



甘蔗源功能成分 创新性研究进展

孙 健 何雪梅 李 丽 主编

中国农业科学技术出版社



甘蔗源功能成分 **创新性**研究进展

孙 健 何雪梅 李 丽 主编

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

甘蔗源功能成分创新性研究进展 / 孙健, 何雪梅, 李丽主编.
—北京: 中国农业科学技术出版社, 2016. 4

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2527 - 4

I. ①甘… II. ①孙…②何…③李… III. ①甘蔗 - 加工 - 研究
IV. ①S566. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 044832 号

责任编辑 张国锋
责任校对 马广洋

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010)82106636 (编辑室) (010)82109704 (发行部)
(010)82109709 (读者服务部)
传 真 (010)82106631
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 各地新华书店
印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司
开 本 880mm × 1 230mm 1/32
印 张 5.5
字 数 170 千字
版 次 2016 年 4 月第 1 版 2016 年 4 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

—— 版权所有 · 翻印必究 ——

《甘蔗源功能成分创新性研究进展》

编 委 会

主 编：孙 健 何雪梅 李 丽

副主编：盛金凤 李志春 郑凤锦 陈赶林

编 委：(按姓氏笔画排序)

李昌宝 李杰民 刘国民 零东宁

廖 芬

前 言

甘蔗是甘蔗属 (*Saccharum officinarum* Linn.) 植物的总称, 为一年生或多年生热带和亚热带的草本植物, 属高光效的 C_4 作物, 是人类迄今所栽培的生物量最高的大田作物, 也是我国制糖的主要原料。我国是世界三大甘蔗起源中心之一, 目前已成为居巴西、印度之后的世界第三大食糖生产国。广西壮族自治区 (简称广西) 为我国甘蔗生产第一大省, 是我国甘蔗的生产中心, 甘蔗糖业是广西最大的农产品加工行业, 也是广西的优势和支柱产业, 其蔗糖产量已经连续多年位居全国首位。

甘蔗在收获时会产生占蔗茎重 12% ~ 20% 的田间废弃物, 如蔗梢、蔗叶等; 蔗糖加工过程中会产生大量的蔗渣、糖蜜和糖泥等, 据统计, 每生产 1t 蔗糖, 就会产生 1 ~ 2t 甘蔗叶、2 ~ 3t 蔗渣、800kg 糖蜜和 250kg 糖泥。2012 年我国甘蔗种植面积 179.5 万公顷, 产量 12 311.4 万吨, 蔗糖产量 1 143 万吨, 每年蔗糖生产所产生的甘蔗废弃物达几千万吨, 这些废弃物不经合理的处理和利用将会造成严重的环境污染和安全隐患。农业废弃物既是一个大的环境污染源, 同时也是一个大的生物质资源库。甘蔗田间废弃物及制糖副产物富含多种有机成分和功能活性成分, 已引起医学、食品、发酵和轻工业等相关学科和产业的重视。如果能够充分利用这些废弃物及副产品进行深加工, 实现其有效增值, 将会产生巨大的经济效益和社会效益。

本团队于 2010 年开始甘蔗副产物的多元化开发利用研究, 历经 5 年取得了一些科研成果, 并将此科研成果总结编辑成册。本书共分

4 个部分，分别为甘蔗副产物利用的研究进展、甘蔗副产物中功能成分的提取与制备、活性成分的功能活性评价与取得的相关专利，是一部内容丰富、兼具科学性和实用性的著作，可为高校农产品加工专业师生、相关农产品加工企业和农民专业合作社提供技术参考。

由于编者水平的限制，书中难免存在一些疏漏甚至错误，敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 12 月

目 录

第一篇 甘蔗副产物多元化利用研究进展

甘蔗田间废弃物及制糖副产物综合利用研究进展

..... 李 丽, 游向荣, 孙 健等 (3)

蔗梢综合利用研究进展 孙 健, 何雪梅, 赵谋明等 (15)

第二篇 甘蔗副产物活性成分的提取与制备

响应面法优化蔗梢多酚提取工艺

..... 何雪梅, 孙 健, 李 丽等 (29)

响应面法优化蔗梢多糖超声波提取工艺

..... 何雪梅, 孙 健, 李 丽等 (41)

超声波辅助提取甘蔗渣木聚糖工艺优化

..... 孙 健, 李 丽, 盛金凤等 (56)

蔗渣制备低聚木糖溶液的脱色脱盐工艺及其组分分析

..... 盛金凤, 李 丽, 孙 健等 (70)

甘蔗糖蜜发酵液中维生素 B₁₂ 提取方法的比较

..... 李志春, 郭海蓉, 麻少莹等 (87)

第三篇 甘蔗活性成分功能活性评价

Antioxidant and Nitrite-Scavenging Capacities of Phenolic Compounds

from Sugarcane (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Tops	
..... Jian Sun, Xue-Mei He, Mou-Ming Zhao et al.	(99)
蔗梢多酚类化合物抗氧化与抗肿瘤活性研究	
..... 何雪梅, 孙 健, 李 丽等	(121)

第四篇 技术发明专利

低聚木糖的浓缩分离纯化系统	
..... 李 丽, 孙 健, 何雪梅等	(135)
一种木聚糖加工装置	李 丽, 盛金凤, 何雪梅等 (140)
一种用蔗梢制备甘蔗多糖的方法	
..... 何雪梅, 李 丽, 盛金凤等	(145)
一种从甘蔗渣制备低聚木糖的方法	
..... 盛金凤, 孙 健, 李 丽等	(150)
一种低聚果糖饮料及其制备方法	
..... 廖覃敏, 李 丽, 盛金凤等	(156)
附录: 与本书相关的广西农业科学院农产品加工研究所科研	
项目	 (165)

第一篇

甘蔗副产物多元化 利用研究进展

甘蔗田间废弃物及制糖副产物综合利用研究进展

李 丽^{1,2}, 游向荣^{1,2}, 孙 健^{1,2*}, 李志春^{1,2}, 何雪梅¹

(1. 广西农业科学院农产品加工研究所, 南宁 530007;

2. 广西作物遗传改良重点开放实验室, 南宁 530007)

摘 要:甘蔗叶和甘蔗渣、糖蜜、糖泥是甘蔗收获和加工过程中的主要废弃物和副产物。对甘蔗田间废弃物及制糖副产物的研究及利用情况进行了综述,并展望了甘蔗田间废弃物及制糖副产物的开发利用前景。通过阐述副产物的综合利用现状以及存在的问题,为我国甘蔗产业开展副产物和废弃物综合利用新途径研究和新产品开发提供参考。

关键词:甘蔗; 田间废弃物; 蔗渣; 糖蜜; 综合利用

Review on Utilization of Sugarcane Field Wastes and Sugar Refining Byproducts

Li Li^{1,2}, You Xiangrong^{1,2}, Sun Jian^{1,2*},
Li Zhichun^{1,2}, He Xuemei¹

(1. Institute of Agro-food Science & Technology, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007; 2. Guangxi Crop Genetic Improvement Laboratory, Nanning 530007)

Abstract: Sugarcane leaves as well as sugar cane bagasse, molasses and mud are the main wastes and byproducts in the process of harvest and processing. The utilization situation of sugarcane field wastes and sugar refining byproducts was reviewed. The prospect for exploitation and utilization of them was also discussed. This review provided a reference for sugar refining industry on the comprehensive utilization of byproducts and wastes through exploring new approaches and developing new products.

Key words: sugarcane; field waste; bagasse; molasses; comprehensive utilization

甘蔗是我国主要糖料作物之一, 其种植面积占我国常年糖料面积85%以上, 主要集中在广西、广东、福建和海南等省区, 并成为该地区经济发展的重要支柱和农民增收的主要来源。甘蔗在收获以及加工过程中产生大量的废弃物及副产物, 主要为收获后遗留在田间的甘蔗叶, 占蔗茎重的12%~20%; 甘蔗制糖后的副产物, 如蔗渣、糖蜜和糖泥等, 据统计, 每生产1t的蔗糖, 就会产生1~2t的甘蔗叶, 2~3t的蔗渣, 800kg的糖蜜, 250kg的糖泥^[1]。如果能够充分利用这些

废弃物及副产品进行深加工,实现其有效增值,将会产生良好的经济效益和社会效益。

甘蔗田间废弃物及制糖副产物富含多种有机成分,且产量巨大,已引起医学、食品、发酵和轻工业等相关学科和产业的重视,相关的应用研究和技术开发已取得一定的成果。因此,就国内外甘蔗田间废弃物和制糖副产物综合利用的最新研究进展进行综述,通过阐述废弃物、副产物的利用现状及存在问题,进一步探索新的开发途径,对提高我国甘蔗产业的可持续发展具有十分重要的意义。

1 甘蔗田间废弃物综合利用现状

甘蔗叶属于可再生生物质能源,储量巨大,易于收购,成本较低。2011年我国甘蔗叶总产量近2万吨,且随着甘蔗种植面积的增大而增长。甘蔗叶的回收再利用能解决大量生物资源浪费和生态环境污染问题,提高甘蔗种植的经济效益,同时为其他行业提供大量的资源。

1.1 粉碎还田

甘蔗叶含有丰富的多种甘蔗生长必需营养元素,将蔗叶粉碎后还田,可改善土壤的粒度结构,提高土质疏松度,改善土壤保土保水、黏结、透气、保温等性能,增加土壤有机质含量,对促进甘蔗生产可持续发展有着十分重要的作用和意义。甘蔗叶粉碎还田增产增收效果显著,可以创造良好的生态环境,最终实现经济、社会和生态效益协调发展。从20世纪80年代以来,我国先后研制了一些甘蔗叶粉碎还田机械,如FZ-100型、3SY-140型、4F-1.8型、1GYF-120型等,并在生产单位试验示范应用。李明等^[2]通过对设计的1GYF系列甘蔗叶粉碎还田机的动刀类型、动刀排列、集叶器等进行优化组合与改进,使捡拾率提高约0.7%,粉碎率提高约7.1%,并提出了甘蔗叶粉碎还田作业质量标准及甘蔗增产增收技术措施。

1.2 生产饲料

甘蔗叶梢富含粗纤维, 也含蛋白质、脂肪和矿物质、维生素等牲畜可利用的营养物质。经测定, 每千克甘蔗叶梢(干物质)含消化能 5.68MJ、粗蛋白 3%~6%, 是一种发展畜牧业很好的饲料资源。特别是在甘蔗收获期(11月至翌年4月), 正值枯草期, 利用甘蔗叶梢作青粗饲料, 可以解决牲畜越冬渡春饲料不足矛盾。韦正宇等^[3]以甘蔗叶梢加尿素为主要饲料, 对本地水牛进行育肥试验, 结果表明, 试验组牛平均日增重为 0.568kg, 比对照组增重 0.17kg, 经济效益也比对照组每头水牛多 103.67 元。甘蔗砍收比较集中, 除一部分用于青饲料外, 大部分甘蔗叶梢需要进行氨化、微贮处理来延长供饲时间并增加营养价值。江明生等^[4]研究了氨化与微贮处理甘蔗叶饲喂水牛和山羊试验, 甘蔗叶经氨化或微贮处理后其粗蛋白含量提高, 粗纤维和中性洗涤纤维含量下降, 营养价值提高, 而且甘蔗叶质地松软, 气味香醇, 适口性好, 贮存时间延长, 在同等条件下, 饲喂氨化、微贮甘蔗叶可提高牛和山羊日增重和经济效益。推广氨化、微贮甘蔗叶喂养牲畜, 不但可以节约粮食, 发展畜牧业, 而且可以改变农村传统羊群分散放牧为舍饲或半舍饲方式, 利于植被保护和生态环境平衡。

1.3 食用菌栽培

蔗叶含水量少, 甘蔗收获后就地晾晒 2~3 天即可收藏备用, 不易发霉, 是巨大的可再利用资源, 大量研究曾用甘蔗叶栽培食用菌取得了良好效果。甘蔗叶产量大, 栽培成本低, 材料容易处理, 用于食用菌的栽培能减少环境污染, 出菇后的菌渣还可做肥料还田, 因此, 用甘蔗叶作为主要原料栽培食用菌是完全可行的, 具有较高的推广应用价值。目前已利用甘蔗叶培养了平菇、鸡腿菇、大球盖菇、凤尾菇和竹荪等食用菌。黎金锋等^[5]以甘蔗叶为主要原料栽培鸡腿菇, 菌丝生长良好, 鲜菇产量、生物转化率均高于对照。钟祝烂等^[6]利用甘蔗叶栽培大球盖菇, 具有菌丝生长健壮, 菌丝满床快、出菇早等特点。利用甘蔗叶栽培食用菌不仅可变废为宝, 增加农民收入, 栽培废

料直接回田,又可提高土壤肥力,增加连作农作物的产量。

1.4 直燃发电

利用甘蔗叶直燃发电能较好地回收利用甘蔗叶,带来良好的环保效应和经济效应。我国首个利用甘蔗叶进行直燃发电项目于2010年在广西柳城县正式投产,该电站具有1.8亿千瓦的发电能力,与相同效率的燃煤发电厂相比,可每年减少二氧化碳排放10万吨、二氧化硫排放600t和粉尘排放400t。同时电厂以120元/t的价格向当地群众收购甘蔗叶,又可为农民增加2000万元以上的收入,燃烧过后的剩余物还可用作生物肥还田,实现了循环生产,充分利用了资源。

2 制糖副产物综合利用情况

2.1 甘蔗渣的利用

甘蔗渣是甘蔗经破碎和提取蔗汁后的甘蔗茎的纤维性残渣,是制糖工业的主要副产品之一,蔗渣的一般组成见表1。20世纪70~80年代,我国糖厂的甘蔗渣主要是供糖厂本身作为燃料烧掉或废弃,这种利用方法的经济价值非常低。开发利用蔗渣资源,不但可以提高糖厂的经济效益,还可为其他行业提供大量的资源,对化工、养殖等行业的发展均具有重大意义。

表1 蔗渣的组成成分^[7]

成分	百分比(%)
纤维素	45~50
半纤维	22~30
木质素	18~23
蔗蜡	2~4
可溶性固形物	1~3

2.1.1 蔗渣酒精

蔗渣中的纤维素可转化为糖,制成燃料酒精,能够大大提高甘蔗

的全生物量利用率。巴西从 20 世纪 80 年代开始研发的甘蔗渣生产酒精的技术居世界领先地位,运用新技术可从每吨甘蔗渣中提取 109 ~ 180L 酒精,使甘蔗的酒精产量由 7 740 L/hm² 提高到 13 800 L/hm²,不需要扩大甘蔗的种植面积就可使酒精的产量增加一倍,成本降低 40%^[8]。将酒精与汽油按一定比例调配成的“酒精汽油”,可广泛提供汽车作为燃料用油,加上其可再生及快速循环的特殊生物能源性,在燃烧过程中比汽油燃烧排放较少的二氧化碳和含硫气体,这种酒精汽油已引起各发达国家的广泛关注。

2.1.2 蔗渣发电

利用甘蔗渣直接发电或通过热解气化供热发电的装置在美国、法国、日本和巴西等许多国家屡见不鲜。甘蔗渣发电属于生物质发电,是利用生物质燃烧转化为可燃气体发电的技术,主要有直接燃烧发电、混合燃烧发电和气化发电三种方式。据统计,一个制糖厂用所产生的 1/3 的甘蔗渣发电就能满足糖厂自身的电力需求,其余甘蔗渣产生的电能可以向其他单位输出。甘蔗渣燃烧排放出的含硫废气几乎可以忽略不计,而煤炭、石油等矿物燃料的废气排放很严重,因此,采用甘蔗渣发电,可以大大减少环境污染。

2.1.3 蔗渣饲料

古巴、美国等国家早在 20 世纪 70 年代就已利用蔗渣作为饲料养牛,近十年来发展更快,蔗渣饲料已成为世界上一些发达国家的主要粗饲料来源之一。巴西于 80 年代初就开始进行生产甘蔗渣饲料方面的相关研究,在处理和制备甘蔗渣饲料等方面积累了丰富的实践经验,蔗糖的消化率从 15% 提高到 60%。美国将新鲜甘蔗渣用烧碱处理后,加入废糖蜜做成能储藏一年而不会变质的牛饲料,使饲料中有有机物的消化率从 36.6% 提高到 53.2%,养牛效果从平均日增重 0.8kg 增至 1.36kg。韩丙军等^[9]利用甘蔗渣和橡胶厂废水发酵饲料,蔗渣处理后同常见热带牧草比较,粗纤维、粗灰分、粗蛋白含量与不同牧草没有显著差异,可满足热带地区常见牧草的营养元素要求。胡咏梅等^[10]研究了蔗渣饲料生料发酵,利用糖厂废弃物蔗渣和糖蜜为发酵原、辅料,发酵后的饲料粗蛋白含量从 2.94% 提高到 11.48%,香味、适口性较蔗渣发酵前大为改观,可用做牛、羊等的饲料,不但解

决了蔗渣处理难的问题,减少了环境污染,为糖厂带来了可观的经济效益,而且为拓展饲料资源、降低饲料成本探索出一条新路。

2.1.4 蔗渣造纸

甘蔗渣含有丰富的纤维素蔗渣纤维,纤维长 1.0 ~ 1.5mm,直径 20 μ m,与阔叶木蓝按 (0.7 ~ 1.3mm, 20 ~ 30 μ m) 相似。因此,采用合适的工艺可以生产出与阔叶木纸浆性质相似的蔗渣浆^[11]。蔗渣浆在一些纸张抄造中的适应性,表明蔗渣浆尤其适合用来抄造抗张强度要求比较高的纸张。Heiningen^[12]提出与生物炼制相结合的制浆造纸模式,即在原料制浆前预抽提半纤维素,分离后用于生产其他高附加值产品,残余固体残渣继续用于制浆。胡湛波等^[13]将甘蔗渣应用于该模式中,从甘蔗渣制浆前热水预抽提工艺、甘蔗渣热水预抽提过程糖类组分溶出规律以及预抽提后甘蔗渣的制浆造纸性能等方面开展了实验性探索研究。广西贵糖集团在利用蔗渣造纸后,其造纸部分的税利占到全厂税利的 70% 以上,大大提高了企业的竞争力。

2.2 糖蜜的利用

糖蜜是甘蔗制糖工业的一种副产物,呈深棕色、黏稠状和半流动液态。糖蜜的主要成分是糖类,如蔗糖、葡萄糖和果糖。一般含糖量(以蔗糖计)在 40% ~ 56%,其中蔗糖的含量约 30%,转化糖 10% ~ 20%;此外,还含有丰富的维生素、无机盐及其他高能量非糖物质,见表 2。

表 2 糖蜜的组成成分

成分	百分比 (%)
蔗糖	31
转化糖	13
蛋白质	4
灰分	11
钠	0.1
钾	3.5
钙	0.7