

海参机械化加工技术研究及其应用进展

Progress and application on mechanical processing techniques of sea cucumber

徐文其 沈建

XU Wen-qi SHEN Jian

(1. 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092; 2. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092; 3. 国家水产品加工装备研发分中心(上海), 上海 200092)

(1. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Shanghai 200092, China;

2. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200092, China;

3. National R&D Branch Center For Aquatic Product Processing Equipment, Shanghai 200092, China)

摘要: 阐述海参清洗、除脏与蒸煮加工的研究背景, 介绍国内外海参加工技术现状, 并进行对比分析。着重描述机械化加工技术如滑道筛分、气泡清洗、机械刺激除脏、连续式蒸煮及挤压整形的性能及配套装备在实际生产中的应用情况, 并就企业应用前景进行展望。

关键词: 海参; 机械化; 清洗; 除脏; 蒸煮

Abstract: Expounded the background of cleaning, evisceration and cooking of sea cucumber, introduced the current situation of sea cucumber on domestic and overseas, and analyzed their techniques contrastly. Mainly described technical capabilities of mechanical processing techniques and applications of sets of equipments in practice, for slide sieve, bubble cleaning, evisceration by mechanical stimulation, continuous cooking and extruding. At last the development orientation of applications in the enterprises was prospected.

Keywords: sea cucumber; mechanical; cleaning; evisceration; cooking

海参自古以来就是中国传统的保健食材之一^[1]。20 世纪 90 年代末中国掀起了海参人工养殖的热潮, 山东和辽宁等北方沿海是主要养殖地区^[2]。海参加工产业也随之高速发展, 成为中国水产行业中产值与利润最高的产业之一^[3]。自 2010 年开始, 中国海参年产量已经突破 20 万 t, 产值已超 200 亿元^[4]。

中国人工养殖的海参属于刺参, 隶属于棘皮动物门(Echinodermata)、刺参科(Stichopodidae)^[5]。因其加工生产季节性性强, 捕捞后极易化皮自溶的特性^[6], 使得海参加工一般

分为两个阶段^[7]: ① 捕捞后即对海参进行清洗去除体表泥沙, 剔除内脏, 再高温蒸煮去除其自溶酶活性并定型的初加工阶段^[8-9]; ② 对初加工后半成品进行干制加工阶段。针对海参干燥加工, 目前已开发出多种新型组合干燥技术^[10], 且通用型干燥设备已完全能满足生产要求^[11-12]。但海参体表清洗、内脏去除以及煮制定型仍沿用传统加工技术工艺, 主要依靠人工操作^[13], 专用设备相对缺乏^[14]。由此造成生产效率低、产品质量不稳定, 凸显出传统生产技术和模式已无法应对目前市场对海参需求的日益增大与劳动力成本节节上升的矛盾^[15-17], 亟需研发针对海参加工的新技术及核心设备。文章综述国内外海参加工现状与存在问题, 同时阐述所研发的机械化加工技术在实际生产中的应用情况。

1 海参加工技术现状

1.1 国内加工现状

中国是世界上唯一大规模养殖与加工海参的国家, 随着海参养殖业发展和市场需要的大幅增长, 国内海参加工企业近年也得到迅猛发展。目前, 中国海参加工企业有数百家, 其中不乏一些规模大的优势企业, 包括上市公司大连獐子岛集团、山东荣成好当家集团、山东东方海洋科技股份有限公司等。

通过对加工企业走访, 目前清洗与除脏仍主要依靠人工加工为主。在清洗加工环节, 多数企业仍延续人工水槽漂洗, 为节约劳动力成本少数企业甚至不进行清洗。部分企业采用喷淋设备对海参体表进行清洗, 但由于其功能单一、清洗效果差, 且极易造成海参体表损伤, 实际使用效果并不理想。工人除脏过程中不仅需要完成剖切与去脏, 还需对原料进行除杂筛选。在海参蒸煮环节, 目前大部分企业已引入蒸汽夹层锅进行煮制漂烫, 但依旧需人工进、出料, 不间断地人工搅拌以及依靠工人经验掌握蒸煮时间和温度, 对操作人员的劳动强度与经验要求仍极高^[18]。

基金项目: “国家 863”项目(编号: 2011AA100803)

作者简介: 徐文其, 男, 中国水产科学研究院助理研究员。

通讯作者: 沈建(1971—), 男, 中国水产科学研究院研究员, 硕士。

E-mail: shenjian@fmiri.ac.cn

收稿日期: 2015-09-13

1.2 国外加工现状

印度洋、西太平洋海区是世界上海参种类最多、资源量最大的区域。但其中有食用海参习惯的国家极少,主要有中国、日本与韩国,以及欧洲的西班牙等^[19]。日本食用海参多制作刺身后生食,并喜食海参加工花(生殖腺)。日本关西地区的海参加工企业研发了名为“除脏针”的专用工具,通过从海参肛门刺入,将参花完整收集在针体后部的储藏腔中,从而快速完成海参肠的提取加工^[20]。而西班牙则将新鲜海参连同内脏一并烹饪制作菜肴。

近年来随着中国市场对海参的大量需求,国外拥有天然海参资源的国家纷纷将海参加工后出口至中国,包括厄瓜多尔、美国、加拿大及澳大利亚等。但由于海参种类不同,并且加工技术简单粗糙,造成海参制品普遍存在肉质较硬、复水发泡较难,伴有异味等质量问题^[21]。通过资料检索^[22]发现美国公开了1项关于海参加工的专利,其采用“定向/对齐,切割、分裂、压扁、去脏、清洗和回收内脏等”加工工艺,使用机械化加工设备对北美太平洋沿海岸域产的腰参、八角参与红参等进行加工生产。

1.3 对比与分析

通过对比国内外海参产业加工现状可知,从加工原料上已存在区别。中国、日本与韩国等东亚地区所加工的多是体型较小、体壁薄嫩的仿刺参属海参。而美澳地区所加工的多是体型较大且体表肉质厚实的刺参属或梅花参属海参^[23]。即使加工对象相同,由于中日饮食习惯差异,使得所需制成品不同,造成所采用的加工工艺也大相径庭。由此造成各国(地区)海参加工工艺技术自成体系,较难实现互相借鉴参考。

不过分析国外加工现状也可得到相关启示。日本通过研发除脏针,实现快速获取完整参花,高品质食材日益受市场青睐,以质取胜。而美国针对本国海参特性,研发机械化加工工艺并配套专用设备进行规模化高效生产,大幅降低劳动力与生产成本,使得大量平价海参得以打入中国市场,获取高额经济回报,以量取胜。

反观中国海参加工行业,传统手工加工工艺技术固然成熟,但仍属劳动密集型产业。近年来劳动力缺乏、劳动者报酬上涨使得企业生产成本急剧增加,已成为制约海参加工产业发展的瓶颈。虽然大部分企业希望通过引进专用加工设备,减轻劳动力消耗。但目前市场所能提供的装备多由原有果蔬加工类机械直接改进而来,加工性能、产量指标等主要技术参数多语焉不详或缺失。使得多数企业缺乏购买信心,不得不静待观望。目前只有通过研发新型机械化加工技术并配套专用设备,从本质上提升产品品质与加工效率,才能促进中国海参产业稳固发展。

2 机械化技术在海参加工中的应用

2.1 滑道筛分技术

在对海参原料进行加工前,去除原料中附着杂质与海参应激排出的内脏,剔除已严重自溶腐化或者病变死亡残体,可实现在源头处控制原料品质质量^[24],同时减轻后道除脏工人工作强度。传统滚筒滚动分选与孔洞筛盘振动分选对

海参条状内脏无法快速分离,体积更大的自溶残体则完全不能分离,而且孔洞边缘又极易刮伤海参体表。针对海参参体柔软易于“陷入”缝隙的特点,对缝隙间距与海参停留时间关系进行研究,当缝隙间距为海参体宽1/2时,正常海参的停留时间超过5 min,而腐化残参的停留时间不足1 min。根据试验结果,研究团队认为利用海参棘皮生物应激特性与倾斜式圆管栅格滑道结构相结合,可快速去除死残参与内脏杂质,且不损伤原料品质。并利用这一技术研发了海参机械化除杂筛分设备。

设计采用圆管按一定间隔等距平行排列组成栅格式筛板,并将栅格筛板以一定角度倾斜放置作为滑道。工作时,海参通过提升机构进入滑道上端,在重力作用下自由下滑。杂质与内脏组织通过圆管间的空隙直接落入下层率先分离,腐化残参由于停留时间较短会在下滑过程中从空隙中掉落,而鲜活海参则不受影响,快速通过滑道。为防止正常海参掉落,在滑道上方增设低温海水喷淋,通过刺激海参发生应激反应,促使参体硬化,而腐化残参不会发生应激变化,保证其仍能被剔除。在实际生产中,圆管组成的筛分滑道接触面为圆弧型、无棱角,不损伤海参体表又便于其滑动,不仅可保证海参品质,筛分效率也极高,且无需人工操作。

2.2 柔性气泡清洗技术

清洗是水产品加工中的一道重要环节,能在一定程度上提高原料食品卫生安全。海参通常生活在海底礁岩与砂石中,其体表褶皱不可避免地携带泥沙与附着物,一旦离水还会分泌大量活性酶等粘液,通过体表清洗则可快速清除。在实际生产中,人工水槽漂洗方式劳动强度高、效率低下、清洗效果差。而机械化滚筒高压喷淋清洗与刷辊式刷洗又无法适用于身体柔软且表皮易破损的海参。研究者引入柔性气泡清洗工艺^[25-26],利用压缩空气在水中形成小气泡产生空穴负压区吸附体表附着物,通过气体射入水中产生流层变化、摩擦作用于体表去除表面粘液^[27-28]。丁小明等^[29]研究发现,在1 m³水中清洗强度(通入清洗水体的气流量)设定为15 m³/h,仅需1 min即可完成对海参的清洗。经检测清洗损失率≤1%^[30]。

在实际生产过程中,海参清洗设备采用水槽式结构^[31],在槽底铺设多根输气管路,并在上方安置1 mm密集冲孔网板。压缩空气进入水体后不直接作用于海参体表,而是生成大气泡,再通过上方的密集冲孔板形成大量柔性小气泡,柔性小气泡清洗作用柔和,不会损伤海参体表^[32]。为实现连续式清洗工艺,在清洗水槽的进料端处增设水流喷射推进系统,在出料端设置物料输送机构。清洗时,利用水流喷射推进系统产生水平推进水流,将水体向前推动,海参在受到气泡向上作用力的同时,又受到水平推力,在合力作用下海参在水中上下翻滚向前运动,同时参体在密集小气泡包围作用下,其隐匿死角也被彻底清洗。至水槽前部时,通过输送机离开清洗水槽完成清洗。

2.3 机械除脏技术

海参是典型无脊椎动物,体形受外部刺激易发生不规则改变。常用鱼类“三去”设备无法对海参进行有效地固定装

夹,同时夹持部件又有损伤海参体表的隐患。研究团队运用仿刺参属海参特有的应激排脏作为去脏工艺原理^[33],采用滚动与振动对海参进行持续刺激,海参均出现排脏反应。当滚动机构滚筒转速为 40 r/min,振动机构振幅 50 mm、振频 15 Hz,刺激时间持续 5 min,海参排脏率达到 90%^[34]。继续增大刺激强度,延长刺激时间,海参排脏率可达 100%,但多数海参体表出现损伤自溶现象。

机械除脏加工可采用机械滚筒结构,按批次将鲜活海参 5~10 kg 投入滚筒内,通过滚筒滚动 3~5 min^[34],再将原料通过栅格筛分滑道,进行参肠分离。但在实际生产中也发现一些问题,机械刺激除脏工艺对不同养殖环境下的海参刺激效果明显差异^[35-36],底播增殖养殖海参受激后,自排脏效果较好,而池塘养殖海参受激后排脏能力较差。同时排脏效果也受海参鲜活程度影响,活度较弱的海参排脏能力差,速度慢,造成排脏效果不佳。排脏率下降,使得机械去脏加工后还需人工分拣出未排脏海参,再进行手工除脏。通过多次中试生产,机械化除脏生产效果并不理想,海参排脏率不稳定,目前采用机械刺激与人工相结合共同完成除脏环节加工。

2.4 连续式自动蒸煮技术

蒸煮是海参加工环节中最重要的一道,不仅影响海参灭酶定型,而且加工过程中蒸煮温度与时间的掌控也直接影响海参成品的口感与感官品质^[37-38]。目前多数企业都已采用温度可控的蒸汽夹层锅进行机械化生产。但在实际生产中发现,除了需要人工进出料,并不间断搅拌均温,防止参胴糊底,煮开后还需打捞剔除表层浮沫,使得工人劳动强度仍然很大。同时,批次蒸煮还存在候煮原料的等待问题,需按先来后到原则依次进行漂烫,不仅加工周期长,原料品质也会受环境与温度影响而下降。研究团队通过使用输送带运送物料代替人工转运,改批次式蒸煮为连续式漂烫。其优点在于,连续式蒸煮无需等待,可连续不断地送料;通过输送带的运动,物料在蒸煮水体中匀速行进,也免除了人工搅拌作业,同时煮制时间可精确设定,更可按物料实际漂烫情况进行调控。针对浮沫去除问题,研究团队取样分析,浮沫由各种海参煮制产生的多种蛋白质与酶组成,粘稠状,漂浮在水面上层。如通过机械装置打捞,不仅结构庞杂,去除效果也不佳,且粘液又易四处附着。团队采用日常生活中常采用的吹除法进行试验,通过压缩空气吹拂蒸煮水面,使得浮沫随水体产生定向流动,向一个方向聚集,通过溢流口流出,完成去除。结构简单却能快速清除浮沫。

实际生产中,在连续式蒸煮设备前端设置一台隔板式物料提升机作为进料机构。进行物料输送的循环式输送带放置于蒸煮槽内部,输送带使用不锈钢网链结构,并在带上安装等间距的分隔板。为防止漂烫过程中海参物料从输送带上滑落,输送带两旁安装防护侧板,上方则有可拆卸式的压料网板,以防海参漂浮于水面上。蒸煮生产时,只需预先注满水槽(水位需没过压力网板),并预热至指定漂烫温度,同时根据海参所需蒸煮时间,设置相应的输送带运行速度。海参物料蒸煮时通过进料机构进入蒸煮水槽,并通过输送带在水中行进漂烫。去除浮沫则只需设定定时开启压缩空气泵,

通过输气管路将空气流输送至安装在水槽内侧壁的气管中,再通过管上不同位置的喷气嘴喷向水面,引导浮沫向对侧的溢流口流动,统一排出水槽^[39]。应用连续式蒸煮设备,可完全实现自动化蒸煮加工生产。

2.5 挤压整形技术

蒸煮时海参体腔上除脏切口会吸入蒸煮水分,这部分贮留水不利于后续干燥加工。如冷冻存储则会在海参体内冻结成冰,使得海参参胴开裂受损,严重影响后续加工效率和产品质量。传统加工过程中往往忽略此问题,造成最终产品中存在一定次品量或感官品质较差者。薛冬梅等^[40]通过创新研发机械挤压工艺可快速去除蒸煮后海参体内积水,同时柔性按压可使体表收缩紧致,刺突挺括,增强感官品质。

在实际生产中,考虑到蒸煮后的海参虽已定型,但体表仍湿滑且易受损伤。设备采用上下层叠式的双层网链输送带结构。工作时海参通过下层输送带向前运动,进入两条输送带之间间隙,网链作用在参体表面,产生柔性挤压力,随着间隙逐渐变小,网链对海参的挤压力也逐渐变大,参体内部水分逐步排出;同时上下网链的输送差速对海参产生错位作用,使得海参翻滚与形变,进一步排出体内水分。挤压整形输送带运动速度可根据产量进行调节,完全实现自动化。

2.6 海参加工设备的集成应用

研究团队在研发海参机械化加工技术过程中,多采用连续式加工工艺,便于前后加工环节衔接,减少人员劳动力在转运过程中的消耗。在专用设备设计时,也针对性地采用输送带式结构,便于物料在设备间的流转,进一步提升加工效率。团队通过机械集成技术先后在中国两家大型水产加工企业建立了海参机械化加工生产线。考虑到机械化除脏效果较差,在除脏环节采用了机械+人工组合模式,实现快速除脏。设备加工流程见图 1。生产线工艺:原料—筛分除杂—柔性清洗—一组除脏—连续蒸煮—挤压整形,生产线加工量为 1 t/h(按加工原料量计)。海参原料通过人工投料进入提升机,被送入栅格滑道进行除杂,随后通过滑道直接进行清洗设备水槽,在柔性气泡与推进水流的共同作用下进行体表清洗,并逐渐向前运动,至提升机构,输送进入机械刺激除脏设备,通过内置螺旋道的滚筒进行外部机械刺激,随后统一出料至人工除脏平台,工人对海参进行复检,去除未排脏海参的内脏。平台采用 3 层设计,中间层进行原料输送,上

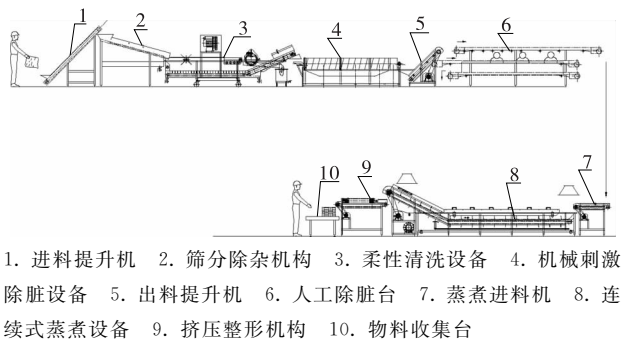


图 1 海参机械化加工设备流程图
Figure 1 Schematic diagram of mechanical processing equipment of sea cucumber

层输送工人分拣除脏后的参胴,下层转运收集废弃物,便于统一处理。参胴通过输送线进入连续式蒸煮系统进行漂烫蒸煮,随后进行挤压整形设备去除多余水分完成全部加工流程。生产中除脏依旧需要少部分工人分拣除脏操作,可完全实现自动化作业。

3 展望

海参机械化加工技术的应用突破了手工批次式加工模式,对改变传统的生产格局、实现现代标准化生产,促进中国海参资源产业化、规模化具有至关重要的作用,是海参加工企业未来发展的必由之路^[41]。滑道筛分、柔性气泡清洗、机械刺激除脏、连续式自动蒸煮及挤压整形技术的协同应用,成套加工生产线的运行使用,可大幅提高生产效率与产品品质,减少劳动力需求,同时不再依赖人工经验控制产品质量。在目前的形式下,中国海参加工企业只有严格保障产品卫生安全性,摆脱劳动力密集型产业桎梏,才能快速、持续、健康地发展,为消费者提供更加健康安全食品,改善人民群众的生活质量。

参考文献

[1] 钟国南. 海参[M]. 台湾:国立海洋生物博物馆筹备处,1997:1-2.

[2] 沈辉,陈静,李华. 国内外海参养殖技术研究概况[J]. 河北渔业, 2007(3):4.

[3] 毕琳,李八方. 海参的加工现状[J]. 科学养鱼,2005(8):70-72.

[4] 何雨欣. 我国海参产业年产值已超 200 亿元[EB/OL]. (2009-11-18) [2015-03-01]. http://news.xinhuanet.com/fortune/2009-11/18/content_12485827.htm.

[5] 廖玉麟. 中国动物志·棘皮动物门·海参纲[M]. 北京:科学出版社,1997:57-59,147.

[6] 朱璐璐,农绍庄,刘畅,等. 鲜活海参防腐保鲜工艺研究[J]. 食品工业,2014,35(2):39-42.

[7] 农业部市场与经济信息司编. 无公害海参标准化生产[M]. 北京:中国农业出版社,2006:2.

[8] 宗鹤. 关于海参及其加工方法的参考资料[J]. 水产科技情报, 1976(3):15-16.

[9] 孙显武. 刺参的加工技术[J]. 中国水产,2002(6):71-72.

[10] 白亚崖,胡玉才. 高压电场与真空冷冻联合干燥海参方法及其效果分析[J]. 高电压技术,2014,40(7):2 191-2 196.

[11] 上海水产大学. 水产品加工机械与设备[M]. 北京:中国农业出版社,2000:3-11.

[12] 许学勤. 食品工厂机械与设备[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2008:57-60.

[13] 郑龙华,武瑞娜. 海参不同加工方法及其营养成分影响的比较[J]. 水产渔业,2014,31(6):202.

[14] 中国农林科学院科技情报研究所. 水产品加工工艺设备技术经验资料[M]. 北京:中国农林科学院科技情报研究所,1975: 159-163.

[15] 李成林,宋爱环,胡炜,等. 山东省刺参养殖产业现状分析与可持续发展对策[J]. 渔业科学进展,2010,31(4):126-133.

[16] 边陆军,代国庆. 我国海参养殖业可持续发展的制约因素及对策探讨[J]. 中国水产,2013(1):60-62.

[17] 李乃胜,薛长湖. 中国海洋水产品现代加工技术与质量安全

[M]. 北京:海洋出版社,2010:453-454.

[18] 原本品牌营销机构. 2014 海参行业趋势研判[J]. 海洋与渔业, 2014,12(1):92-93.

[19] 保胜,张维善,黄宁. 世界海参渔业[J]. 招商周刊,2004 (44):65.

[20] 李连舫,金奇. 海参肠的加工工艺[J]. 水产科学,1984(3): 29-30.

[21] 张鹤,郭兴月,张鹏,等. 海参品质与检测技术研究进展[J]. 保鲜与加工,2014,14(2):60-64.

[22] 张灿影,冯志纲,于维樱,等. 基于文献计量的海参研究文献分析[J]. 海洋科学,2014,38(7):114-120.

[23] 张春云,王印庚,荣小军,等. 国内外海参自然资源养殖状况及存在问题[J]. 海洋水产研究,2004(3):89-97.

[24] 罗彩华,张永勤. 海参产品中的不安全因素及其检测方法[J]. 天津化工,2014,28(4):52-54.

[25] 康维. 食品工业清洗技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2003:233.

[26] Mulugeta E,Geyer M. Characterising the washing processes of vegetables and potatoes[J]. Bio. systems Engineering,2005,91 (4):441-453.

[27] 王致清. 流体力学基础[M]. 北京:高等教育出版社,1987: 429-434.

[28] 杨红兵,丁为民,陈坤杰. 气泡对蔬菜的清洗作用及清洗参数模型的建立[J]. 江西农业学报,2007(6):102-104.

[29] 丁小明,王莉. 气泡清洗方式清洗叶类蔬菜的试验研究[J]. 农机化研究,2007(12):119-123.

[30] 徐文其,沈建,薛长湖,等. 鲜活海参清洗工艺试验研究[J]. 渔业现代化,2009,36(6):42-45.

[31] 杨红兵,丁为民,陈坤杰,等. 新型蔬菜清洗机的研制[J]. 农业工程学报,2005(1):92-96.

[32] Ermyas Mulugeta, Martin Geyer, Bernd Oberbarnscheidt. Developing washing jets for more efficient vegetable cleaning[J]. Land Technik,2002,57(4):220-221.

[33] 孙修勤,郑法新,张进兴. 海参纲动物的吐脏再生[J]. 中国海洋大学学报,2005(8):719-723.

[34] 徐文其,沈建,蔡淑君,等. 刺参机械去脏工艺的试验研究[J]. 渔业现代化,2009,36(2):52-54,69.

[35] 催癸西,赵廉. 食用海参的名称与种类鉴别[J]. 扬州大学烹饪学报,2000(3):13-18.

[36] 王哲平,刘淇,曹荣,等. 野生与养殖刺参营养成分的比较分析[J]. 南方水产科学,2012,8(2):64-70.

[37] Sun Li-ming, Wang Ting-ting, Zhu Bei-wei, et al. Effect of matrix metalloproteinase on autolysis of sea cucumber stichopus japonicus[J]. Food Sci. Biotechnol,2013,22(5):1 259-1 261.

[38] Bordbar S,Anwar F,Saari N. High-value components and bio-actives from sea cucumbers for functional foods: A review[J]. Marine Drugs,2011,9(10):1 761-1 805.

[39] 徐文其,蔡淑君,沈建. 一种鲜活海参连续式蒸煮生产工艺及其设备的研究[J]. 食品科技,2011,36(1): 108-111.

[40] 薛冬梅,高昕,崔风霞,等. 加热条件下刺参结构和流变学性质的变化[J]. 中国食品学报,2006,6(1):161-166.

[41] 谢素艳,包鹏云. 海参产业持续健康发展的途径[J]. 饲料工业, 2014,35(24):22-25.