

# 苦荞醋发酵工艺条件的优化

申瑞玲, 张文丽, 林娟, 董吉林, 相启森

(郑州轻工业学院 食品与生物工程学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**采用传统工艺酒精发酵和醋酸发酵两步法酿造苦荞醋.在考察酒精发酵温度、苦荞代替高粱比、大曲用量对酒精发酵之影响,和初始酒精度、发酵温度、醋酸菌用量对醋酸发酵之影响的基础上,分别通过正交试验得出酒精发酵和醋酸发酵的最佳工艺参数为:酒精发酵温度32℃,苦荞代替高粱比45%,大曲用量5.5%;醋酸发酵初始酒精度5.0%,发酵温度36℃,醋酸菌接种量5%.据此酿造的苦荞醋符合国标,既有传统食醋的品质,又有苦荞特有的保健功效.

**关键词:**苦荞醋;酒精发酵;醋酸发酵

中图分类号:TS264.2<sup>+</sup>2 文献标志码:A DOI:10.3969/j.issn.2095-476X.2014.01.005

## Optimization on conditions for fermentation of buckwheat vinegar

SHEN Rui-ling, ZHANG Wen-li, LIN Juan, DONG Ji-lin, XIANG Qi-sen

(College of Food and Bioengineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The traditional technology of alcoholic fermentation and acetic fermentation was used to produce vinegar. The influence to technique parameters of the alcoholic fermentation caused by temperature, proportion of buckwheat with sorghum and usage of lees was investigated. The influence to technique parameters of the acetic fermentation caused by ethanol concentration, temperature and inoculations dosage was also investigated. The method of orthogonal design was employed to determine the optimal technological conditions of the vinegar. The optimal conditions for alcoholic fermentation were found as follows: temperature 32℃, proportion of buckwheat and sorghum 45%, the usage of lees 5.5%. The optimal acetic fermentation conditions were obtained as follows: ethanol concentration of 5.0%, temperature 36℃, inoculations dosage of 5%. Accordingly brewed buckwheat vinegar meets the national standard. It has not only the quality of traditional vinegar, but also the unique health benefits of buckwheat.

**Key words:** buckwheat vinegar; alcoholic fermentation; acetic fermentation

## 0 引言

山西老陈醋与镇江香醋、浙江玫瑰醋、福建红曲老醋、四川保宁麸醋并称为我国五大名醋<sup>[1]</sup>.山西老陈醋色泽棕红,有光泽,体态均一,较浓稠.它是以高粱、麸皮、谷糠和水为主要原料,以大麦、豌

豆所制大曲为糖化发酵剂,经低温浓醪酒精发酵后,再经高温固态醋酸发酵、熏醅、陈酿等工艺酿制而成.现代医学研究表明,人体每天摄入一定量的老陈醋,能够助消化、调节血液的酸碱平衡和扩张、软化血管,进而起到降低血压作用,有助预防心血管疾病的发生<sup>[2]</sup>.食醋对人体健康的有益功效逐渐

收稿日期:2013-10-09

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划课题(2012BAD34B05-17)

作者简介:申瑞玲(1967—),女,山西省灵石县人,郑州轻工业学院教授,博士,主要研究方向为谷物营养与加工.

被认识和挖掘,已经超出了调味品的范畴而提升为保健品<sup>[3]</sup>,市场上对新型老陈醋的需求量呈迅速增长趋势。

苦荞麦含有多种氨基酸、微量元素、维生素以及黄酮、D-手性肌醇 D-CI(D-chiro-inositol)、多酚、膳食纤维等多种功能活性物质,具有延缓衰老、降血脂等功能,集营养、保健、医疗于一体,被称为“三降食品”<sup>[4-6]</sup>。I. K. Cheang 等<sup>[7]</sup>研究证明苦荞芦丁可以保护 $\beta$ -细胞 RIN-m5f 的胰岛素受体底物和腺苷酸活化蛋白激酶信号通路,抑制脂肪合成酶活性,增强毛细血管通透性,降低血脂和胆固醇。苦荞保健醋 18 种氨基酸总含量达 2 060.86 mg/100 mL,是普通食醋的 7.6 倍,其中人体必需的 8 种氨基酸齐全<sup>[8]</sup>,富含硒、磷、钙、锌、铁、铜等微量元素,降脂保健功效显著,色泽清亮呈棕红色,香味浓郁,口感绵酸柔和。马挺军等<sup>[9]</sup>研究表明 D-手性肌醇含量为 0.5 mg/mL 的苦荞醋,具有降低糖尿病模型小鼠空腹血糖、辅助抑制糖负荷引起的血糖升高作用。目前,苦荞醋工艺尚处于初步研究阶段,改善工艺参数,有利于提高其加工深度和产业化水平,有利于合理开发利用苦荞资源。本文拟以山西苦荞为原料,采用传统山西老陈醋生产工艺酿制苦荞醋,优化酒精发酵和醋酸发酵的关键工艺参数,以期生产出具有传统食醋品质且能够增加苦荞特有营养保健功效的高品质苦荞醋,为我国特色苦荞的深加工提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

材料:苦荞、高粱、麸皮、谷糠、大曲、醋醅,山西灵石马和醋厂提供;试剂:氢氧化钠(分析纯),武汉化学试剂厂产;硫酸钾(分析纯),烟台市双双化工有限公司产;硫酸铜(分析纯),天津恒兴化学试剂有限公司产;无水乙醚(分析纯),上海艾希尔化工有限公司产;酒石酸钾钠(分析纯),东营市隆兴化工有限责任公司产。

仪器:三支组酒精计,河北省武强县同辉仪器厂产;BSA224S—CW 电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司产;FXB303—1 型电热培养箱,上海树立仪器仪表有限公司产;XQ200 克型多功能高速粉碎机,上海广沙工贸有限公司产;TD5A—WS 台式低速离心机,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司产;pH 计(PB—10),广州市博泰科技仪器有限公

司产;DZKW 电热恒温水浴锅,北京市永光明医疗仪器厂产;UV—1600 可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司产。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 苦荞醋生产工艺流程

原料 → 粉碎 → 润料 → 蒸熟 → 加水(闷料) → 冷却 → 拌曲 → 酒精发酵 → 醋酸发酵 → 醋醅陈醋(麸皮、谷糠) → 淋醋 → 新醋

**1.2.2 测定方法** 酒精含量测定:称取酒醅样品 150 g,置于 500 mL 烧杯中,加水 150 mL,水温 70 ℃,浸泡 1 h,过滤,取 100 mL 滤液于 500 mL 蒸馏瓶中,采用蒸馏法测定<sup>[10]</sup>。总酸度测定:采用酸碱滴定法测定(GB/T 12456—2008)。总黄酮测定:样品醋醅用水(每 30 g 样品用 40 mL 水,下同)浸提,然后过滤;分光光度比色法,测定波长 500 nm,以芦丁为标准制做工作曲线,计算总黄酮含量<sup>[11]</sup>。总酚测定:样品醋醅用水浸提,然后过滤;Folin-Ciocalteu 法,测定波长 720 nm,以没食子酸为标准制作工作曲线,计算总酚含量<sup>[11]</sup>。蛋白质测定:凯氏定氮法(固体)(GB 5009.5—2010)。淀粉的测定:3,5-二硝基水杨酸法。脂肪测定:索式提取法。水分测定:105 ℃恒重法。灰分测定:550 ℃灼烧法。细菌菌落总数测定:平板分离法。大肠杆菌检验:按 GB 4789.38—2012 的方法。

#### 1.2.3 苦荞醋酒精发酵阶段工艺参数优化研究

准确称取 200 g 原料(苦荞:高粱=3:7),润料、蒸料结束后放于三角瓶中,加入 200 g 辅料(高粱壳、谷糠、麸皮等)和 200 g 水,分别考察不同发酵温度、大曲用量和苦荞代替高粱比,对苦荞醋酒精发酵过程的影响。

在此基础上,针对酒精发酵温度(A)、苦荞代替高粱比(B)和大曲用量(C)3 个因素,进行  $L_9(3^4)$  正交设计,确定最优工艺条件。

#### 1.2.4 苦荞醋醋酸发酵阶段工艺参数优化研究

分别研究不同初始酒精度、发酵温度和醋酸菌接种量对苦荞醋醋酸发酵过程影响。在此基础上,针对初始酒精度(D)、醋酸发酵温度(E)和醋酸菌接种量(F)3 个因素,进行  $L_9(3^4)$  正交设计,确定最优工艺条件。

**1.2.5 数据处理** 上述正交试验结果采用 DPS 8.5 软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苦荞醋生产主要原料的主要成分

苦荞醋生产主要原料的主要成分见表 1。

表1 原料的主要成分分析 %

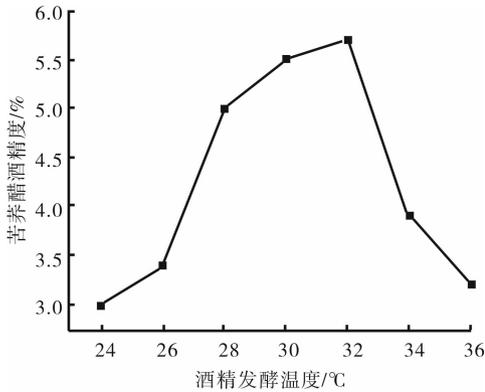
原料	淀粉	蛋白质	脂肪	水分	灰分	$\beta$ -葡聚糖
高粱	54.32	6.26	4.22	1.10	1.68	—
苦荞	64.72	7.68	2.67	2.16	2.23	0.07

在苦荞醋生产过程中,淀粉、蛋白质、脂肪和灰分是制醋主料的主要成分,其中淀粉对产品的质量有着关键性影响.苦荞中淀粉含量为64.72%,考虑降低成本,选择一定量苦荞代替高粱来酿造苦荞醋.

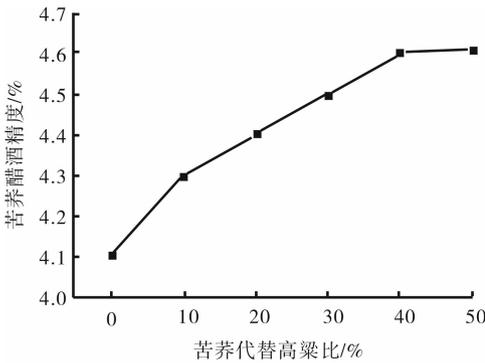
## 2.2 苦荞醋酒精发酵和醋酸发酵阶段工艺参数优化

### 2.2.1 苦荞醋酒精发酵单因素试验

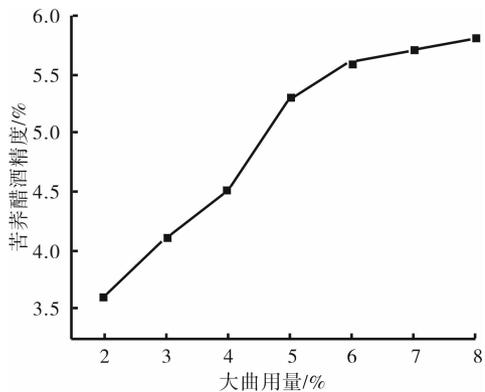
图1给出酒精发酵温度、苦荞代替高粱比和大曲用量对苦荞醋



a)



b)



c)

图1 酒精发酵温度、苦荞代替高粱比、大曲用量对苦荞醋酒精度的影响

酒精度的影响.

从图1可知,提高发酵温度、增加苦荞代替高粱比和大曲用量都有利于提高酒精度.发酵温度 > 32 °C后,酒精度又逐渐下降,这是由于发酵温度 > 32 °C后大曲的发酵活动逐渐受到抑制的缘故.苦荞代替高粱比40%时酒精度达到最高,之后趋于平缓.当大曲用量 > 6%后,酒精度增加趋于平缓,这是因为增加大曲用量可以缩短酒精发酵周期并减少感染杂菌的机会,但接种量过大时会有大量代谢废物产生,导致菌体细胞过早发生老化、自溶等现象,使得产品有异味<sup>[12]</sup>.

2.2.2 苦荞醋酒精发酵正交试验 表2给出苦荞醋酒精发酵的正交试验结果,表3为正交试验结果的方差分析.

表2 苦荞醋酒精发酵正交试验结果

试验号	A/°C	B/%	C/%	酒精度/%
1	28(1)	35(1)	5.5(1)	4.62
2	28	40(2)	6.0(2)	4.31
3	28	45(3)	6.5(3)	3.75
4	30(2)	35	6.0	4.26
5	30	40	6.5	4.44
6	30	45	5.5	5.62
7	32(3)	35	6.5	4.93
8	32	40	5.5	6.12
9	32	45	6.0	5.74
$K_1$	12.68	15.00	16.36	
$K_2$	14.32	14.87	15.42	
$K_3$	16.79	15.11	14.31	
$k_1$	4.22	4.60	5.45	
$k_2$	4.77	4.96	4.77	
$k_3$	5.60	5.03	4.37	
R	1.38	0.43	1.08	
较优组合	$A_3 B_3 C_1$			

表3 苦荞醋酒精发酵正交试验方差分析

方差来源	离差平方和	自由度	均方值	F值	显著性
A	2.85	2	1.43	26.18	$P < 0.05$
B	0.32	2	0.16	2.93	
C	1.79	2	0.90	16.43	
误差(e)	0.11	2	0.05		
总和(T)	5.07	8			

注:  $F_{0.05}(2,2) = 19, F_{0.01}(2,2) = 99$ .

由表2和表3可知,以酒精度为评价指标,发酵温度(A)的影响最大,其次是大曲用量(C)和苦荞代替高粱比(B),其中因素A影响显著( $P < 0.05$ ).因此,苦荞醋酒精发酵最佳生产工艺条件为:温度

32 ℃,苦荞代替高粱比45%,大曲用量5.5%.

**2.2.3 苦荞醋醋酸发酵单因素试验** 初始酒精度、醋酸发酵温度和醋酸菌接种量对苦荞醋醋酸发酵阶段的影响如图2所示.

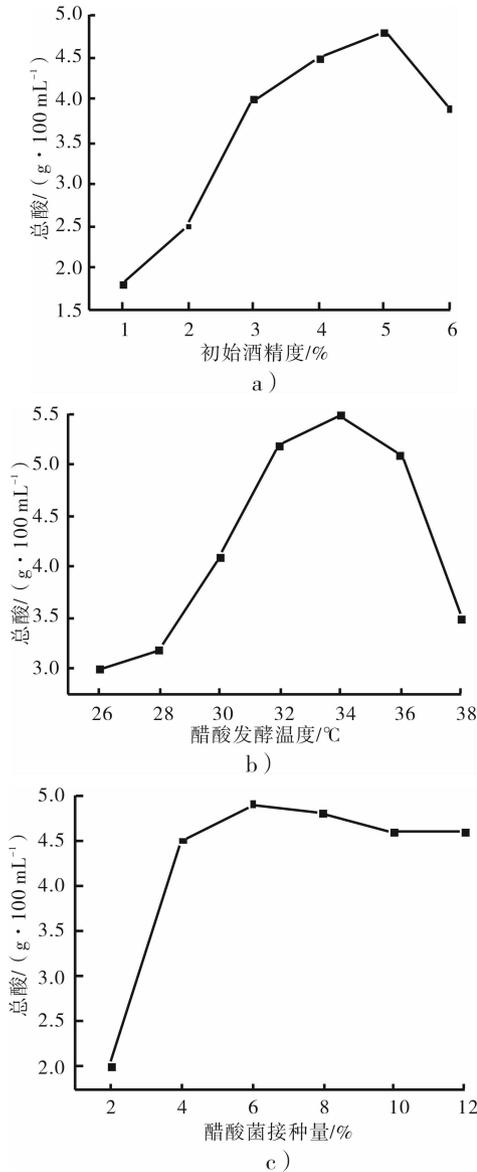


图2 初始酒精度、醋酸发酵温度、醋酸菌接种量对苦荞醋醋酸发酵阶段的影响

由图2可见,随着初始酒精度的上升,该发酵阶段产生的总酸含量迅速增加.当初始酒精度 > 5%后,产生的总酸含量迅速减少.这是因为酒精度 > 5%后,醋酸菌的发酵活动受到抑制的缘故.发酵温度越高,醋酸发酵阶段产生的总酸含量越大;但当发酵温度 > 34 ℃后,总酸含量开始减少.醋酸菌接种量 ≥ 4%后,总酸含量趋于平缓.

**2.2.4 苦荞醋醋酸发酵正交试验** 苦荞醋醋酸发酵正交试验结果及其方差分析分别见表4和表5.

由表4可知,以总酸含量为评价指标,初始酒精度( $D$ )的影响最大,其次是醋酸菌接种量( $F$ ),温度( $E$ )的影响最小,较优组合为  $D_2 E_3 F_3$ ,即当初始酒精度为5.0%,发酵温度36 ℃,醋酸菌用量为5%时醋酸发酵水平最佳.

表4 苦荞醋醋酸发酵正交试验结果

试验号	$D/\%$	$E/^\circ\text{C}$	$F/\%$	总酸/(g · 100 mL <sup>-1</sup> )
1	4.5(1)	32(1)	3(1)	3.26
2	4.5	34(2)	4(2)	3.96
3	4.5	36(3)	5(3)	4.28
4	5.0(2)	32	4	5.58
5	5.0	34	5	6.42
6	5.0	36	3	6.38
7	5.5(3)	32	5	6.68
8	5.5	34	3	5.72
9	5.5	36	4	5.88
$K_1$	11.50	15.52	15.36	
$K_2$	18.38	16.10	15.42	
$K_3$	18.28	16.54	17.38	
$k_1$	3.83	5.17	5.12	
$k_2$	6.13	5.37	5.14	
$k_3$	6.09	5.51	5.79	
$R$	2.29	0.34	0.67	
较优组合	$D_2 E_3 F_3$			

表5 苦荞醋醋酸发酵正交试验方差分析

方差来源	离差平方和	自由度	均方值	$F$ 值	显著性
$D$	10.37	2	5.18	22.06	$P < 0.05$
$E$	0.17	2	0.09	0.36	
$F$	0.88	2	0.44	1.87	
误差( $e$ )	0.47	2	0.23		
总和( $T$ )	11.89	8			

## 2.3 苦荞醋质量参数分析

**2.3.1 感官指标鉴定** 采用优化组合工艺制得的产品色泽清亮,呈棕红色,具有正常食醋的气味和滋味,不涩,无其他不良气味与异味,无浮物,不混浊,无沉淀物,无异物,无醋鳃、醋虱.

**2.3.2 理化指标** 产品总酸含量5.2 g/100 mL.

**2.3.3 微生物指标** 细菌菌落总数 ≤ 5 000 CFU/mL;大肠菌群 ≤ 3 MPN/100 mL.

**2.3.4 苦荞醋功能成分分析** 综合上述苦荞醋最佳工艺条件和实际生产需求,在山西灵石马和醋厂进行了苦荞醋加工,测得其醋酸含量为5.2 g/100 mL,达到国家对优质老陈醋的要求.分别测定了原料(苦荞代替高粱比45%)和成品苦荞醋中的总黄酮、总酚含量,结果见表6.

由表6可知,苦荞醋中总黄酮、总酚含量明显高于原料.在酿造过程中,黄酮类及酚类物质可能是原料苦荞或大曲等物质中固有的,伴随着发酵碳源物质的消耗而被释放了出来.淋醋过程中可能会造成黄酮类和酚类物质的损失,其工艺有待于进一步研究,以减少苦荞原料中特有功能成分的损失.

表6 苦荞醋功能成分分析

材料	总黄酮	总多酚
原料/(mg·g <sup>-1</sup> )	0.459 3	0.538 4
苦荞醋/(mg·mL <sup>-1</sup> )	0.496 0	0.773 9

### 3 结论

本文采用单因素试验和正交试验优化苦荞醋酒精发酵和醋酸发酵阶段工艺参数,得到酒精发酵最佳工艺条件为:发酵温度 32 ℃,苦荞代替高粱比 45%,大曲用量为 5.5%;醋酸发酵最佳工艺条件为:初始酒精度 5.0%,发酵温度 36 ℃,醋酸菌用量 5%.

根据优化后工艺参数酿造出的苦荞醋,符合 GB 2719—2003 食醋卫生标准,不仅具有传统食醋品质,而且具有苦荞特有的营养保健功效,为进一步工业化生产提供了理论依据.

### 参考文献:

[1] 国建娜,蒋予箭,王丽,等.浙江玫瑰醋酒化发酵工艺条件的优化[J].中国酿造,2008(15):31.

- [2] 陆正清.浅析食醋酿造酒精发酵工艺的管理[J].中国调味品,2003(10):6.
- [3] 刘晓莉,武宝爱,内藤桔子.持续饮用黑米醋对人体血流速度及血液粘滞性的影响[J].营养学报,2005,27(4):345.
- [4] Piao S L, Li L H. The actuality of produce and exploitation of Fagopyrum in China [J]. Advances in Buckwheat Research, 2001, 80(2):571.
- [5] 孙元琳,陕方,边俊生,等.苦荞麦麸碱提多糖的制备与分析[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2011,26(2):1.
- [6] Sangnark A, Nookhorm A. Effect of particle sizes on functional properties of dietary fibre prepared from sugarcane bagasse [J]. Food Chemistry, 2003, 80(2):221.
- [7] Cheang I K, Baillargeon J P, Essah P A, et al. Insulin-stimulated release of D-chiro-inositol-containing inositol-phosphoglycan mediator correlates with insulinsensitivity in women with polycystic ovary syndrome [J]. Metabolism, 2008, 57(10):1390.
- [8] 姚荣清,梁世中.苦荞麦保健醋酿造工艺研究[J].粮油食品科技,2005,13(1):9.
- [9] 马挺军,陕方,贾昌喜.苦荞醋对糖尿病模型小鼠血糖的影响[J].中国粮油学报,2010,25(5):42.
- [10] 滕占才,李志江,王波,等.辅料及发酵条件对食醋酒精发酵工艺影响研究[J].中国酿造,2011(1):37.
- [11] 闫霞,郝林.山西老陈醋抗氧化物质含量及其分析[J].中国酿造,2009(10):140.
- [12] 孙俊良,高晗,宋志强.利用固态发酵法生产营养型柿醋的研究[J].食品科学,2005(8):246.