

# 山楂风味啤酒酿造工艺研究

成冬冬\*, 甄晨瑞, 迟玉洁, 郭小龙, 胡彦营, 韩小龙

(济宁学院生命科学与生物工程学院, 曲阜 273155)

**摘要: 目的** 探究山楂风味啤酒酿造工艺的可行性。**方法** 以进口澳麦、小麦芽、啤酒花、山楂汁和山楂粉等为原料, 采用单醪浸出糖化法、经接种 WB-06 上面酵母、发酵等工艺制备山楂风味啤酒, 采用 pH 计检测成品啤酒的 pH, 滴定法检测其总酸含量, 邻苯二胺法和碘量法分别检测其双乙酰和总黄酮含量, 并进行感官品评。**结果** 酿造出的山楂风味啤酒色度值在 16~35 EBC, 总黄酮含量大于 15  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , 双乙酰含量低于 0.15 mg/L, 总酸大于 5 mL/100 mL。与传统小麦啤酒进行比较, 山楂风味啤酒不仅具有麦芽香和酒花香气, 还具有山楂果的香气, 口味清爽, 苦味适宜。**结论** 在小麦啤酒酿造工序中添加山楂制品酿造山楂啤酒是可行的, 可获得具有山楂风味, 且品质较好的啤酒。

**关键词:** 山楂; 小麦啤酒; 酿造工艺; 酸度

## Study on the brewing technology of hawthorn flavor craft beer

CHENG Dong-Dong\*, ZHEN Chen-Rui, CHI Yu-Jie, GUO Xiao-Long, HU Yan-Ying, HAN Xiao-Long

(Department of Life Science and Bioengineering, Jining University, Qufu 273155, China)

**ABSTRACT: Objective** To explore the feasibility of hawthorn flavor beer brewing technology. **Methods** The hawthorn flavor craft beer was prepared by single mash leaching saccharification, WB-06 yeast inoculation, and fermentation and other processes with imported Australian malt, wheat malt, hops, hawthorn juice and hawthorn powder as raw materials, pH meter was used to detect the pH, titration method was used to detect the total acid content, and the diacetyl content and total flavone content of the finished beer were detected by o-phenylenediamine method and iodometry method respectively, and sensory evaluation was conducted. **Results** The chromaticity values were between 16-35 EBC, and total flavonoids content was more than 15  $\mu\text{g}/\text{mL}$ , the content of diacetyl was less than 0.15 mg/L, and the total acid was more than 5 mL/100 mL. Compared with the traditional wheat beer, not only the malt fragrance and the aroma of hops could be finding in the hawthorn flavor craft beer, but also the hawthorn fruit fragrance, the taste was light, and the bitter taste was suitable. **Conclusion** It is feasible to brew hawthorn beer by adding hawthorn products in wheat beer brewing process, and better quality craft beer with hawthorn flavor can be obtained.

**KEY WORDS:** hawthorn; wheat beer; brewing technology; acidity

基金项目: 2020 年度济宁学院青年科研基金资助项目(2020QNKJ03)、2020 年度济宁学院大学生研究性学习与创新性实验计划项目资助项目(cx202048)

Fund: Supported by the Youth Research Fund of Jining University in 2020 (2020QNKJ03), and the Research Study and Innovative Experiment Program of Jining University in 2020 (cx202048)

\*通信作者: 成冬冬, 硕士, 讲师, 主要研究方向为现代酿酒技术。E-mail: bzmcd@126.com

\*Corresponding author: CHENG Dong-Dong, Master, Lecturer, Jining university, No.1, Xingtian Road, Qufu 273155, China. E-mail: bzmcd@126.com

## 0 引言

山楂(*Crataegus pinnatifida*), 也唤作山里红, 是蔷薇科山楂属植物的果实, 栽种历史悠久, 是我国特有的果种之一。山楂果树环境适应能力极强, 喜光、喜暖、耐寒、耐旱并且不择土壤, 各种气候、地理条件均能良好生长<sup>[1-2]</sup>。我国北方地区如山东、辽宁等地种植广泛, 年产量超过 100 万 t。山楂是药食同源食品之一, 中医学研究发现山楂具有消食活血养生、健脾开胃、消化解食、解酒等作用, 现代医学认为, 其具有降血压、降血脂、抗癌等功效<sup>[3-4]</sup>。但山楂果实口感较酸, 加工形式单一, 其销量远不能满足种植业发展的需求。

国内已有山楂果酒、山楂红酒、山楂白兰地及山楂配制酒等多种山楂风味酒精饮料, 主要以山楂果制备山楂汁, 经发酵、勾兑调味等工艺生产制作, 大多属于果酒范畴<sup>[5]</sup>。精酿啤酒, 最初是指手工酿造的啤酒, 以其浓郁的麦芽香气和丰满的口感备受消费者青睐, 近几年在国内的发展迅速<sup>[6]</sup>。山楂精酿啤酒是近年来发展起来的功能性啤酒, 主要是将山楂与枸杞子、菠萝、金银花等复合应用于生产山楂精酿啤酒, 以降低成品酒酸感, 比如胡华勇<sup>[7]</sup>利用正交实验, 确定了山楂酸味啤酒的糖化和发酵最优工艺, 山楂和洛神花在冷储第 5 d 一次性添加后, 发酵所得山楂酸味啤酒泡沫细腻丰富、酸味协调、山楂风味突出、酒体呈深红色。但单独使用山楂进行啤酒酿造的研究不多, 基于此, 探究一种山楂与精酿啤酒相结合的生产工艺, 将山楂应用于精酿啤酒, 在保证精酿啤酒经典风味的同时赋予其山楂果香, 不仅能够增强精酿啤酒多元化的口感, 而且能够丰富山楂资源的利用形式, 有助于推动山楂加工制造业、精酿啤酒酿造业多元化发展。

本研究以大麦芽、小麦芽、山楂为主要原料, 酿造山楂啤酒, 并检测其表观糖度、pH、总酸、总黄酮含量, 初步探究山楂作为单一功能性原料生产山楂风味啤酒的可行性, 以期对山楂多元化加工方式、保健型精酿啤酒的研发提供理论支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

进口澳麦、大麦芽、小麦芽(潍坊蓝乔精酿啤酒有限公司); 青岛大花苦型颗粒酒花、萨兹香型颗粒酒花(济南双麦啤酒物资有限公司); WB-06 上面发酵酵母(弗曼迪斯酵母有限公司); 甲醇、NaOH、AL(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 芦丁标准品(纯度 ≥ 98, 合肥博美生物公司); 重铬酸钾(分析纯, 雄大化工有限公司); 亚硝酸铁氰化钠(分析纯, 上海展云化工有限公司)。

山楂为市售金星大果, 约 17.8 g/个; 山楂粉(300 目)亦为市售; 可乐瓶(2 L, 山东汶联商贸有限公司)。

### 1.2 仪器与设备

DL-1 万用电炉(北京市永光明医疗仪器有限责任公司); DHP-9150A 电热培养箱(上海成顺仪器仪表有限公司); EBC 啤酒比色仪(上海昕瑞仪器仪表有限公司); UV-5600 分光光度计(上海元析仪器有限公司); 雷磁 PHS-3C 酸度计(上海仪电科学仪器股份有限公司); P122 打浆机(杭州九阳生活电器有限公司); WZS80 手持式糖度计(上海仪电物理光学仪器有限公司); Fermento Flash 啤酒分析仪(北京海富达科技有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 山楂汁的制备

优选成熟度好且无病虫害的新鲜山楂, 清洗干净后, 去籽、去柄、去梗, 鲜山楂与水按照 1:5 (*m:m*)混合后, 打至浆水状, 用万用电热炉加热至 80 °C 并恒温保持 10 min, 将热处理后的汁液静置冷却至室温, 用纱布过滤即得山楂清汁<sup>[8]</sup>。称取 200 g 处理好的山楂, 按上述步骤操作获取山楂清汁。

#### 1.3.2 山楂味精酿啤酒酿造工艺流程及操作要点

##### (1) 工艺流程

原料粉碎→糖化→过滤→加酒花煮沸→回旋沉淀→装瓶加酵母发酵→冷却降温→成品。

##### (2) 操作要点

酵母活化: 打开超净工作台, 打开紫外灯, 排风。将纯净水煮沸后放入超净工作台, 待温度降到 30 °C 以下时称取 WB-06 酵母 2.4 g, 按照 1:10 (g:mL)量取纯净水, 关闭紫外灯, 将酵母接种于纯水中, 静置活化 15 min, 之后搅拌均匀, 待用。

原料粉碎: 称取大麦芽 4.2 kg, 小麦芽 2.8 kg(小麦芽占麦芽总重量的 40%), 大麦芽用水(残碱度 ≤ 1.78 mmol/L)进行浸润后粉碎, 小麦芽直接粉碎。

投料糖化: 网孔筐放入糖化桶, 按照料水比 1:3.5 量取纯净水 24.5 L, 温度加热至 52 °C 时停止加热, 将粉碎后的麦芽放在过滤袋中, 并轻放入糖化桶, 缓慢搅拌麦芽粉至浸水完全, 注意不可散落麦芽粉至过滤袋外。搅拌后保温处理 40 min, 继续加热至 65 °C, 保温处理 70 min, 保温完毕, 继续加热至 72 °C, 保温处理 10 min, 继续加热至 78 °C, 完成糖化工序。

过滤洗糟: 糖化结束后通过过滤实现麦汁和麦糟的分离, 并用 78 °C 温水进行洗糟, 将头道麦汁和二道麦汁混合, 并使混合后的麦汁浓度 11.5 °P 左右。

加酒花、山楂煮沸: 设置 3 组实验, 首先量取混合后的麦汁 2.5 L, 煮沸, 待沸腾后开始计时, 煮沸时间 70 min, 在煮沸开始后第 10 min 加入青岛大花苦型颗粒酒花 0.5 g,

第 30 min 继续加入青岛大花苦型颗粒酒花 1.1 g, 第 60 min 加入萨兹香型颗粒酒花 0.5 g, 与此同时在第 1 组加 6 g 山楂粉, 第 2 组加 400 mL 山楂汁, 第 3 组不加山楂粉或山楂汁, 分别酿造山楂粉小麦啤酒、山楂汁小麦啤酒和常规小麦啤酒。继续煮沸 10 min, 煮沸强度控制在 8% 左右, 煮沸结束定型麦汁浓度在 11.7~12.3 °P。

回旋沉淀: 煮沸后的麦汁用自来水浸泡冷却至酵母接种的适宜温度, 实验控制为 20 °C, 需不断更换冷却用水, 但不宜晃动定型麦汁。

装瓶加酵母: 待温度下降至 20 °C 左右后, 将定型麦汁转移至预先消毒的 2 L 可乐瓶中, 每个可乐瓶中添加预先活化的 WB-06 上面发酵酵母, 接种量控制在  $1.5 \times 10^8 \sim 1.8 \times 10^8$  个/mL<sup>[9]</sup>, 摇匀, 微盖瓶盖, 但不拧紧。

发酵: 可乐瓶放置在 DHP-9150A 电热培养箱中, 20 °C 恒温发酵, 观察糖度变化, 待糖度降到 4.3 °P 以下拧紧瓶盖, 密封进行后发酵, 发酵温度控制在 20 °C 左右, 9 d 后进行降温<sup>[10]</sup>, 获得成品啤酒。

### 1.3.3 理化指标和微生物指标测定

以下理化指标的检测按照每天定时定点原则进行检测, 所有检测项目重复检测 3 次, 实验数据取平均值, 借助 Excel 2010 进行数据处理与数据图的制作。

#### (1) 表观糖度

采用手持式糖度计, 每天上午 10 点定时检测表观糖度, 至糖度在 4.3 °P 左右。

#### (2) 原麦汁浓度、酒精度

借助实验室全自动啤酒分析仪检测。

#### (3) 色度

借助 EBC 啤酒比色仪, 按照仪器使用说明书配制哈同溶液以及蒸馏水, 对仪器进行标定和校零, 因成品啤酒色度值实测远超比色仪量程, 参考文献<sup>[11]</sup>对样品进行稀释, 酒样色度值需将所测数值乘以稀释倍数。淡色啤酒色度 2~14 EBC, 浓色啤酒 15~40 EBC, 黑色啤酒色度值  $\geq 41$  EBC<sup>[12]</sup>。

#### (4) pH 及总酸

借助 pH 计、0.1 mol/L 氢氧化钠溶液进行滴定测定<sup>[13]</sup>, 测量 3 次取平均值。

#### (5) 双乙酰含量的测定

参考文献<sup>[14]</sup>, 借助 UV-5600 分光光度计测定。由于采用可乐瓶作为发酵容器, 未使用“二发工艺”, 为保证成品酒样的杀口感, 不方便日日采样检测, 实验是在后发酵一周后进行降温, 待酒样降温完成后检测双乙酰值, 因 UV-5600 分光光度计所配备的石英比色皿为 10 mm, 在计算结果是换算系数改为 2.4。计算方法见公式(1):

$$\text{双乙酰含量} = 2.4 \times A_{335 \text{ nm}} \quad (1)$$

式中,  $A_{335 \text{ nm}}$  为试样在波长 335 nm 处, 10 mm 石英比色皿测得的吸光度。

#### (6) 总黄酮含量测定

参考文献<sup>[15]</sup>, 结合硝酸铝比色法, 以芦丁标准品为对照品,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 、NaOH 显色体系为显色剂, 于 505 nm 处进行比色分析测定酒样中黄酮含量。

#### (7) 感官品评

委托济宁学院生命科学与工程系实验室和酿酒实训中心老师对成品酒样进行感官品评, 对酒样外观、口感、香气和泡沫、杀口感、酒花香气、酸感进行打分。

#### (8) 微生物指标检测

因本研究除使用啤酒基本原料外, 还添加了山楂汁和山楂粉, 微生物指标方面, 参照 GB 4789.3—2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 大肠菌群计数》和 GB 4789.2—2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 菌落总数测定》对成品酒中大肠杆菌菌群数和细菌总数进行检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 表观糖度

表观糖度反映的是酵母发酵的速度, 本研究 3 组实验所选均为 WB-06 酵母菌株, 由图 1 可知, 前 2~3 d 降糖迅速, 从第 4 d 开始降糖速度下降, 在第 9 d 或第 10 d 达到 4.3 °P 左右。其发酵能力相似, 但山楂汁及山楂粉的加入会使酒样 pH 及总酸发生变化, 酵母的降糖能力与常规小麦啤酒相比略有下降, 以封罐糖度 4.3 °P 为衡量线, 常规小麦降糖所用的时间为 8 d, 略快于山楂粉小麦啤酒的 9 d, 山楂汁小麦啤酒最慢, 用时达到 10 d, 出现上述现象的原因是在发酵初期, 麦汁中糖类物质充足, 酵母适应环境后代谢旺盛, 降糖速度快, 随着发酵的进行, 酒精含量增高, 营养物质被消耗, 酵母代谢活动受到抑制, 降糖速度降低变慢, 再加山楂汁、山楂粉的添加, 制品本身含有的酸类物质也会影响酵母正常的代谢活动, 使降糖速度变慢<sup>[16]</sup>。根据表观糖度变化图, 可推断山楂制品的添加会影响降糖速率。

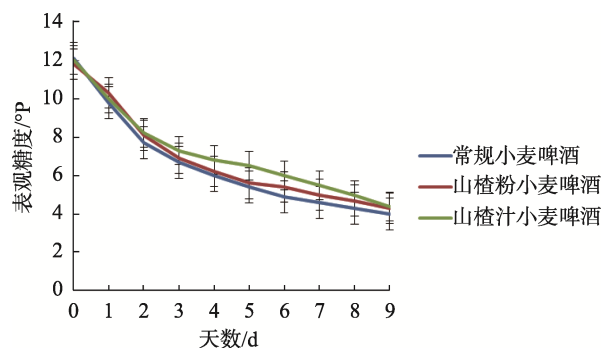


图 1 表观糖度变化趋势图( $n=3$ )

Fig.1 Chart of changing trends of sugar content in appearance ( $n=3$ )

## 2.2 原麦汁浓度、酒精度

由于麦汁煮沸阶段统一进行麦汁浓度的控制, 定型麦汁的目标浓度设定为 12 °P。参照 GB 4927—2008《啤酒》, 原麦汁浓度  $\geq 11.7$  °P 即可, 3 款酒样原麦汁浓度分别为 12.1、11.8 和 12.0 °P, 3 个酒样均为 12 °P 啤酒。在发酵过程中, 糖在酵母菌的代谢作用下转变为酒精和二氧化碳, 因 3 组酒样的定型麦汁浓度初始比重相近, 封罐时残糖控制水平相同, 3 种酒样酒精度分别为 4.61、4.32 和 4.35, 原麦汁浓度和酒精度反映了会影响酵母菌的发酵进程, 对双乙酰、总酸、色度值都会产生影响。

## 2.3 色度

色度是啤酒分类的重要参考指标之一, 酒样色度的影响因素包括麦芽色泽、酿造用水颜色等。由于酒样的酿造所使用的麦芽、酿造用水等因素均一致, 影响 3 组酒样色泽的因素仅限于是否加入山楂粉或山楂汁。经过色度检测发现, 色度值: 山楂汁小麦啤酒(35.2 EBC) > 山楂粉小麦啤酒(22.5 EBC) > 常规小麦啤酒(16.8 EBC), 数值均介于 16~35 EBC, 均属于浓色啤酒。这与添加物的颜色有着密切联系, 且 3 种酒样的外观颜色依次呈现为深黄色、黄红色和桔红色。山楂制品的添加会影响成品酒液的色度, 且山楂汁影响效果强于山楂粉。

## 2.4 pH 和总酸

经测定, 3 组酒样的 pH 为 3.5~4.5, 常规小麦啤酒 pH 最高, 为 4.23, 山楂粉小麦啤酒次之, 为 3.94, 山楂汁小麦啤酒最低, 为 3.71。由 GB 4927—2008 可知, 浓色啤酒的总酸需  $\leq 4.0$  mL/100 mL, 3 种酒样消耗 0.1 mol/L NaOH 溶液的体积分别是 22.6、25.4 和 29.8 mL, 经过计算, 山楂汁小麦啤酒、山楂粉小麦啤酒的总酸值分别为 5.96 和 5.08 mL/100 mL, 酸度较高, 这主要是由于添加山楂汁和山楂粉的缘故, 山楂果本身酸高, 经过加工后制备的山楂汁和山楂粉亦把高含量的酸带入成品酒样中<sup>[17]</sup>, 而且发酵过程中酵母代谢形成丙酮酸、乳酸、乙酸和琥珀酸等有机酸, 综合作用使成品酒中酸较常规小麦啤酒高<sup>[17-18]</sup>, 这也是山楂酒普遍存在的共性问题, 需要在后期继续研究降酸工艺, 以降低酒样的酸感。综上所述, 山楂制品的加入会引起成品酒 pH 和总酸的变化。

## 2.5 双乙酰含量

双乙酰含量是衡量啤酒是否成熟的重要指标<sup>[18]</sup>, 常规小麦啤酒和山楂粉小麦啤酒酒样的双乙酰含量均低于其阈值 0.1 mg/L<sup>[19]</sup>, 但山楂汁小麦啤酒双乙酰含量为 0.1201 mg/L, 略高于阈值 0.1 mg/L。由 GB 4927—2008 可知, 双乙酰含量的界定是针对淡色啤酒, 由于酿造的 3 组酒样均属于浓色啤酒, 其麦芽香味、山楂果香味相对浓郁。与常规小麦啤酒相比, 加入山楂制品会导致酵母菌还原双

乙酰的速率变缓。

## 2.6 总黄酮

以芦丁含量为横坐标, 505 nm 处吸光度值为纵坐标, 绘制标准曲线, 得出回归方程为  $Y=0.0127X-0.0045$ ,  $r^2=0.9998$ , 3 种酒样在 505 nm 处的吸光度值分别为 0.097、0.197 和 0.220, 带入回归方程, 即可得对应酒样的黄酮含量, 分别为 7.992、15.866 和 17.677  $\mu\text{g/mL}$ 。与常规小麦啤酒相比, 山楂粉小麦啤酒总黄酮含量增加接近 1 倍, 山楂汁小麦啤酒总黄酮含量增加 1.2 倍, 说明在酿造过程中添加山楂制品是可以增强其黄酮类物质含量。

## 2.7 感官品评

由图 2 可知, 3 款小麦啤酒外观稍显浑浊, 这是由于酒样未经过滤的缘故, 常规小麦啤酒泡沫洁白细腻, 挂杯持久的特点更优, 而且麦芽香气的浓郁度更好, 山楂粉和山楂汁小麦啤酒尽管上述特点稍逊, 但具备山楂果香味, 山楂汁小麦啤酒酒样的甜酸感最强, 山楂粉小麦啤酒其次, 常规小麦啤酒不明显。综合比较, 山楂粉小麦啤酒和山楂汁小麦啤酒既具备传统小麦啤酒的浓郁麦香和酒花香气的口感特点, 还具有独特的山楂果香味, 再基于整体的酸感, 山楂粉小麦啤酒比山楂汁小麦啤酒更胜一筹。

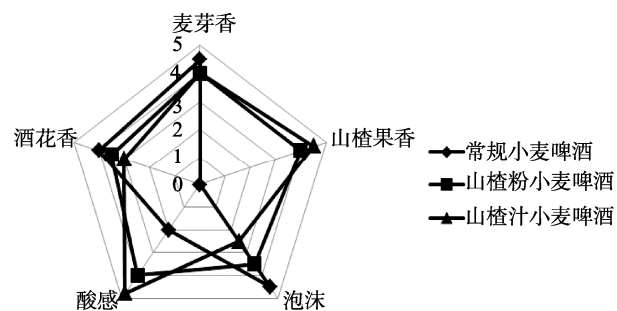


图 2 感官品评

Fig.2 Sensory evaluation

## 2.8 微生物指标

经测定, 3 组酒样的大肠杆菌菌群数  $< 3$  个/100 mL, 细菌总数  $< 2$  CFU/mL。故卫生指标符合 GB 4789.3—2010 和 GB 4789.2—2010 的规定。

## 3 结论与讨论

在小麦啤酒的酿造工序中加入山楂制品, 所得山楂风味啤酒不仅具有麦芽香和酒花香气, 还具有山楂果的香气, 口味清爽, 苦味适宜。成品酒总黄酮含量分别为 15.866 和 17.667  $\mu\text{g/mL}$ , 均高于普通小麦啤酒。感官品评显示山楂酒在山楂果香和麦芽香突出, 但酸感略高, 酸高是添加各种水果制品啤酒(包括以水果汁做原料发酵制得的各种水果味啤酒)的一个共性缺陷<sup>[20-22]</sup>, 需借助降酸

工艺平衡口感, 对酒样良好口感的展现具有重要作用。本研究有助于解决现在山楂资源浪费、鲜果加工形式单一的问题, 更有助于帮助果农提高经济效益, 同时对新风味精酿啤酒的探索也具有理论及数据支持, 应用前景较好。后期研究将重点放在对山楂啤酒的工艺参数进行优化设计, 山楂利用形式探究山楂片、山楂鲜果, 添加时期可以研究主发酵、回旋沉淀等, 特别会重视山楂汁的使用, 因为山楂汁的使用必须辅以降酸工艺, 会让成品酒展示更加协调的风味特征。

## 参考文献

- [1] LIU PZ, KALLIO H, LÜ D, *et al.* Quantitative analysis of phenolic compounds in Chinese hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2011, 127(3): 1370–1377.
- [2] 韩翠萍. 山楂的营养成分及其加工性能[J]. *农产品加工*, 2010, (4): 28–29.  
HAN CP. Nutritional components and processing properties of hawthorn [J]. *Farm Prod Process*, 2010, (4): 28–29.
- [3] ZHANG M. A study on hypolipidemic effect of hawthorn flavonoids extract [J]. *Med Plant*, 2017, 8(1): 45–47.
- [4] LIU SW, ZHANG X, YOU L, *et al.* Changes in anthocyanin profile, color, and antioxidant capacity of hawthorn wine (*Crataegus pinnatifida*) during storage by pretreatment [J]. *LWT-Food Sci Technol*, 2018, 95: 179–186.
- [5] 李厚培. 多菌协酿山楂酒的工艺研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2015.  
LI HP. Study on the technology of multi bacteria co-fermentation of hawthorn wine [D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2015.
- [6] BAIANO A. Craft beer: An overview [J]. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 2020, 20: 1829–1856.
- [7] 胡华勇. 山楂酸味啤酒酿造工艺的研究[J]. *发酵科技通讯*, 2021, 50(2): 106–108.  
HU HY. Study on brewing technology of hawthorn sour beer [J]. *Bull Ferment Sci Technol*, 2021, 50(2): 106–108.
- [8] 程晶晶, 王军, 张晓伟, 等. 山楂绿茶复合饮料的研制[J]. *许昌学院学报*, 2020, 39(2): 104–107.  
CHENG JJ, WANG J, ZHANG XW, *et al.* Research on preparation of mixed beverage of hawthorn and green tea [J]. *J Xuchang Univ*, 2020, 39(2): 104–107.
- [9] 李丹, 张晓勇, 董小雷. 茉莉花味精酿啤酒的工艺研究[J]. *食品工业*, 2018, 39(2): 163–165.  
LI D, ZHANG XY, DONG XL. Study on the jasmine beer process [J]. *Food Ind*, 2018, 39(2): 163–165.
- [10] 崔云前, 魏丽培, 叶国超. 上面活性干酵母在小麦啤酒中的研究[J]. *食品工业*, 2016, 37(11): 62–66.  
CUI YQ, WEI LP, YE GC. Study on the application of top active dry yeast in wheat beer [J]. *Food Ind*, 2016, 37(11): 62–66.
- [11] 翁鸿珍. 工业发酵分析与检验[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2012.  
WENG HZ. Analysis and inspection of industrial fermentation [M]. Wuhan: Huazhong University of science and Technology Press, 2012.
- [12] 程康. 啤酒工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.  
CHENG K. Beer Technology [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2013.
- [13] 王福荣. 酿酒分析与检测(第 2 版)[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012.  
WANG FR. Wine analysis and detection (2th Ed.) [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2012.
- [14] 董小雷. 啤酒分析检测技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.  
DONG XL. Beer analysis and detection technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [15] 郭焰, 严玉玲, 郭君婷, 等. 保健酒中总黄酮含量测定方法的比较[J]. *食品工业*, 2015, 36(7): 100–103.  
GUO Y, YAN YL, GUO JT, *et al.* Comparison of determination methods of total flavonoids in health wine [J]. *Food Ind*, 2015, 36(7): 100–103.
- [16] 周广田, 董小雷, 崔云前. 啤酒酵母与工厂卫生[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.  
ZHOU GT, DONG XL, CUI YQ. Beer yeast and factory hygiene [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [17] 陈敏. 山楂酒中主要有机酸类物质的功效成分及功能研究[J]. *食品工程*, 2018, 2: 50–54.  
CHEN M. Study on functional components and functions of main organic acids in hawthorn wine [J]. *Food Eng*, 2018, 2: 50–54.
- [18] 段元良. 山楂酒的酿造及降酸工艺的研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2016.  
DUAN YL. Study on brewing and acid reducing technology of hawthorn wine [D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2016.
- [19] PERMYAKOVA LV, KISELEVA TF, SERGEEVA IYU. Influence of the yeast aeration method on the quality characteristics of beer [J]. *Earth Environ Sci*, 2021, 640: 1–8.
- [20] 聂聪. 精酿啤酒酿造技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2019.  
NIE C. Brewing technology of fine brewed beer [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2019.
- [21] LIU JC, YANG WB, LV ZZ, *et al.* Effects of different pretreatments on physicochemical properties and phenolic compounds of hawthorn wine [J]. *CyTA-J Food*, 2020, 18(1): 518–526.
- [22] HE GF, SUI JL, DU JH, *et al.* Characteristics and antioxidant capacities of five hawthorn wines fermented by different wine yeasts [J]. *J Inst Brew*, 2013, (119): 321–327.

(责任编辑: 郑丽 张晓寒)

## 作者简介



成冬冬, 硕士, 讲师, 主要研究方向为现代酿酒技术。  
E-mail: bzmccd@126.com