

# 马铃薯用作啤酒辅料的糖化工艺研究

张赟彬<sup>1</sup>, 何国庆<sup>2</sup>

(1.上海理工大学食品科学与工程研究所, 上海 200093;

2.浙江大学生物系统工程与食品学院, 浙江 杭州 310029)

**摘 要:** 研究了马铃薯用作啤酒辅料的糖化工艺, 结果表明添加马铃薯辅料后的最佳糖化条件为: 以 30% 的马铃薯作为辅料, 粉碎后过 60 目筛, 在 65℃ 下糖化 60min。添加马铃薯辅料所制得的麦汁符合糖化麦汁的要求, 其中高含量的氨基酸是其显著特征。发酵验证试验所得啤酒的各项理化指标均符合国家标准 GB4927。

**关键词:** 糖化啤酒; 辅料; 马铃薯

## Study on Mashing Characteristics of Pototo Used as Auxiliary Material for Brewing

ZHANG Yun-bin<sup>1</sup>, HE Guo-qing<sup>2</sup>

(1.Institute of Food Science and Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2.College of Biosystem Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** Mashing characteristics of potato used as auxiliary material for beer brewing were studied. The optimum mashing conditions for potato were: adding 30% potato as auxiliary material, and mashing for 60 minutes at 65℃ after smashed and screened with 60-mesh Screen. The resulted wort was confirmed as qualified to the state standard and with higher content of amino acids. The corresponding fermented beer quality was found to conform to the state standard GB4927.

**Key words:** mashing; auxiliary material; potato

中图分类号: TS236.9

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2004)05-0132-04

马铃薯在我国不同地区也叫洋芋、土豆、山药蛋等, 在我国山区广泛种植, 是山区农民长年的储备粮食, 以防不期的饥荒。而在正常年份时则产生大量过剩的马铃薯, 通常经过农民切丝, 晒干后, 储藏用于猪饲料, 利用价值低<sup>[1]</sup>。而另一方面, 马铃薯长期被用于酒精的生产, 而且马铃薯葡萄糖培养基(PDA)是经典的酵母培养基, 所以马铃薯中的各种成分适合啤酒酵母生长发育的。与此同时, 我国啤酒产量现居世界第一, 原辅料需求量很大, 如果这些大量的马铃薯丝干能被开发用作啤酒的辅料, 将能极大的提高其利用价值, 从而有利于山区农民的脱贫致富。

另一方面, 尽管我国是世界上马铃薯生产的第二大国, 但马铃薯加工业十分落后, 除一部分作为菜用鲜食外, 大部分被用作粗粮的饲料, 用于加工的马铃薯还不到 10%, 而且加工利用的途径很少<sup>[2]</sup>。而在许多西方国家, 马铃薯加工业非常发达, 如在美国, 马铃薯加工产品占全国马铃薯总产量的 46% 左右, 且加工方式多样<sup>[3]</sup>。积极寻找新的马铃薯加工利用途径, 将有利于

我国马铃薯加工业的发展, 推动我国马铃薯主产区经济的发展。

啤酒生产的辅料一直都局限于谷物, 本文研究了马铃薯用作啤酒辅料的糖化工艺, 对开发啤酒辅料的新方向进行一次有益的探索。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

马铃薯 新鲜泰山 1 号马铃薯, 购于浙江省农科院; 大米 市售的早籼米; 麦芽 澳麦麦芽, 浙江西冷啤酒厂提供; 颗粒酒花 德国酒花, 浙江西冷啤酒厂提供; 耐高温  $\alpha$ -淀粉酶 20,000U/ml, 无锡酶制剂厂; 啤酒酵母: ZAU110 浙江大学啤酒研究所保藏菌种。

### 1.2 实验仪器

植物粉碎机; EBC 糖化仪; MP200A 型电光分析天平; PHS-9V 型酸度计; 德国 KNUAUER 氨基酸全自动分析仪。

### 1.3 实验方法

收稿日期: 2003-08-04

作者简介: 张赟彬(1973-)男, 副研究员, 博士, 研究方向为食品生物工程。

1.3.1 马铃薯干的制备<sup>[4]</sup>

新鲜泰山1号马铃薯, 购于浙江省农科院。去皮后, 用切片机切成薯丝, 经0.05%的NaHSO<sub>3</sub>溶液中浸泡10min护色处理后, 于强烈日光下晒干, 制得马铃薯丝干。

1.3.2 麦汁的制备

马铃薯干经植物粉碎机粉碎, 用不同筛孔大小的筛子过筛后, 称取一定的马铃薯粉, 添加1:5料水比的加水量的6U/g马铃薯粉的耐高温 $\alpha$ -淀粉酶添加量, 混匀后85℃下糊化25min, 将马铃薯糊化, 得到糊化醪。

同时, 将麦芽用植物粉碎机粉碎, 过60目筛。称取一定量的麦芽粉(要求原辅料总量为50g, 原料和辅料的比根据试验要求而变动)置于EBC糖化仪的糖化罐中, 加水在45℃条件下进行蛋白质休止60min后, 立即加入上述的马铃薯粉糊化醪, 搅拌均匀, 在EBC糖化仪中, 升温到要求的糖化温度, 并加入同温的水100ml, 进行糖化。糖化结束后, 升温至78℃杀酶10min, 在10~15min内冷却到室温。补水至内容物为450g, 过滤, 得麦汁。

1.3.3 测定方法

还原糖测定采用廉-爱农法,  $\alpha$ -氨基氮测定采用印三酮法, pH测定采用pH计, 色度测定采用EBC法。糖化得率的测定根据管郭仪的酒工业手册(中册)中的方法, 氨基酸组分分析采用氨基酸全自动化分析仪。

2 结果与分析

2.1 马铃薯干与大米成分的比较

由表1可见, 马铃薯干与大米在成分上无显著差

表1 马铃薯干与大米成分对照(占风干物质的百分比, %)

	水分	淀粉	无水蛋白质	脂肪	浸出物(干物质)
马铃薯干	11.48	71.62	7.780	0.63	91.40
大米	12.52	76.83	7.46	0.52	93.20

别, 从原料成分角度考虑, 马铃薯是适合于作啤酒辅料的。

2.2 粉碎度对糖化的影响

马铃薯用植物粉碎机粉碎后, 用不同筛孔大小过筛后, 进行糖化, 所得麦汁的成分如下:

试验表明, 和过40目、60目筛的薯粉相比, 过1mm筛的薯粉所得醪液的流动性差, 不利于热传递和 $\alpha$ -

表2 不同粉碎度对糖化的影响

	麦汁比重	麦汁量 (ml)	糖化得率 (%)	还原糖 (g/100ml)	$\alpha$ -氨基氮 (mg/L)
60目	1.0475	326	76.88	9.92	369.4
40目	1.0473	323	75.87	9.65	367.5
1mm	1.0450	295	66.05	8.76	339.8

淀粉酶的作用, 直接影响了糖化得率<sup>[6]</sup>。但辅料粉碎过细, 尽管糖化得率会提高, 但会对醪液的过滤产生不利影响。参考生产中大米的粉碎度, 后续试验采用过60目筛的马铃薯粉作辅料。

2.3 温度、时间及原料比对糖化的影响

本试验选取马铃薯辅料与麦芽用量之比(原料比)、糖化温度和糖化时间三个因素, 各取三个水平, 同时考虑相互间的交互作用, 以糖化得率为主要指标, 还原糖和 $\alpha$ -氨基氮为参考指标, 进行试验。

表3 因素水平表

水平	因素		
	A(糖化温度/℃)	B(糖化时间/min)	C(原料比)
1	62	40	2:8
2	65	60	3:7
3	68	80	4:6

对糖化来源得率进行方差分析, 得到如表5的结果:

表5 方差分析表

方差来源	平方和S	自由度f	均方V	F值	显著性
A	25.9134	2	12.9567	24.94	**
B	15.9804	2	7.9902	15.38	**
C	98.9967	2	49.4984	95.26	**
A*B	3.0841	4	0.7710	1.48	
A*C	6.8976	4	1.7244	3.32	*
B*C	11.5796	4	2.8949	5.57	**
e	3.1511	8	0.3939	0.76	
e'	6.2352	12	0.5196		
T	165.6029	26			

注1:  $F_{0.05}(4,12)=3.26$ ,  $F_{0.01}(4,12)=5.14$ ,  $F_{0.05}(2,12)=3.89$ ,  $F_{0.01}(2,12)=6.93$ ;  
注2: e'为误差e和A\*B的合并误差。

试验结果表明: 以30%的马铃薯作为辅料, 在65℃下糖化60min, 是最佳的糖化条件。原料比、糖化温度和糖化时间三个因素对糖化得率均有显著影响, 顺序为原料比>糖化温度>糖化时间。可见, 在糖化过程中, 酶含量与酶活力是最重要的。糖化温度和原料比之间的交互作用达到显著水平, 糖化时间和原料比之间的交互作用达到了极显著水平, 也说明原料比的重要性。同一酶类在不同的温度下, 所表现出的糖化效果是不同的, 试验表明, 相对于62℃和68℃来说, 65℃是各种酶共同作用对糖化最有利的温度。

2.4 最佳糖化条件的验证

添加马铃薯辅料的麦汁的制备: 根据上述最佳的糖化条件, 按前述方法制备得到。

添加大米辅料的麦汁的制备: 大米为市售的早籼米, 用植物粉碎机粉碎, 过60目筛。称取15g大米粉,

表4 正式试验及结果

试验号	A	B	(A*B) <sub>1</sub>	(A*B) <sub>2</sub>	C	(A*C) <sub>1</sub>	(A*C) <sub>2</sub>	(B*C) <sub>1</sub>	(B*C) <sub>2</sub>	得率 (%)	还原糖 (g/100ml)	α-氨基氮 (mg/L)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	68.58	8.87	341.8
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	69.93	9.14	357.9
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	72.64	9.79	367.4
4	1	2	2	2	1	1	1	2	3	67.41	8.77	340.2
5	1	2	2	2	2	2	2	3	1	72.79	9.89	349.8
6	1	2	2	2	3	3	3	1	2	75.96	10.02	368.1
7	1	3	3	3	1	1	1	3	2	68.88	8.83	342.1
8	1	3	3	3	2	2	2	1	3	72.49	9.33	357.3
9	1	3	3	3	3	3	3	2	1	74.48	9.91	366.9
10	2	1	2	3	1	2	3	1	1	70.96	8.69	343.5
11	2	1	2	3	2	3	1	2	2	73.03	9.76	351.6
12	2	1	2	3	3	1	2	3	3	74.33	9.92	367.2
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	71.81	9.45	348.7
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	76.81	10.17	349.7
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	76.81	9.97	366.8
16	2	3	1	2	1	2	3	3	2	71.12	8.94	340.9
17	2	3	1	2	2	3	1	1	3	74.79	10.08	365.4
18	2	3	1	2	3	1	2	2	1	74.87	9.99	371.4
19	3	1	3	2	1	3	2	1	1	70.60	8.92	344.4
20	3	1	3	2	2	1	3	2	2	71.28	8.89	352.9
21	3	1	3	2	3	2	1	3	3	74.33	9.83	370.5
22	3	2	1	3	1	3	2	2	3	70.23	8.54	339.8
23	3	2	1	3	2	1	3	3	1	75.18	9.87	351.6
24	3	2	1	3	3	2	1	1	2	75.41	9.96	370.8
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	70.98	9.01	345.5
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	71.49	9.76	354.2
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	73.87	9.81	365.8

添加 75g 水和 6U/g 大米粉的耐高温 α-淀粉酶添加量，混匀，100℃糊化 40min，得到大米糊化醪。糖化条件和其他操作同添加马铃薯辅料的麦汁的制备。

分析制得的两种麦汁的成分，结果如下：

表6 麦汁成分的比较

	还原糖(g/100ml)	α-氨基氮(mg/L)	pH	角度
P 麦汁	9.14	366.2	5.18	18.14
R 麦汁	9.31	191.5	6.09	10.21

注：P 麦汁：添加马铃薯辅料所制得的麦汁；R 麦汁：添加大米辅料所制得的麦汁。

由表 6 可见，采用上述最佳糖化条件制备得到的麦汁和添加大米辅料制备得到的麦汁一样，两者均符合糖化麦汁的要求。添加马铃薯辅料糖化后所制得的麦汁中 α-氨基氮的含量是添加大米辅料麦汁的近两倍，这可能是由于马铃薯辅料是由新鲜马铃薯经干燥后得到，其中含有的大量游离氨基酸在糖化时溶出到麦汁中，造成 α-氨基氮含量高。这一点与大米辅料不同。对上面所

得的两种麦汁进行进一步的游离氨基酸组分分析，得到的结果见表 7。

由表 7 可见，添加马铃薯辅料糖化所制得的麦汁中氨基酸总量是添加大米辅料麦汁的 2.5 倍，前者的必需氨基酸含量是后者的 2.6 倍。添加马铃薯辅料所制得的麦汁中的高氨基酸含量，对于啤酒生产有利，甚至可以酿制高氨基酸啤酒<sup>[7]</sup>。

2.5 发酵验证试验

将上述两种麦汁煮沸 1.5h，按 0.8g/L 麦汁的添加量加酒花，在初沸、沸腾 40min 及煮沸结束前 10min 时，各添加 1/3 量的酒花。煮沸后将麦汁定型到 12Bx°，冷却至 12℃，得到定型麦汁。参照实际生产添加大料辅料啤酒的酵母添加量，将上述定型麦汁，按每升麦汁中含 9 × 10<sup>6</sup> 个酵母的接种量接入酵母，于 12℃下进行发酵。添加马铃薯辅料的发酵液在发酵至第 5d，真正发酵度达到了 65% 以上，确定主发酵结束。从第 6d 开始将发酵液急速降温到 2℃，并在 2℃下维持 20d，进入后发酵，最后发酵得到啤酒。对所得的啤酒进行理

表8 啤酒理化指标分析

	酒精(g/100ml)	真正发酵度(%)	双乙酰(mg/L)	pH	角度(EBC单位)	$\alpha$ -氨基氮(mg/L)
P啤酒	3.884	66.23	0.0972	5.06	10.34	221.3
R啤酒	3.965	67.53	0.0618	5.22	7.62	41.5

注: P啤酒是指添加马铃薯辅料所制得的啤酒, R啤酒是指添加大米辅料的制得的啤酒。

表7 麦汁中氨基酸组成分的比较(单位:  $\times 10^{-6}$ )

氨基酸名称	P麦汁	R麦汁
Ala	148.7	63.6
Arg	94.9	40.8
Asp	82.0	47.7
Cys	/	/
Gly	31.4	20.1
Glu	129.8	47.7
His	589.2	235.9
Ile*	85.4	43.3
Leu*	93.6	75.2
Lys*	30.0	23.9
Met*	33.8	15.0
Phe*	115.8	62.1
Ser	91.6	39.9
Thr*	617.3	150.4
Tyr	140.2	51.2
Val*	169.2	67.8

注: \*为必需氨基酸; P麦汁氨基酸总量为  $2452.9 \times 10^{-6}$ , 必需氨基酸占总氨基酸的比例为 46.7%; R麦汁氨基酸总量为  $984.6 \times 10^{-6}$ , 必需氨基酸占总氨基酸的比例为 44.4%。

化指标分析, 结果如下:

由表8可见, 采用上述最佳糖化条件制备得到的麦汁能进行正常的啤酒发酵, 经发酵后所制得的啤酒和添加大米所制得的啤酒一样, 两种啤酒的成分都符合国家对啤酒理化指标的要求。添加马铃薯辅料糖化后制得的啤酒中  $\alpha$ -氨基氮的含量远远高于添加大米辅料啤酒。

#### 参考文献:

- [1] 宋国安,等.对克山县发展马铃薯生产及加工工业的思考[J].马铃薯杂志,1999,13(1):46-47.
- [2] 唐联坤.马铃薯的开发价值与加工工艺[J].粮食与饲料工业,1994,(5):27-28.
- [3] Ndunguru G, Thomson M Waida R, et al. Methods for examining the relationship between quality characteristics and economic value of marketed fresh sweet potato[J]. Tropical Agriculture, 1998,75: 129-133.
- [4] 张云杉,等.马铃薯用作啤酒辅料的可行性研究[J].酿酒科技,1999(5):63-65.
- [5] 管郭仪.啤酒工业手册(中册)[M].北京:轻工业出版社,1986.
- [6] 二国二郎(日本).淀粉科学手册[M].王微青,等译.北京:轻工业出版社,1990.
- [7] 顾国贤.酿造酒工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,1996.

## 微波提取芦丁的协同效应研究

龚盛昭<sup>1</sup>, 何远伦<sup>1</sup>, 杨卓如<sup>2</sup>

(1.广东轻工职业技术学院轻化工程系, 广东 广州 510300;

2.华南理工大学化工学院, 广东 广州 510640)

**摘要:**以石灰水为介质,进行了微波协同提取芦丁的研究,得到微波协同提取芦丁的较佳工艺条件:直径为0.28~0.45mm的槐米粉末用液料比(V/W)8:1,时间10min,微波解冻档提取2次,合并滤液,用稀盐酸调pH值2~3,加入表面活性剂OP,静置30min,抽滤,滤渣干燥,即得粗芦丁,产率为17.1%,含量94.1%。与传统水提法比较,微波提取具有提取时间短、节能、提取率高等优点。

**关键词:**微波; 芦丁; 槐米; 提取; 中药

收稿日期: 2003-03-15

作者简介: 龚盛昭(1970-),男,讲师,硕士,研究方向为天然产物的担取和应用。