

# 芡实啤酒的发酵工艺研究

刘洋, 李悦, 陈志宏, 张余\*

滁州学院生物与食品工程学院, 安徽 滁州

收稿日期: 2022年11月25日; 录用日期: 2022年12月22日; 发布日期: 2022年12月29日

## 摘要

本研究以芡实粉、大米粉和麦芽粉为原料, 并对可能会影响发酵的各个因素进行研究, 在此基础上对糖化的时间、酵母的添加量、发酵时间和发酵温度做正交实验。检测发酵成熟的芡实啤酒的酒精度、色度和糖度, 并进行感官评价。由三个理化指标和感官评价总分作为选择的依据, 最终确定最优的实验方案为: 在90°C条件下糊化30 min、在65°C条件下糖化55 min, 添加0.3%的 $\alpha$ -淀粉酶、0.4%的糖化酶和0.4%的酵母, 在31°C环境下发酵3 d。发酵出的芡实啤酒, 有少许的芡实风味, 口味微甜微苦。

## 关键词

芡实, 啤酒, 发酵工艺

# Study on Fermentation Technology of Beer Brewing from Euryale Ferox

Yang Liu, Yue Li, Zhihong Chen, Cuan Zhang\*

College of Biological and Food Engineering, Chuzhou University, Chuzhou Anhui

Received: Nov. 25<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 22<sup>nd</sup>, 2022; published: Dec. 29<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In this study, the flour of Euryale ferox, rice flour and malt flour were used as raw materials, and various factors that might affect the fermentation were studied. On this basis, orthogonal experiments were conducted on the saccharification time, yeast addition, fermentation time and fermentation temperature. The alcohol content, chromaticity and sugar content of the fermented and mature Euryale ale were detected and sensory evaluation was carried out. Based on the three physical and chemical indexes and the total score of sensory evaluation, the optimal experimental scheme was finally determined as follows: gelatinize at 90°C for 30 min, saccharify at 65°C for 55 min, and add

\*通讯作者。

0.3%  $\alpha$ -Amylase, 0.4% saccharifying enzyme and 0.4% yeast were fermented at 31°C for 3 days. Fermented Euryale ale has a little flavor of Euryale ale and tastes slightly sweet and bitter.

## Keywords

Euryale Ferox, Beer, Fermenting Technology

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

芡实是种植在水域里的植物的果实，因为成熟的芡实外面形似鸡头且带刺，因此又被称为“鸡头米”，可供食用的是这里面的种仁。去除果壳后的芡实为白色，煮熟后果肉较有弹性，具有独特的清淡的香气、口味微甜，一般都是用于清煮、煲汤和煮粥来食用。同时，芡实也是一种中药材，在古代就已经被发现可以补气、滋养脾胃、治疗腹泻和补肾等，在一些流传的中草药书籍中可查寻到芡实的踪迹[1]。

芡实具有丰富的营养成分，其含有大量的淀粉，但脂肪和糖分含量很低。芡实中主要的活性成分有黄酮类物质和多酚类物质[2]。芡实的蛋白质和氨基酸的含量较高，氨基酸的种类丰富，不仅具有人体必需氨基酸，还有十几种非必需氨基酸[3]。芡实的维生素含量也非常丰富，其中Vc的含量可以达到50 mg/kg左右，不亚于其他蔬菜的含量[4] [5] [6] [7]。因此，人们在日常生活中食用芡实是完全安全且非常健康的，芡实啤酒是有很好的发展前景的。

## 2. 材料和方法

### 2.1. 试验材料

芡实粉，取自安徽滁州的干制芡实；麦芽粉，山东天久生物技术有限公司； $\alpha$ -淀粉酶，山东科隆特酶制剂有限公司；糖化酶，无锡市雪梅酶制剂科技有限公司；酒曲，安琪酵母股份有限公司；碳酸钠(AR，国药集团化学试剂有限公司)。

### 2.2. 试验方法

#### 2.2.1. 糖化率的测定

使用手持糖度折光仪测量糖化液的糖度，该折光仪的测定原理是：溶液中的可溶性固形物的含量与折光率按照一定比例转化，可直接读数得到液体的糖化率。将糖化结束后的混合液进行离心，取澄清液滴在折光仪镜片上，观察读数。

#### 2.2.2. 啤酒花的添加

将麦汁煮沸，在初沸的10 min时加入酒花的15%，煮沸后45 min时加入酒花的45%，剩余的酒花在煮沸结束后加入[8]。酒花添加的总量为麦汁质量的0.05%，麦汁需煮沸60 min，该实验为了更好的保留芡实的独特风味，减弱酒花赋予啤酒的苦味，采取只添加前两次酒花的方式[9]。

#### 2.2.3. 成品啤酒各指标的测定

##### 1) 酒精度的测定

发酵后的啤酒用旋转蒸发仪蒸馏出酒精，冷却至 20℃后再使用酒精计测量，读数后查表确定酒精度。

## 2) 色度的测定

根据 GB/T 4928-2008，使用可见分光光度计进行测定，以水为空白管来调零，分别在 430 nm 和 700 nm 处测定啤酒的吸光度。再以公式将吸光度转化为色度。

### 2.2.4. 单因素试验

#### 1) 料液比

按照麦芽粉:大米粉 = 1:2，芡实添加量为 25%，在 90℃条件下添加 0.4%的  $\alpha$ -淀粉酶糊化 10 min，高温灭酶 5 min 后冷却至 60℃时加入 0.4%的糖化酶，糖化 1 h 后灭酶、冷却、离心，分别测定料水比为 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:3.5, 1:4 的糖化率。

#### 2) 芡实含量

按照料液比为 1:2.5，麦芽粉与大米粉比例不变，在 90℃下添加 0.4%的  $\alpha$ -淀粉酶糊化 10 min，糖化酶量为 0.4%，在 60℃下糖化 1 h，高温灭酶 5 至 10 min，冷却后离心，分别测定 20%、25%、30%、35%、40%芡实含量的糖化率。

#### 3) $\alpha$ -淀粉酶添加量

按照料液比为 1:2.5，芡实含量为 30%，麦芽粉与大米粉比例不变， $\alpha$ -淀粉酶添加量分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%，在 90℃下糊化 10 min，灭酶后冷却至 60℃时添加 0.4%的糖化酶，糖化 1 h 后高温灭酶，分别测定糖化率。

#### 4) 糊化 pH

按照料液比为 1:2.5，芡实含量为 30%，调节 pH 分别为 5、5.5、6、6.5、7，加入 0.4%的  $\alpha$ -淀粉酶量，在 90℃保温糊化 10 min，灭酶后冷却至 60℃时加入 0.4%的糖化酶，糖化 1 h 灭酶、冷却、离心，分别测定糖化率。

#### 5) 糊化温度

按照料液比为 1:2.5，芡实含量为 30%，添加最佳的  $\alpha$ -淀粉酶量，分别在 60℃、70℃、80℃、90℃、100℃恒温糊化 10 min。冷却至 60℃时加入 0.4%的糖化酶，糖化 1 h 后灭酶、冷却和离心，分别测定糖化率。

#### 6) 糊化时间

按照料液比为 1:2.5，芡实含量为 30%，调节 pH 为 5.5，分别在 90℃下糊化 10 min、20 min、30 min、40 min、50 min，保持其余条件均不变，分别测定糖化率。

#### 7) 糖化酶添加量

原料和糊化单因素均以最优水平保持不变，分别以 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%的糖化酶添加量，在 60℃下糖化 1 h。分别测定糖化率。

#### 8) 糖化 pH

分别调节 pH 为 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 在 60℃下糖化 1 h，其余条件均为各因素的最优水平。分别测定糖化率。

#### 9) 糖化温度

分别在 35℃、45℃、55℃、65℃、75℃下糖化 1 h，其余水平依旧保持最佳水平，分别测定糖化率。

#### 10) 糖化时间

保持其它因素水平为最佳水平不变，分别糖化 30 min、40 min、50 min、60 min、70 min，糖化结束分别测定糖化率。

### 11) 酵母接种量

以各因素的最佳水平为基础制备醪液，糖化后灭酶、冷却，分别以 0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5% 的量称取酵母，分别将酵母在 35℃ 的温水中活化 20 min 左右，接种在煮沸后的原汁中，在 25℃ 下发酵 4 天，发酵结束后使用旋转蒸发仪蒸馏出酒精，冷却后再用酒精计测读出酒精度。

### 12) 发酵时间

以各因素的最佳水平为基础制备醪液，在 25℃ 下分别发酵 3 d、4 d、5 d、6 d、7 d，发酵完成后蒸馏，测定酒精度。

### 13) 发酵温度

以各因素的最佳水平为基础制备醪液，分别在 20℃、25℃、30℃、35℃ 的恒温箱中发酵四天，发酵后蒸馏并测定酒精度。

## 2.2.5. 正交实验

分析各单因素的结果，选择结果差异较大的几个单因素，分别以最优水平为中心点，向两边选取梯度做正交实验，确定较优的芡实啤酒酿造方案。

## 2.2.6. 感官评价

**Table 1.** Sensory evaluation scoring standard table

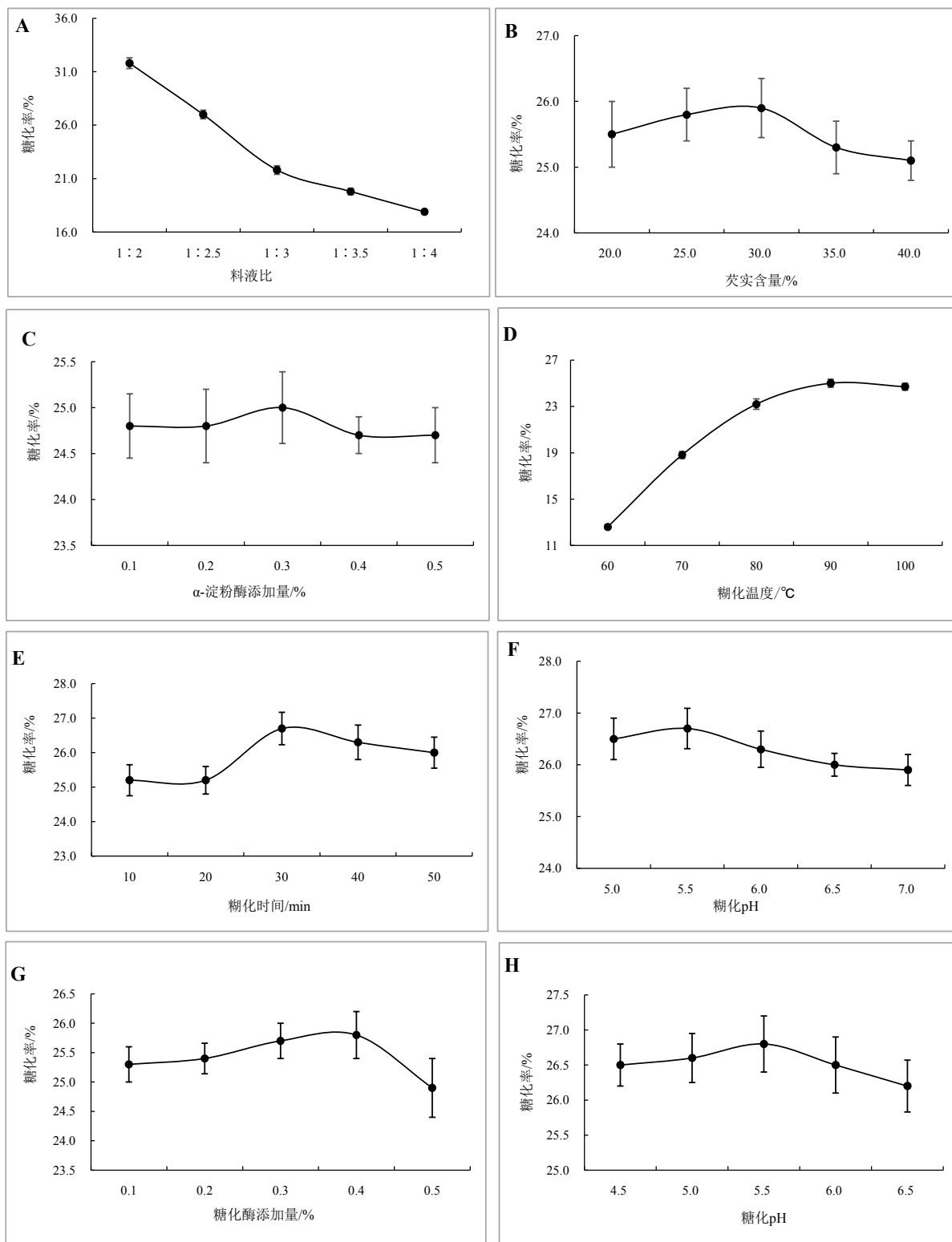
**表 1.** 感官评价评分标准表

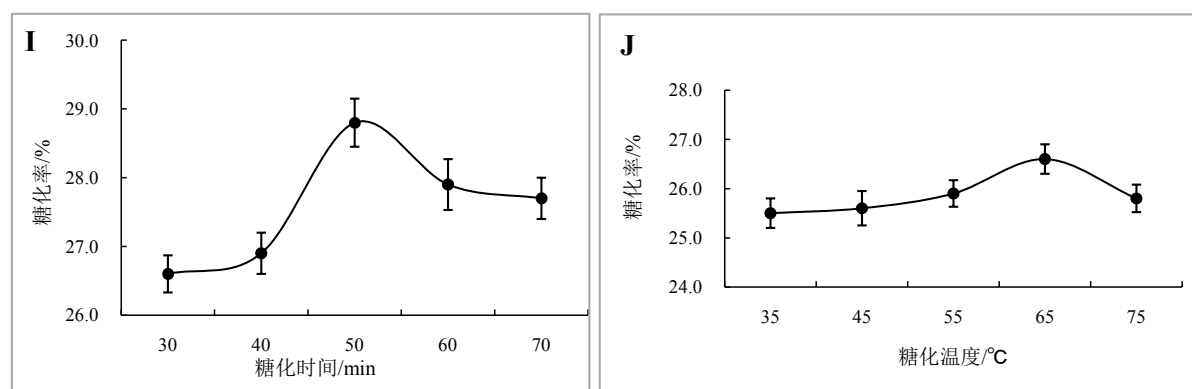
项目	标准	分数
透明度(10 分)	透视度高，澄清，无沉淀物	7~10
	透视度一般，较澄清，有些浑浊	3~6
	透视度差，暗亮，有明显浑浊	0~2
色泽(20 分)	淡黄色，光润感好	16~20
	淡黄色，光感一般	11~15
	黄色，光润感差	6~10
	暗黄色，光感差	0~5
香气(20 分)	具有啤酒发酵后特有的香气，香气浓且无异味	16~20
	具有啤酒发酵后的香气，香气较浓且无异味	11~15
	具有啤酒发酵后的香气，香气清淡有一些异味	6~10
	无啤酒发酵后的香气，有异味	0~5
泡沫(10 分)	倒入杯中，泡沫较丰富	7~10
	倒入杯中，泡沫较少	3~6
	倒入杯中，几乎没有泡沫	0~2
口感(40 分)	口味适宜，后味不苦，包含二氧化碳	35~40
	口味较适宜，后味微苦，二氧化碳较少	28~34
	口味不好，后味较苦，二氧化碳几乎没有	20~27
	口味很不好，后味苦，无二氧化碳	0~19

将发酵好的产品，进行过滤。邀请至少 10 名同学在同时间段分别对 9 个样品进行打分，分别将 9 个不同的样品装在透明的杯子中，以便感官评价的同学观察啤酒，评价标准和分数详见表 1。最后，将 10 个分值取平均值作为最后的评定依据。

### 3. 结果与讨论

#### 3.1. 各单因素对糖化率的影响





**Figure 1.** The effect of each single factor on saccharification rate  
**图 1.** 各单因素对糖化率的影响

图 1(A)显示, 随着体系中水含量的增加, 糖化率逐渐降低, 由于料水比为 1:2 时的反应体系过于浓稠, 操作不方便; 而 1:3、1:3.5 和 1:4 组的糖化率又偏低, 会影响酵母的作用。因此, 选取料液比为 1:2.5 为最佳水平。

图 1(B)显示, 芡实含量为 30%时糖化率最高, 五个不同芡实含量对糖化率的结果影响较小, 考虑芡实的价格对啤酒成本的影响和糖化率对后续发酵度的影响, 最终考虑选择 30%为最优水平。

图 1(C)显示,  $\alpha$ -淀粉酶的添加量对糖化率的影响, 一开始呈现上升的趋势, 但添加量超过 0.3%后, 糖化率又逐渐降低, 但糖化率的差别不是很大, 因此可以判定  $\alpha$ -淀粉酶的最佳添加量为 0.3%。

图 1(D)显示, 从 60°C至 90°C时, 糖化率逐渐增长, 但 100°C时的糖化率又开始降低。从 80°C至 100°C时糖化率相差甚小, 90°C为最佳的糊化温度, 100°C时酶在高温下活性降低。

图 1(E)显示, 糊化时间在 30 min 时的糖化率最高, 糊化时间短或较长都会让糖化率降低。这可能是因为在糊化时间在 30 min 以前, 原料中的淀粉不断被水解, 糖度不断增高, 而时间超过 30 min 后, 淀粉酶长时间在高温环境发生钝化和低分子糖生成焦糖等物质, 使得糖化率下降。

图 1(F)显示, 在 pH5.5 时糖化率最高, 但 pH 越高, 糖化率逐渐降低。糊化时起到作用的主要是  $\alpha$ -淀粉酶, 酶制剂均有较优的作用 pH 范围, 因此这样的结果可能是因为本实验使用的  $\alpha$ -淀粉酶在 pH5.5 左右活性最强。

图 1(G)显示, 在糖化酶添加量为 0.4%时糖化率最高, 糖化酶添加量超过 0.5%时糖化率降低, 这可能是由于达到一定的糖度时抑制了糖化酶的作用, 反而使得醪液糖度偏低[10]。糖化酶的作用是将淀粉转化为葡萄糖, 从而提高醪液的糖度, 提高啤酒的发酵度。

图 1(H)显示, pH5.5 时糖化率最高, 这是由于糖化酶在 pH5.5 的一定范围内活性最强, 而 pH 高于和低于 5.5 时, 糖化酶的活性受到抑制, 从而使得糖化率较低。

图 1(I)显示, 随着糖化时间的增加, 在一定范围内糖化率也呈增长的趋势, 但时间超过 50 min 时, 糖化率逐渐降低。糖化时间过长, 酶制剂的活性降低, 使得糖化率变低。

由图 1(J)可知糖化的最佳温度为 65°C, 这主要取决于糖化酶的最佳作用温度。糖化酶在较低温度下活性较低, 但温度过高又会被抑制活性, 使得糖化率降低。

### 3.2. 各单因素对酒精度的影响

图 2(A)显示, 酵母的最佳接种量为 0.4%, 酵母接种量过低时, 则导致发酵周期边长, 在设定的发酵时间里酵母利用糖较少, 导致酒精度较低。而酵母接种量太多时, 大量的酵母需要消耗溶液中的碳源来

生存, 从而导致醪液中的糖分未完全参与发酵成酒精, 使得酒精度低[11]。

图 2(B)显示, 在相同的发酵时间下, 随着发酵温度的升高, 酒精度也逐渐增加。这可能是由于该温度区间在酵母的最适作用范围内。综合考虑芡实啤酒的酒精度要求, 25℃应为较佳的发酵温度。

图 2(C)显示, 在发酵天数为 6 d 时酒精度最高, 但这不适合啤酒的酒精度要求。相反, 发酵天数在 3 d、4 d 时的酒精度是比较适合的酒精度。因此, 本实验的较适发酵天数应为 3 至 4 d。

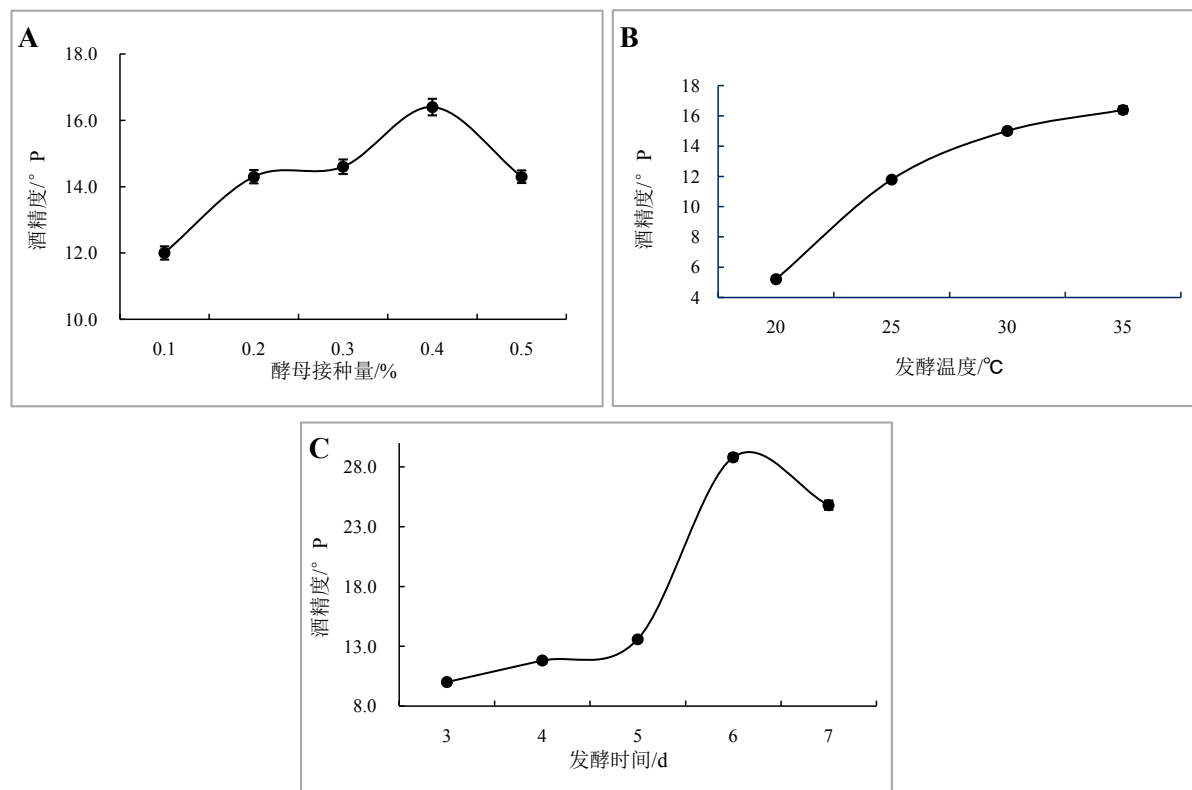


Figure 2. The effect of each single factor on alcohol content

图 2. 各单因素对酒精度的影响

### 3.3. 正交实验结果与分析

Table 2. Orthogonal experiment result table

表 2. 正交实验结果表

	实验方案				实验结果		
	糖化时间/min	酵母添加量/%	发酵时间/d	发酵温度/°C	酒精度	色度	糖度
1	45	0.3	3	25	2.1	16.6	23.4
2	45	0.4	4	28	14.6	14.55	13.0
3	45	0.5	5	31	14.8	7.28	10.8
4	50	0.3	4	31	13.0	9.47	10.9
5	50	0.4	5	25	12.9	11.42	13.7
6	50	0.5	3	28	11.3	19.8	16.4

Continued

7	55	0.3	5	28	15.3	8.79	9.8
8	55	0.4	3	31	11.5	9.84	16.0
9	55	0.5	4	25	10.6	33.53	17.0
K <sub>1</sub>	117.130	109.360	126.940	141.250			
K <sub>2</sub>	118.890	117.510	136.650	123.540			
K <sub>3</sub>	132.360	141.510	104.790	103.590			
k <sub>1</sub>	13.014	12.151	14.104	15.694			
k <sub>2</sub>	13.210	13.056	15.183	13.726			
k <sub>3</sub>	14.706	15.723	11.643	11.510			
极差 R	1.692	3.572	3.540	4.184			
因素主次	D > B > C > A						
最优组合	D <sub>3</sub> C <sub>1</sub> B <sub>2</sub> A <sub>3</sub>						

根据表 2 正交实验得到的数据, 使用 DPS 数据处理软件进行处理。因啤酒的酒精度不能过高、芡实啤酒应为淡色啤酒, 即色度为 2~14。综合考虑啤酒的口味不宜过甜。最终确定最优的因素为: 糖化 55 min, 酵母添加量为 0.4%, 在 31℃ 下恒温发酵 3 d。

### 3.4. 感官评价结果

Table 3. Sensory evaluation results

表 3. 感官评价结果表

样品	透明度	色泽	香气	泡沫	口感	总分
1	7.4	11.0	7.8	3.6	34.6	64.4
2	7.2	15.0	19.0	5.6	27.2	74.0
3	8.4	17.4	16.6	7.6	32.0	82.0
4	9.0	18.2	18.2	3.6	31.8	80.8
5	8.2	14.4	13.2	2.0	28.2	66.0
6	5.0	16.6	17.2	5.8	35.6	80.2
7	7.0	17.6	17.2	8.4	29.8	80.0
8	9.0	17.8	17.4	8.0	36.0	88.2
9	6.6	14.2	17.0	5.0	30.0	72.8

由表 3 的感官评价总分可知, 确定最受人喜爱的芡实啤酒是 8 号, 8 号芡实啤酒透明度高、色泽淡黄澄清、香气较浓且无异味、泡沫也比较丰富, 口感微苦有点甜。

## 4. 结论

本研究通过多种单因素实验和正交试验, 分别对芡实啤酒进行糖度、酒精度、色度和感官评价的测定, 最终分析得出最优的发酵工艺条件。发酵成熟的芡实啤酒酒精度为 11.5°P, 色度为 9.84, 糖度为 16%, 啤酒的香气适宜, 口感受到多数人的喜爱。

## 基金项目

滁州市科技计划项目(2020ZN013)。



## 参考文献

- [1] 林红强, 王涵, 谭静, 等. 药食两用中药-芡实的研究进展[J]. 特产研究, 2019(2): 118-124.
- [2] 张余, 张国权, 郑建梅, 等. 安徽芡实营养特性分析[J]. 中国食品添加剂, 2010(4): 206-209.
- [3] 陈蓉, 吴启南, 沈蓓. 不同产地芡实氨基酸组成分析与营养价值评价[J]. 食品科学, 2011, 32(15): 239-244.
- [4] 谭胜兵, 金婷. 芡实的营养保健功能及其开发利用[J]. 食品工程, 2008(3): 8-10.
- [5] 刘琳, 刘洋洋, 占颖, 等. 芡实的化学成分、药理作用及临床应用研究进展[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(2): 477-479.
- [6] 王瑀. 芡实化学成分及生物活性研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2016.
- [7] 陈蓉, 吴起南. 响应面法优化芡实种皮多酚的提取工艺研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(13): 205-210.
- [8] 张祥强. 颗粒酒花添加方法的探讨[J]. 啤酒科技, 2017(9): 33-35.
- [9] 张攀, 陈嘉琳, 杨军, 等. 菊花啤酒的研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2013, 34(4): 74-76.
- [10] 张强, 袁旭东, 卞文治, 等. 玉米浓醪酒精发酵工艺的研究[J]. 酿酒科技, 2019(7): 36-39+42.
- [11] 李湘利, 刘静, 张春慧, 等. 芡实酒发酵条件的优化[J]. 食品发酵与工业, 2012, 39(9): 84-88.