

明红梅,陈蒙恩,周健,等. 呷酒酿造新工艺[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):260-264.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.086

# 呷酒酿造新工艺

明红梅,陈蒙恩,周健,熊俐,朱莉莉,雷李

(四川理工学院生物工程学院,四川自贡 643000)

**摘要:**以糯红高粱为原料,将优质传统酒曲中筛选的根霉 M3、产香酵母 J5、酿酒酵母 J6 引入呷酒酿造体系,对比不同发酵方法对呷酒品质的影响,确定以先固后液法酿制呷酒,并在此基础上通过单因素和正交试验对发酵工艺进行优化。结果表明,最优发酵条件为加曲量 1.4%、酵母接种量 100 mg/kg、料水比 1 g : 1.5 mL,主发酵时间 9 d。在该条件下酿造的呷酒为橙红色、澄清、透明,酒香浓郁、香气丰富,酒体丰满、口感醇和、符合传统呷酒的风格特征。与传统固态发酵工艺相比,呷酒出酒率提高 12.30%,异戊醇、乳酸乙酯、棕榈酸乙酯等特征香味成分更为丰富。因此,先固后液法呷酒酿造工艺在实际生产中可进一步推广应用。

**关键词:**呷酒;高粱;半固态发酵;香味成分;酿造工艺

**中图分类号:** TS262.4;TS261.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2015)08-0260-04

呷酒别称咿酒、钩藤酒、筒酒、竿儿酒、坛坛酒等,是一种极富民族特色的酒及饮酒方式的总称,因其悠久的传承历史、独特的酿造技术和浓郁的民族风味而独具魅力<sup>[1]</sup>。呷酒是以高粱等数种粮食为主要原料,小曲为糖化发酵剂,经固态发酵后密封陈酿一定时期,待其成熟后添加开水浸泡,并用专门制作的竹制吸管等器具直接饮用的发酵酒。该酒酒度较低,酒中保留了丰富的氨基酸、蛋白质、维生素、多糖等营养成分。据国外有关研究报道,呷酒酿造的主原料高粱中含有酚酸、黄酮类物质、原花青素等多酚复合物<sup>[2]</sup>,具有抗氧化、抗癌、抗糖尿病、抗心血管疾病等多种功效<sup>[3]</sup>。此外,还含有人体所需的铁、镁、硒、膳食纤维等成分,因此具有极大的开发价值。

近年来,随着低度酒逐渐成为饮料酒发展的主流方向及对民族酒种保护意识的增强,其市场价值不断攀升。但传统呷酒生产以固态产品为主<sup>[4]</sup>,缺少后处理工序,酒中未完全发酵的原料容易感染杂菌,卫生水平较低,质量、口感不稳定,其独特的饮用方式也存在饮用不方便的问题,难以满足消费者的需求。同时存在工业化技术不成熟、原料出酒率低、机械化程度不高、贮存期短等问题,致使其品质难以进一步提高和实现工业化生产。

为了使古老的呷酒酿造技艺得到更好的传承和发展,使民族酒种在饮料酒市场上占据一席之地,创造更大的工业生产价值,拟开发一种新型液态呷酒,在保留传统风味的前提下,迎合消费者对呷酒的质量安全、饮用方便的需求。本试验采用传统酒曲中选育出的优良发酵菌种,引入发酵体系,对呷酒的不同发酵方法进行对比研究,并在此基础上对先固后液法新型液态呷酒的酿造工艺条件进行优化,以期传统呷酒

酿造工艺的改进和提升奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

1.1.1 试验材料 糯红高粱,四川渠县本地产;香曲(实验室自制,采用大米粉为原料,接种根霉 M3、产香酵母 J5 培养制成);酿酒酵母 J6、根霉 M3 及产香酵母 J5,由实验室从传统优质酒曲中分离获得;传统酒曲,四川渠县农家收集并优选;传统呷酒,四川渠县本地产。

1.1.2 主要仪器与设备 GZ-250-M 型恒温培养箱,浙江省绍兴市广智科技设备有限公司生产;JJ-CJ-1FD 型洁净工作台,江苏苏州金净净化设备科技有限公司生产;RE-52A 旋转蒸发仪,上海亚荣生化仪器厂生产;LDZX-50KA 型立式电热压力蒸汽灭菌锅,上海申安医疗器械厂生产;乙醇计(规格 0~30),余姚仪表二厂有限责任公司生产;15 mL 带硅橡胶垫的样品瓶,美国 Supelco 公司生产;50/30 μm DVB/CAR/PDMS 固相微萃取头,美国 Supelco 公司生产;手动 SPME 进样器,美国 Supelco 公司;Agilent 6890N-5975B 气相色谱-质谱联用仪,美国安捷伦公司生产等。

### 1.2 方法

1.2.1 呷酒酿造工艺流程 呷酒酿造工艺流程见如图 1。

原料(高粱)→筛选除杂→浸泡→煮沸→蒸煮→摊晾→拌入酒曲  
 ↓  
 原酒←压滤←后发酵←主发酵←培菌糖化  
 ↓  
 澄清→调配→陈酿→精滤→装瓶→杀菌→成品

图1 呷酒酿造工艺流程

### 1.2.2 呷酒酿造主要操作

1.2.2.1 呷酒原酒制作 将高粱原料去壳除杂后,以 70 ℃ 热水浸泡 8 h,中途淘洗 1 次,将浸泡后的高粱倒入沸水中煮 20 min 至七八分熟,进而装瓶蒸 1 h 至高粱充分熟透,蒸熟糊化的高粱摊晾至 28 ℃ 左右拌入一定量的香曲,拌合均匀后装入发酵坛内 32 ℃ 下培菌糖化 48 h,然后降温至 28 ℃,接种 5% 酿酒酵母封口发酵 5 d,每天测定酒度和残还原糖浓度,直

收稿日期:2015-02-28

基金项目:酿酒生物技术及应用四川省重点实验室项目(编号: NJ2011-13);泸州老窖科研奖学金项目(编号:13ljzk04);四川省高等教育质量工程(编号:2011-659);大学生创新基金(编号: cx20120411)。

作者简介:明红梅(1971—),女,四川自贡人,副教授,硕士生导师,主要从事酿酒生物技术及应用研究。E-mail: 839403036@qq.com。

到残还原糖降至 1 g/L 以下,主发酵结束。主发酵后在 20 ℃ 下密闭 15 d 进行后发酵。将后酵酒醪用 200 目尼龙布压滤,即得原酒。原酒进行乙醇度、残还原糖含量、总酸含量等指标测定,并评定感官指标。

1.2.2.2 原酒后处理 原酒中加入 0.6 g/L 壳聚糖于 20 ℃ 下澄清 24 h 后过滤,滤得澄清酒液中加入食用乙醇调整酒度为 15%,并加入适量蔗糖、红糖等改善口感。调配好的酒液封存坛内陈酿 30 d 后用膜过滤器进行精滤,然后装瓶,在 80 ℃ 下灭菌 10~15 min,即得到成品酒。

1.2.3 发酵方法的选择 在酒类生产过程中,发酵界面不

表 1 啤酒不同发酵方法酿造工艺参数

发酵方法	原料	原料处理	料水比 (g : mL)	加水方式	装料量 (%)
全固态	整粒	蒸熟糊化	1 : 0	蒸熟后不加水	70
半固态先固后液	整粒	蒸熟糊化	1 : 2	固态糖化后加水	固态 70, 液态 90
全液态	粉碎至 40 目	煮熟糊化	1 : 4	粉碎后加水	90

注:香曲添加量为原料干质量的 0.6%;酿酒酵母接种量为原料干质量的 50 mL/kg、酵母种子液浓度为 0.1 亿个/mL。糖化温度为 32 ℃,时间为 48 h;发酵温度为 28 ℃,时间为 5 d。

1.2.4 先固后液法啤酒发酵工艺条件优化

1.2.4.1 单因素试验 采用固定变量法,分别研究(1)加曲量(0.2%、0.6%、1.0%、1.4%、1.8%);(2)酵母接种量(25、50、75、100、125 mg/kg);(3)主发酵时间(3、5、7、9、11 d);(4)料水比(1 g : 1 mL、1 g : 2 mL、1 g : 3 mL、1 g : 4 mL、1 g : 5 mL)对啤酒品质的影响。

1.2.4.2 正交试验<sup>[5-6]</sup> 在单因素试验的基础上,采用 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交试验设计,研究加曲量、酵母接种量、主发酵时间、料水比对啤酒品质的影响,从而选出较优的啤酒发酵工艺条件,试验设计见表 2。

表 2 啤酒发酵工艺 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交试验因素与水平

水平	因素			
	A:加曲量 (%)	B:酵母接 种量(mL/kg)	C:主发酵 时间(d)	D:料水比 (g : mL)
1	1.0	75	5	1 : 1.5
2	1.2	100	7	1 : 2.0
3	1.4	125	9	1 : 2.5

1.2.5 分析检测

1.2.5.1 酒样理化指标检测及感官评价 (1)全固态法原酒。按料水比(以原料干质量计)1 g : 2 mL 加入约 45 ℃ 温开水密封浸泡 1 h,浸泡期间每隔 10 min 充分振荡 1 次,浸泡完成后用 200 目尼龙布压滤即得原酒。(2)半固态先固后液和全液态发酵法原酒。采用 200 目尼龙布直接压滤后获得。(3)酒样中的糖度、还原糖、乙醇度、总酸含量等理化指标参照文献[7]方法进行检测。(4)感官评定。由 10 名经过感官评定训练的人员组成评价小组,按照表 3 标准对酒样进行综

表 4 不同发酵方法对啤酒品质的影响

发酵方法	乙醇度 (%)	糖度 (°Bx)	残还原糖含量 (g/L)	总酸含量 (g/L)	感官描述	评分
全固态	4.81 ± 0.03	7.02 ± 0.25	57.55 ± 0.06	2.77 ± 0.02	酒香淡微,口味过甜	68.20
半固态(先固后液)	7.23 ± 0.03	3.48 ± 0.12	0.92 ± 0.03	3.15 ± 0.03	酒香明显,风格突出	65.40
全液态	6.75 ± 0.02	3.06 ± 0.12	0.72 ± 0.02	4.35 ± 0.05	酒香较淡,口感酸涩	54.20

注:乙醇度为 20 ℃,总酸以乳酸计。表 5、表 7 同。

从表 4 可以看出,全固态法啤酒感官评分最高,但残还原糖含量最高,乙醇度最低;先固态糖化后液态发酵法啤酒乙醇

同,富集的微生物和代谢产物有差异,发酵的效率和结果也不相同。选择适宜的发酵方法,既可以提高发酵效率,又可以提高产品质量。本研究选取 3 种界面不同的发酵方法酿制啤酒,包括全固态法、半固态先固态糖化后液态发酵法和全液态发酵法,酿造工艺的主要参数设置见表 1。全固态法为高粱蒸熟冷却后同时接种香曲和酵母;而半固态先固后液法为高粱蒸熟冷却先接种香曲培菌糖化 48 h 后加入原料干质量 2 倍的水(即料水比 1 g : 2 mL),再接种酵母;全液态法为高粱粉碎后按料水比 1 g : 4 mL 加水,然后小火煮沸 1 h 后冷却至 32 ℃ 加入香曲糖化 48 h 后接种酵母。

合打分评定<sup>[8]</sup>。

1.2.5.2 成品啤酒挥发性香味成分检测<sup>[9-11]</sup> (1)萃取条件。准确量取 5 mL 酒样放入顶空瓶中,盖上瓶盖,60 ℃ 水浴超声波振荡仪中平衡 15 min,然后 60 ℃ 水浴顶空萃取 30 min,再将萃取头取出插入 GC-MS 进样口吸取 4 min,进行 GC-MS 分析。(2)气相色谱条件。毛细管色谱柱为 DB-WAX,规格为(60 m × 250 μm × 0.25 μm);手动无分流进样,进样口温度 230 ℃;程序升温:初始温度 40 ℃,保留 5 min,然后以 8 ℃/min 的速率升至 230 ℃,保留 8 min;载气:高纯度 He,流速为 1 mL/min。(3)质谱条件。EI 电离源,电子能量 70 eV,扫描范围 20~550 u,离子源温度 230 ℃,接口温度 230 ℃。

表 3 感官评定标准

感官指标	评分标准	总分
色泽	橙红色、悦目协调、有光泽	10
澄清度	澄清、透明、无沉淀、无悬浮物	10
香气	酒香浓郁、和谐纯正、无异香、无霉味	25
滋味	酒体丰满、醇厚协调、回味绵延、无异味	40
风格	有本品固有的清雅、醇和风格特征	15

## 2 结果与分析

### 2.1 发酵方法的选择

固相、液相、固液结合的发酵基质中存在固、液、气多种界面,这些不同的发酵界面极大地影响着微生物的繁殖与代谢<sup>[12]</sup>。在主发酵时间为 5 d 的条件下研究界面不同的发酵方法对啤酒品质的影响,其结果及评价见表 4。

度最高、残还原糖含量较低,感官评分较好;全液态法啤酒的乙醇度比全固态法啤酒高,感官评分比先固后液法啤酒低。

这可能与固态界面有利于香曲中根霉和产香酵母的繁殖代谢有关,因而香曲中糖化酶和风味物质增多,糖化作用增强,啤酒的还原糖含量和感官评分提高;而液态发酵界面则有利于营养物质溶出及酿酒酵母的乙醇发酵作用,使发酵更充分,从而提高啤酒的乙醇度。因此,综合考虑选择半固态(先固后液发酵)法进行后续研究。

## 2.2 先固后液法啤酒最佳发酵条件的确定

### 2.2.1 加曲量对啤酒品质的影响

分别以原料干质量的0.2%、0.6%、1.0%、1.4%、1.8%的加香曲量,在酿酒酵母接种量为50 mL/kg,料水比为1 g : 2 mL,主发酵时间为5 d的条件下进行发酵。发酵结束后检测啤酒原酒的乙醇度和残还原糖量,并进行感官评定,结果见图2。从图2可以看出,在不同加曲量条件下,乙醇度变化不明显,其含量均在7%~8%之间。随着加曲量的增加,残还原糖量逐渐增加,当加曲量为1.8%时,残糖含量最高,为1.95 g/L,表明加曲量增加对乙醇发酵没有明显影响,对糖化作用影响显著。当加曲量为0.2%、0.6%时,酒香明显、味酸且涩;在加曲量为1.0%、1.4%时,酒香浓郁、味酸且微甜;而加曲量为1.8%时,啤酒曲香明显,甜味突出。综合考虑,选取加曲量1.0%~1.4%为最优参数进行后续试验。

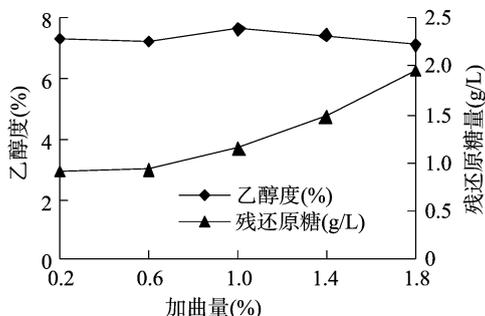


图2 加曲量对啤酒品质的影响

### 2.2.2 酵母接种量对啤酒品质的影响

分别以原料干质量的25、50、75、100、125 mL/kg的酿酒酵母接种量,在加曲量为1.0%,料水比为1 : 2,主发酵5 d的条件下进行发酵。发酵结束后检测啤酒原酒的乙醇度和残还原糖量,并进行感官评定,结果见图3。从图3可以看出,随着酵母接种量的增加,乙醇度呈逐渐升高的趋势,残还原糖的含量逐渐降低,在酵母接种量为125 mg/kg时,乙醇度达到最高值(8.68%),但与酵母接种量为100 mL/kg相比,乙醇度增高不明显,且啤酒口感中的酸涩、苦味增加,可能是酿酒酵母发酵的副产物增多,对酒质产生了影响。当酵母接种量为100 mL/kg时,酒香浓郁、味酸、风格突出,较其他酵母接种量组感官评分更好。综合考虑选取酵母接种量100 mL/kg为最优参数进行后续试验。

### 2.2.3 主发酵时间对啤酒品质的影响

在加曲量为1.0%、酵母接种量为100 mL/kg,料水比为1 g : 2 mL的条件下,分别发酵3、5、7、9、11 d,发酵结束后检测啤酒原酒的酒精度和残还原糖量,并进行感官评定,结果见图4。从图4可以看出,随着主发酵时间的增长,乙醇度逐渐升高,在发酵5 d以后乙醇度变化不明显。从感官评价分析,随着发酵时间的延长,有利于风味物质的产生,酒体逐渐丰满,口感更协调,在主发酵时间为7 d时,酒香浓郁、风格突出,口感最为协调。综

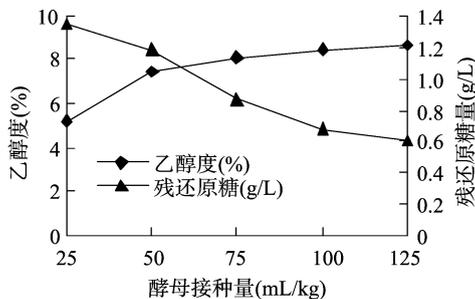


图3 酵母接种量对啤酒品质的影响

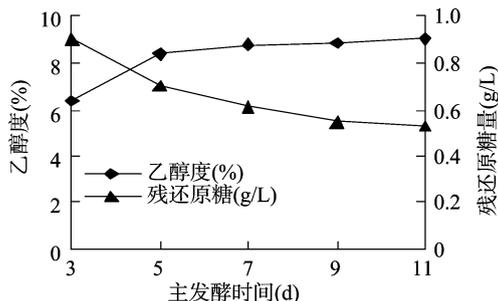


图4 主发酵时间对啤酒品质的影响

合考虑选择主发酵时间7 d为最优参数进行后续试验。

### 2.2.4 料水比对啤酒品质的影响

在加曲量为1.0%,酵母接种量为10%,主发酵时间为7 d的条件下,加曲固态糖化后分别以料水比(原料干质量计)1 g : 1 mL、1 g : 2 mL、1 g : 3 mL、1 g : 4 mL、1 g : 5 mL进行发酵。发酵结束后检测啤酒原酒的乙醇度和残还原糖量,并进行感官评定,结果见图5。从图5可以看出,料水比对乙醇度影响较大,当料水比为1 g : 2 mL时,乙醇度最高(8.70%),当料水比低于或高于1 g : 2 mL时,乙醇度均有下降。不同的料水比使得发酵醪呈现不同的分散状态,导致发酵醪中糖浓度变化。当发酵醪中糖浓度过高或过低时,均会影响酵母的生长与代谢,导致发酵后乙醇度降低。从感官评分上看,料水比1 g : 1 mL试验组酒香浓郁、味酸、略有苦味,而料水比1 g : 2 mL试验组酒香浓郁、口感协调、有啤酒典型风格。综合考虑确定料水比1 g : 2 mL为最优参数进行后续试验。

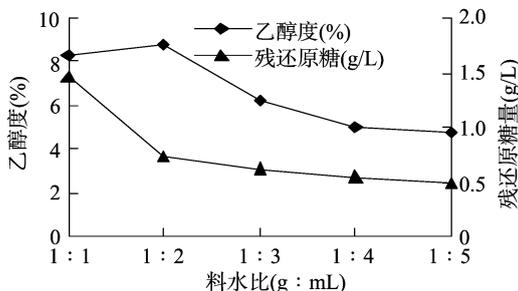


图5 不同料水比对啤酒品质的影响

### 2.2.5 啤酒发酵工艺正交试验

为了进一步研究半固态(先固后液)发酵法啤酒的最佳工艺参数,在单因素试验结果的基础上,进行正交试验,采用综合评分法进行判定(将乙醇度和感官评分的权重分别设为0.4和0.6),试验结果见表5,方差分析结果见表6。

由正交试验结果及方差分析结果(表5、表6)表明,影响

表5 啤酒发酵工艺 L<sub>9</sub> (3<sup>4</sup>) 正交试验结果

序号	A:加曲量	B:酵母接种量	C:主发酵时间	D:料水比	乙醇度 (%)	感官评分	综合评分
1	1	1	1	1	9.26	73.60	81.20
2	1	2	2	2	8.73	77.20	81.24
3	1	3	3	3	7.51	65.50	69.34
4	2	1	2	3	7.44	63.60	67.92
5	2	2	3	1	9.67	74.60	83.44
6	2	3	1	2	8.43	76.40	79.56
7	3	1	3	2	8.66	82.20	83.96
8	3	2	1	3	7.25	67.20	69.32
9	3	3	2	1	9.82	75.60	84.64
k <sub>1</sub>	77.26	77.69	76.69	83.09			
k <sub>2</sub>	76.97	78.00	77.93	81.59			
k <sub>3</sub>	79.31	77.85	78.91	68.86			
R	2.34	0.31	2.22	14.23			

注:k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>、k<sub>3</sub>、R为综合评分分析结果。

啤酒品质的因素效应依次为 D > A > C > B, 即料水比对啤酒综合评分影响达到极显著水平, 加曲量、主发酵时间对啤酒综合评分影响达到显著水平, 而酵母接种量对啤酒综合评分影响不显著。因此, 酿造啤酒的最优工艺组合为 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>D<sub>1</sub>, 由

表7 先固后液法啤酒与传统固态法啤酒的理化指标与感官评分比较

样品	糖度 (°Bx)	乙醇度 (%)	总酸含量 (g/L)	氨基酸态氮含量 (g/L)	pH值	感官评分
先固后液啤酒	7.13 ± 0.10	15.03 ± 0.02	3.32 ± 0.05	0.61 ± 0.04	4.20 ± 0.22	90.50
传统啤酒	7.52 ± 0.16	8.20 ± 0.02	4.16 ± 0.03	0.42 ± 0.02	3.98 ± 0.18	92.20

表8 先固后液法啤酒与传统固态法啤酒的特征香味成分比较

香味成分	特征香气	香味成分相对含量 (%)	
		先固后液啤酒	传统啤酒
异戊醇	醇香味和香蕉味	2.48	1.90
乳酸乙酯	带酸味的水果香气	3.63	5.86
棕榈酸乙酯	坚果的复合香气	8.40	少量
丁二酸二乙酯	水果香	6.08	7.38
苯甲醛	浆果香、水果香	4.59	2.07
苯乙醇	玫瑰花香	0.69	4.47

从理化指标(表7、表8)来看, 先固后液法新型成品啤酒比传统固态法成品啤酒乙醇度高, 其他理化指标较为接近。以新型啤酒原酒乙醇度 10.25% 来计算, 其出酒率达到了 61.50% (折算为 50% 酒), 比传统啤酒出酒率(49.20%) 高 12.30 个百分点。从挥发性香味成分来看, 新型啤酒和传统啤酒的挥发性香味成分主要包括酯类、醇类、酚类、醛类、酸类等物质, 新型啤酒有 32 种香味成分, 其中酯类有 17 种, 而传统啤酒有 27 种香味成分, 其中酯类 13 种。与相关报道的啤酒特征香味成分比较, 新型啤酒的特征香味成分总含量达到 25.87%, 比传统啤酒更丰富<sup>[13]</sup>。这与新型啤酒发酵体系中引入了产酒和产香功能性酵母有密切联系。从感官评价来看, 新型啤酒感官指标基本达到了传统啤酒指标, 但在口感的协调性和回味绵延性上不如传统啤酒, 主要是传统啤酒经过漫长的发酵周期, 各种影响口感的风味成分更加协同和均衡有关。

### 3 结论与讨论

以糯红高粱为原料, 将优质传统酒曲中筛选的根霉 M3、

于正交试验中未出现该组合, 故须进行验证试验。经验证在该发酵条件下酿制的啤酒原酒品质优于各正交试验组, 乙醇度为 10.25%, 感官评分为 83.60 分, 综合评分达到 90 分, 原酒酒香浓郁、口感协调, 风格突出。因此, 先固后液法啤酒的最优发酵工艺条件为: 加香曲量 1.4%, 酿酒酵母接种量 100 mL/kg, 料水比 1 g : 1.5 mL, 主发酵时间 9 d。

表6 啤酒发酵工艺综合评分方差分析结果

变异来源	偏差平方和	自由度	均方	F值
A	9.715	2	4.858	68.817*
B	0.141	2	0.071	1.000
C	7.426	2	3.713	52.645*
D	366.826	2	183.413	2600.372**
总变异	384.108			

注:F<sub>0.01</sub> = 99.00, F<sub>0.05</sub> = 19.00; “\*” “\*\*” 分别表示差异显著、极显著。

### 2.3 先固后液法啤酒与传统固态法啤酒的品质比较

选取优化条件下的先固后液法成品啤酒与传统固态发酵法成品啤酒进行主要理化指标、感官评价、挥发性香味成分分析, 分析结果见表7、表8。

产香酵母 J5、酿酒酵母 J6 引入啤酒酿造体系, 采用不同界面的发酵方法进行对比选择, 确定以半固态(先固态糖化后液态)发酵法酿制啤酒, 既有利于提高出酒率, 又有利于保留啤酒特有风味。通过单因素和正交试验, 对先固后液法啤酒品质的主要影响因素进行优化, 即加曲量为 1.4%, 酵母接种量为 100 mL/kg 原料干质量, 料水比(原料干质量计)为 1 g : 1.5 mL, 32 °C 下培菌糖化 48 h, 然后 28 °C 下主发酵 9 d, 20 °C 下后发酵 15 d, 在该优化条件下酿造的啤酒为橙红色、澄清、透明, 酒香浓郁、香气丰富, 酒体丰满、口感醇和、风格突出, 达到了传统啤酒的质量和风味要求。

先固后液法新工艺酿造的啤酒乙醇度高, 出酒率比传统啤酒提高 12.30 个百分点, 异戊醇、乳酸乙酯、棕榈酸乙酯等特征香味成分更为丰富, 经过澄清和杀菌等后处理工序, 既保留了啤酒的风格特征, 又更加卫生、安全、质量稳定, 易于贮存, 因此, 该工艺可在实际生产中进一步推广应用。啤酒作为民族酒种, 在国家饮料酒宝库中闪烁着熠熠光辉, 需要更好地传承和发展, 针对本品存有的不足, 还需要进一步优化生产工艺, 引入酒体设计理念和现代勾调技术, 开发满足不同消费者需求的啤酒系列产品, 对于啤酒的营养及功能性研究也有待进一步深入。

### 参考文献:

- [1] 王松. 啤酒的生产工艺及开发前景[J]. 四川食品与发酵, 2008, 44(1): 11-13.
- [2] Awika J M, Rooney L W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health[J]. Phytochemistry, 2004, 65(9): 1199-1221.

徐 飞,钮福祥,朱 红,等. 复合紫色甘薯条的生产工艺[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):264-266.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.087

# 复合紫色甘薯条的生产工艺

徐 飞,钮福祥,朱 红,岳瑞雪,孙 建,张 毅

(江苏徐州甘薯研究中心,江苏徐州 221131)

**摘要:**以紫色甘薯品种宁紫薯1号为材料,进行复合紫色甘薯条加工的预备试验,结果表明:加入1.2%果冻粉,可赋予产品足够的特性和韧性,便于成形。同时,对影响复合紫色甘薯条质量的含糖量、浓缩比、柠檬酸用量及烘烤温度等主要因素进行研究,通过正交试验确定最佳参数组合:糖的添加量15%、浓缩比1.5:1、柠檬酸用量0.12%,烘烤温度60℃。在该条件下生产出来的复合紫色甘薯条色泽鲜亮,条形饱满而完整,规格统一,富有一定的弹性和韧性,口感筋道,甘薯香味浓郁。

**关键词:**紫色甘薯条;加工;生产工艺;正交试验

**中图分类号:** TS215 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0264-03

甘薯营养丰富,富含18种氨基酸,其中含有人体必需的8种氨基酸,膳食纤维的含量为米面的10倍,维生素B<sub>1</sub>和维生素B<sub>2</sub>是米面的2倍,维生素E为小麦的9.5倍,维生素C和胡萝卜素比小麦高10倍等<sup>[1]</sup>。此外,甘薯还具有许多生理保健功能。日本国立癌症预防研究所对40多种蔬菜进行抑癌试验,结果发现甘薯的抑癌效果最好。甘薯是一种理想的碱性食品,可调节人体的酸碱平衡。甘薯中含有丰富的膳食纤维,可预防肠癌及消化道疾病。紫色甘薯中的花青素有强烈脱除氧自由基的功能,具有防癌、抗癌、抗过敏、抗突变、改善关节柔韧性和血管弹性、调节免疫力等生理功能。可见,紫色甘薯具有更加广阔的开发和应用前景<sup>[2-5]</sup>。

随着研究的不断深入,甘薯日益凸显的营养价值和保健价值越来越受到人们广泛的关注。“食甘薯热”正在兴起,成

为人们追求健康的消费时尚。甘薯食品的加工也如火如荼地开展,形成了丰富多彩的产品面貌,如甘薯条、甘薯片、真空油炸薯片、香脆薯片、速冻甘薯条等产品<sup>[6-7]</sup>。就甘薯条加工而言,传统甘薯条的生产以薯块切条制作而成,该方法对甘薯原料要求比较高,适宜的品种少,产生的下脚料多,浪费严重。本研究的复合紫色甘薯条是利用甘薯泥进行调配、浓缩、成形、烘烤而成,它改变了甘薯原有的组织结构和加工性能,形成的产品口感筋道,甘薯香味浓郁,形态饱满,突出了紫色甘薯条的营养和色泽特点,增加了产品的新颖性,同时紫色甘薯可与不同肉色甘薯复合,形成丰富的色彩,大大提高产品的商品价值,丰富甘薯产品的面貌,但有关这一方面的研究鲜见报道。复合紫色甘薯条用甘薯泥制作而成,原料利用率高,品种适宜性广,是甘薯加工利用的一条经济途径。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

新鲜紫色甘薯宁紫薯1号,一级白砂糖,果冻粉,柠檬酸;打浆机,60目不锈钢网筛,不锈钢锅,不锈钢铲,不锈钢钢丝

收稿日期:2014-08-05

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-11-B-20);江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2005-4]。  
作者简介:徐 飞(1965—),男,江苏新沂人,副研究员,从事农产品加工研究。E-mail:xufei\_11@126.com。

[3] Chung I M, Kim E H, Ma Y O, et al. Antidiabetic effects of three Korean sorghum phenolic extracts in normal and streptozotocin-induced diabetic rats[J]. Food Research International, 2011, 44: 127-132.

[4] 邓 楷,张楷正,王 蓉,等. 不同酒曲对啤酒品质的影响研究[J]. 食品与发酵科技, 2012, 48(5): 83-85.

[5] Xu T C, Yang S H, Ju Zhao, et al. Optimization of the formula of Maca lozenges by orthogonal test[J]. Agricultural Science & Technology, 2014, 15(6): 994-998.

[6] 卫春会,黄治国,罗惠波,等. 干型苹果酒发酵工艺条件的优化[J]. 现代食品科技, 2013, 29(2): 367-370.

[7] GB 13662—2008 黄酒标准[S]. 2008.

[8] 明红梅,曹新志,董瑞丽. 松针枸杞灵芝保健酒的研制[J]. 食品与机械, 2010, 26(4): 120-122, 131.

[9] Luo T, Fan W L, Xu Y. Characterization of volatile and semi-volatile compounds in Chinese rice wines by headspace solid phase microextraction followed by gas chromatography-mass spectrometry[J].

Journal of the Institute of Brewing, 2008, 114(2): 172-179.

[10] Cao Y, Xie G F, Wu C, et al. A study on characteristic flavor compounds in traditional Chinese rice wine-guyue longshan rice wine[J]. Journal of the Institute of Brewing, 2010, 116(2): 182-189.

[11] Emilio M G, Aceto M, Maurino V. Classification of nebbiolo-based wines from piedmont (Italy) by means of solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry of volatile compounds[J]. Journal of Chromatography A, 2002, 943(1): 123-137.

[12] 章克昌. 酒精与蒸馏酒工艺学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 1995.

[13] Chen S, Xu Y, Qian M C. Aroma characterization of Chinese rice wine by gas chromatography-olfactometry, chemical quantitative analysis and aroma reconstitution[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013, 61(47): 11295-11302.

[13] 张楷正,程 驰,明红梅,等. 液液萃取和气质联用分析新型啤酒中挥发性及半挥发性风味物质[J]. 酿酒科技, 2013(12): 94-97, 102.