

# 玉米葡萄糖全糖粉制备过程中的糖化及脱色技术研究

王建一, 林松毅, 张 旺, 刘清秀, 刘静波\*

(吉林大学军需科技学院营养与功能食品研究室, 吉林 长春 130062)

**摘 要:** 本实验以玉米粉为原料, 对葡萄糖全糖粉的糖化和脱色工艺进行研究, 优化出糖化工艺参数为: 糖化温度 59℃, 时间 60h, pH4.8, 糖化酶用量 300U/g, 普鲁兰酶用量 0.1ASPU/ml; 脱色工艺参数为: 活性炭用量 3%, 温度 85℃, 时间 20min, pH4.6。

**关键词:** 葡萄糖; 糖化; 活性炭; 脱色

Study on Saccharification and Decolourization during Preparation Process of Whole Corn Glucose Powder

WANG Jian-yi, LIN Song-yi, ZHANG Wang, LIU Qing-xiu, LIU Jing-bo\*

(Laboratory of Nutrition and Functional Food, College of Quartermaster Technology, Jilin University, Changchun 130062, China)

**Abstract :** Corn powder was used to prepare whole glucose powder. This study focused on the saccharification and decolourization of liquefied starch powder. The optimized technological parameters of saccharification are as follows: temperature 59 °C, 60 hours, pH 4.8, amount of diastase 300 U/g and amount of pullulanase 0.1 ASPU/ml. The optimized technological parameters of decolourization are as follows: amount of active carbon 3%, temperature 85 °C, time 20 min and pH 4.6.

**Key words:** glucose; saccharification; active carbon; decolourization

中图分类号: TS245.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2008)10-0263-04

玉米淀粉糖是以玉米淀粉为原料, 经特殊工艺制取的食用糖, 其不但甜度适中、营养丰富, 而且品种多样, 有着特殊的功用<sup>[1]</sup>。玉米淀粉糖包括医用葡萄糖、被饮料业广泛采用的果葡糖、能助消化的低聚糖等多种糖类。目前已有种类 20 多种, 年产量超过 600 万吨。

玉米全糖粉是近几年发展起来的一种新型糖制品, 由于其颜色洁白, 味甜, 不返潮、不吸湿、不结晶析出, 具有一定的黏度, 且价格低, 甜度低, 深受人们的喜爱。全糖粉已经成为替代葡萄糖和蔗糖的主要产品之一<sup>[2]</sup>。葡萄糖全糖粉用途很广泛, 应用在食品、医药、化学等行业。在食品加工中用在罐头、面包、糕点、果酱、果冻、低热量啤酒等生产中。医药中用来生产口服葡萄糖、注射葡萄糖液等。作为基质可以生产多类抗菌素及维生素, 也可转化生产氨基酸。化工用来生产葡萄糖酸、葡萄糖醇、甘油、山梨酸、柠

檬酸、苹果酸等有机酸及其衍生物<sup>[3]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

玉米渣 常胜牌玉米厂。

糖化酶(100000U/ml)、普鲁兰酶(250ASPU/ml) 天津泛氟商贸有限公司; 活性炭 绥化市化学试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

CS501 型超级恒温水浴 上海浦东荣丰科学仪器有限公司; JJ-1 型定时电动搅拌器 金坛市江南仪器厂; T6 新悦-可见分光光度计 北京普析通用仪器有限责任公司; ZD-2 型自动电位滴定仪 上海虹益仪器仪表有限公司; 华克电子天平 福州华志科学仪器有限公司; 2WA-J 阿贝折射仪 上海浦东物理光学仪器厂; CR20B2 型高速冷冻离心机 日本 HITACHI 公司。

### 1.3 玉米粉液化技术要点

收稿日期: 2008-06-11

基金项目: 吉林省科技厅农业重点项目(20070201)

作者简介: 王建一(1987-), 男, 本科生, 研究方向为营养与功能食品。E-mail: linsongyi730@163.com

\* 通讯作者: 刘静波(1962-), 女, 教授, 博士, 研究方向为营养与功能食品。E-mail: ljb168@sohu.com

无水氯化钙、耐高温 $\alpha$ -淀粉酶

↓

玉米→粉碎→调浆→调料→保温维持在液化终点→终止液化→玉米粉液化物

玉米葡萄糖全糖粉液化关键技术的最优工艺参数为：玉米粉粒度 60 目，玉米粉浆浓度 25%，无水氯化钙含量 0.1%，加酶量 20U/g 淀粉，pH 值 5.9，液化温度 100℃，液化时间 50min 后，收集玉米粉液化物进行糖化技术与脱色技术研究。

#### 1.4 玉米粉糖化技术的单因素与 $L_9(3^4)$ 正交试验

选用糖化酶，以 DE 值指标变化情况为衡量指标，对比分析下列单因素对玉米粉直接液化效果的影响。

糖化温度：酶用量为 300U/g 淀粉，pH4.4，糖化时间 48h 为实验条件，温度为 49、53、56、59、62、65、68℃ 时对液化 DE 值的影响。

糖化时间：液化温度 59℃，酶用量为 300U/g 淀粉，pH4.4，糖化时间 48h 为实验条件，时间 12、24、36、48、60、72h 对糖化 DE 值的影响。

pH 值：糖化温度 59℃，酶用量为 300U/g 淀粉，时间 48h 为实验条件，pH3.6、4.0、4.4、4.8、5.2、5.6 对糖化 DE 值的影响。

糖化酶用量：液化温度 59℃，pH4.8，糖化时间 48h 为实验条件，酶用量 50、100、150、200、250、300、350U/g 对糖化 DE 值的影响。

普鲁兰酶酶用量：液化温度 59℃，pH4.8，糖化时间 48h，糖化酶用量 30U/g 为实验条件，普鲁兰酶用量 0.05、0.1、0.15、0.2、0.25ASPU/ml 对糖化 DE 值的影响。

根据单因素对糖化结果影响的对比分析，设计  $L_9(3^4)$  正交试验方案，重点考察糖化酶用量、普鲁兰酶用量、糖化时间三个因素对玉米粉糖化程度影响情况，因素水平设计见表 1。

表 1  $L_9(3^4)$  因素水平表

Table 1 Factors and levels of  $L_9(3^4)$  orthogonal test on saccharification

水平	因素		
	A 糖化酶用量 (U/g)	B 普鲁兰酶量 (ASPU/ml)	C 糖化时间 (h)
1	250	0.05	36
2	300	0.1	48
3	350	0.15	60

#### 1.5 玉米粉糖化液脱色技术的单因素与 $L_9(3^4)$ 正交试验方法

选用活性炭为脱色介质，以脱色率为指标衡量，对比分析下列单因素对糖化液脱色的效果的影响。

活性炭浓度：脱色时间 25min，脱色温度 75℃，pH4.6 为实验条件，活性炭浓度 1%、2%、3%、4%，对脱色率的影响。

脱色时间：脱色温度 75℃，pH4.6，活性炭浓度 3% 为实验条件，脱色时间 10、20、30、40min 对脱色率的影响。

pH 值：脱色温度 75℃，活性炭浓度 3%，脱色时间 30min 为实验条件，pH4.3、4.6、4.9、5.2 对脱色率的影响。

脱色温度：活性炭浓度 3%，脱色时间 30min，pH4.6 为实验条件，温度 65、70、75、80、85、90℃ 对脱色率的影响。

根据单因素对脱色结果影响的对比分析，设计  $L_9(3^4)$  正交试验方案，重点考察脱色时间、pH 值、脱色温度三个因素对糖化液脱色效果影响情况，因素水平见表 2。

表 2  $L_9(3^4)$  因素水平表

Table 2 Factors and levels of  $L_9(3^4)$  orthogonal test on decolourization

水平	因素		
	A 脱色时间(min)	B pH	C 脱色温度(℃)
1	20	4.3	75
2	30	4.6	80
3	40	4.9	85

## 2 结果与分析

### 2.1 玉米粉糖化技术单因素试验结果与分析

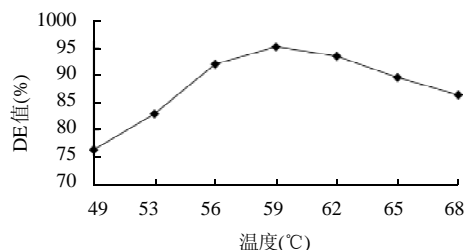


图 1 温度对糖化 DE 值的影响

Fig.1 Effects of temperature on DE value of saccharification

温度对糖化效果的影响结果见图 1。温度从 49℃ 到 59℃ 之间 DE 值一直升高，到温度 59℃ 时 DE 值达最大值之后有下降，可能是因为该糖化酶最适作用温度为 59℃ 左右，超过此温度该酶活力下降<sup>[4]</sup>。因此选择温度为 59℃ 为糖化温度糖化效果为最佳的糖化温度。

糖化时间对糖化效果的影响结果见图 2。在 48h 之前 DE 值升高趋势明显，48h 之后升高趋势减小，原因可能是糖化酶是一种外切酶，水解淀粉或糊精时，是从非还原末端的  $\alpha$ -1,4 糖苷键开始，糖化酶作用于长链比短链活性大，随着水解的进行，分子链会越来越短，

使水解速度变慢。糖化酶虽然能水解 $\alpha$ -1,6糖苷键,但水解速度很慢<sup>[5]</sup>。所以选择48h左右为最佳糖化时间。

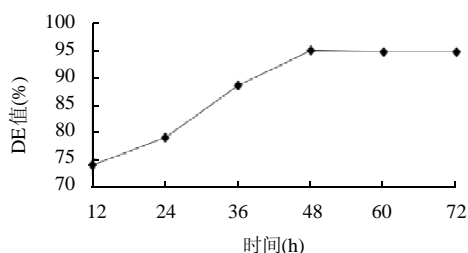


图2 糖化时间对糖化DE值的影响

Fig.2 Effects of time on DE value of saccharification

pH值对糖化效果影响结果见图3。pH值从3.6到4.8之间DE值一直升高,到4.8左右DE值达最大值之后开始下降,所以选择pH4.8为最佳的糖化pH值。

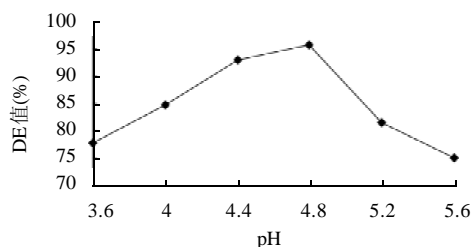


图3 pH值对糖化DE值的影响

Fig.3 Effects of pH value on DE value of saccharification

糖化酶用量对糖化效果的影响见图4。糖化酶用量在300U/g以下DE值升高趋势明显,而在300U/g以后DE值还有所升高但趋势明显减小,可能是由于葡萄糖在较高浓度下发生复合反应。所以选择酶用量为300U/g对糖化效果最好。

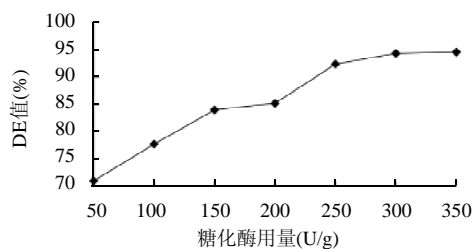


图4 糖化酶用量对糖化DE值的影响

Fig.4 Effects of amount of diastase on DE value of sacchification

普鲁兰酶用量对糖化效果影响见图5。普鲁兰酶用量从0.05ASPU/ml到0.1ASPU/ml之间DE值升高趋势比较明显,当酶用量为0.1ASPU/ml时DE值达到最大值,之后又开始下降,所以选择最佳普鲁兰酶用量为0.1ASPU/ml。

## 2.2 $L_9(3^4)$ 正交试验设计试验结果与分析

正交试验设计优化玉米粉糖化参数的试验结果分析见表3。对DE值的影响顺序为: $A > C > B$ ,即糖化

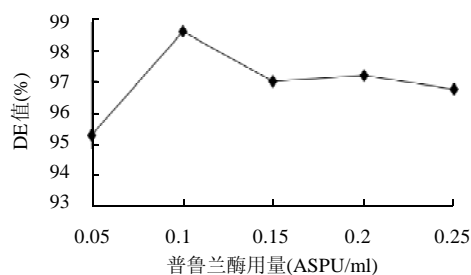


图5 普鲁兰酶用量对糖化DE值的影响

Fig.5 Effects of amount of pullulanase on DE value of saccharification

酶用量>时间>普鲁兰酶用量,最优组合为 $A_2C_3B_2$ 。在极差分析的基础上,对结果进行方差分析结果见表4。糖化酶用量和糖化时间均有显著性,普鲁兰酶用量不显著。糖化工艺最优参数为:糖化酶用量为300U/g,普鲁兰酶用量为0.1ASPU/ml,糖化时间为60h。

表3  $L_9(3^4)$ 试验分析结果

Table 3 Results and analysis of  $L_9(3^4)$  orthogonal test on saccharification

试验号	因素				DE(%)
	A 糖化酶量	B 普鲁兰酶量	C 时间	D 空列	
1	1	1	1	1	69.89585
2	1	2	2	2	84.33733
3	1	3	3	3	83.4261
4	2	1	2	3	95.46487
5	2	2	3	1	98.49707
6	2	3	1	2	85.34096
7	3	1	3	2	96.96015
8	3	2	1	3	88.54479
9	3	3	2	1	90.81466
R	13.88121	3.93249	11.70057	2.742	
优水平	$A_2$	$B_2$	$C_3$		
主次因素		A C B			
最优组合		$A_2 C_3 B_2$			

表4 DE值方差分析表

Table 4 Variance analysis of DE value

因素	偏差平方和	自由度	F比	F临界值	显著性
糖化酶用量	359.746	2	26.205	9.000	*
普鲁兰酶量	25.415	2	1.851	9.000	
时间	224.511	2	16.354	9.000	*
误差	13.73	2			

## 2.3 糖化液脱色技术单因素试验结果与分析

活性炭浓度对糖化液脱色效果的影响结果见图6。活性炭浓度从1%到3%之间脱色率上升趋势明显,活性炭浓度为3%时脱色率达到最大值,之后开始下降可能是因为活性炭浓度高,在后期的离心不完全,而影响脱色效果,所以选择3%为最佳活性炭浓度。

脱色时间对脱色效果的影响结果见图7。脱色时间从10min到20min之间脱色率升高趋势明显,在20min后脱色

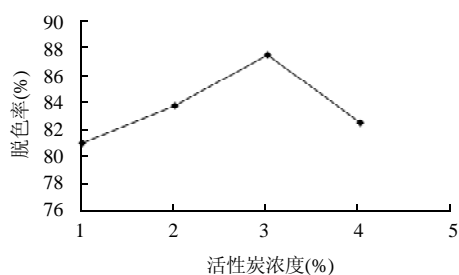


图6 活性炭浓度对脱色效果的影响结果

Fig.6 Effects of concentration of active carbon on decolourization

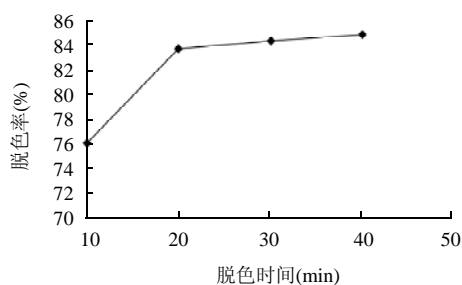


图7 脱色时间对脱色效果的影响结果

Fig.7 Effects of time on decolourization

率升高趋势缓慢, 所以选择最佳脱色时间为 20min。

pH 值对脱色效果的影响结果见图 8。pH 值在 4.3 到 4.6 之间脱色率升高趋势明显, pH 值在 4.6 到 4.9 之间脱色率趋于平衡, 在 pH4.9 之后脱色率有所下降, 所以选择最佳脱色为 pH4.6 左右。

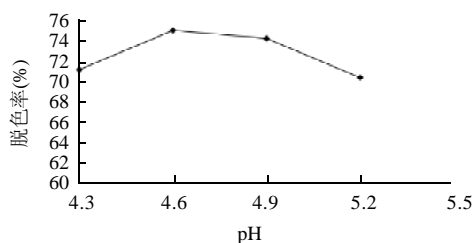


图8 pH 值对脱色效果的影响

Fig.8 Effects of pH value on decolourization

温度对脱色效果的影响结果见图 9。温度在 65℃ 到 85℃ 之间脱色率一直升高, 在 85℃ 是达到最大值, 之后开始下降。所以选择最佳脱色温度为 85℃ 左右。

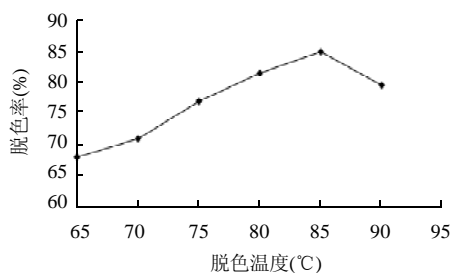


图9 温度对脱色效果的影响结果

Fig.9 Effects of temperature on decolourization

## 2.4 正交试验设计优化玉米粉脱色参数的试验结果与分析

### $L_9(3^4)$ 正交试验重点考察脱色时间、pH 值、脱色温

度三个因素对糖化液脱色程度的影响, 正交试验设计优化玉米粉糖化参数的试验结果见表 5。对 DE 值的影响顺序为:  $A > C > B$ , 即糖化酶用量 > 时间 > 普鲁兰酶用量, 最优组合为  $A_1C_3B_2$ 。

表5  $L_9(3^4)$  脱色率试验分析结果Table 5 Results and analysis of  $L_9(3^4)$  orthogonal test on decolourization

试验号	因素				脱色率
	A 脱色时间	B pH 值	C 脱色温度	D 空列	
1	1	1	1	1	84.79397
2	1	2	2	2	78.4247
3	1	3	3	3	83.66338
4	2	1	2	3	64.98441
5	2	2	3	1	82.86486
6	2	3	1	2	72.54358
7	3	1	3	2	71.65868
8	3	2	1	3	80.43355
9	3	3	2	1	63.62625
R	10.388	7.296	10.384	2.886	
优水平	$A_1$	$B_2$	$C_3$		
主要因素	A C B				
最优组合	$A_1 C_3 B_2$				

在极差分析的基础上, 对结果进行方差分析, 结果见表 6。脱色时间和脱色温度均有显著性, pH 值没有显著性。

表6 脱色率方差分析结果

Table 6 Variance analysis of decolourisation rate

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
脱色时间	188.300	2	13.950	9.000	*
pH 值	99.252	2	7.353	9.000	
脱色温度	212.809	2	15.766	9.000	*
误差	13.50	2			

脱色工艺最优参数为: 脱色时间为 20min, pH4.6, 脱色温度为 85℃, 利用优化参数进行验证试验, 最后得脱色率为 85.3107%。

## 3 结 论

3.1 玉米粉糖化技术的最优工艺参数为: 糖化温度 59℃, 糖化时间 60h, 糖化 pH4.8, 糖化酶用量 300U/g, 普鲁兰酶用量 0.1ASPU/ml。

3.2 糖化液脱色技术的最优工艺参数为: 活性炭浓度 3%, 脱色时间 20min, 脱色温度 85℃, 脱色 pH4.6。

## 参考文献:

- [1] 刘应杰, 曹新阳. 淀粉乳酸度影响液化效果研究[J]. 酿酒, 2003(5): 71-72.
- [2] 施云芬, 李英赞. 玉米淀粉制备全糖粉的生产技术[J]. 食品科技, 2004(12): 45-46.
- [3] 秦剑, 杨永怀. 玉米粉生产葡萄糖技术研究[J]. 粮食与饲料工业, 2001(10): 44-45.
- [4] 李志达. 双酶协同作用酶解淀粉制取麦芽低聚糖的工艺研究[J]. 中国粮油学报, 1994, 9(4): 48-54.
- [5] 高嘉安. 淀粉与淀粉制品工艺学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.