

## 模糊数学分析糜米品种及工艺技术对糜米苦荞黄酒品质的影响

冯耐红<sup>1,2</sup>, 张丽珍<sup>3</sup>, 侯东辉<sup>1</sup>, 李晋花<sup>1</sup>, 陈丽红<sup>1</sup>, 左宪强<sup>1</sup>, 杨成元<sup>1</sup>, 郝林<sup>2\*</sup> (1.山西省农业科学院经济作物研究所, 山西汾阳 032200; 2.山西农业大学食品科学与工程学院, 山西太谷 030801; 3.山西大学生命科学学院, 山西太原 030006)

**摘要** 以糜米、苦荞为原料, 以黄精、枸杞为辅料制备营养保健黄酒。采用现代工艺与传统酿造工艺相结合, 使苦荞、黄精、枸杞的功能成分融入糜米苦荞黄酒。利用正交试验安排, 模糊数学、多层次综合评判等方法确定糜米苦荞黄酒的最佳原料和工艺技术如下: 晋黍8号, 酒曲3号和工艺2。并检测糜米苦荞黄酒的黄酮、多酚等功能成分和香味、气味、微量元素等成分, 为黄酒的保健功能提供可靠的依据。

**关键词** 糜米苦荞黄酒; 工艺技术; 模糊数学; 黄酮; 多酚

**中图分类号** TS262.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)36-0162-04

### Study on the Effect of Different Broomcorn Millet Varieties and Processing Technology on the Quality of Yellow Wine in Broomcorn Millet and Tartary Buckwheat Based on Fuzzy Mathematics

FENG Nai-hong<sup>1,2</sup>, ZHANG Li-zhen<sup>3</sup>, HOU Dong-hui<sup>1</sup> et al (1. Economic Crops Institute, Shanxi Academy of Agricultural Science, Fenyang, Shanxi 032200; 2. College of Food Science and Engineering, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801; 3. College of Life Science, Shanxi University, Taiyuan, Shanxi 030006)

**Key words** Nutritious health Yellow Wine was produced with buckwheat, sealwort, medlar as raw materials and sealwort, medlar as auxiliary materials. Modern technology combined with the traditional process was used to evaluate their influence on the functional components production of buckwheat, sealwort, medlar during brewing millet buckwheat Yellow Wine. Using orthogonal test, fuzzy mathematics comprehensive evaluation method, the best the raw materials and technological parameters of millet were determined: buckwheat Yellow Wine Jinshu 8, koji No.3 and process 2. Millet buckwheat flavonoids, polyphenols, flavor, odor, trace elements and other components were detected to provide reliable basis for Yellow Wine functional ingredients.

**Key words** Yellow Wine in broomcorn millet and tartary buckwheat; Processing technology; Fuzzy mathematics; Flavone; Polyphenol

黄酒是我国具有民族特色的传统酿造酒, 是中国瑰宝、酒中珍品<sup>[1]</sup>。口感温和, 香气醇厚, 具有极高的营养价值, 起源于龙山文化时期, 黄帝以前已有以米为原料酿酒的传说<sup>[2]</sup>。《齐民要术》《北山酒经》等都详细记载了古代黄酒生产中制曲和酿酒技术<sup>[3]</sup>。汉《淮南子》“清盎之美, 始与耒耜”, 即黄酒的发展和农业的发展是同步进行的<sup>[4]</sup>。随着现代社会的进步, 人类保健意识的加强, 人们逐渐认识到高度酒对人体的危害, 低度、保健酒渐渐流行, 黄酒产业迅猛发展<sup>[5-6]</sup>。南方以大米为主要原料, 北方则以黍米为主要原料, 从南到北黄酒生产逐渐实现机械化、科学化、规模化、产业化<sup>[7-8]</sup>, 采用现代化生产工艺、先进生产设备, 黄酒的品质得到了稳定与提高。

将现代食品加工新技术和生物工程技术相结合, 以糜米和苦荞米为主要原料, 复配黄精、枸杞等营养品发酵, 制备营养保健糜米苦荞黄酒<sup>[9]</sup>, 采用苦荞护色工艺, 使酒体保持黄酒特有的棕黄色。采用正交试验、模糊数学、多层次评判等方法<sup>[10]</sup>, 根据产品的出酒率、感官评价等确定最佳原辅料种类等; 产品属于低度、自然、柔和、清爽的功能性黄酒, 适合于中老年人和妇女饮用, 据中医临床实践, 对治疗乳腺癌有特殊的疗效<sup>[11]</sup>。另外, 黄酒还可以作为烹调用料酒, 具有去除不良气味的作<sup>[12]</sup>。黄酒中调制的枸杞、苦荞、黄精等中药

物质与黄酒中的营养物质融合<sup>[13]</sup>, 功效叠加, 其降三高、抗氧化、抗疲劳的效果都有增加。

据国家统计局数据显示, 到2015年末, 中国大陆总人口137 462万人, 60岁及以上人口为21 242万人, 占15.5%; 专家推荐中老年养生十六字方针: 合理膳食、适量运动、戒烟限酒、心理平衡。若中老年人每人每天喝10 mL, 那么一天将有212.42万L的需求, 一年将有77 533.3万L的需求, 估算为77万t, 应用前景十分广阔。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

**1.1.1 原料。**糜米, 山西省农业科学院高寒所提供; 苦荞、淀粉, 市售; 酒曲、酒母, 山西汾酒集团股份有限公司提供; 木瓜蛋白酶、糖化酶等, 天津市诺沃生物技术有限公司提供; 碘化钾、碘, 四川省成都市科龙化工试剂厂生产。

**1.1.2 仪器和设备。**低速大容量离心机, 上海科灵科学仪器厂; 多功能电子分析天平, 北京赛多利斯电子有限公司; 多功能食品加工机, 广州美的厨房用品有限公司; 粉碎机, 上海超微粉碎机械制造有限公司; 恒温水浴锅, 北京科近实验科学仪器厂; 恒温摇床, 上海杜科实验科学设备厂; 酒精计, 浙江余姚黄家埠玻璃仪表厂; 糖度计, 天津凯旋试验玻璃仪表厂; 发酵罐, 安徽科普克仪器厂。

**1.2 工艺流程** 糜米苦荞黄酒酿造工艺流程如图1所示。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 原材料选择及有效营养成分含量测定。**经过加工的优质糜米<sup>[14]</sup>和苦荞米, 颗粒整齐, 大小均匀, 无杂质, 无霉变, 无虫蛀, 糜米支链淀粉越高越好<sup>[15]</sup>。测定原辅料的有效成

**基金项目** 国家谷子糜子产业技术体系汾阳综合试验站项目(CARS-07-13.5-B5)。

**作者简介** 冯耐红(1973—), 女, 山西汾阳人, 副研究员, 硕士, 从事食品生物技术、农产品生产与质量安全、农副产品综合利用等研究。\*通讯作者, 教授, 博士, 从事食品生物技术、农产品生产与质量安全、农副产品综合利用等研究。

**收稿日期** 2018-08-14

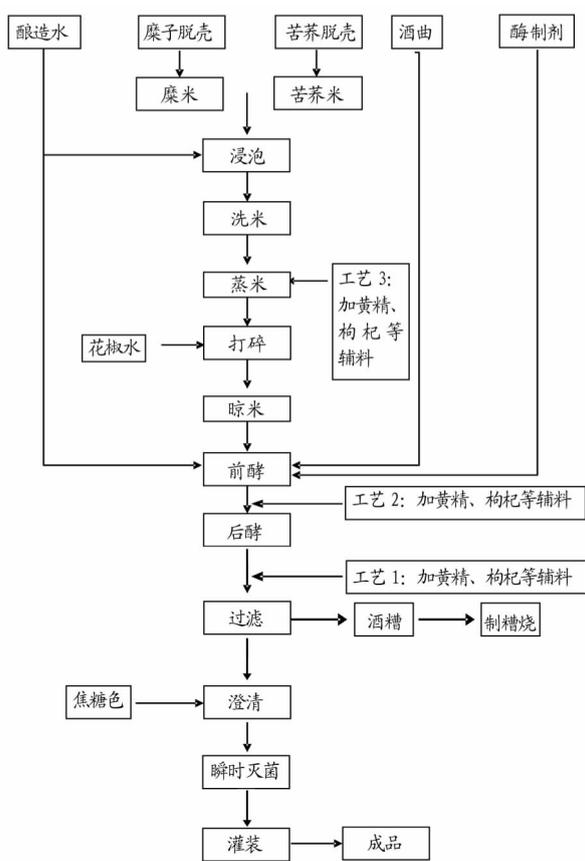


图 1 糜米苦荞黄酒工艺流程

Fig.1 Technological process of millet buckwheat Yellow Wine

分粗蛋白、粗脂肪、支链淀粉占淀粉比例。

**1.3.2 工艺的选择及最适糜米品种和特质酒曲试验研究。**采用  $L_9(3^3)$  正交试验进行糜米品种、酒曲种类和工艺选择研究,设计三因素三水平试验(表 1),发酵结束后,进行感官评价,根据外观、沉淀程度、颜色、气味、口感综合评分,确定糜米苦荞黄酒的最佳原辅料和配比<sup>[16]</sup>。

在试验的过程中,由 15 位食品方面的专家组成专家组,通过专家组的仔细品尝来确定糜米苦荞黄酒的工艺配方。在品尝过程中,记录数据,采用正交试验来确定黄酒的工艺配方,专家注意枸杞、黄精等原辅料不同配比对黄酒最终产品口感的影响,同时注意不同原辅料的配比对黄酒色泽的影响。除了这些原辅料外,我们还选用经过发酵前处理的原料进行添加使用,增进原料的添加效果。

表 1 糜米苦荞黄酒配方正交试验设计因素与水平

Table 1 Factor and level of orthogonal test on millet buckwheat Yellow Wine

水平 Level	因素 Factor		
	工艺(A) Process	糜米品种(B) Broomcorn millet variety	酒曲种类(C) Distillers yeast
1	1	晋黍 4 号	1 号
2	2	晋黍 8 号	2 号
3	3	晋黍 9 号	3 号

通过模糊数学、多层次综合评判,选择 3 种生产上主推

的且做黄酒常用的糜子品种晋黍 4 号、晋黍 8 号、晋黍 9 号,对 3 种不同工艺和 3 种特质酒曲制得的糜米苦荞黄酒的感官品质等进行分析比较,选择酿造黄酒的适宜品种、最佳工艺技术和特质酒曲。具体试验设计见表 2。

表 2 样品试验设计

Table 2 The product experiment arranged

样品编号 Sample No.	工艺 Process	糜米品种 Broomcorn millet variety	酒曲 Distillers yeast
1	1	4 号	1 号
2	1	8 号	2 号
3	1	9 号	3 号
4	2	4 号	2 号
5	2	8 号	3 号
6	2	9 号	1 号
7	3	4 号	3 号
8	3	8 号	1 号
9	3	9 号	2 号

**1.3.3 最适发酵温度的选择。**发酵温度是最直接影响发酵程度的因素,试验通过对原辅料利用率和残渣量的研究确定最适发酵温度。发酵温度选择不合适,会使黄酒发酵不充分,严重的会使发酵失败,料液变质。

2 结果与分析

2.1 工艺技术

**2.1.1 原料米有效营养成分含量测定。**原料米有效营养成分含量测定结果见表 3。

表 3 原料米有效营养成分含量

Table 3 Effective nutrient content in raw millet

编号 Sample No.	糜米品种 Broomcorn millet variety	粗蛋白 Crude protein//%	粗脂肪 Crude fat//%	支链淀粉/粗淀粉 Amylopectin/crude starch//%
1	晋黍 4 号	13.20	2.27	98.62
2	晋黍 8 号	12.12	2.34	99.96
3	晋黍 9 号	14.84	3.54	99.97
4	苦荞米	11.87	2.65	67.39

**2.1.2 糜米苦荞黄酒工艺的选择及最适糜米品种和特质酒曲的确定。**将蒸熟的混合米打碎晾冷至 30℃,按混合米量 10%加曲,添加 0.2%糖化酶,揉进发酵罐(罐底提前加入一层薄薄的酵母),密封糖化,28~30℃下保持 12~20 h。加入混合米的 10%~30%酒母和 2 倍 5%的花椒水,加 7%的枸杞、黄精等多种营养干制品,混合均匀,密封,在恒温恒湿环境下发酵 30 d,不超过 20℃,每天搅拌 1 次。糜米苦荞在发酵过程中,严格要求,以避免对原材料的有效成分造成损失。

制备的糜米苦荞黄酒聘请 18 位专业人士作评委对其外观、沉淀程度、颜色、气味、口感等指标进行打分,确定权重系数分别为 0.25、0.20、0.15、0.15、0.25;再通过观察品尝对比打分,运用模糊数学方法确定糜米苦荞黄酒辅料处理的最佳工艺、糜子品种和酒曲种类,其结果见表 4。

表4 糜米苦荞黄酒评价因素统计

Table 4 Statistical of evaluation factors of millet buckwheat Yellow Wine

样品编号 Sample No.	外观 Appearance			沉淀程度 Precipitation			颜色 Color			气味 Odor			口感 Taste		
	上 Top class	中 Middle class	下 Low class	上 Top class	中 Middle class	下 Low class	上 Top class	中 Middle class	下 Low class	上 Top class	中 Middle class	下 Low class	上 Top class	中 Middle class	下 Low class
1	1	3	11	1	5	9	2	4	9	1	2	12	1	4	10
2	3	8	4	2	9	4	3	5	7	5	4	6	4	9	2
3	2	7	6	2	8	5	4	5	6	3	6	6	5	10	0
4	8	5	2	2	10	3	7	6	2	5	6	4	6	6	3
5	11	3	1	8	7	0	11	4	0	9	5	1	14	1	0
6	13	2	0	5	8	2	10	4	1	8	4	3	10	3	2
7	1	5	9	1	7	7	3	6	6	1	4	10	2	6	7
8	2	6	7	1	8	6	1	6	8	3	3	9	2	8	5
9	2	2	11	1	4	10	2	4	9	1	1	13	1	5	9
权重 X Weight	0.25	0.2	0.15	0.15	0.25										

然后将最后的结果利用电脑软件进行处理,结合评委的直观感受,得出最后的结果:

$$R1 = \begin{bmatrix} 0.0667 & 0.2000 & 0.7333 \\ 0.0667 & 0.3333 & 0.6000 \\ 0.1333 & 0.2667 & 0.6000 \\ 0.0667 & 0.1333 & 0.8000 \\ 0.0667 & 0.2667 & 0.6667 \end{bmatrix}$$

确定权重系数集为:

$X = (0.25 \ 0.2 \ 0.15 \ 0.15 \ 0.25)$  时,  $Y1 = X \circ R1 = (0.0767 \ 0.2433 \ 0.6800)$ , 余此类推,得到模糊变换结果如表5所示。

表5 模糊变换结果

Table 5 Result of the vague change

样品编号 Sample No.	模糊变换结果 Result of the vague change			
	上 Top class	中 Middle class	下 Low class	
1	Y1 = ( 0.0767	0.2433	0.6800	)
2	Y2 = ( 0.2233	0.4933	0.2833	)
3	Y3 = ( 0.2133	0.5000	0.2867	)
4	Y4 = ( 0.3800	0.4367	0.1833	)
5	Y5 = ( 0.7233	0.2500	0.0267	)
6	Y6 = ( 0.6300	0.2700	0.1000	)
7	Y7 = ( 0.1033	0.3767	0.5200	)
8	Y8 = ( 0.1200	0.4300	0.4500	)
9	Y9 = ( 0.0933	0.2200	0.6867	)

综合评判结果及归一化排序如表6、表7。

表6 综合评判结果

Table 6 Result of the comprehensive judgement

评判结果 Result of the judgement	样品编号 Sample No.			
上 Top class	5	6		
中 Middle class	4	2	3	
下 Low class	8	7	1	9

显然利用工艺2,即在糜米苦荞黄酒前酵后加入黄精、枸杞等营养辅料,且选择晋黍8号和特质酒曲3时,酿造的糜米苦荞黄酒综合效果最好。

2.1.3 不同发酵温度对原料利用率的影响。按工艺2设计,称取晋黍8号糜米80 kg和苦荞20 kg,水分分别为11.74%和

10.89%,研究不同温度对糜米苦荞等原料利用率的影响,结果如表8所示。

表7 归一化后综合排序

Table 7 Comprehensive arrange on merging into one

综合排序 Comprehensive sequencing	样品编号 Sample No.	综合排序 Comprehensive sequencing	样品编号 Sample No.
序1 Sequence 1	5	序6 Sequence 6	8
序2 Sequence 2	6	序7 Sequence 7	7
序3 Sequence 3	4	序8 Sequence 8	1
序4 Sequence 4	2	序9 Sequence 9	9
序5 Sequence 5	3		

表8 前酵温度对原料利用率的影响

Table 8 The effects of pre-fermentation temperature on the utilization of raw materials

温度 Temperature ℃	残渣量 Residue quantity//kg	利用率 Utilization ratio//%
20	26.81	69.68
25	24.92	71.82
30	22.56	74.49
35	23.63	73.28
40	24.2	72.63
45	25.87	70.75
50	26.15	70.43

在上述试验的基础上,研究温度和酒渣量与利用率的关系,结果表明产生的酒渣在30℃左右最少,利用率最高,且产品香气醇厚,口感清爽宜人,30℃是最好的发酵温度。

2.2 品质

2.2.1 功能成分。对多酚、黄酮等功能成分进行分析,结果如表9。

表9 糜米苦荞黄酒功能成分

Table 9 Functional component analysis of millet buckwheat Yellow Wine

原料 Material	黄酮 Flavonoids	多酚 Polyphenol
糜米原料 Broomcorn millet material	1.18 lutin mg/g	23.0 GAC mg/g
苦荞原料 Tartary buckwheat material	20.2 lutin mg/g	44.10 GAC mg/g
黄酒产品 Yellow Wine	90.08 mg/L	21.01 GAC g/L

**2.2.2 香味、气味成分。**对乳酸乙酯、醋喻、乙酸等香味成分进行分析,结果如表 10。

表 10 糜米苦荞黄酒香味成分

Table 10 Flavor and odor components analysis of millet buckwheat Yellow Wine

香味成分 Aroma components	含量 Content	香味成分 Aroma components	含量 Content
乙酸	286.06	己酸	4.74
乳酸乙酯	230.48	2,3-丁二醇(左)	4.01
醋喻	12.26	甲醇	3.64
$\beta$ -苯乙醇	8.91	3-甲基-1-丁醇	3.26
正丙醇	8.15	丙酸	3
乙酸乙酯	6.12	2,3-丁二醇(内)	2.6
正戊醇	5.87	异丁酸	1.6
异戊酸	5.18	其他成分	<1

**2.2.3 微量元素成分分析。**对微量元素等成分进行分析研究,结果如表 11。

表 11 糜米苦荞黄酒微量元素成分

Table 11 Trace element analysis of millet buckwheat Yellow Wine

序号 No.	元素名称 Name of element	含量 Content	序号 No.	元素名称 Name of element	含量 Content
1	钠	1 921	8	钼	0.04
2	钾	4 848.5	9	镁	1 773.5
3	钒	0.35	10	钙	489.35
4	锰	8.6	11	铬	0.03
5	镍	0.12	12	铁	17.65
6	锌	47.54	13	铜	1.14
7	硒	0.22			

### 3 结论

论述一种糜米苦荞黄酒的制作方法,解决现有生产谷物发酵产品技术中存在的种类单一、口感平淡、营养成分缺乏的问题,结合糜米与苦荞米的优点,具有低醇度、低耗粮、高营养等特点。

(1)原料选用晋黍8号和特质酒曲3号,应用工艺2发

酵制备较好,并经瞬时高压灭菌后更延长了产品保质期,久放更加香醇。

(2)用特定温差发酵工艺、生物酶工程技术、现代食品加工工艺,突破传统的手工做法,省时省力,绿色环保,可以使产品久放而不沉淀,效果更理想。

(3)产品酒精含量低,添加黄精、枸杞等水果蔬菜及药食同源中药材等营养品,使产品口感柔和、风味醇香、色泽度适中、营养丰富,有特定的保健作用。

(4)根据中医临床实践表明,使用本产品与水按 1:1 调配中药熬制,对治疗乳腺炎等疾病疗效独特。

### 参考文献

- [1] 顾国贤.酿造酒工艺学[M].2版.北京:中国轻工业出版社,1999.
- [2] 汪建国,徐亮.我国黄酒的特征及展望[J].江苏调味副食品,2005,22(6):5-9.
- [3] 陈成,殷子建,徐速.浅析黄酒的历史及营养价值[J].酿酒,2002,29(1):55-56.
- [4] 汪建国.黄酒工业的现状、前景和新世纪发展策略[J].中国酿造,2002(1):7-10.
- [5] 张庭.黄酒——民族酒品再现辉煌[J].中外食品,2005(11):22,24.
- [6] 胡普信.中国黄酒的科研现状及发展[J].中国酿造,2008(3):4-6,13.
- [7] 徐岩,陈双,王栋,等.中国黄酒技术研究新进展[J].酿酒科技,2013(12):1-8.
- [8] MO X L,FAN W L,XU Y.Changes in volatile compounds of Chinese rice wine wheat Qu during fermentation and storage[J].Journal of the institute of brewing,2009,115(4):300-307.
- [9] 张丽珍,冯耐红,卫天业,等.糜米低醇饮料的研制[J].食品与发酵工业,2011(1):111-113.
- [10] 刘魁英.食品研究与数据分析[M].北京:中国轻工业出版社,1998:38-51.
- [11] ZHANG L Z,LIU R H,NIU W.Phytochemical and antiproliferative activity of proso millet[J].PLoS One,2014,9(8):1-10.
- [12] 汪建国,沈玉根,周志坚,等.稻米黄酒中风味物质的种类、构成与来源浅析[J].江苏调味副食品,2010,27(5):27-29.
- [13] 姬中伟.枸杞黄酒酿造工艺的研究和开发[D].无锡:江南大学,2008.
- [14] 冯耐红,牛西午,卫天业,等.糜米无醇饮料的研制[J].农产品加工,2010(8):74-75.
- [15] FENG N H,NIU X W,WEI T Y,et al.Production technology of broomcorn miller beverage[C].Shaanxi:Northwest A&F University Press,2012:336-339.
- [16] 冯耐红,卫天业,郑洪源,等.小米南瓜复合饮料的研制[J].中国食品学报,2006,6(3):65-69.

(上接第 161 页)

- [10] 王巨媛,翟胜.植物精油应用进展及开发前景展望[J].江苏农业科学,2010(4):1-3.
- [11] 李杰,臧晋,肖连冬,等.基于响应面分析法的芹菜黄酮提取优化工艺研究[J].安徽农业科学,2012,40(5):2687-2689.
- [12] 徐斌,马洪波,张岚,等.芹菜籽中黄酮的提取工艺[J].食品研究与开发,2015,36(9):60-64.
- [13] 龚金炎,石嘉琦,章佳盈,等.HPLC 法测定芹菜中绿原酸和芹菜苷的

含量[J].食品研究与开发,2015,36(16):122-124.

- [14] 张玲希,臧刚,董炎炎,等.不同品种芹菜叶中精油的提取及其功效测定[J].天然产物研究与开发,2015,27(7):1194-1198.
- [15] 阿布力米提·伊力,刘莉,阿吉艾克拜尔·艾萨,等.维吾尔医常用药材——芹菜籽挥发油化学成分的研究[J].天然产物研究与开发,2004,16(1):36-37.
- [16] 贺银菊,杨再波,毛海立,等.响应面优化超声提取香芹茎叶维生素 C 工艺研究[J].食品与发酵科技,2018,54(4):59-65.

## 科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如 1990 年不能写成 90 年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于 1 的小数点前的零不能省略,如 0.245 6 不能写成 .245 6。小数点前或后超过 4 位数(含 4 位数),从小数点向左每 3 位空半格,不用“,”隔开。如 18 072.235 71。尾数多的数字(5 位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用  $\times 10^n$  ( $n$  为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。