木瓜果醋发酵工艺的研究

安玉红[1]，任廷远[1,2]，阚建全[1]*

（1.西南大学 食品学院，重庆 400716；2.中国农业科学院柑桔研究所，重庆 400712）

摘　要：研究以酿造木瓜果酒为原料，接种AS1.41醋酸菌，酿造木瓜果醋的工艺条件。试验结果表明，其最佳工艺条件为初始酒度6%vol，初始pH为4，AS1.41醋酸菌活化液的接种量为17.5%，发酵温度为31℃，装液量为20%，转速为200r/min。发酵4d后所得木瓜果醋的醋酸含量为（6.557±0.06）g/100mL。

关　键　词：木瓜；发酵；醋酸发酵

中图分类号：TS264.2　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：0254-5071（2010）03-0171-04

Fermentation technology of *Chaenomeles sinensis* fruit vinegar

AN Yuhong[1], REN Tingyuan[1,2], KAN Jianquan[1]*

(1. College of Food Science, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Institute of Orange, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China)

Abstract: Using *Chaenomeles sinensis* as raw material, fermentation technology of fruit vinegar was studied. Strain AS 1.41 acetic acid bacteria was used in fermentation. The result showed that the optimum technological conditions were: initial concentration of alcohol 6%, pH 4, inoculum of activated AS 1.41 17.5%, optimum temperature 31℃, volume of liquid in vessels 20%, and shaking speed 200 rpm. After 4 d fermentaion, the acetic acid concentration of *Chaenomeles sinensis* fruit vinegar is up to 6.557±0.06 g/100 ml.

Key words: *Chaenomeles sinensis*; fermentation; acetic acid fermentation

木瓜为蔷薇科木瓜属（*Chaenom eles*）植物，是一种营养丰富、有百益而无一害的药食两用“果之珍品”。历史上人们主要将其作为药用或观赏栽植[1]。綦江木瓜含有丰富的抗氧化体系，包括含齐墩果酸等多种有机酸、酚类物质和维生素C，其中维生素C含量是苹果的6倍，芒果的3倍，中华猕猴桃的2倍；总酚含量超过1%，高于目前市场上常见水果的多酚含量。特别富含超氧化物岐化酶（SOD），具有抗衰老、抗癌、防辐射等功能[2]。食醋是我国传统的调味品，若能将木瓜制成果醋，可发挥其特殊的保健作用。本研究对比了以木瓜酒液、果汁与酒精2种原料酿制果醋的不同，并探讨了最佳的木瓜果醋酿制工艺条件。

1 材料与方法

1.1 试验原料与菌种

綦江木瓜：购于重庆綦江木瓜生产基地，放入实验室冰箱冷冻保藏，备用；醋酸菌：巴氏醋杆菌巴氏亚种AS1.41（*Acetobacter pasteurianus sub* sp. *pasteurianus DeLeyet Frateur*），上海酿造研究所提供。

1.2 主要仪器与设备

电热恒温培养箱（HH·BII·420-S-II）：上海跃进医疗器械厂；洁净工作台（SW-CJ-IFD）：苏州安泰空气技术有限公司；手提式不锈钢蒸汽消毒器：上海三中医疗器械有限公司；型笔式pH计（pH B-8）：上海虹益仪器仪表有限公司；低速离心机（LD5-2A）：北京医用离心机厂；数显恒温水浴锅（HH-6）：浙江金坛市富华仪器有限公司；恒温振荡培养器（HZ-9211K）：太仓市科教器材厂；酒精计：浙江余姚仪表工厂；配套蒸馏装置：北碚玻璃厂。

1.3 醋酸菌培养基

醋酸菌活化培养基：豆芽汁100mL，硫酸镁0.2g，酵母膏0.5g，磷酸二氢钾0.3g，葡萄糖2g，琼脂2g，0.06MPa灭菌40min，冷却为60℃左右，加入95%vol乙醇2mL~3mL，pH值自然。

醋酸菌三角瓶培养基：豆芽汁100mL，硫酸镁0.2g，酵母膏0.5g，磷酸二氢钾0.3g，葡萄糖2g，0.06MPa灭菌40min，冷却为60℃左右，加入95%vol乙醇2mL~3mL，pH值自然。

醋酸菌保藏培养基：蒸馏水100mL，酵母膏1g，葡萄糖1g，碳酸钙1g，琼脂2g。灭菌后冷却为60℃左右，加入95%vol乙醇2mL~3mL，pH值自然。

1.4 试验方法

1.4.1 醋酸菌的活化

保藏菌种先经斜面活化18h~24h，按每10mL液体活化培养基接1环菌的比例将醋酸菌接入装有100mL活化培养基、容量为500mL的三角烧瓶中，4层纱布封口，32℃、220r/min的培养条件下活化1d~2d（总酸度应当在2%以上）。

1.4.2 用木瓜酒液和木瓜加食用酒精进行发酵的比较

木瓜酒液的制备：将木瓜榨汁后，调整可溶性固形物为16°Bx，后按0.1%比例接入酵母活化液，28℃恒温发酵，直至可溶性固形物含量不再下降为止，测酒精度。

醋酸发酵：把木瓜酒液Ⅰ、经食用酒精调整酒精度与木瓜酒液相同的木瓜汁Ⅱ，分别装入2个三角烧瓶中，装液量为30%，接入15%AS1.41醋酸菌活化液，以4层纱布封

收稿日期：2009-12-15

作者简介：安玉红（1982-），女，硕士研究生，主要从事食品化学与营养学的研究工作；阚建全*，教授，通讯作者。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

口，在温度为32℃、转速为200r/min的恒温振荡培养箱中进行醋酸发酵，每天测酸度1次，直至酸度出现下降，发酵结束为止。绘制Ⅰ、Ⅱ的产酸曲线，并做感官评价。

1.4.3 醋酸发酵工艺参数的优化

溶氧量是影响醋酸发酵的主要因素之一，影响溶氧量的3要素为温度、装液量、转速。试验在单因素试验的基础上，就这3因素进行$L_9(3^3)$正交试验。并在最优溶氧参数的条件下，对影响醋酸发酵的其他4个主要因素：初始酒精度、初始pH值、接种量、时间进行二次通用旋转组合试验，以期得到最优的产酸条件。

1.4.4 分析测定方法

可溶性固形物的测定：折光法，按GB2719规定测定；还原糖含量的测定：斐林试剂滴定法，按GB/T 15038测定；酒精度的测定：酒精比重计法，按GB/T 15038测定；pH值测定：酸度计。

$$醋酸转化率=\frac{产酸量(g/L)}{发酵液酒精含量(g/L)\times 1.304}\times 100\%$$ [3]

木瓜果醋的感官评定标准见表1[4]。

表1 木瓜果醋的感官评定指标

Table 1. Sensory evaluation parameters of *Chaenomeles sinensis* vinegar

感官项目	指标	评分（满分100分）
色泽	色泽	5
香气	果香浓郁、醋香纯正	30
滋味	醋味柔和、绵软爽口、无异味	40
体态	澄清	5
典型性	具有木瓜果醋的典型风格	20

2 结果与分析

2.1 木瓜基本成分分析

表2 木瓜基本成分分析

Table 2. Components of *Chaenomeles sinensis fruit*

指标	结果	指标	结果
pH值	2.88	总酸（以苹果酸计）/（g·100mL^{-1}）	2.68
还原糖/（g·100mL^{-1}）	2.423	可溶性固形物/%	7.8
含水率/%	84.46	蛋白质/%	0.58

从表2可以看出，木瓜中含有丰富的有机酸，含糖较少，加之果实有强烈的酸涩味和坚硬的果实硬度，令人很难将其作为普通水果食用。周帼萍等[5]以湖北长阳县的木瓜为原料，采用液体摇瓶发酵法，制备营养丰富的保健醋。结果表明，木瓜汁经过酒化、醋化后涩味已完全消除，酸味也变得柔和，适合调配果醋饮料。

2.2 用木瓜酒液和木瓜加食用酒精进行发酵的比较

木瓜汁加糖发酵后，测得酒精度为5.4%vol。Ⅰ、Ⅱ的产酸曲线和感官评价见图1和表3。

表3 采用Ⅰ、Ⅱ发酵所得原醋的感官评价

Table 3. Sensory evaluation of original vinegar fermented from Ⅰ and Ⅱ

底物	色泽	香气	滋味	典型性	体态	评分
Ⅰ	棕色	果香典型、醋香浓郁	平衡、较丰满	较有典型性	澄清	65
Ⅱ	黄色	醋香薄弱、有异味	舒适、较瘦弱	典型性较弱	澄清	56

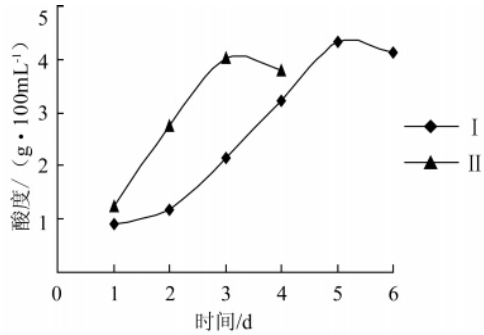

图1 Ⅰ、Ⅱ的产酸曲线

Figure 1. Yield of acetic acid curve of Ⅰ, Ⅱ

由图1可以看出，Ⅰ、Ⅱ都可以作为AS1.41醋酸菌的底物被利用。Ⅰ、Ⅱ的发酵周期分别为3d、5d。最大产酸量相差不大，分别为4.336g/100mL、4.022g/100mL。从表3可知，以Ⅰ为底物发酵制得的醋：香气突出、滋味较好，具有典型性；而以Ⅱ为底物发酵制得的醋：香气不足、有异味，且滋味较瘦弱，典型性较差。

从最大产酸量与感官特性上分析，Ⅰ比Ⅱ好；从发酵周期看，Ⅱ较短，而发酵周期可以通过改变接种量等发酵工艺参数改变，综合考虑，选择木瓜酒液Ⅰ来酿醋。

2.3 醋酸发酵工艺参数的优化

2.3.1 温度、装液量、转速的正交试验

表4 木瓜果醋发酵条件的正交试验因素与水平

Table 4. Factors and levels of the orthogonal test

水平	A 温度/℃	B 装液量/%	C 转速/（r·min^{-1}）
1	28	20	180
2	31	30	200
3	34	40	220

由表5、表6可以看出，B为主要因素，且各水平间差异显著；A、C为次要因素。按照各因素的最好水平选取，最优组合为$A_2B_1C_2$，即温度为31℃，装液量为20%，转速为200r/min。

2.3.2 醋酸发酵工艺参数的二次通用旋转组合试验

（1）建立四元二次回归方程

利用统计软件为DPS（Digital Signal Processing）v7.5

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

对表3~表9的试验数据进行四元二次通用旋转组合分析，得到的四元二次回归方程模型为：

$$Y=6.23876+0.14155x_1-0.23483x_2+0.38017x_3+0.32831x_4-0.64109x_1^2-0.37952x_2^2-0.23720x_3^2-0.27397x_4^2-0.22563x_1x_2+0.09751x_1x_3+0.13893x_1x_4+0.10206x_2x_3-0.04837x_2x_4+0.15972x_3x_4$$

表5　瓜果醋发酵条件的正交试验结果

Table 5. Results of the orthogonal test

试验号	A	B	C	酸度/(g·100mL⁻¹)
1	1	1	1	6.2669
2	1	2	2	5.7134
3	1	3	3	4.1605
4	2	1	2	6.5190
5	2	2	3	6.4083
6	2	3	1	5.1168
7	3	1	3	6.0136
8	3	2	1	5.4231
9	3	3	2	4.5467
K_1	16.1408	18.7995	16.8068	
K_2	18.0441	17.5448	16.7791	T=50.1683
K_3	15.9834	13.824	16.5824	
k_1	5.38027	6.2665	5.60227	
k_2	6.0147	5.84827	5.59303	
k_3	5.3278	4.608	5.52747	
极差R	0.6869	1.6585	0.0748	

表6　方差分析表

Table 6. Variance analysis

变异来源	平方和	自由度	均方	F值	$F_{0.05}(2,2)$
A	0.8771	2	0.4385	4.0582	19.00
B	4.4638	2	2.2319	20.6533*	
C	0.0100	2	0.0050	0.0462	
误差	0.2161	2	0.1081		
总变异	5.5670	8			

表7　醋酸发酵组合试验因素水平编码值

Table 7. Code and levels of factors

编码	x_1 初始pH值	x_2 酒精度/%vol	x_3 接种量/%	x_4 时间/d
+2	5.5	7	20	4.5
+1	4.75	6.5	17.5	4
0	4	6	15	3.5
-1	4.25	5.5	12.5	3
-2	3.5	5	10	2.5
△j	0.75	0.5	2.5	0.5

⑵ 回归方程的失拟性、显著性检验

从方差分析表9可见，$F_{LF}=1.78845<F_{0.05}(10,6)=4.74$，表示差异不显著，可以直接对回归方程进行显著性检验。$F_R=53.08840>F_{0.01}(14,16)=3.56$，表明该回归关系极显著，本实验设计及分析效果都很好，各个因素间显著与不显著也泾渭分明，此回归方程可以应用。其中复相关系数R^2值为0.9789，说明由这4个因素及其二次项能够解释响应值Y变化的97.89%。

表8　醋酸发酵组合正交试验设计及结果

Table 8. Experimental designs and results

试验号	x_1	x_2	x_3	x_4	酸度/(g·100mL⁻¹)
1	1	1	1	1	5.5409
2	1	1	1	-1	4.2595
3	1	1	-1	1	4.0208
4	1	1	-1	-1	3.5824
5	1	-1	1	1	6.0842
6	1	-1	1	-1	5.0118
7	1	-1	-1	1	5.3118
8	1	-1	-1	-1	4.5133
9	-1	1	1	1	5.0832
10	-1	1	1	-1	4.5637
11	-1	1	-1	1	4.0963
12	-1	1	-1	-1	4.2433
13	-1	-1	1	1	5.0655
14	-1	-1	1	-1	4.1818
15	-1	-1	-1	1	4.3791
16	-1	-1	-1	-1	4.2675
17	-2	0	0	0	3.5745
18	2	0	0	0	4.051
19	0	-2	0	0	5.4118
20	0	2	0	0	4.3063
21	0	0	-2	0	4.4913
22	0	0	2	0	6.3653
23	0	0	0	-2	4.551
24	0	0	0	2	6.0115
25	0	0	0	0	6.3099
26	0	0	0	0	6.3038
27	0	0	0	0	6.05775
28	0	0	0	0	6.0455
29	0	0	0	0	6.4391
30	0	0	0	0	6.2423
31	0	0	0	0	6.273

此外，模型中的一次项x_1、x_2、x_3、x_4，二次项x_1^2、x_2^2、x_3^2、x_4^2，交互项x_1x_2、x_1x_4、x_3x_4 ($p<0.01$) 为极显著；交互项x_2x_3 ($0.01<p<0.05$) 显著；只有交互项x_1x_3与x_2x_4 ($P>0.05$) 不显著。当$\alpha=0.05$时，剔除不显著项，简化的回归方程为：

$$Y=6.23876+0.14155x_1-0.23483x_2+0.38017x_3+0.32831x_4-0.64109x_1^2-0.37952x_2^2-0.23720x_3^2-0.27397x_4^2-0.22563x_1x_2+0.13893x_1x_4+0.10206x_2x_3+0.15972x_3x_4$$

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

由极值分析可知，醋酸发酵参数的最优组合：初始pH值为4，木瓜酒液酒精度6%vol、醋酸菌接种量17.5%，发酵4d，此时产酸量为6.60g/100mL，醋酸转化率为77.37%。

⑶ 单因子效应分析

从表9对4个因子一次项的检验中，可看出x_1、x_2、x_3、x_4均是极显著的，且各因素对醋酸产量的影响是顺序为接种量>发酵时间>初始酒精度>初始pH值。

⑷ 交互作用分析

从表9可知，6个交互项x_1x_2、x_1x_4、x_3x_4、x_2x_3、x_1x_3、x_2x_4的显著性排列顺序为x_1x_2＞x_3x_4＞x_1x_4＞x_2x_3＞x_1x_3＞x_2x_4。其交互作用的响应面图见图2。由图2可知，醋酸发酵的优化条件为pH值4~4.38，初始酒精度5.75%vol~6%vol，接种量16.25%~17.5%，发酵时间3.75d~4d。

2.3.3 验证试验

以酒精度为6%vol、pH值为4的木瓜酒液为原料，接种17.5%的AS1.41为醋酸菌活化液，在温度为31℃、装液量为20%、转速为200r/min的条件下，置于恒温振荡培养箱中发酵4d。做3个平行，测得酸度依次为 6.491g/100mL、6.568g/100mL、6.612g/100mL，平均为（6.557±0.06）g/100mL。且感官特性也较好。

表9 回归模型方差分析

Table 9. ANOVA for response surface quadratic model

变异来源	平方和	自由度	均方	偏相关	F值	p值
x_1	0.4809	1	0.4809	0.6822	13.9315	0.0018
x_2	1.3235	1	1.3235	-0.8400	38.3403	0.0001
x_3	3.4687	1	3.4687	0.9288	100.4867	0.0001
x_4	2.5869	1	2.5869	0.9078	74.9421	0.0001
x_1^2	11.7527	1	11.7527	-0.9773	340.4704	0.0001
x_2^2	4.1187	1	4.1187	-0.9390	119.3162	0.0001
x_3^2	1.6089	1	1.6089	-0.8628	46.6101	0.0001
x_4^2	2.1463	1	2.1463	-0.8918	62.1773	0.0001
x_1x_2	0.8146	1	0.8146	-0.7720	23.5971	0.0002
x_1x_3	0.1521	1	0.1521	0.4647	4.4068	0.0520
x_1x_4	0.3088	1	0.3088	0.5989	8.9466	0.0086
x_2x_3	0.1666	1	0.1666	0.4814	4.8277	0.0431
x_2x_4	0.0374	1	0.0374	-0.2519	1.0844	0.3132
x_3x_4	0.4082	1	0.4082	0.6519	11.8242	0.0034
回归	25.6559	14	1.8326		F_R=53.08840	0.0001
剩余	0.5523	16	0.0345			
失拟	0.4316	10	0.0432		F_{LF}=2.14492	0.0838
误差	0.1207	6	0.0201			
总和	26.2082	30				

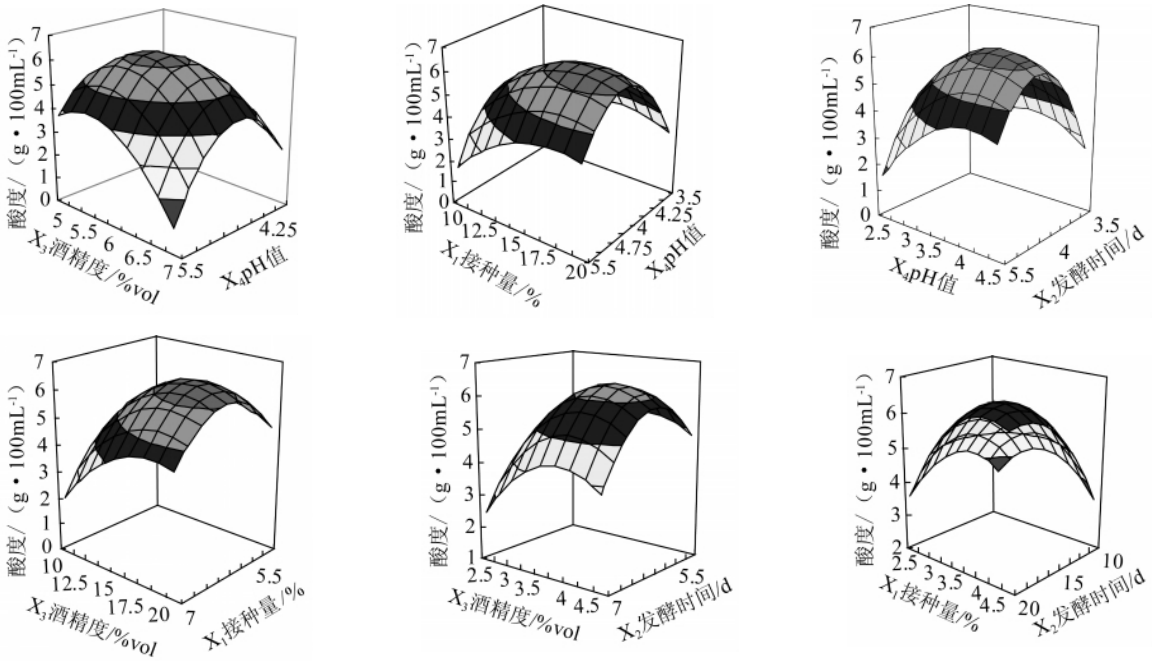

图2 接种量(X_1)、发酵时间(X_2)、酒精度(X_3)、初始pH值(X_4)交互作用的响应面图

Figure 2. Response surface plot of Y=f(X_1, X_2, X_3, X_4)

3 结论

酿制木瓜醋的最佳工艺为以酒精度为6%vol、pH值为4的木瓜酒液为原料，接种17.5%的AS1.41醋酸菌活化液，在温度为31℃、装液量为20%、转速为200r/min的条件下，置于恒温振荡培养箱中发酵4d。此时醋酸的产量为（6.557±0.06）g/100mL。

参考文献：

[1] 徐兴东，崔爱君，孙佩菊，等. 木瓜优良品种简介[J]. 北方果树, 1996(1):18-19.

[2] 唐 勇，张 婷，赵 靖，等.木瓜复合抗氧化物颗粒的抗氧化特性研

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

绿豆米酒酿造工艺研究

刘殿锋，李明泽，吴春昊，武模戈，马艳华，陶令霞

(濮阳职业技术学院 生物工程与农业经济系，河南 濮阳 457000)

摘　要：以绿豆和大米为原料，对绿豆米酒的酿造工艺进行了研究。工艺要点为将浸泡好的绿豆煮熟煮烂，进行液化、糖化，再将糖化好的熟绿豆醪液与绿豆汁混合，蒸好的米饭冷却后加入米酒曲糖化，然后用糖化后的绿豆醪液和绿豆汁冲缸，并接入黄酒干酵母，22℃发酵5d，15℃陈酿3个月，最后经澄清、灭菌、包装等。酿制得绿豆米酒。醇香怡人、风味优雅，且营养丰富。

关　键　词：绿豆；大米；米酒；酿造

中图分类号：TS262.4　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：0254-5071(2010)03-0175-02

Fermentation technology of mung bean and rice wine

LIU Dianfeng, LI Mingze, WU Chunhao, WU Moge, MA Yanhua, TAO Lingxia

(Department of Bioengineer and Agronomics, Puyang Vocational and Technical Institute, Puyang 457000, China)

Abstract: Using mung bean and rice as main materials, processing technology of mung bean and rice wine was studied. The main operation parameters were as follow: boling soaked mung bean till it was completely cooked; saccharifying cooked mung bean to broth and mixing the broth with liquid of mung bean. Cooked rice was cooled and inoculated with rice wine starter for saccharification. Liquor from saccharified mung bean and the juice of mung bean was added in to the saccharified rice and then the mixture was inoculated with some yeast powder. The wine was produced after 5 d fermentation at 22℃, 3 month ageing at 15℃, clarification, sterilization and packing. The final product is a kind of healthy drink with elegant flavor and high nutritive values.

Key words: mung bean; rice; rice wine; fermerntation

绿豆营养丰富，其籽粒含蛋白质20%~24%，脂肪0.5%~1.5%，碳水化合物55%~65%，钙80mg/kg，铁6.8mg/kg，钾1298mg/kg，镁147.8mg/kg，尼克酸1.8 mg/kg，胡萝卜素0.22mg/kg，核黄素0.12 mg/kg[1]。绿豆作为一种药食兼用的农产品，被誉为粮食中的“绿色珍珠”。中医认为，绿豆味甘性寒，入心、胃经，不但能够清热解暑、利尿消肿、润喉止泻，而且能够明目降压、益血安神、清胆养胃[2-3]。

绿豆在糕点类食品上应用较多（如绿豆凉粉、绿豆糕、绿豆奶和绿豆沙等），但这些产品的附加值都较低[7]。为提高绿豆产品的附加值，本实验以绿豆和大米为主要原料研究了绿豆米酒的酿造工艺，以期为绿豆的深加工提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

绿豆、大米：市售；米酒曲、黄酒干酵母、增香酵母：安琪酵母股份有限公司；糖化酶、淀粉酶：北京东华强盛生物技术有限公司。

1.2 工艺流程

1.3 操作过程

1.3.1 绿豆原料的选择

选择色泽光亮、籽粒饱满、无虫蛀、无霉变的新鲜绿豆作为原料。

1.3.2 绿豆汁的制备

将绿豆中土块等杂物除去后，洗净并浸泡2h。由于蛋白质和碳水化合物主要贮藏在绿豆的子叶当中，而核黄素、尼克酸、胡萝卜素、香豆素、生物碱、植物甾醇、皂甙以及矿物质钾、钙、铁等有效成分主要贮藏在绿豆皮中，因此采用煮豆的方式将这些物质尽量提取出来[8]。煮豆时首先按1:10的比例把浸泡好的绿豆与水混合（质量比，绿豆质

收稿日期：2009-11-15

基金项目：濮阳市科技攻关重点项目(080504)

作者简介：刘殿锋(1975-)，男，讲师，研究方向为食品生物技术、分子生态学。

究[J]. 西南大学学报, 2008，30(2)：99-104.

[3] 周帼萍，汪芳安，王秀艳. 橘皮果醋的研制[J]. 中国酿造，2006(3)：72.

[4] 上海市酿造科学研究所. 发酵调味品生产技术[M]. 北京：中国轻工业出版社，1998.

[5] 周帼萍，汪芳安，张佑红，等. 木瓜复合果醋的酿制[J].食品科学，2005(10)：274-277.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net