

《饮食安全与健康》
编委会

霍本斌 吴小华 罗 念
颜台宇 焦彦波 张 强

前 言

项目式学习是近年来深受教育界关注的一种学习方式,同时也是党和国家在深化教育教学改革和推进育人方式改革中所倡导的学习方式。2019年,《国务院办公厅关于新时代推进普通高中育人方式改革的指导意见》(国办发〔2019〕29号)明确提出“项目设计”等跨学科综合性教学,随后《中共中央 国务院关于深化教育教学改革全面提高义务教育质量的意见》(2019年6月23日)提出“项目化学习”,为项目式课程的开发和建设、推进项目式学习提供了强有力的宏观政策支持。教育部制订的《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》《普通高中生物学课程标准(2017年版2020年修订)》《普通高中体育与健康课程标准(2017年版2020年修订)》又提出大单元教学、主题学习、任务群等学科概念,这些概念无疑体现了项目学习的理念。基于党和国家对育人方式变革和教育教学改革的需求,结合教育部制定的课程标准中关于学科核心素养的要求,我们开发了“饮食安全与健康”项目式选修课程。“饮食安全与健康”项目式课程的学习,能够培养学生的模型认知与证据推理、科学探究与创新精神、科学态度与社会责任等方面的核心素养,以及跨学科问题解决的能力。该课程于2021年经重庆市教育委员会批准立项,成为重庆市普通高中精品选修课程,并经实践、完善,最终形成项目研究成果——《饮食安全与健康》一书。

本书作为现行国家课程、地方课程的有益补充,与其他教材的编写相比,充满了创新,呈现出了不同的风格和特征。具体地讲,本书具有以下特点。

第一,从项目开发的理念看,本书建立在寻找真人真事和实现“两个转化”的基础之上。所谓寻找真人真事,就是优先选择某一领域的科学家、专家、学者在其研究领域所取得的典型性、代表性成果;实现“两个转化”就是将真人(科学家、工程师等)解决问题的思路转化为教师在教学过程中解决问题的思路,将教师解决教学问题的思路转化为学生解决问题的思路。

第二,从项目内容的呈现看,本书的主体内容(正文部分)采取“七步程序法”展开,即明确目标、寻找思路、形成思路、思路具化、方案实施、思路提炼、思路迁移。

第三,从项目内容的框架看,本书中每一个项目的框架都包括学习目标、项目导引、项目任务、项目活动、学习评价等。

第四,从项目的栏目设置看,本书设置了【交流研讨】【方法导引】【头脑风暴】【资料卡片】【拓宽视野】【材料分析】【实验探究】【展示交流】【信息检索】等栏目。其中【方法导引】

主要从学科本体的视角对项目的展开和推进提供方法论的指导。部分【资料卡片】和【拓宽视野】栏目内容设计成二维码,学生通过扫码即可获得相关信息。这样不仅可减少书的篇幅,还可以增大书的容量。

第五,从解决问题的过程看,本书中的每一个项目及项目中的任务,都提供了一般性问题和领域性问题解决的一般思路,要求学生根据提供的一般思路进行任务规划,如解决描述现象类问题的一般思路、解决麻烦类问题的一般思路、解决产品设计类问题的一般思路、解决建立规律类问题的一般思路、解决有机合成类问题的一般思路等。

第六,从“教学评一体化”看,本书非常关注对学生的项目学习评价。项目学习评价主要从3个维度展开。一是项目学习的成果交流。学生通过项目学习后制作一个产品,写一份调查报告或一篇小论文等。二是项目学习的过程评价。设置【交流研讨】【方法导引】等栏目,对学生进行项目学习的效果和能力发展进行诊断。过程评价主要是教师根据学生在项目活动中的表现进行评价。三是自我评价。学生根据每个项目需要重点发展的学生核心素养指标体系进行对照,自我诊断项目学习后素养的达成度。

第七,从问题解决的科学性看,书中每一个项目在达成目标时,都采用了科学的研究方法进行实验探究——利用正交试验探索不同因素对某一变量的协同影响。

从总体上讲,本书内容翔实,能够回应“培养什么样的人”“怎样培养人”“培养得怎么样”的问题,能够将立德树人、培养学生核心素养的目标融入其中,它既可作为普通高中学生的选修课程,也可作为高校师范生的选修课程。

本书共12个项目,涉及饮料制作安全、传统米酒和高粱呷酒制作、果蔬加工或烹饪安全、食物保存安全、乳制品加工安全等内容。霍本斌、吴小华、罗念、颜台宇、焦彦波、张强等参与了本书的开发与编写工作,其中:吴小华撰写了项目4和项目6;罗念撰写了项目11和项目12;焦彦波撰写了项目9任务2;张强撰写了项目10的部分内容;其他项目或项目任务均由霍本斌撰写。霍本斌还负责了本书的框架体系架构和统筹、校稿等工作。本书的出版还得到了重庆市教育委员会、重庆市渝北区教育委员会、重庆市渝北区科学技术局的经费支持。在此,向所有对项目课程开发给予支持和帮助的各位领导、专家、学者以及同仁,一并表示感谢。

由于编者能力有限,书中难免会出现一些疏漏,敬请有关专家、学者批评、指正,以利本书的进一步完善。

编者
2022年

目录

项目 1 酿造果酒、果醋	1
任务 1 利用水果酿造果酒	2
任务 2 由果酒酿造果醋	9
项目 2 研制一款红甜菜葡萄红枣复合果蔬汁饮料	17
任务 1 合理选择基底原料并制备果蔬汁	19
任务 2 优化复合果蔬汁饮料的调配工艺	22
任务 3 保持果蔬汁饮料的稳定性	25
项目 3 研制一款多酚果蔬粉固体饮料	30
任务 1 初步设计多酚果蔬粉固体饮料的配方	30
活动 1 调研已有产品和用户需求	31
活动 2 自制多酚果蔬粉固体饮料	32
活动 3 确定多酚果蔬粉固体饮料配方的优化思路	34
任务 2 优化多酚果蔬粉固体饮料的配方	35
活动 1 优化多酚果蔬粉固体饮料的基料配方	36
活动 2 防止多酚果蔬粉固体饮料褐变	37
活动 3 优化多酚果蔬粉固体饮料的风味	40
活动 4 提升多酚果蔬粉固体饮料的稳定性	44
活动 5 探究各种因素协同作用对多酚果蔬粉固体饮料感官品质的影响	47
任务 3 制作多酚果蔬粉固体饮料	49
活动 1 动手制作多酚果蔬粉固体饮料并进行感官评价	49
活动 2 设计多酚果蔬粉固体饮料的包装	51
项目 4 酿造美味可口的功能性米酒	55
任务 1 初步设计米酒酿造工艺	55
活动 1 调研米酒酿造文化,设计米酒酿造说明书	56

活动 2	自酿米酒	57
活动 3	设计米酒酿造工艺流程	59
任务 2	优化米酒酿造工艺	60
活动 1	合理选择米酒原料	61
活动 2	探索甜酒曲对米酒品质的影响	61
活动 3	探索酵母用量对米酒品质的影响	63
活动 4	探索糖化时间对米酒品质的影响	64
活动 5	探索发酵时间对米酒品质的影响	65
活动 6	探索不同因素协同作用对米酒品质的影响	67
任务 3	动手制作米酒	69
活动 1	动手制作米酒并进行感官评价	69
活动 2	设计米酒的包装	71
项目 5	自酿葡萄酒	76
任务 1	设计预防葡萄酒发酵装置发生爆炸	77
任务 2	控制葡萄酒中有害物质的含量和防止葡萄酒发生氧化	78
任务 3	调配葡萄酒的风味	83
任务 4	优化葡萄酒酿造的工艺条件	87
项目 6	酿造高粱呷酒	93
任务 1	体验传统高粱呷酒的酿造过程	94
活动 1	调研我国古代的酿造工艺	94
活动 2	自制高粱呷酒	96
任务 2	优化高粱呷酒的生产工艺	98
活动 1	正确选择原料和酒曲	99
活动 2	筛选泡粮的最佳条件	100
活动 3	筛选最佳煮粮、蒸粮的工艺条件	103
活动 4	利用正交实验探索高粱呷酒的最佳发酵工艺	106
任务 3	从高粱呷酒的酒醅中获取呷酒原酒	110
活动 1	从高粱呷酒的酒醅中获取呷酒原酒粗产品	111
活动 2	从呷酒原酒粗产品中获取烧酒	112
项目 7	体验消除植物性毒素的食材烹饪方法	115
任务 1	制作营养安全的豆浆	115
活动 1	定义豆浆加工时遇到的麻烦	116
活动 2	寻找未熟豆浆中毒的原因	116
活动 3	探寻消除生豆浆中天然毒素的措施	117
活动 4	探究制作豆浆的最佳工艺条件	119



项目 1 酿造果酒、果醋

学习目标

1. 学生通过对果酒、果醋酿造过程中杂菌污染的消除,让酵母、醋酸杆菌等有益菌成为优势菌的影响因素的寻找,意识到微生物最适的生长、繁殖条件通常是发酵工业进行果酒、果醋发酵时所需要的控制条件;让学生认识微生物在发酵工业中所起的作用。

2. 学生通过单因素实验的研究图像获取果酒、果醋的酿造条件,了解如何分析单因素实验图像并找到相应的最佳工艺条件,初步认识控制变量思想在定量研究外界条件对反应体系的影响中的重要意义;同时培养学生的信息分析、处理能力。

3. 学生通过正交实验研究不同因素对果酒、果醋品质的影响,懂得如何设计正交水平和因素、正交实验以及进行科学分析,寻找影响因素的主次因素和获取最佳的酿造工艺。让学生真正理解正交实验在科学研究中的重要意义,培养学生具有良好的科研能力。

项目导引

果醋是利用微生物在厌氧条件下,通过酒精发酵、醋酸发酵制得的一类特殊调味食品^[1]。在发酵过程中,微生物先将水果中的大部分糖转化为有机酸,保留原有水果中的各类氨基酸、维生素、矿物质等营养物质。可见,果醋的酿造离不开微生物的作用。

本项目通过利用水果酿造果酒、果醋,让学生领略我国传统酿造工艺的魅力,感受果酒、果醋的酿造设计过程,掌握解决产品设计类问题的一般思路,从而培养学生的产品设计能力和实验探究能力。

【交流研讨】

1. 如果你是一名果酒酿造师,在酿造果酒时你将面临的问题是什么?解决这类问题的任务类型是什么?

2. 结合解决产品设计类问题的一般思路,对果醋的酿造进行初步的任务规划,并将任务规划的要点填写在【方法导引】中相应的空白处。

[1] 位璐璐,徐丽萍,王清莲,等.我国果醋工艺的研究现状及发展前景[J].现代食品,2020(24):106-108.

【方法导引】

解决产品设计类问题的一般思路

解决产品设计类问题的一般思路	第一步: 明确目标	第二步: 目标拆解、要素分析	第三步: 概念设计	第四步: 精细、具体设计	第五步: 权衡、优化、统整	第六步: 循环、重复设计	第七步: 反思、提炼问题解决的关键策略
任务规划要点							

利用水果酿造果醋前,需要弄清果醋的酿造过程及利用的微生物,这是果醋酿造需要解决的核心问题。在明确了果醋酿造时要达到的总目标之后,接下来探讨如何将目标进行拆解,形成不同的子目标。

【交流研讨】

果醋的酿造可以拆解为几个核心环节? 每个环节所要达成的目标是什么?

果醋的酿造从时间关系,可划分为两个核心环节:一是酒精发酵,利用酵母的无氧呼吸,将水果中的糖类物质转化为酒精。二是醋酸发酵,利用醋酸杆菌的有氧呼吸将果酒转化为果醋(即乙酸)。酒精发酵和醋酸发酵在时间关系或逻辑关系上具有先后关系。果醋酿造的质量取决于酒精发酵和醋酸发酵两个关键环节。接下来,将围绕酒精发酵和醋酸发酵两个过程展开酿造果醋的产品设计。

任务1 利用水果酿造果酒

果酒是以新鲜水果或果汁为原料,经全部或部分发酵而得到的低度饮料酒,酒精度通常在8%~12% vol^[1]。根据酿造果酒的原料不同,果酒可分为浆果类、仁果类、核果类、柑橘类、热带水果类、瓜果类、混合类等;根据果酒中的含糖量不同,分为干型果酒、半干型果酒、半甜型果酒和甜型果酒;根据酿造方法不同,分为发酵型果酒、蒸馏型果酒和配制型果酒。果酒的分类如图1.1所示。无论是何种果酒,都需要经历下列酿造过程:原料选择→原料预处理→发酵→测定→配制→贮存→装瓶。

【信息检索】

利用搜索引擎、中国知网或万方数据库等检索果酒的相关知识,并针对下列问题进行知识整理,然后在小组内交流。

[1] 覃瑶,吴波,秦晗,等.我国果酒发展及研究现状[J].中国酿造,2020,39(9):1-6.

1. 了解果酒的营养成分及保健功能,并绘制思维导图。
2. 果酒酿造过程需要什么样的微生物? 它的代谢过程及呼吸作用应该如何表达?
3. 果酒酿造过程需要解决的核心问题是什么?

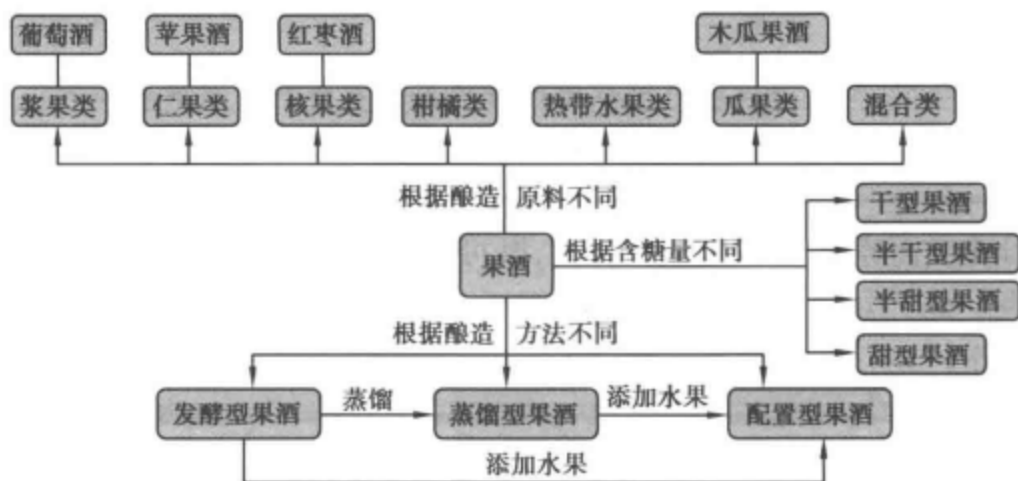


图1.1 果酒的分类

果酒的主要成分除乙醇外,还含有糖分、氨基酸、有机酸、维生素、矿物质^[1]以及花色素和酚类营养物质^[2]。适量饮用果酒,不但可以促进血液循环和新陈代谢、软化血管、激发肝功能、增加机体免疫能力,还具有抗氧化、抗衰老、调节情绪的功效^[3]。

酵母是果酒酿造最常用的微生物,它是一种兼性厌氧型微生物。在有氧条件下,酵母通过有氧呼吸将水果中的葡萄糖($C_6H_{12}O_6$)转化为 CO_2 、 H_2O 的同时向外界释放能量,即 $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{酶}} 6CO_2 + 12H_2O + \text{能量}$ 。在无氧条件下,水果中的糖类物质则发生下列转化:



该过程的总反应可表示为: $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{酒化酶}} 2C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{能量}$ 。由此可见,让酵母发生无氧呼吸是制备果酒时需要解决的关键性问题。

【头脑风暴】

根据果酒的酿造原理,要酿造出品质优良的果酒,需要解决哪些方面的问题?谈谈你判断的理由。

[1] 贾凌杉,贾文沧,杜彬,等.低度欧李发酵果酒的酿造和营养成分分析[J].食品工业,2011,32(5):68-70.

[2] 朱克永.猕猴桃发酵果酒的酿造和营养成分分析[J].食品研究与开发,2017,38(8):92-95.

[3] 丁莹,李亚辉,蒲青,等.我国果酒行业发展现状及前景分析[J].酿酒科技,2019(4):104-107.

果酒的酿造过程实质上是水果中的葡萄糖在酵母作用下转化为酒精的过程。该过程需要解决两方面的问题：一是让酵母成为优势菌，大量繁殖；同时抑制杂菌，避免杂菌污染。二是无氧发酵。

【交流研讨】

1. 在发酵过程中，可以通过何种途径实现酵母大量繁殖和消除杂菌影响？
2. 怎样操作才能使发酵过程变成无氧发酵？

要使酵母变成优势菌、杂菌变成劣势菌，既可借鉴传统的酿造技术，也可通过实验优化的方式来解决。至于构建无氧环境，只需使用可以密封的容器即可。接下来，继续探讨果酒发酵的具体操作。

【头脑风暴】

在发酵过程中，应该采取何种措施使酵母大量繁殖和消除杂菌影响？

酵母和杂菌存在于水果表面。无论是酵母还是杂菌，都有其适宜生存的环境。具体包括繁殖的最适温度、适宜的酸碱性环境等。酵母最适繁殖温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，最适生长温度为 $18\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。酵母能在 $\text{pH}=4.0\sim 4.5$ 的酸性环境中健康生长、繁殖，当 pH 低于 2.5 或高于 8.0 时，酵母就会失去活性；对杂菌而言， $\text{pH}=5.0$ 是其活性的起点， $\text{pH}\leq 4.5$ 时，杂菌能够很好地被抑制。发酵过程中应如何消除杂菌对果酒的影响，除了保持发酵容器清洁，还应注意保持水果的洁净。要保持水果洁净就必须在发酵前对水果进行清洗，如果清洗方式不当，就会造成水果表面的酵母大量流失。因此，建议采用淋洗，切忌擦洗。此外，为了使酵母在发酵初期能够成为优势菌种，可在发酵时接种酵母和添加一定量的糖，因为糖能够为酵母的生长、繁殖提供营养。

此外，在果酒发酵时为了消除杂菌影响并使酵母成为优势菌，还应控制好发酵温度、发酵体系的初始 pH 值、酵母接种量、蔗糖添加量、发酵时间等外界条件。如何控制这些外界条件，获得理想的果酒，需要通过控制变量的实验方式获取。

【材料分析】

材料 1：研究人员^[1]以桑葚为原料酿造果酒，为了提高果酒品质，通过单因素实验研究了温度、糖度、酵母接种量、 pH 四个因素对桑葚酒中挥发性酸和酒精度的影响，得到了如图 1.2—图 1.5 所示的曲线。

[1] 张晶,左勇,谢光杰,等. 发酵条件对桑葚果酒中挥发酸的影响[J]. 食品工业科技,2018,39(1):117-121.

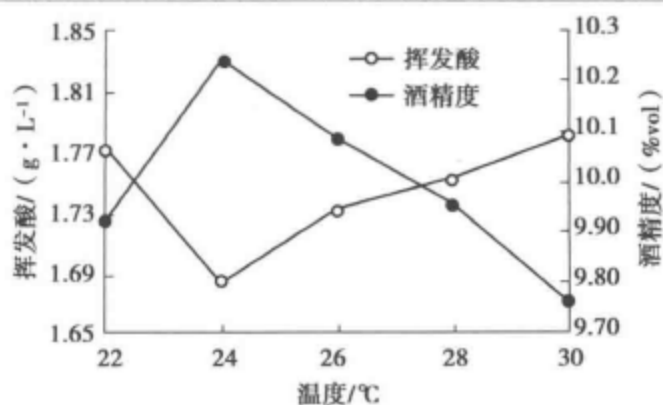


图 1.2 温度对桑葚酒中挥发酸和酒精度的影响

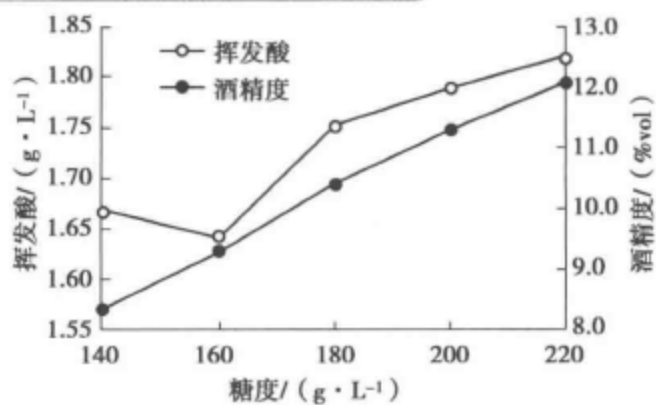


图 1.3 糖度对桑葚酒中挥发酸和酒精度的影响

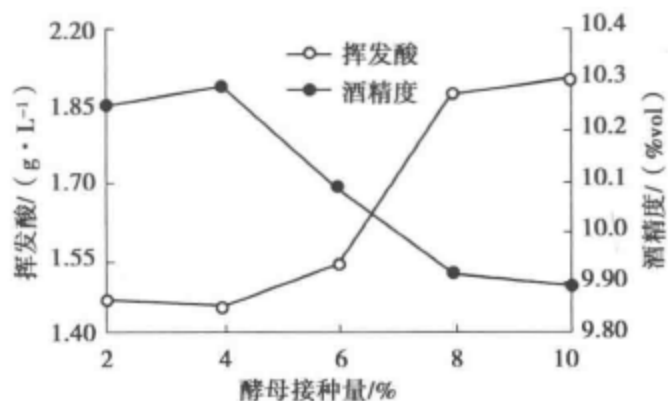


图 1.4 酵母接种量对桑葚酒中挥发酸和酒精度的影响

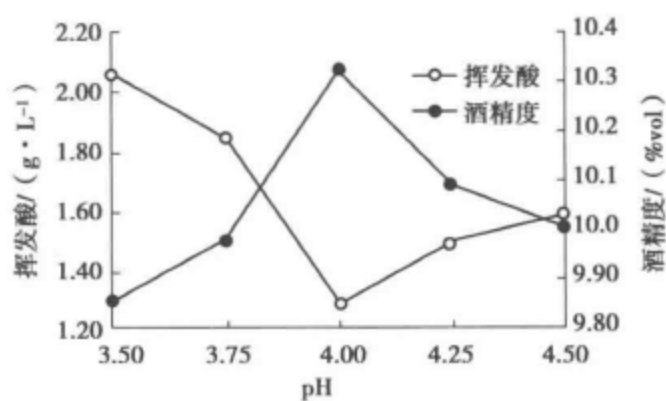


图 1.5 pH 对桑葚酒中挥发酸和酒精度的影响

材料 2: 研究人员^[1]以新鲜沙果为原料, 围绕发酵温度、发酵时间、初始糖度、初始 pH 等对果酒品质的影响进行了单因素实验, 分别测定果酒中的酒精度和对果酒进行感官评分。得到如图 1.6—图 1.9 所示的曲线。

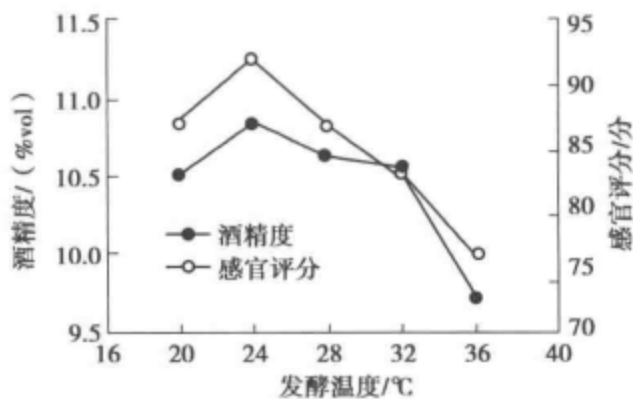


图 1.6 发酵温度对果酒品质的影响

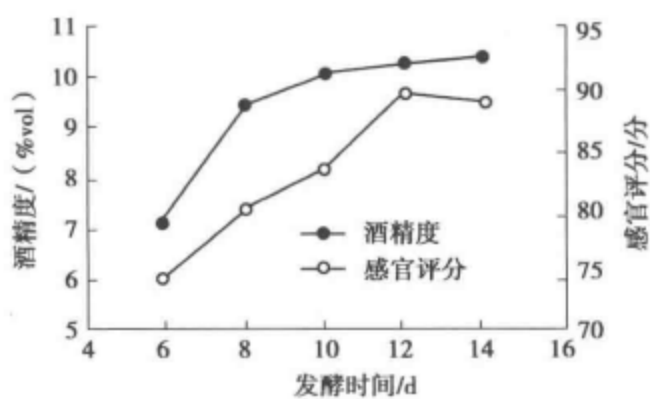


图 1.7 发酵时间对果酒品质的影响

[1] 于斌, 陈娟, 张世鹏, 等. 沙果果酒发酵工艺优化及抗氧化活性的研究[J]. 中国酿造, 2020, 39(1): 142-145.

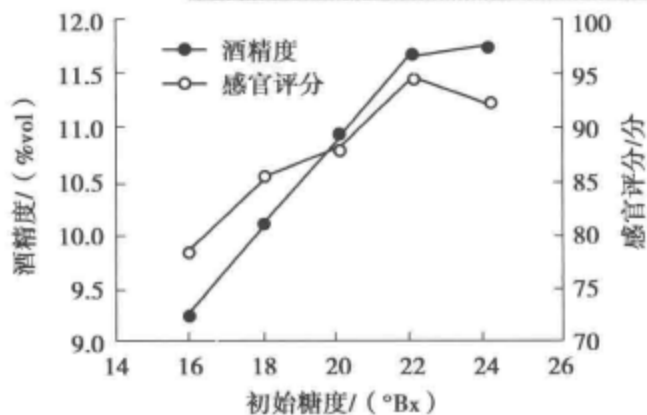


图 1.8 初始糖度对果酒品质的影响

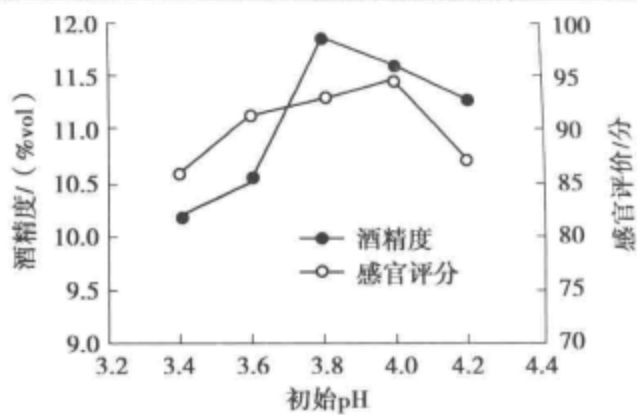


图 1.9 初始 pH 对果酒品质的影响

阅读材料 1 和材料 2, 回答下列问题:

1. 基于单因素实验, 桑葚酒和沙果果酒发酵的最佳实验条件分别是什么? 阐述你判断的理由。
2. 对比材料 1 和材料 2 中图像所呈现的规律, 你能从中得出什么结论?

利用不同水果发酵制备果酒, 制备的最佳工艺条件略有不同。但发酵液中的酵母接种量、糖添加量、发酵温度、初始 pH、发酵时间等都会对果酒的品质产生影响。基于单因素实验获取的最佳工艺条件并非果酒发酵的最佳条件, 为了使果酒发酵达到理想状态, 还需要进一步探索酵母接种量、初始糖度、发酵温度、初始 pH、发酵时间 5 个因素相互协同作用对果酒品质的影响。

【实验探究】

实验目的: 探究在初始糖度、初始 pH、酵母接种量、发酵温度和发酵时间等因素协同作用下对桑葚酒品质的影响。

原料或试剂: 桑葚、白砂糖、酿酒酵母、矿泉水、蒸馏水、单宁(食品级)。

仪器: 果酒酿造简易装置、恒温水浴加热装置、分析天平、果酒酒精度测定仪。

实验方案设计与实施:

第一步: 设计正交实验的正交因素与水平(表 1.1)。

表 1.1 酒精发酵的正交实验因素和水平表

水平	A. 发酵温度/°C	B. 发酵时间/d	C. 初始 pH	D. 初始糖度/(°Bx)	E. 酵母接种量/%
1	22	10	3.8	20	2
2	24	12	4.2	22	4
3	26	14	4.4	24	6
4	28	16	4.5	26	8

第二: 设计正交实验 $L_{16}(4^5)$ 的实验组(表 1.2)。

表 1.2 酒精发酵的正交实验及结果处理

实验序号	A	B	C	D	E	酒精度/(%vol)	感官评分/分
1	1	1	1	1	1		
2	1	2	3	4	2		
3	1	3	4	2	3		
4	1	4	2	3	4		
5	2	1	4	3	2		
6	2	2	2	2	1		
7	2	3	1	4	4		
8	2	4	3	1	3		
9	3	1	2	4	3		
10	3	2	4	1	4		
11	3	3	3	3	1		
12	3	4	1	2	2		
13	4	1	3	2	4		
14	4	2	1	3	3		
15	4	3	2	1	2		
16	4	4	4	4	1		
酒精度/ %vol	均值 1						
	均值 2						
	均值 3						
	均值 4						
	极值 R						
感官评分/ 分	均值 1						
	均值 2						
	均值 3						
	均值 4						
	极值 R						

第三步:分小组进行实验,制备桑葚酒,然后利用果酒酒精度测定仪测定果酒的酒精度;同时聘请 10 位专业人士对制得的果酒进行感官评分,取平均分为评价结果,评分标准见表 1.3。所有测定结果一并记录在表 1.2 中。

表 1.3 果酒感官评价标准

色泽		气味		滋味		形态	
标准	得分/分	标准	得分/分	标准	得分/分	标准	得分/分
浅黄色、澄清透明	16~20	有浓郁的果香和醇厚的酒香,气味清新,无异味	21~30	滋味爽口、丰满,酒体柔和、带酸甜口感,无刺激性	31~40	酒体组分协调,无悬浮物或沉淀	9~10
微黄色,色泽稍暗淡	10~15	果香和酒香良好,无异味	11~20	滋味纯正良好、酸甜适当,余味稍淡	21~30	酒体稍浑浊,无明显悬浮物	6~8
色泽较暗,有悬浮物或沉淀	0~9	果香和酒香较少或有异味	0~10	滋味不协调,酸、涩、苦	0~20	酒体浑浊,有沉淀或杂质	0~5

第四步:对实验结果进行数据处理,处理结果记入表 1.2 中。

问题与讨论:

1. 根据表 1.2 的实验结果,你认为影响桑葚酒酿造的主次因素分别是什么?
2. 桑葚酒发酵的最佳组合是什么? 对应的最佳发酵工艺条件是什么?

【方法导引】

利用果酒酒精度测定仪测定果酒中的酒精度

果酒酒精度测定仪的使用方法是先打开盖板,用软布仔细擦净检测棱镜。取待测溶液数滴,置于检测棱镜上,轻轻合上盖板,避免气泡产生,使溶液遍布棱镜表面。将仪器进光板对准光源或明亮处,眼睛通过目镜观察视场,转动目镜调节手轮,使视场的蓝白分界线清晰,分界线的刻度值即为溶液的浓度。果酒酒精度测定仪的测量范围为 0~80%,最小刻度为 1%。

果酒酒精度测定仪的基本结构如图 1.10 所示。

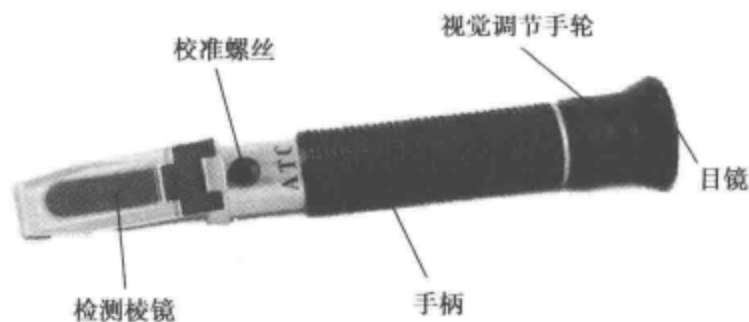


图 1.10 果酒酒精度测定仪的基本结构

结合极值 R 的数值大小可知,影响桑葚酒酿造的主次因素为:初始 pH>初始糖度>发酵温度>酵母接种量>发酵时间。最优的实验组合为 $A_4B_2C_2D_2E_2$,据此得出果酒酿造的最佳工艺条件为:发酵时间 12 d、发酵温度 28 °C、初始糖度 22 °Bx、初始 pH 4.2、酵母接种量 4%。

【总结提炼】

请结合果酒酿造过程的探讨,总结、提炼果酒酿造应采取的关键策略。

通过果酒酿造过程的项目学习,可以得出果酒酿造过程设计的关键策略:一是选择合适的微生物——酿酒酵母,根据酿酒酵母生长繁殖的适宜条件确定酒精发酵需要优化的工艺条件。二是构造无氧呼吸环境,采用密封发酵。

【拓宽视野】

扫描下面左侧二维码,可查阅“蒸馏法测定果酒的酒精度”的操作步骤,扫描下面右侧二维码,可查阅“酒精度、质量分数与密度对照表”。



蒸馏法测定果酒的酒精度



酒精度、质量分数与密度对照表

任务2 由果酒酿造果醋

通过任务1活动的研讨,完成了果酒酿造的产品设计,这为进入醋酸发酵环节的设计提供了理论基础。接下来,继续按照解决产品设计类问题的一般思路对醋酸发酵获取醋酸进行具体的设计。

【交流研讨】

1. 由果酒制备果醋的基本原理是什么?如何利用化学方程式来表达?
2. 由果酒制备果醋的关键技术是什么?

果醋的酿造过程是在氧气和醋酸杆菌的共同作用下,将葡萄糖(或低聚糖)、乙醇转化为乙酸。当糖源和氧气均充足时,葡萄糖就能在酶的作用下直接转化为乙酸。即 $C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{酶}} 3CH_3COOH$; 当糖源缺少、氧气充足时,在酶的作用下可先将乙醇转化乙醛、乙醛再转化为乙酸,即 $2C_2H_5OH + O_2 \xrightarrow{\text{酶}} 2CH_3CHO + 2H_2O$, $2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{\text{酶}} 2CH_3COOH$ 。无论是何种情况,转化过程所需要的各种酶均来自接种的醋酸杆菌。

厘清果醋发酵的原理之后,接下来探寻醋酸发酵的条件和如何优化醋酸的发酵工艺。

【交流研讨】

1. 从糖源的角度,应如何选择原料?
2. 要确保醋酸发酵产生乙酸,可以通过哪些途径来保证所需的氧气充足?
3. 醋酸杆菌是果醋酿造所需的常用微生物。哪些因素可能会影响醋酸杆菌的正常生长、繁殖?

为了使醋酸发酵成功,必须保障醋酸杆菌的正常生长、繁殖。要达到这一目的,可以从以下3个方面入手:一是为醋酸杆菌的正常生长提供充足的营养物质和能源物质。为此可在醋酸发酵时添加适量的糖类物质,如红糖、白砂糖等。二是接种醋酸杆菌,使醋酸杆菌在醋酸发酵时成为优势菌。三是为醋酸杆菌的生长、繁殖提供适宜的环境,具体措施如下。

(1) 向发酵体系中通入足量的氧气,排出产生的二氧化碳,使醋酸发酵处于有氧环境中。醋酸杆菌是好氧菌,在醋酸发酵时应不断通入氧气,并且使氧气与醋酸杆菌充分接触。为了保障发酵装置中氧气量充足,一方面,发酵装置中果酒的量不宜太多;另一方面,可对发酵装置进行改进,在密封盖加装单向阀和氧气进入管,单向阀是将装置内的气体排出。

(2) 控制醋酸发酵温度,使发酵温度处于醋酸杆菌的最适温度范围之内。

(3) 控制发酵体系的初始 pH 在醋酸杆菌的最适 pH 范围内。

(4) 控制果酒中的酒精度。

【资料卡片】

果醋酿造工艺的对比如表 1.4 所示。

表 1.4 果醋酿造工艺的对比

酿造工艺	液态发酵法	固态发酵法	固液结合发酵法
主要特点	方便操作管理,可规模化、标准化生产,能够提高原料、酒精等的利用率和转酸率	接种酵母和醋酸杆菌发酵,存在耗时长、产率低、劳动量大等缺陷	能够提高原料利用率、酒精发酵率及碳水化合物利用率
产品特点	口感独特、清澈透亮、酸甜可口、色泽良好	口感醇厚、色泽深沉、香气浓郁	成品风味层次单一、口感不及液态或固态发酵

理论的推导和实践的检验才能使结果更加可靠。接下来,我们通过实验来探索控制醋酸杆菌生长、繁殖的最佳生长条件,从而获取醋酸发酵的最佳生产工艺。