品溶液 1.00 mL 置于 10.00 mL 容量瓶中, 加甲醇稀释, 定容, 得浓度为 100.00 μ g/mL 儿茶素的对照品溶液。

采用 HPLC 进行含量测定, 其中色谱条件 Topsisil C18 色谱柱 (4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m); 流动相为甲醇 (A) -0.1% 甲酸水 (B), 见表 1。

1.3.2.4 SOD 酶活力的测定

采用试剂盒测试, 将样品充分混匀后置于 37 $^{\circ}$ C 的恒温水浴 40 min, 再各加入显色剂 2.00 mL, 最后混匀室温放置 10 min, 于波长 550 nm 处测定吸光度(A)。采用 1 cm 光径比色皿, 双蒸水调零, 比色。在上述条件下, SOD 酶的活力计算公式为:

发酵剂, 控制发酵时间可有效的降低发酵过程中功能成分总三萜含量的变化。

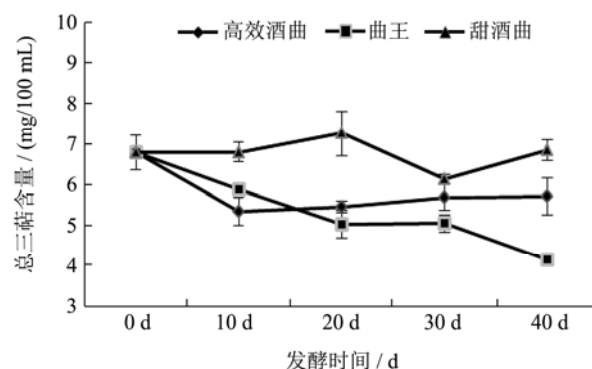


图 1 不同发酵剂发酵野木瓜酵素总三萜含量变化趋势图

Fig.1 Trend diagram of total triterpenoid content of fermented *Stauntonia chinensis* fermented by different starter

2.2 野木瓜酵素发酵过程中总黄酮含量变化

由图 2 可知, 三种不同的发酵剂发酵野木瓜酵素, 总黄酮含量都趋于下降的趋势, 其中曲王和高效酒曲显著降低 ($p \leq 0.05$) 分别由最初的 17.00 mg/100 mL

降低至 7.00 mg/100 mL 和 10.20 mg/100 mL, 而采用酶和微生物复配的甜酒曲降低不显著 ($p \geq 0.05$), 由最初的 17.00 mg/100 mL 降低至 14.30 mg/100 mL。酵素化的过程其实就是一个微生物提取的过程, 不同发酵阶段, 优势微生物菌群不同, 从图 2 可知以酵母为主的曲王发酵的野木瓜酵素总黄酮含量在发酵全程都降低, 总黄酮在发酵过程中含量变化不显著, 因此选择丰富多样性强的微生物菌群作为野木瓜酵素的发酵剂, 可有效的减少酵素化过程中总黄酮的变化。

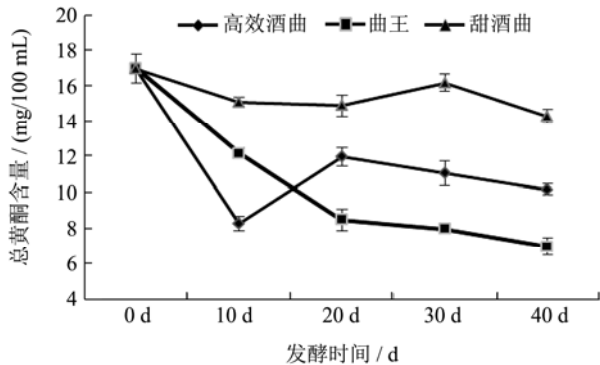


图 2 不同发酵剂发酵野木瓜酵素总黄酮含量变化趋势图
Fig.2 Trend diagram of total flavonoids content in fermented *Stauntonia chinensis* ferment fermented by different starter

2.3 野木瓜酵素发酵过程中儿茶素含量变化

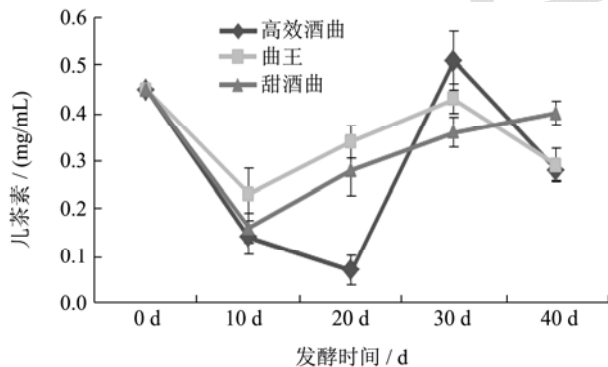


图 3 不同发酵剂发酵野木瓜酵素儿茶素含量变化趋势图
Fig.3 Trend diagram of fermented *Stauntonia chinensis* ferment catechins in different fermenting agents

由图 3 可知, 采用高效酒曲发酵野木瓜酵素在发酵前 20 d 的时候含量在一直下降, 从 20 d 到 30 d 阶段是升高, 在发酵到 30 d 的时候含量高于原料中, 微生物的代谢产物会有没食子酸与其中的醇类物质反应生成儿茶素没食子酸酯, 而曲王和甜酒曲在发酵第 10 d 的时候儿茶素含量由降低变为升高, 这两种发酵剂在第 10 d 的时候完成酒精发酵, 乳酸菌和醋酸菌作为优势菌群产生代谢产物, 有研究表明乳酸菌在植物自身菌群中占很小部分, 但通过它们发酵各种蔬菜、水果等植物性食物, 就能显著改变和促进健康功能; 乳

酸菌参与植物的酚醛树脂代谢、脂肪酸代谢、碳代谢及氮代谢; 乳酸菌还可能去除植物性食物中有毒的成分, 例如植物乳杆菌可水解有毒的巢菜核甙及伴蚕豆嘧啶核苷^[14]。通过图 3 可知野木瓜酵素从酒精发酵转为乳酸和醋酸发酵后, 三种酒曲发酵的野木瓜酵素中儿茶素的含量显著升高 ($p \leq 0.05$)。综合分析变化过程, 可推测野木瓜酵素化过程中会产生没食子酸并与其中的醇类物质反应生成儿茶素没食子酸酯, 但需进一步检测。

2.4 野木瓜酵素发酵过程中超氧歧化酶 SOD 含量变化

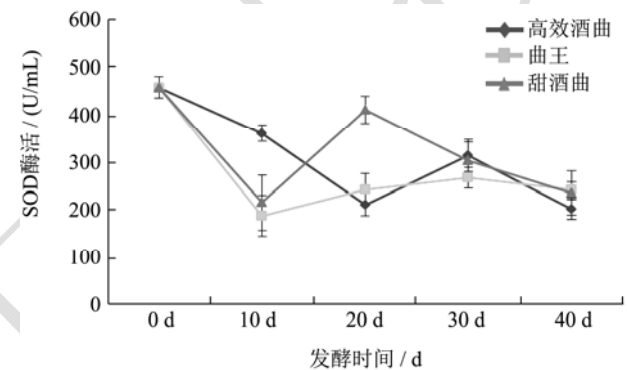


图 4 不同发酵剂发酵野木瓜酵素 SOD 酶活变化趋势图
Fig.4 Trend diagram of SOD content in fermented *Stauntonia chinensis* ferment fermented by different starter

植物酵素又称植物综合活性酶, 研究表明植物酵素中的主要功效酶有超氧化物歧化酶、蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶等^[15]。野木瓜果实中富含丰富的特征功能物质超氧化物歧化酶 SOD, 但其在加工和保藏过程中 SOD 活性容易发生衰减, 导致产品功能的下降^[16]。因此野木瓜酵素发酵过程中, SOD 作为一个功能成分进行研究有助于保持产品的功能稳定。从图 4 可知, 三种不同的发酵剂发酵野木瓜酵素, SOD 酶活先是显著降低, 之后逐渐升高。其中高效酒曲在发酵第 20 d 的时候开始升高, 而曲王和甜酒曲在发酵第 10 d 的时候开始升高, 整个发酵阶段分析可知, 野木瓜酵素中 SOD 的含量趋于降低, 由此可知野木瓜酵素原料中含量较高, 检测到发酵第 1 d, 野木瓜中超氧化物歧化酶 SOD 的酶活为 459.90 U/mL。因为超氧化物歧化酶 SOD 不稳定, 在发酵过程中不断的衰减, 但是酵素化的过程中, 有研究表明通过微生物发酵也可以制备超氧化物歧化酶 SOD^[17], 侯进慧等人以大蒜为研究对象, 添加植物乳杆菌、嗜酸乳杆菌和鼠李糖乳杆菌等三种乳酸菌发酵大蒜, 发酵开始后, SOD 酶活性有所增加, 并保持了较高水平^[18]; 采用三种不同的发酵剂

发酵野木瓜酵素, 超氧化物歧化酶 SOD 的酶活都是先下降又趋于上升趋势然后又有下降的趋势, 可以推测在野木瓜酵素发酵过程中, 前期微生物代谢缓慢, 产超氧化物歧化酶 SOD 的量低于超氧化物歧化酶 SOD 衰减的量, 而后期微生物代谢旺盛, 产 SOD 的能力大于 SOD 衰减的进度。

3 结论

通过分析不同发酵剂发酵野木瓜酵素主要活性成分的变化可知, 发酵剂对酵素中成分的变化影响显著, 三种发酵剂发酵野木瓜酵素过程分为两个阶段, 前期以酒精发酵为主, 后期以醋酸和乳酸发酵为主。不同的发酵剂发酵后活性物质成分均有损耗, 优势菌群不同, 损耗程度有所差异, 其中采用酵母菌, 醋酸菌, 乳酸菌复配而成的甜酒曲发酵结束后活性成分的衰减程度最低, 因此, 野木瓜酵素工业化生产中可以考虑以酵母菌, 醋酸菌, 乳酸菌复配而成的发酵剂发酵野木瓜酵素。因此, 发酵剂是影响酵素品质的关键因素, 功能性发酵菌株的筛选和优化是发酵果蔬制品研发的关键, 建立果蔬发酵益生菌资源库、采用多菌种协同发酵以发挥多种益生菌的功效, 针对不同的果蔬创制直投式的复配发酵剂是发展趋势。

参考文献

- [1] 吴国卿, 王文平, 陈燕. 野木瓜的资源状况与食用加工研究综述[J]. 贵州农业科学, 2010, 2: 163-165
WU Guo-qing, WANG Wen-ping, CHEN Yan. Resource status and active composition of chaenomeles cathayensis and its processing technology [J]. Guizhou Agricultural Science, 2010, 2: 163-165
- [2] 王文平, 郭祀远, 李琳, 等. 野木瓜水溶性多糖的提取、分离及结构分析[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2008, 36(7): 128-133
WANG Wen-ping, GUO Si-yuan, LI Lin, et al. Extraction, separation and structural analysis of water-soluble polysaccharides from *Chaenomeles cathayensis* [J]. Journal of South China University of Technology (Natural Science Edition), 2008, 36(7): 128-133
- [3] 唐维媛, 董永刚, 王明力, 等. 野木瓜中总黄酮的提取与含量测定[J]. 中国酿造, 2008, 20: 27-30
TANG Wei-yuan, DONG Yong-gang, WANG Ming-li, et al. The extraction and determination of Guizhou's special local product *Chaenomeles cathayensi* [J]. China Brewing, 2008, 20: 27-30
- [4] 谢彦海, 李晶, 余良忠, 等. 野木瓜不同提取部位的镇痛抗炎作用研究[J]. 时珍国医国药, 2015, 4: 861-862
XIE Yan-hai, LI Jing, YU Liang-zhong, et al. Analgesic and anti-inflammatory activities of extracts from *Stauntonia chinensis* dc in mice [J]. Lishizhen Medicine and Materia Medica Research, 2015, 4: 861-862
- [5] 卢旭然, 王满元, 龚慕辛, 等. 野木瓜属植物化学成分和药理活性的研究进展[J]. 北京中医药, 2013, 7: 556-559
LU Xu-ran, WANG Man-yuan, GONG Mu-xing, et al. Advances in the study of chemical constituents and pharmacological activities of plants of the *Stauntonia chinensis* [J]. Beijing Journal of Traditional Chinese Medicine, 2013, 7: 556-559
- [6] 陈瑛, 李锦, 吴英良. 野木瓜化学成分及其药理和临床研究进展[J]. 沈阳药科大学学报, 2008, 11: 924-928
CHEN Ying, LI Jin, WU Ying-liang. Research overview of the chemical components and the pharmacoclinic of *Stauntonia chinensis* [J]. Journal of Shenyang Pharmaceutical University, 2008, 11: 924-928
- [7] Septembre-Malaterre A, Remize F, Poucheret P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation [J]. Food Research International, 2018, 104: 86-99
- [8] 赵芳芳, 莫雅雯, 蒋增良, 等. 功能性微生物酵素产品的研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2016, 7: 283-287
ZHAO Fang-fang, MO Ya-wen, JIANG Zeng-liang, et al. Research progress on functional microbial ferment product [J]. Food and Fermentation Industries, 2016, 7: 283-287
- [9] 凌空, 周明, 陆路, 等. 果蔬酵素不同发酵周期中微生物的分离鉴定[J]. 中国食品添加剂, 2018, 7: 71-77
LING Kong, ZHOU Ming, LU Lu, et al. Isolation and identification of predominant microbes from fruit and vegetable enzymes during different fermentation process [J]. China Food Additives, 2018, 7: 71-77
- [10] 刘小雨, 李科, 张惟广. 纯种发酵和混菌发酵对野木瓜果酒品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 10: 134-140
LIU Xiao-yu, LI Ke, ZHANG Wei-guang. Effects of pure and mixed fermentation on the quality of *Stauntonia chinensis* wine [J]. Food and Fermentation Industries, 2018, 10: 134-140
- [11] 田亮, 王文平, 吴国卿, 等. 发酵型野木瓜果酒加工工艺研究[J]. 中国酿造, 2010, 11: 177-179
TIAN Liang, WANG Wen-ping, WU Guo-qin, et al. Processing technology of *Chaenomeles cathayensis* wine [J]. China Brewing, 2010, 11: 177-179

- [12] 吴国卿,王文平,陈燕,等.液态发酵法酿造野木瓜果醋[J].食品研究与开发,2012,6:92-97
WU Guo-qin, WANG Wen-ping, CHEN Yan, et al. study on *Chaenomeles cathayensis* vinegar with liquid state fermentation [J]. Food Research and Development, 2012, 6: 92-97
- [13] 南莹,李齐激,马琳,等.紫外分光光度法测定刺梨总三萜与总黄酮含量[J].遵义医学院学报,2012,6:473-476
NAN Ying, LI Qi-ji, MA Ling, et al. The content determination of total triterpenoids and flavonoids in *Rosa roxburghii* by ultraviolet spectrophotometry [J]. Acta Academiae Medicinae Zunyi, 2012, 6: 473-476
- [14] Filaminio P, Di Cagno R, Gobbetti M. Metabolic and functional paths of lactic acid bacteria in plant foods: get out of the labyrinth [J]. Curr Opin Biotechnol, 2018, 49: 64-72
- [15] 邵颖,陈安徽,黄勃,等.植物酵素发酵过程中几种功效酶的动态变化及减肥功效评价[J].食品科技,2018,9:117-120
SHAO Yin, CHEN An-hui, HUANG Bo, et al. Changes of effective enzymes during the fermentation of plant ferment and weight-loss activity on mice [J]. Food Science and Technology, 2018, 9: 117-120
- [16] 王知松,刘金娥,修慧迪,等.几种野木瓜SOD抗氧化衰减抑制剂的效应分析[J].保鲜与加工,2017,5:96-102
WANG Zhi-song, LIU Jin-e, XIU Hui-di, et al. Effect of several kinds of antioxidant inhibitors on SOD activity from *Starntonia chinensis* DC [J]. Storage and Process, 2017, 5: 96-102
- [17] 陈珊,张乐.发酵法生产超氧化物歧化酶的研究进展[J].农产品加工,2015,11:76-77
CHEN Shan, ZHANG Le. Research progress on production of superoxide dismutase by fermentation [J]. Farm Products Processing, 2015, 11: 76-77
- [18] 侯进慧,李勇,唐梦笛,等.乳酸菌复合发酵大蒜风味、活性成分和微生物种群变化分析[J].食品工业科技,2017,21:92-95
HOU Jin-hui, LI Yong, TANG Meng-di, et al. Analysis of the changes of flavor, active components and microbial population in fermentation of garlic by lactic acid bacteria [J]. Journal and Technology of Food Industry, 2017, 21: 92-95

(上接第 11 页)

- [25] Espín J C, González-Sarrías A, Tomás-Barberán F A, et al. The gut microbiota: A key factor in the therapeutic effects of (poly) phenols [J]. Biochemical Pharmacology, 2017, 139(1): 82-93
- [26] 曾端,于文娟,李华芳.脑源性神经营养因子及相关通路在抗抑郁药中的研究进展[J].临床精神医学杂志,2017,27(5): 347-350
ZENG Duan, YU Wen-juan, LI Hualfang. Research progress of brain-derived neurotrophic factors and related pathways in antidepressants [J]. Journal of Clinical Psychiatry, 2017, 27(5): 347-350
- [27] 余汇,陈佳佳,曾冰清,等.cAMP/CREB/BDNF 信号通路在沃替西汀抗小鼠抑郁样行为中的作用[J].南方医科大学学报,2017,37(1):107-112
YU Hui, CHEN Jia-jia, ZENG Bing-qing, et al. The role of cAMP/CREB/BDNF signaling pathway in the antidepressant-like behavior of vortioxetine in mice [J]. Journal of Southern Medical University, 2017, 37(1): 107-112
- [28] 陈凤,王龙娟,李贞贞,等.大鼠肠道菌群变化影响其大脑海马脑源性神经营养因子的表达[J].中国微生态学杂志,2015,27(1):10-13
CHEN Feng, WANG Long-juan, LI Zhen-zhen, et al. Changes of intestinal flora in rats affect the expression of brain-derived neurotrophic factor in hippocampus [J]. Chinese Journal of Microecology, 2015, 27(1): 10-13
- [29] Castrén E, Rantamäki T. The role of BDNF and its receptors in depression and antidepressant drug action: Reactivation of developmental plasticity [J]. Developmental Neurobiology, 2010, 70(5): 289-297

(上接第 138 页)

- [32] 郭辉,何慧,韩樱,等.玉米肽对小鼠酒后肝脏乙醇脱氢酶活性的影响及醒酒机理[J].食品科学,2011,32(11):265-269
GUO Hui, HE Hui, HAN Ying, et al. Effect of corn peptides on alcohol dehydrogenase activity in live of mice after drinking and its anti-alcohol mechanism [J]. Food Science, 2011, 32(11): 265-269