

柠檬渣澄清甘蔗汁的研究

沈王庆,魏锡均,唐雪,霍峰*

(内江师范学院化学化工学院,四川内江 641112)

摘要:为了提高甘蔗汁的透光率,研究了用改性柠檬渣对甘蔗汁进行澄清。利用单因素考察改性柠檬渣的用量、振荡时间、振荡温度和振荡速度对甘蔗汁透光率的影响。并在此基础上设计了 $L_9(3^4)$ 振荡正交实验和离心实验。实验结果表明加入改性后的柠檬渣能明显提高甘蔗汁的透光率;最优振荡组合:振荡时间为70 min,振荡温度为30℃,振荡速度为100 r/min,40 mL甘蔗原汁中加入改性柠檬渣用量为0.1 g;最优离心组合为:离心机转速为7000 r/min,离心时间为15 min,离心次数为1。在此工艺条件下的甘蔗汁的透光率可达到94.7%。

关键词:柠檬皮,澄清,甘蔗汁,透光率

Study on clarification of sugarcane juice with lemon slag

SHEN Wang-qing, WEI Xi-jun, TANG Xue, HUO Feng*

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Neijiang Normal University, Neijiang 641112, China)

Abstract: The sugarcane juice was clarified by the modified lemon slag in order to improve its transparency. The dosage of the modified lemon slag, vibration time, vibration temperature and speed were studied respectively. $L_9(3^4)$ about the vibration and centrifugation experiments were studied on the base of the effect conditions above. The results showed that the transparency of sugarcane juice was improved obviously when the modified lemon slag was added. The optimum vibration time, the temperature and the speed were 70 min, 30℃ and 100 r/min respectively. The transparency could be increased to 94.7% at the optimum centrifugation conditions (7000 r/min, 15 min) by adding lemon slag (0.1 g) modified to the original sugarcane juice (40 mL).

Key words: lemon peel; clarification; sugarcane juice; transparency

中图分类号: TS275.5

文献标识码: B

文章编号: 1002-0306(2015)15-0224-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.038

甘蔗鲜汁具有营养丰富、味道鲜美、通便解结等特点,深受广大消费者喜爱^[1-2],但鲜甘蔗汁色泽浑浊,影响销售,因而需要对甘蔗鲜汁进行澄清。目前甘蔗汁的澄清工艺主要有石灰法、磷酸法、亚硫酸法等,还有离子交换法、薄膜分离法等新澄清法,一些无机絮凝剂、高分子絮凝剂等也能澄清甘蔗汁。石灰法工艺简单,操作方便,但它的脱色效果较亚硫酸法和碳酸法要差;亚硫酸法沉淀颗粒比较结实,沉淀速度较快,缺点是蔗糖容易转化,硫熏设备容易腐蚀。总的来说,亚硫酸法和碳酸法工艺复杂,设备投资高,需消耗大量能源,CO₂和SO₂以及滤泥污染严重;磷酸法易产生较多的沉淀物质,清理设备的时候比较麻烦,而且磷酸的价格高,会增加生产成本;离子交换法对交换前的甘蔗汁的澄清度有较大的要求^[3-8]。利用植物纤维如花生壳、麦秆、谷壳和甘蔗渣等对糖液的脱色作用早有研究,如研究发现利用二乙氨基乙基氯处理后的甘蔗渣对糖液有很好的除色效果,除色率达75%,但材料的消耗偏多,如何提高

过程的效率,值得进一步研究^[9-11]。

柠檬属于柑橘类品种,是世界上最具有药用价值的水果之一,富含对人体十分有益的物质。随着现代工业的发展,柠檬加工产品日益增加,因此,柠檬渣等废弃物越来越多,它们多数用于填埋,不仅污染环境,而且浪费资源。柠檬渣含有纤维素、胶质、半纤维素、叶绿素等^[12],适合制成吸附剂用于对甘蔗汁进行澄清。目前利用柠檬渣制成吸附剂的研究还未见相关报道。

本文通过单因素法考察改性柠檬渣的量、振荡速度、振荡温度和振荡时间对甘蔗汁澄清效果的影响,在单因素基础上通过正交实验进行优化。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

柠檬渣 内江市安岳县华通柠檬有限公司;新鲜甘蔗 符合生产工艺要求的黑皮甘蔗,产于四川内江;98%浓硫酸 分析纯。

752-紫外可见分光光度计 上海庆茂仪器有限

收稿日期:2014-08-25

作者简介:沈王庆(1974-),男,硕士,副教授,主要从事化工工艺等方面的研究,E-mail:sqw7418@163.com。

*通讯作者:霍峰(1976-),男,博士,副教授,主要从事分析化学,E-mail:370262995@qq.com。

基金项目:2013年内江师范学院成果转化重大培育项目(13CZ01)。

公司;TJ-270 红外分光光度计天津光学仪器厂;DHG 电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司;飞利浦榨汁机 珠海经济特区飞利浦家庭电器有限公司;SHA-CA 水浴恒温振荡器 常州诺基仪器有限公司;SHB-B95-循环水式多用真空泵 郑州长城科工贸有限公司;FA2204A 电子天平 上海精天电子仪器有限公司;高速台式离心机 上海安亭科学仪器厂;DF-101S 集热式恒温加热磁力搅拌器 郑州长城科工贸有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 实验材料的制备 柠檬渣预处理:将柠檬渣用去离子水在 70 ℃ 进行水煮 3 h 冷却后,用医用纱布包裹,反复清洗至水体基本没有颜色,烘干、冷却后打磨成粉末状,过 60 目筛。改性柠檬渣:取 50 g 经预处理的柠檬渣于 1000 mL 烧杯中,慢慢向烧杯中加入 500 mL 10% 浓硫酸浸泡 12 h 后,用蒸馏水反复洗涤抽滤直到除去剩余的硫酸,然后在 40 ℃ 的烘箱中烘干至恒重,最后用研钵研磨成细小的颗粒。甘蔗原液的制备:甘蔗经检验合格后,用 65~75 ℃ 热水冲洗表面约 1 min 左右,去掉头尾和表皮,用刀具将其破碎成长约 3~4 cm 碎片后放入榨汁机中进行榨汁。

1.2.2 吸附性能的研究 将预处理后柠檬渣与改性后柠檬渣的样品颜色、比表面积(BET)、样品灰分率、碘吸附值和红外光谱等吸附性能进行比较研究^[9]。

1.2.3 振荡条件

1.2.3.1 振荡时间对甘蔗汁透光率的影响 取有编号的 150 mL 具塞锥形瓶,分别加入 40 mL 的蔗汁和 0.1 g 改性后的柠檬渣,在温度为 30 ℃ 和振荡速度 100 r/min 下分别振荡 30、45、60、75、90 min,再经转速为 7000 r/min 下离心 10 min 且过滤后(因为柠檬渣有些炭化物质较轻,离心时在上层,通过过滤除去)取清液于 640 nm 下测透光率。

1.2.3.2 振荡温度对甘蔗汁透光率的影响 取有编号的 150 mL 具塞锥形瓶,分别加入 40 mL 的蔗汁和 0.1 g 改性后的柠檬渣,分别在 30、40、50、60、70 ℃ 下恒温振荡 60 min,振荡速度为 100 r/min,振荡完后在转速为 7000 r/min 下离心 10 min 且过滤后取清液于 640 nm 下测透光率。

1.2.3.3 振荡速度对甘蔗汁透光率的影响 取有编号的 150 mL 具塞锥形瓶,分别加入 40 mL 的蔗汁和 0.1 g 改性后的柠檬渣,分别在 50、100、150、200、250 r/min 下恒温振荡 60 min,振荡温度为 30 ℃,振荡完后在转速为 7000 r/min 下离心 10 min 且过滤后取清液于 640 nm 下测透光率。

1.2.3.4 柠檬渣用量对甘蔗汁透光率的影响 取有编号的 150 mL 具塞锥形瓶,分别加入 40 mL 的蔗汁和 0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5 g 改性后的柠檬渣,在振荡温度为 30 ℃ 和振荡速度为 200 r/min 下恒温振荡 60 min,振荡完后在转速为 7000 r/min 下离心 10 min 且过滤后在 640 nm 下测透光率。

1.2.3.5 振荡正交实验 在单因素基础上进行

$L_9(3^4)$ 正交实验,正交设计如表 1 所示。分别取 40 mL 的原汁置于有标号的 150 mL 具塞锥形瓶中,按照表 1 的设计进行实验,再经转速为 7000 r/min 的条件下离心 10 min 且过滤后进行透光率的测定,得出最优振荡条件组合和振荡因素的主次关系。

表 1 $L_9(3^4)$ 正交实验设计

Table 1 $L_9(3^4)$ orthogonal experimental design

水平	因素			
	A 振荡时间 (min)	B 振荡温度 (℃)	C 振荡速度 (r/min)	D 柠檬渣 用量(g)
1	50	30	100	0
2	60	40	150	0.1
3	70	50	200	0.2

1.2.4 离心条件

1.2.4.1 离心机转速对甘蔗汁透光率的影响 取有编号的 150 mL 具塞锥形瓶,分别加入 40 mL 的甘蔗原汁和 0.1 g 改性柠檬渣,经最优振荡条件后,再分别在转速为 3000、4000、5000、6000、7000 r/min 下离心 5 min,抽滤在 640 nm 下测透光率。

1.2.4.2 离心时间对甘蔗汁透光率的影响 取有编号的 150 mL 具塞锥形瓶,分别加入 40 mL 的甘蔗原汁和 0.1 g 改性柠檬渣,经最优振荡条件后,在转速为 5000 r/min 下分别离心 5、10、15、20、25 min,抽滤后在 640 nm 下测透光率。

1.2.4.3 离心次数对甘蔗汁透光率的影响 取有编号的 150 mL 具塞锥形瓶,分别加入 40 mL 的甘蔗原汁和 0.1 g 改性柠檬渣,经最优振荡条件后,在转速为 5000 r/min,每次离心时间均为 15 min 下,分别离心 0、1、2、3、4 次,抽滤后在 640 nm 下测透光率。

1.2.4.4 离心正交实验 在单因素基础上进行 $L_9(3^4)$ 正交实验,正交设计如表 2 所示。分别取 40 mL 的甘蔗原汁至于 9 个有标号的 150 mL 具塞锥形瓶中。经最优振荡条件下振荡,再进行离心实验后进行透光率的测定,得出最优离心条件组合和离心因素的主次关系。

表 2 $L_9(3^4)$ 正交实验设计

Table 2 $L_9(3^4)$ orthogonal experimental design

水平	因素			
	A 离心机转速 (r/min)	B 离心时间 (min)	C 离心次数 (次)	e
1	3000	5	0	/
2	5000	10	1	/
3	7000	15	2	/

1.3 数据统计分析

采用 SPSS13.0 软件设计并安排正交实验,对正交实验结果进行极差分析,找出各因子对实验结果影响的主次顺序,确定最佳工艺。

2 结果与分析

2.1 改性柠檬渣的吸附性能

预处理柠檬渣与改性后的柠檬渣的比表面积、样品灰分率、碘吸附值性能和官能团研究如表 3 和

图1所示。

表3 预处理柠檬渣与改性柠檬渣的性能
Table 3 The capability of unmodified adsorbent and modified adsorbent

样品	样品颜色	比表面积 (m ² /g)	样品灰 分率(%)	碘吸附值 (mg/g)
预处理柠檬渣	淡黄色	235	2.38	97.05
改性柠檬渣	黄黑色	385	0.07	304.4

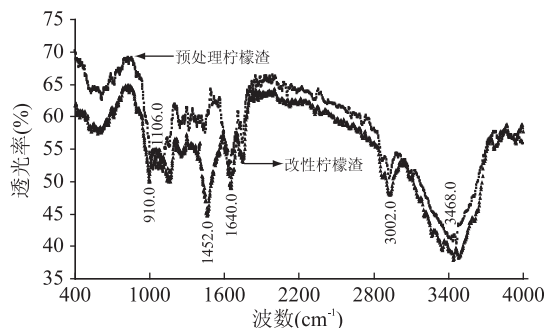


图1 柠檬渣的红外光谱

Fig.1 Spectra of original and modified lemon slag

图1为柠檬渣的红外光谱图。由图1可知,预处理柠檬渣的官能团较强吸收峰为3468.0和1106.0 cm⁻¹;改性后的柠檬渣在910.0、1452.0、1640.0和3002.0 cm⁻¹有吸收峰,拥有芳烃的特征吸收,因而由图1可知柠檬渣经10% H₂SO₄改性后部分官能团芳香化了^[13]。H₂SO₄在热解过程中起到了脱水作用,降低了焦油的生成,有助于热解反应,炭化过程中通过缩聚反应进行芳构化从而使处理后柠檬渣的比表面积和吸附能力极大的提高^[9]。

2.2 振荡条件对甘蔗汁透光率的影响

2.2.1 振荡时间对甘蔗汁透光率的影响 图2是振荡时间对甘蔗汁透光率的影响。由图2可知,加入改性后柠檬渣的甘蔗汁的透光率开始时随振荡时间的延长而增大,当振荡时间为60 min时基本达到最大值,此后透光率随时间的延长基本不变。这是由于开始时改性柠檬渣的表面为空白表面,吸附能力较强,同时甘蔗汁中的一些胶体物质、大分子蛋白质和部分天然色素物质随振荡时间的延长,也发生了沉淀或分解^[4,8],因而此时透光率不断增大,当振荡时间为60 min时,吸附、沉淀或分解基本完全,因而此后增加振荡时间,透光率基本不变。

2.2.2 振荡温度对甘蔗汁透光率的影响 图3是振荡温度对甘蔗汁透光率的影响。由图3可知随温度的升高透光率不断减小。这说明改性后柠檬渣的吸附过程为放热过程,温度升高不利于吸附;其次温度越高,甘蔗汁中糖的破坏速度越快,重力纯度差下降^[4],因而温度越高透光率越低。

2.2.3 振荡速度对甘蔗汁透光率的影响 图4是振荡速度对甘蔗汁透光率的影响。由图4可知,振荡速度低于200 r/min时,随振荡速度的增加透光率增大,当振荡速度超过200 r/min时,随振荡速度的增加,透光率反而下降。这是由于开始时随振荡速度的增加,改性柠檬渣与甘蔗汁接触面积不断增加,甘

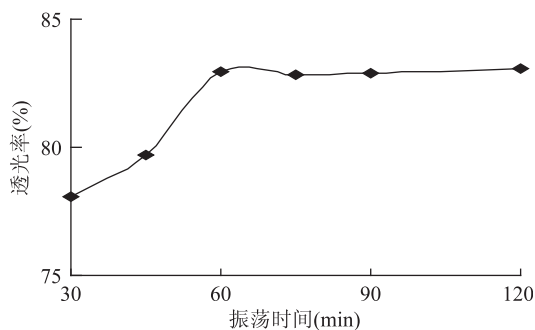


图2 振荡时间对透光率的影响

Fig.2 Effect of the centrifugal time on transparency

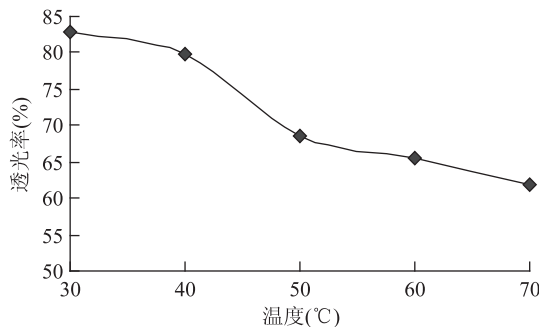


图3 振荡温度对透光率的影响

Fig.3 Effect of the centrifugal temperature on transparency

蔗汁中的一些色素、大分子蛋白质等不断被吸附,同时甘蔗汁中一些带电胶体等也相互碰撞、凝结,因而透光率不断增加;当振荡速度超过200 r/min时,由于振荡速度的加大使一些开始的沉淀物有少量溶解,因而透光率减小。

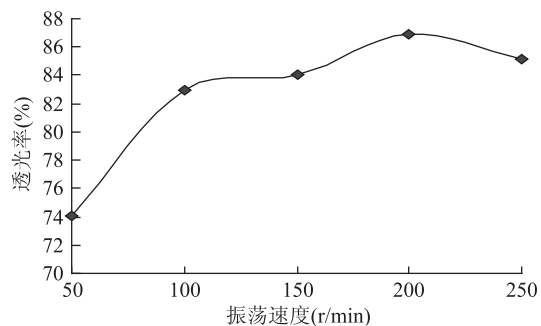


图4 振荡速度对透光率的影响

Fig.4 Effect of the shaking speed on transparency

2.2.4 改性柠檬渣的用量对甘蔗汁透光率的影响 图5是改性柠檬渣的用量对蔗汁透光率的影响。由图5可知,当加入改性后柠檬渣的量为0~0.1 g时透光率不断增大,当加入的量超过0.1 g时,吸光率反而不断降低。这是由于炭化后的柠檬渣具有微小孔隙和较大的比表面积,因而具有较强的吸附甘蔗汁中色素、微小物质、大分子蛋白质和胶体等的的能力,因而开始时甘蔗汁的透光率不断增加;随着改性柠檬渣的量不断增加,即固液比不断增大,炭化后的柠檬渣中的一些微小碳墨等微量杂质也不断进入甘蔗汁中,从而降低了甘蔗汁的透光率。因而改性柠檬渣与甘蔗汁的固液比取2.5 g/L为宜。

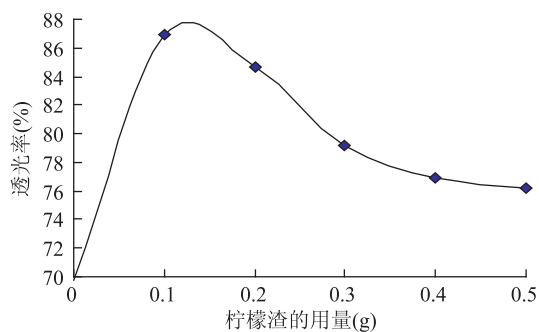


图5 柠檬渣的用量对透光率的影响

Fig.5 Effect of the dosage on transparency

2.2.5 正交实验结果分析 由表4的k值可得最优振荡组合为A₃B₁C₁D₂,即振荡时间为70 min,振荡温度为30℃,振荡速度为100 r/min,柠檬渣用量为0.1 g。在此条件下通过实验可得透光率为88.6%,优于表4中实验编号为7的结果,因而确定最优振荡组合为A₃B₁C₁D₂,各因素的主次关系依次为柠檬渣用量、振荡温度、振荡时间和振荡速度。

表4 正交实验结果分析

Table 4 Results analysis of the orthogonal test

实验号	A 振荡时间 (min)	B 振荡温度 (℃)	C 振荡速度 (r/min)	D 柠檬渣用量 (g)	透光率 (%)
1	1	1	1	1	72.6
2	1	2	2	2	86.0
3	1	3	3	3	77.0
4	2	1	2	3	82.5
5	2	2	3	1	66.7
6	2	3	1	2	82.4
7	3	1	3	2	87.2
8	3	2	1	3	83.4
9	3	3	2	1	68.8
k ₁	78.5	80.7	79.5	69.3	
k ₂	77.2	78.7	79.1	85.2	
k ₃	79.8	76.1	77.0	81.0	
R	2.6	4.7	2.1	15.9	

2.3 离心条件对甘蔗汁透光率的影响

2.3.1 离心机转速对甘蔗汁透光率的影响 图6是离心机转速对甘蔗汁透光率的影响。由图6可知,随离心机转速的增大,加入改性柠檬渣的甘蔗汁的透光率不断增加,当转速超过5000 r/min时透光率基本不变。这主要是由于开始时离心机转速越大,在相同的离心时间内,甘蔗汁中的胶体等物质沉淀越彻底,因而相对透光率也越大;当转速超过5000 r/min时,甘蔗汁中的胶体等物质已沉淀基本完全,因而再增加转速透光率基本不变。

2.3.2 离心时间对甘蔗汁透光率的影响 图7是离心时间对甘蔗汁透光率的影响。由图7可知,随着离心时间的增加,甘蔗汁的透光率逐渐增加,当离心超过15 min时,透光率基本不变。这是由于开始时随离心时间的延长,甘蔗汁中的胶体等沉淀物质沉淀越彻底,因而相对透光率也越大;离心时间超过

15 min后,基本无沉淀物质析出,因而透光率基本不变。

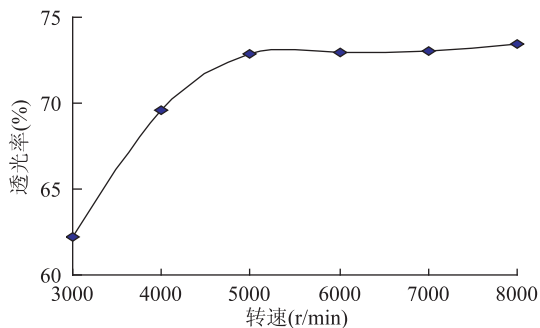


图6 离心转速对透光率的影响

Fig.6 Effect of the centrifugal speed on transparency

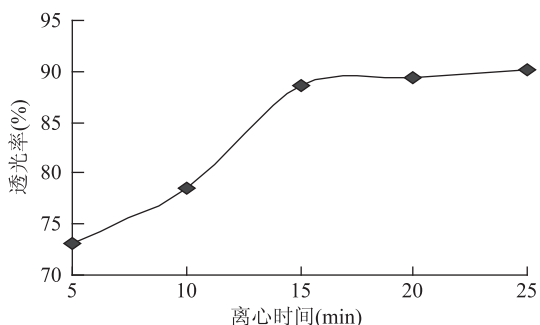


图7 离心时间对透光率的影响

Fig.7 Effect of the centrifugal time on transparency

2.3.3 离心次数对甘蔗汁透光率的影响 图8是离心次数对蔗汁透光率的影响。由图8可知,随离心机离心次数的不断增大,透光率也不断增加,当离心次数超过1次时甘蔗汁中的大分子蛋白质等沉淀比较完全,因而此后在增加离心次数,透光率基本不变。

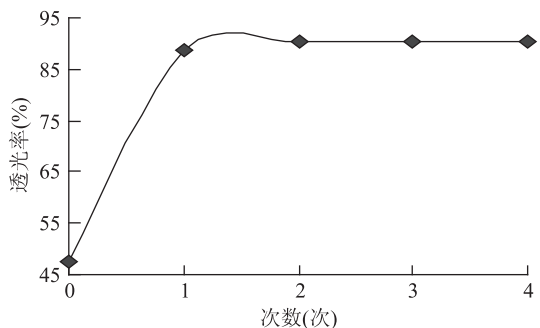


图8 离心次数对蔗汁透光率的影响

Fig.8 Effect of the centrifugal number on transparency

2.3.4 正交实验结果分析 由表4的k值可得最优离心组合为A₃B₃C₃,在此条件下通过实验可得透光率为92.6%,比表4中实验编号为9的94.7%要小,因而此时最优离心组合为A₃B₃C₂,即离心机转速为7000 r/min,离心时间为15 min,离心次数为1,各因素的主次关系依次为离心次数、离心机转速和离心时间。在最优振荡条件和离心条件基础上处理后的甘蔗汁与原甘蔗汁进行比较,结果如表6所示。

由表6可知原甘蔗汁呈红黄色,比较浑浊,透光率小;经处理后的甘蔗汁为白色且透光率大。

表5 正交实验结果分析

Table 5 Results analysis of the orthogonal test

实验号	A 离心机 转速 (r/min)	B 离心 时间 (min)	C 离心 次数 (次)	透光率 (%)
1	1	1	1	73.7
2	1	2	2	82.1
3	1	3	3	89.0
4	2	1	2	84.9
5	2	2	3	93.0
6	2	3	1	73.0
7	3	1	3	90.6
8	3	2	1	73.2
9	3	3	2	94.7
k ₁	81.6	83.1	73.3	
k ₂	83.6	82.8	87.2	
k ₃	86.2	85.6	90.8	
R	4.6	2.8	17.5	

表6 原甘蔗汁与处理后甘蔗汁的比较

Table 6 Compare origine sugarcane juice
with handled sugarcane juice

品种	颜色	透光率(%)
原甘蔗汁	红黄色	18.5
处理后的甘蔗汁	白色	94.7

3 结论

用 10% H₂SO₄ 改性后的柠檬渣形成了比表面积较大,且具有吸附脱色和一定凝聚效果的吸附剂;在振荡条件的单因素基础上得到的最优振荡组合为振荡时间为 70 min,振荡温度为 30 ℃,振荡速度为 100 r/min,柠檬渣用量为 0.1 g,各因素的主次关系依次为柠檬渣用量、振荡温度、振荡时间和振荡速度;在最优振荡工艺条件的基础上,又得到了最优的离心条件为离心机转速为 7000 r/min,离心时间为

15 min,离心次数为 1,各因素的主次关系依次为离心次数、离心机转速和离心时间。经优化处理后的甘蔗汁色泽为白色,透光率由原甘蔗汁的 18.5% 提高到 94.7%。

参考文献

- [1] 谭显平.我国水果型甘蔗育种研究的现状和今后的研究方向[J].甘蔗(福建),2004,11(1):24-30.
- [2] 谭显平.全国第4轮甘蔗品种区域实验总结(下)[J].甘蔗糖业,2006(6):5-8.
- [3] 黄惠秀,梁富盛.甘蔗综合利用实现循环经济[J].造纸科学与技术,2009,28(4):60-63.
- [4] 孔红星.钢渣在蔗汁澄清中应用的研究[D].广州:广州大学,2007:1-6.
- [5] 陈维均,许斯欣.甘蔗制糖原理与技术—蔗汁清净[M].北京:中国轻工业出版社,2001.6-18.
- [6] 霍汉镇.制糖工艺与装备的新概念与新实践[M].南宁:广西大学糖业工程研究中心,1999.5-16.
- [7] 陈健旋,林洵.应用果胶酶澄清甘蔗汁的研究[J].亚热带植物科学,2005,34(3):37-39.
- [8] 郝志民.柠檬、甘蔗汁混合发酵酿酒优良菌种筛选与工艺研究[D].雅安:四川农业大学,2007,1-2.
- [9] 熊小兵,林庆生,赖凤英.一种糖液的脱色方法的研究[J].广西轻工业,2003(6):10-11.
- [10] G M A Clarke, E J Roberts, C Garegg, et al. Removal of color, polysaccharides, phenolics and turbidity from sugar-containing solutions and dedvated fibrous residues therefore [P]. USA No.5504196. Washington, D.C, 1996.
- [11] G Villegas. Color removal in sugar cane juice using DEAD-bagasse: A surface response analysis [J]. International sugarjournal, 2002, 104(1239): 97-p107.
- [12] 谢志刚.橘皮水处理剂的制备及其应用研究[D].重庆:重庆大学.2006:11-12.
- [13] 邓芹英,刘岚,邓慧敏.波谱分析教程(第二版)[M].北京:科学出版社,2007.52-53.
- [14] 徐锦堂,郭顺星,范黎,等.天麻种子与小菇属真菌共生萌发的研究[J].菌物系统,2001,20(1):137-141.
- [15] 郑晓君,叶静,管常东,等.兰科植物种子萌发研究进展[J].北方园艺,2010,(19):206-209.
- [16] 朱泉,田甜,杨澍,等.兰科植物种子的非共生萌发研究进展[J].江苏农业科学,2009,(4):205-208.
- [17] 郭顺星,王秋颖.促进天麻种子萌发的石斛小菇优良菌株特性及作用[J].菌物系统,2001,20(3):408-412.
- [18] 祁婧,张大为,陈娟,等.五种药用石斛内生真菌抑制 HIV-1 整合酶活性研究[J].中国医药生物技术,2013,8(1):36-40.
- [19] 张丽春.5种石斛内生真菌的分离及其抗菌活性研究[J].中国药学杂志,2009,(20):1540-1543.
- [20] 王春兰,陈晓梅,郭顺星,等.石斛小菇的药理活性研究[J].微生物学通报,2001,28(2):73-76.
- [21] 李宏睿,袁利兵,张文波,等.大豆多糖提取工艺优化[J].江西农业大报,2009,31(6):1146-1151.
- [22] Chao Zhao, Zunsheng Liao, Xiaoqi Wu, et al. Isolation, Purification, and Structural Features of a Polysaccharide from *Phellinus linteus* and Its Hypoglycemic Effect in Alloxan-Induced Diabetic Mice [J]. Journal of Food Science. 2014, 79(5): 1002-1111.
- [23] Li - Jun Jian, Jun - Min Chang, Mourboul Ablise, et al. Isolation, purification, and structural elucidation of polysaccharides from *Alhagi-honey* [J]. Journal of Asian Natural Products Research, 2014, 16(7): 783-789.
- [24] 李彩君,王燕玲.薜荔多糖的提取方法及含量测定[J].中国医药导报,2008,5(9):39-40.
- [25] 党军,王瑛,陶燕铎,等.黄绿蜜环菌菌丝体水提物多糖含量测定[J].光谱实验室,2011,28(6):2836-2839.
- [26] 梁大勇,赵晨,黄芳,等.响应面法优化桑黄发酵液总多糖的提取工艺[J].食品科学,2013,34(04):114-117.

(上接第 223 页)