

刘健南,郑琳,张华建,等. 合水粉葛液化糖化工艺研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(8):284-286.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.094

# 合水粉葛液化糖化工艺研究

刘健南,郑琳,张华建,黄裕雄  
(佛山职业技术学院,广东佛山 528137)

**摘要:**通过单因素和正交试验,探讨不同因素对合水粉葛液化糖化过程中 DE 值的影响。试验得出最佳液化工艺条件为:α-淀粉酶添加量为 12 U/g,pH 值为 6.0,液化温度为 60 ℃,液化时间为 180 min;最佳糖化工艺条件为:糖化酶添加量为 200 U/g,pH 值为 4.0,糖化温度为 50 ℃,糖化时间为 90 min。结果表明,该工艺的还原糖产量较高,为合水粉葛果酒酿造打好基础。

**关键词:**合水粉葛;液化;糖化

**中图分类号:** TS262.7      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0284-03

粉葛(*Pueraria thomsonii* Benth)别称干葛藤,与野葛[*Pueraria lobata*(Willd) Ohwi]一起构成我国分布最广的 2 种豆科葛属植物。葛根是葛的地下块根,富含葛根素、黄酮类物质、花生酸、维生素以及钙、铁、锌、硒等多种微量元素,具有降低心肌耗氧量、增加冠脉脑血管血流量、缓解心绞痛、抗心律失常、增强机体免疫力等作用<sup>[1-2]</sup>,属于国家卫生部公布的药食同源植物<sup>[3]</sup>。合水粉葛是广东省佛山市高明区出产的具有独特优良品质的粉葛,是国家地理标志保护产品<sup>[4]</sup>。

淀粉的液化糖化是合水粉葛果酒生产过程的关键环节,是利用 α-淀粉酶的液化作用和糖化酶的糖化作用,将粉葛中的淀粉分解为麦芽糖、葡萄糖等可发酵性糖的加工工序。本研究对粉葛液化糖化工艺进行了探讨,并确定了基本工艺参数,以期对粉葛果酒的生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

合水粉葛,购自广东省佛山市高明区合水粉葛产区;α-淀粉酶(5 000 U/g)、糖化酶(50 000 U/g),由河南豫中生物科技有限公司生产;其他化学试剂均为市售分析纯。

### 1.2 测定方法<sup>[5]</sup>

还原糖的测定:菲林试剂法;淀粉:酶水解法;DE 值:指糖化液中的还原糖含量(以葡萄糖计)占淀粉含量的百分率。

$$DE = \frac{\text{酶解液中的还原糖} - \text{浆液中的还原糖}}{\text{淀粉含量}} \times 100\%。$$

### 1.3 工艺流程

原料清洗→去皮→切块→打浆→预煮→液化→灭酶→糖化→灭酶→冷却→糖化液。

### 1.4 试验方法

1.4.1 液化单因素试验和正交试验 以料水比 1 g:1 mL、液化时间 180 min、α-淀粉酶添加量 12 U/g、pH 值 6.0、液化

温度 55 ℃作为初始液化条件,分别考察 α-淀粉酶添加量(8、10、12、14、16 U/g,)、pH 值(5.0、5.5、6.0、6.5、7.0)、液化温度(45、50、55、60、65 ℃)对粉葛液化的影响。根据单因素试验确定各主要因素和水平,以 DE 值为考察指标进行正交试验设计。其因素及水平见表 1。

表 1 液化正交试验因素水平			
水平	A:α-淀粉酶用量 (U/g)	B:pH 值	C:温度 (℃)
1	10	5.5	50
2	12	6.0	55
3	14	6.5	60

1.4.2 糖化单因素试验和正交试验 在最佳液化工艺条件基础上,以糖化酶添加 160 U/g、pH 值 4.0、糖化温度 55 ℃、糖化时间 90 min 作为初始糖化条件的基础上,分别考察糖化酶添加量(80、120、160、200、240 U/g,)、pH 值(3.0、3.5、4.0、4.5、5.0)、糖化温度(45、50、55、60、65 ℃)对粉葛糖化的影响。根据单因素试验确定各主要因素和水平,以 DE 值为考察指标进行正交试验设计。其因素及水平见表 2。

表 2 糖化正交试验因素水平			
水平	A:糖化酶用量 (U/g)	B:pH 值	C:温度 (℃)
1	120	3.5	50
2	160	4.0	55
3	200	4.5	60

## 2 结果与分析

### 2.1 液化单因素试验

2.1.1 α-淀粉酶添加量对液化的影响 取粉葛浆液 5 份于烧杯中,用柠檬酸溶液调至 pH 值为 6.0,分别按 8、10、12、14、16 U/g 的比例添加 α-淀粉酶,充分搅拌后,加盖置于 55 ℃ 的水浴锅中恒温 180 min,恒温过程间隔一定时间对浆液进行搅拌(下同)。试验结果如图 1 所示。由图 1 可知,随着酶添加量的增加,DE 值逐渐提高,达到 14 U/g 添加量时增

收稿日期:2014-08-06  
基金项目:佛山职业技术学院科学研究项目(编号:2012KYY01)。  
作者简介:刘健南(1982—),男,广东汕头人,硕士,实验师,主要从事农产品加工与安全研究。E-mail:spxljn@126.com。

加率逐渐减慢。从节约成本的角度考虑,α-淀粉酶的添加量选择范围为 10~14 U/g 时有较好的液化效果。

2.1.2 pH 值对液化的影响 取粉葛浆液 5 份于烧杯中,用柠檬酸溶液调至 pH 值为 5.0、5.5、6.0、6.5、7.0,按 12 U/g 的比例添加 α-淀粉酶,充分搅拌后,加盖置于 55 ℃ 的水浴锅中恒温 180 min。试验结果如图 2 所示。由图 2 可知,当 pH 值在 5.0~6.5 之间时,DE 值随着 pH 值的增大而呈上升趋势,随之出现了下降。因此认为在 pH 值 5.5~6.5 范围时

液化效果较好。

2.1.3 温度对液化的影响 取粉葛浆液 5 份于烧杯中,用柠檬酸溶液调至 pH 值为 6.0,按 12 U/g 的比例添加 α-淀粉酶,充分搅拌后,加盖置于 45、50、55、60、65 ℃ 的水浴锅中恒温 180 min。试验结果如图 3 所示。由图 3 可知,当温度低于 60 ℃ 时,DE 值随着温度的升高而迅速增大,当温度高于 60 ℃ 后,DE 值的增长变化不大,因此,液化温度范围以 50~60 ℃ 为佳。

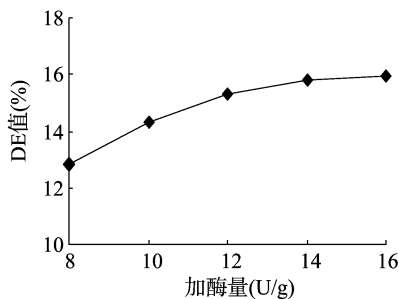


图1 α-淀粉酶添加量对液化的影响

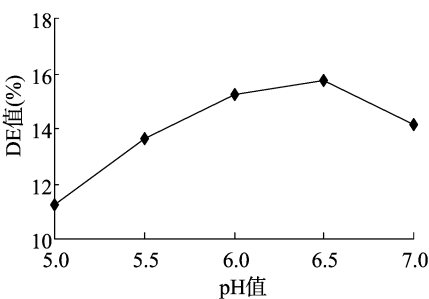


图2 pH值对液化的影响

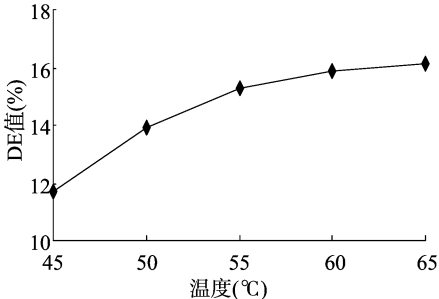


图3 温度对液化的影响

2.1.4 时间对液化的影响 取粉葛浆液 5 份于烧杯中,用柠檬酸溶液调至 pH 值为 6.0,按 12 U/g 的比例添加 α-淀粉酶,充分搅拌后,加盖置于 55 ℃ 的水浴锅中恒温 60、120、180、240、300 min。试验结果如图 4 所示。

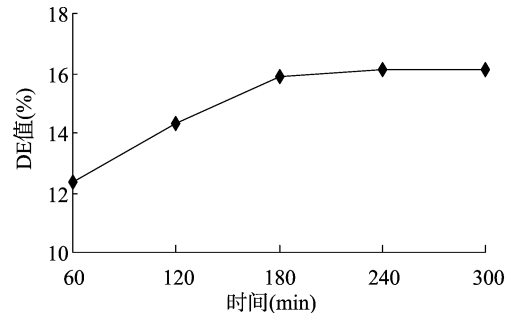


图4 时间对液化的影响

由图 4 可知,随着恒温时间的延长 DE 值呈增加趋势,但当恒温时间超过 180 min 后其 DE 值增长幅度出现减缓,且酶的活力会随着时间的增加而出现钝化现象,故液化恒温时间可确定 180 min 为宜。

2.2 液化正交试验

按“1.4.1”节进行试验,用单因素试验中最佳的试验结果设计正交试验,其结果及直观分析见表 3,方差分析见表 4。

由表 3 可知,影响合水粉葛液化 DE 值主次因素顺序依次是:酶添加量>pH 值>温度,最佳组合为 A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>3</sub>,即最佳工艺为酶添加量 12 U/g、pH 值 6.0、温度 60 ℃。

由表 4 可知,酶添加量为最显著因素,影响液化试验结果的因素顺序依次是:酶添加量>pH 值>温度,与表 3 正交试验的极差分析结果相吻合。

2.3 糖化单因素试验

2.3.1 糖化酶添加量对糖化效果的影响 取最佳条件液化后粉葛浆液进行灭酶处理,冷却至常温后平分成 5 份置于烧杯中,用柠檬酸溶液调 pH 值为 4.0,分别按 80、120、160、200、240 U/g 的比例添加糖化酶,充分搅拌后,加盖置于 55 ℃ 的

表 3 液化正交试验直观分析

试验号	A:酶添加量	B:pH 值	C:温度	D:空列	DE 值
1	1	1	1	1	15.61
2	1	2	2	2	16.31
3	1	3	3	3	16.24
4	2	1	2	3	15.72
5	2	2	3	1	16.63
6	2	3	1	2	16.07
7	3	1	3	2	15.51
8	3	2	1	3	15.57
9	3	3	2	1	15.55
k <sub>1</sub>	16.05	15.61	15.75	15.93	
k <sub>2</sub>	16.14	16.17	15.86	15.96	
k <sub>3</sub>	15.54	15.95	16.13	15.84	
R	0.60	0.56	0.38	0.12	

表 4 液化正交试验结果的方差分析

方差来源	离差平方和	自由度	均方差	F 值	显著性
酶添加量(A)	0.624	2	0.312	27.088	*
pH 值(B)	0.472	2	0.236	20.520	*
温度(C)	0.225	2	0.113	9.777	
误差	0.023	2	0.012		
总变异	1.344	8			

水浴锅中恒温 90 min,恒温过程间隔一定时间对浆液进行搅拌(下同)。试验结果如图 5 所示。

由图 5 可知,随着酶添加量的增加,达到 200 U/g 添加量时增加率逐渐减慢。从节约成本的角度考虑,糖化酶的添加量选择范围为 120~200 U/g 时有较好的糖化效果。

2.3.2 pH 值对糖化效果的影响 取最佳条件液化后粉葛浆液进行灭酶处理,冷却至常温后平分成 5 份置于烧杯中,用柠檬酸溶液调至 pH 值为 3.0、3.5、4.0、4.5、5.0,按 160 U/g 的比例添加糖化酶,充分搅拌后,加盖置于 55 ℃ 的水浴锅中恒温 90 min。试验结果如图 6 所示。

由图 6 可知,当 pH 值在 3.0~4.5 之间时,DE 值随着 pH 值的增大而增大,随后出现了下降趋势。因此认为在 pH 值范围为 3.5~4.5 时,糖化效果较好。

2.3.3 温度对糖化的影响 取最佳条件液化后粉葛浆液进行灭酶处理,冷却至常温后平分成 5 份置于烧杯中,用柠檬酸溶液调至 pH 值为 4.0,按 160 U/g 的比例添加糖化酶,充分

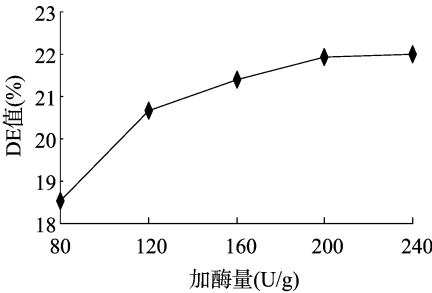


图5 糖化酶添加量对糖化的影响

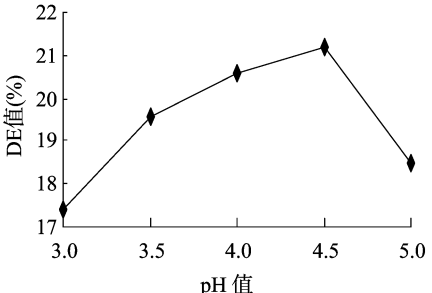


图6 pH 值对糖化的影响

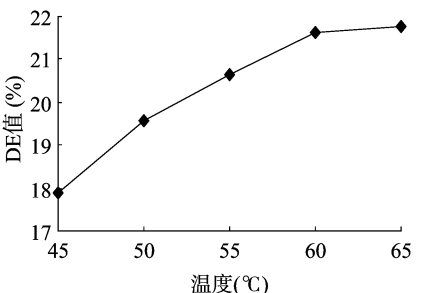


图7 温度对糖化的影响

2.3.4 时间对糖化的影响 取最佳条件液化后粉葛浆液进行灭酶处理,冷却至常温后平分成 5 份置于烧杯中,用柠檬酸溶液调至 pH 值为 4.0,按 160 U/g 的比例添加糖化酶,充分搅拌后,加盖置于 55℃ 的水浴锅中恒温 30、60、90、120、150 min。试验结果如图 8 所示。

由图 8 可知,随着恒温时间的延长 DE 值呈增加趋势,但当恒温时间超过 90 min 后其 DE 值增长幅度出现减缓,且会出现酶钝化现象,故恒温时间以 90 min 为宜。

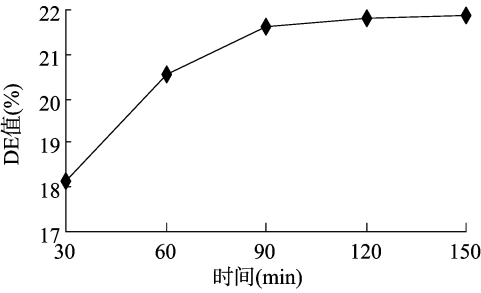


图8 时间对糖化的影响

2.4 糖化正交试验

按“1.4.2”节进行试验,用单因素试验中最佳的试验结果设计正交试验,其结果及直观分析见表 5,方差分析见表 6。

表 5 糖化正交试验直观分析

试验号	A:酶添加量	B:pH 值	C:温度	D:空列	DE 值
1	1	1	1	1	20.85
2	1	2	2	2	21.34
3	1	3	3	3	21.16
4	2	1	2	3	21.31
5	2	2	3	1	22.09
6	2	3	1	2	22.00
7	3	1	3	2	21.95
8	3	2	1	3	22.83
9	3	3	2	1	21.94
$k_1$	21.12	21.37	21.89	21.62	
$k_2$	21.80	22.09	21.53	21.76	
$k_3$	22.24	21.70	21.73	21.77	
R	1.12	0.72	0.36	0.15	

搅拌后,加盖置于 45、50、55、60、65℃ 的水浴锅中恒温 90 min。试验结果如图 7 所示。

由图 7 可知,当温度低于 60℃ 时,DE 值随着温度的升高而呈明显上升趋势,当温度高于 60℃ 后,DE 值的增长变化不大,因此,糖化温度范围以 50~60℃ 为佳。

表 6 糖化正交试验结果的方差分析

方差来源	离差平方和	自由度	均方差	F 值	显著性
酶添加量(A)	1.922	2	0.961	50.208	*
pH 值(B)	0.772	2	0.386	20.163	*
温度(C)	0.199	2	0.099	5.196	
误差	0.038	2	0.019		
总变异	2.932	8			

由表 5 可知,影响合水粉葛糖化 DE 值主次因素顺序依次是:酶添加量>pH 值>温度,最佳组合为 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>,即最佳工艺为酶添加量 200 U/g、pH 值 4.0、温度 50℃。

由表 6 可知,酶添加量为最显著因素,影响液化试验结果的因素顺序依次是:酶添加量>pH 值>温度,与表 3 正交试验的极差分析结果相吻合。

3 结论

经试验获得合水粉葛的最佳液化工艺为 α-淀粉酶添加量为 12 U/g、pH 值为 6.0、液化温度 60℃、液化时间 180 min;最佳糖化工艺为:糖化酶添加量为 200 U/g、pH 值为 4.0、糖化温度 50℃、糖化时间 90 min。试验结果表明,该工艺得到的还原糖含量较高,根据果酒生产过程乙醇含量需求及“含糖量-潜在乙醇浓度换算表”得出该品种的液化糖化符合工艺要求<sup>[6]</sup>,为合水粉葛保健果酒的酿造奠定了良好基础。

参考文献:

[1] 曹钟灵,李建北,张东明. 葛属植物中异黄酮类化合物的研究进展[J]. 中药材,2005,28(1):67-71.  
[2] 胡晓云,赖 艳. 葛根药食两用的开发研究[J]. 江西农业学报,2007,19(7):65-67.  
[3] 中国药典委员会. 中国药典:一部[M]. 北京:化学工业出版社,2000:273-274.  
[4] 国家质量监督检验检疫总局. 56 号[EB/OL]. (2006-04-16) [2015-05-20]. [http://www.lawyee.net/act/act\\_display.asp?rid=355147](http://www.lawyee.net/act/act_display.asp?rid=355147).  
[5] 张水华. 食品分析[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:138.  
[6] 徐 凌. 食品发酵酿造[M]. 北京:化学工业出版社,2011:62-63.