

卓越工程师教育培养计划生物食品类系列实验教材
高等学校食品专业通用实验教材

SHIPIN (SHENGWU) SHENGCHAN
SHIXI JIAOCHENG

食品（生物）生产 实习教程

■ 余顺火 吕 顺 主编



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

卓越工程师教育培养计划生物食品类系列实验教材
高等学校食品专业通用实验教材

食品(生物)生产实习教程

主 编 余顺火 吕 顺
副主编 王海潮 朱桂兰 董 增
主 审 魏兆军

合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品(生物)生产实习教程/余顺火,吕顺主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2016. 7
ISBN 978-7-5650-2638-6

I. ①食… II. ①余…②吕… III. ①食品加工—生产实习—教材 IV. ①TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 010640 号

食品(生物)生产实习教程

主编 余顺火 吕 顺

责任编辑 陆向军 刘 露

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 综合编辑部:0551-62903028
市场营销部:0551-62903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版 次 2016 年 7 月第 1 版
印 次 2016 年 7 月第 1 次印刷
开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印 张 13.25
字 数 308 千字
印 刷 安徽联众印刷有限公司
发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-2638-6 定价: 35.00 元
如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

编 委 会

- | | | |
|-----|-----|---------------|
| 主 编 | 余顺火 | 合肥工业大学 |
| | 吕 顺 | 合肥工业大学 |
| 副主编 | 王海潮 | 宿州学院 |
| | 朱桂兰 | 合肥师范学院 |
| | 董 增 | 宿州学院 |
| 编 委 | 杨俊杰 | 合肥师范学院 |
| | 张维标 | 合肥工业大学 |
| | 缪国鹏 | 淮南师范学院 |
| | 马道荣 | 合肥工业大学 |
| | 杨 旭 | 安徽新希望白帝乳业有限公司 |
| 主 审 | 魏兆军 | 合肥工业大学 |

前 言

食品(生物)生产实习是食品科学与工程本科专业必修的综合性实践课程。在专业培养计划中,为时两周。其目的是学生通过典型食品加工过程的现场参观和实践操作,对食品生产和食品工业的认识有一个从理论到实际的跨越,并熟悉典型食品生产的单元操作、基本工艺过程及常用生产设备,了解设备布置、食品生产卫生与安全的要求,结合生产与工程实际,综合训练多种能力,提高其工程意识。

合肥工业大学食品科学与工程专业开办二十多年来,作为独立的实践性教学环节,该课程在条件和方法上,不断得到建设和发展,在教学改革过程中取得很好的实际效果。本书总结了生产实习教学环节中长期积累的丰富经验,内容涉及典型的食品生产工艺、加工装备及特点;大类食品的加工方法;结合设备对现代加工的先进技术进行现场教学,让学生更多地了解其原理和要求,特别是工程应用,这也为解决食品工艺无法加工的问题上找到了很多方法。在本书的后半部分,以工程应用实例为学生指明了工程的真正含义,提高学生工程意识,在附录中列举了许多标准化的操作规范。

合肥工业大学教授魏兆军担任本书主审,合肥工业大学余顺火、吕顺担任主编,王海潮、朱桂兰、董增担任副主编,由四所高校10名老师经一年多的努力编写完成。本书共分为五个部分:第一部分对食品加工行业,特别是肉、油脂、饮料及主食类的生产现状、技术加工水平存在的问题及发展方向等进行了简介;第二部分为典型食品加工生产实训,如啤酒、速冻、蛋糕、酸奶等;第三部分是现代加工先进技术及应用,超高压、超临界、超低温、超微粉及膜分离;第四部分是工程应用实例,是编者科研工作中的真实案例;第五部分根据实习要求附录列举了部分规章、操作规范等。

本书在编写过程中,注重理论结合实际,易学易懂,可作为各大专院校食品科学与工程及相关专业的实验教材,也可作为职业技术学院相关专业的实验教材、成人继教及食品企业相关人员的学习参考。

本书的编写得到了合肥工业大学出版社的大力支持,也得到了兄弟院校和领导的全力帮助,在此表示衷心感谢;同时也感谢各位编委付出的辛勤汗水与努力。在编写与统稿过程中我们精心负责,但错误缺点,在所难免,望读者予以批评指正。

本书由食品科学与工程专业国家级卓越工程师教育培养计划建设经费、安徽省高等学校质量工程项目(2014 zy005)资助出版。

余顺火 吕 顺

2016年7月

目 录

第一章 食品加工简介

第一节	肉类加工	(1)
第二节	食用油脂	(6)
第三节	饮料类食品	(11)
第四节	主食与速冻食品	(15)

第二章 食品工艺生产实训

实训一	啤酒生产加工实习	(20)
实训二	蔬菜流化床速冻生产加工实习	(33)
实训三	反渗透纯净水装置操作实习	(38)
实训四	面包加工操作实习	(43)
实训五	蛋糕的加工制作实习	(55)
实训六	酸奶生产加工	(62)
实训七	乳酸菌饮料生产加工	(72)
实训八	饼干生产加工	(76)
实训九	挂面生产加工	(86)
实训十	香肠的加工制作	(91)

第三章 现代加工先进技术及应用

第一节	超高压处理技术	(99)
第二节	超微粉碎技术	(105)
第三节	超临界 CO ₂ 流体萃取技术	(109)
第四节	超低温冷冻粉碎技术	(116)
第五节	膜分离技术	(122)
第六节	挤压膨化技术	(132)

第四章 工程应用实例

第一节 “速溶野葛营养粉”生产工艺及生产方案·····	(138)
第二节 “1000 吨/年水生蔬菜速冻保鲜及综合加工产业化”项目可行性研究报告 ·····	(141)

第五章 附 录

生产实习管理规章·····	(170)
学生实习守则·····	(171)
校内实习创新基地管理办法·····	(172)
实习报告书写规范·····	(173)
实习报告封面·····	(174)
生产实习计划·····	(175)
实习成绩评定标准·····	(176)
微型超高温 UHT 杀菌及充填系统设备操作规程·····	(177)
超低温冷冻粉碎机操作规程·····	(181)
双螺杆积压膨化机操作规程·····	(183)
LSD 实验型流态化多功能单体速冻机操作规程·····	(185)
超微粉碎机操作规程·····	(187)
反渗透纯水机组操作规程·····	(188)
鱼肉采肉机操作规程·····	(190)
高压均质机操作规程·····	(191)
高压食品处理装置操作规程·····	(193)
膜分离装备操作规程·····	(195)
超临界 CO ₂ 萃取装置操作规程·····	(198)
参考文献·····	(201)

第一章 食品加工简介

第一节 肉类加工

一、肉类生产、消费现状

中国肉类产业一直保持着快速发展势头,肉类产量自 1996 年以来以 5.33% 的速度持续增长,连续 15 年居世界第一。2006 年肉类总产量达到 8051.0 万吨,约占世界肉类总产量的 30%,2007 年稍有回落,2008 年恢复增长,2009 年我国肉类总产量 7642 万吨,占世界肉类总产量的 26.7%。

以 2008 年为例,中国肉类产量为 7278.7 万吨,其中,猪肉产量达 4620 万吨,占世界总产量的一半以上;牛肉为 613 万吨,羊肉 380.3 万吨,禽肉 1533.6 万吨。猪肉、禽肉、牛肉、羊肉和其他畜肉的比重依次为 63 : 21 : 8.4 : 5.2 : 2.4 (世界肉类品种结构比重中,猪肉、禽肉、牛肉、羊肉和其他畜肉分别为 40 : 30 : 24 : 5 : 1)。

中国人均肉类占有量于 2002 年首次突破 50kg,2008 年为 54.8kg,其中猪肉 34.8kg,牛肉 4.7kg,羊肉 2.87kg,禽肉 11.6kg,禽蛋 20.3kg。我国肉类的生产成本和价格总体低于国际市场,猪肉低 57%,牛肉低 84%。而鸡肉价格则略高于国际市场,但作为世界第二禽肉生产国,仅占世界禽肉总产量的 16%~18%,比年产量仅为 110 万吨的泰国还低。

二、肉品加工规模及产品结构

2008 年我国规模以上肉类屠宰及肉类加工企业为 3096 家,其中畜禽屠宰加工 1799 家、肉制品加工 1297 家,另外有肉类罐头制造企业 88 家。肉类屠宰及肉类加工企业总数比 2007 年增加 249 家,其中屠宰增加 127 家,制品加工增加 122 家,肉类罐头企业减少 8 家。同时肉类屠宰及肉类加工企业资产总额达到 1813.7 亿元,同比增长 22.5%。其中畜禽屠宰加工为 960.9 亿元,增长 30.7%;肉制品及副产品加工 852.8 亿元,增长 14.5%。另外肉类罐头制造资产额 38.99 亿元,增长 8.7%。而肉类屠宰及肉类加工业企业销售总收入达到 4242.3 亿元,比 2007 年增长 32.8%。其中畜禽屠宰加工销售为 2423.4 亿元,增长 40.9%;肉制品及其副产品销售为 1818.9 亿元,增长 23.4%。另外,肉类罐头制造销售为 55.7 亿元,增长 18.8%。

我国肉类行业近年的发展充分体现了地区不均衡性和大企业导向市场的作用。近年资产投入总量、产品销售收入和规模效益企业利润额前三位为鲁、豫、川,其次为辽、吉、苏、蒙等。至 2008 年,肉类行业上市企业达 12 家,肉类蛋品加工企业 90 家。强势企业占业内全国规模以上企业资产的 75%,销售总值的 72%,利润总额的 80%。肉类行业排前的 3 家大

企业双汇、金锣和雨润年生猪屠宰加工量 3000 多万头,占全国出栏生猪量的 5%,其肉制品加工量合计 200 万吨,占全国肉类总产量的 2.8%,约占全国肉制品工业加工量的 20%。

我国肉制品加工曾长期处于作坊式制作阶段,从 20 世纪 80 年代末到 90 年代末,一批以生产高温火腿肠为主的肉类企业在一些重点产区崛起,带动了我国肉制品加工业的一场深刻变革。全行业先后投资数十亿元,引进上千套现代化生产线,年生产能力达到 60 万~90 万吨,占肉制品总产量的三分之一,带动了肉制品产量迅速上升。产品结构也发生了明显变化,西式火腿、香肠、培根等各类肉制品已在各大中城市普及和推广,其产量已占肉制品总产量的 50%。与此同时,还引进西方先进技术,出现了中式传统肉制品现代化生产的新趋势,肉类制品结构随着市场需求的变化也得到进一步深化和调整。据测算,2008 年肉类制品及副产品加工占肉类总产量的比重为 15.1%,比上年增加了 0.5%;其产量预计达到 1070 万吨,增长 7.0%。其中,中西式制品结构约为 46:54。西式技术制作约占到 40%,低温制品约占 60%;中式肉制品数量在技术改进中不断提升。

但我国肉制品在种类上肉类消费以生鲜肉为主,即食熟肉制品消费量较低。熟肉制品中西式制品占份额的 40%以上,火腿肠产量达 80 多万吨,占肉制品产量的 30%以上;中国传统特色肉制品仍然以作坊式家庭制作为主,工业化产量仍然较低。截至目前已经制定的肉类产品、生产管理、检测方法等方面标准有 600 余项,肉类标准体系虽然已初步建立,但与国际标准相比,我国肉类标准体系建设有较大差距,明显落后于产业发展。

三、肉类食品加工安全、管理问题

近十多年来,伴随经济的持续增长和食品产业快速发展,我国食品安全状况也日益好转,食品总体合格率稳步提升。2006 年全国食品国家监督抽查合格率为 77.9%,2007 年 85.1%,2008 年达到 90%以上。2007 年上半年全国 31 个省、自治区、直辖市食品质量平均合格率为 89.2%,其中有 14 个省达到 90%以上。据统计,中国消费量最大的粮食加工品、饮料、肉制品、乳制品等前 10 类食品 2007 年除水产制品抽样合格率为 85%,其余合格率均在 90%以上,肉制品抽样合格率达到 97.6%。

在动物疫病控制方面,我国重大动物疫病防控政策日趋完善,防控水平进一步提高。截至目前,禽流感、高致病性猪蓝耳病、口蹄疫和猪瘟 4 种疫病免疫密度均达到 90%以上,至今未发现猪感染甲型 H1N1 流感。2008 上半年,全国产地检疫共检疫畜禽 40.33 亿头(只),检出病畜禽 175.88 万头(只);屠宰检疫共检疫畜禽 19.73 亿头(只),检出病畜禽 181.09 万头(只)。在农药残留方面,根据 2007 年上半年的监测结果蔬菜中平均合格率为 93.6%;畜产品中“瘦肉精”污染和磺胺类药物残留监测平均合格率分别为 98.8%和 99.0%;水产品中氯霉素污染的平均合格率为 99.6%,硝基呋喃类代谢物污染监测合格率为 91.4%,产地药残抽检合格率稳定在 95%以上。

1. 肉类食品安全存在的主要问题

作为一个人口众多的发展中国家,我国食品产业主要为生产型产业,产品属于初加工或粗加工,产品附加值低,导致产业总体质量不高,制品品质较差。一段时期一些企业由于盲目追求产量的提高,食品安全事件时有发生。在实现食品安全更为有效地控制和改善上仍然面临许多问题,重大食品安全事故仍时有发生,最突出的问题是疫病防控,如肉牛和肉羊

饲养业。20 世纪 80 年代以来,新发生或传入我国的疫病多达 34 种,目前牛的死亡率约为 5%,羊的死亡率达 7%~9%。1999—2000 年肉鸡业的新城疫影响到中国不少的省份;2004 年的猪流感几乎对中国四川的支柱产业生猪饲养业带来毁灭性打击,同年中国被日本列为口蹄疫区域,猪肉出口市场受到很大的限制。

2008 年成都市 8 类重点食品的微生物污染调研结果总合格率为 97.4%。抽检不合格的原因仍以微生物指标为主(占 75.31%),其中大肠菌群最严重(占 53.09%)。检测结果单增李斯特菌和金黄色葡萄球菌的检出率分别为 1.89%和 2.17%。检出单增李斯特菌的食品种类为生畜肉、散装熟肉制品等。对大肠菌群和菌落总数的检测,不合格率分别为 17.28%和 5.77%,其中散装熟肉制品的不合格率高达 28.57%。尽管食物中毒事件逐年减少,但仍时有发生,主要是细菌性食物中毒,占食物中毒事件总数的 70%,主要病原菌包括副溶血性弧菌、奇异变形杆菌和大肠埃希氏菌。

违禁药品或饲料添加剂的滥用或非法使用,以及在预防和治疗动物疾病使用的兽药残留仍隐患不少。最为突出的猪肉安全问题是“瘦肉精”的残留,以及在食品贮藏和加工中三聚氰胺等的非法使用。兽药则主要是磺胺、呋喃、抗球虫药等类。在重金属残留方面,对成都市肉类食品的检测,2008 年总体合格率约为 95%,猪肾、淡水鱼、猪肝等中超标较为严重,主要是重金属镉和铝。

2. 我国肉类产品标准体系存在的主要问题

美国、日本及欧盟等国家对我国肉类出口企业均实行注册制度。但我国法律、技术法规体系不健全,标准技术水平低,无法与国际标准实行对接。我国肉类产品技术法规和标准存在很多问题。

(1) 加工过程缺少程序控制管理标准

我国目前还没有一项关于肉类产品的 GMP 技术法规或标准,这严重制约了我国肉类产品的出口。我国现在是按国际标准 ISO22000:2005 食品安全管理体系要求审核。目前出口欧盟肉类产品受到限制,认为中国的“质量控制方式主要是对终产品检验”。

(2) 肉类产品中农残、兽残限量标准体系不健全

我国颁布的农残、兽残限量标准少,但一些限量指标却高于国外水平,而检验方法标准与限量指标不配套,形成与国外先进国家不相协调的差距。欧盟是以两个指令分别对农残和兽残最高限量做出规定。我国对这两项系统标准是分散制定,还未形成协调配套系统。

(3) 两套认证体系并存,不利于国内肉类产品标准提高

目前,出口肉类生产企业执行国际标准 ISO22000:2005 食品安全管理体系认证,认证体系要求高;国内肉类生产企业肉品市场销售执行 QS 认证体系,认证标准相对要求低。相比之下,出口肉类产品安全要求严,要想通过认证,需在工厂设备、加工环节、人力资源投入等方面增加成本,在不完善的市场体制状态下,产品价格并不能相应提高,故竞争不过一些不正规生产的小厂。因此,两套体系并存,不利于国内肉类生产企业提高生产加工质量及安全管理水平。

3. 推进标准化体系建设

(1) 屠宰加工工业的标准化

屠宰加工是肉类食品生产的重要环节,对于此环节的标准制定,能更有效地保障肉类食品的质量安全。要建立肉品质量安全管理体系统,完成 ISO9000 认证,建立产品质量可追溯

体系。同时,对其屠宰加工、肉品品质检测、冷库运输、无害化处理和污水处理等也要进行标准化改造,为原料肉的质量安全提供技术和管理保障。

(2)监管部门监管的协调性

当前,我国肉类行业的管理体制比较复杂,长期存在多头管理和错位、越位、缺位的问题。要解决这一问题,行业也必须建立监管部门的标准化——建立畜禽养殖、屠宰加工、批发零售、餐饮消费等环节质量安全监管的衔接机制,进一步理顺各部门的管理权限,各负其责,互相配合,切实履行好政府主管部门的职责。

(3)诚信体系的标准化

在过去的几年,食品安全问题层出不穷,给我国食品行业造成了“诚信危机”。若要重新获得消费者的信任,肉类食品行业要推进以保障肉品质量安全为核心的企业诚信体系。要建立健全诚信内部核查、诚信风险信息收集评估、诚信危机处理和预警等管理制度,通过建立企业诚信教育、失信因素识别、内部消息采集、自查自纠改进和失信惩戒公示等机制确保企业诚信管理体系的持续运行,落实食品安全事故责任追究制度,不断提升肉类加工企业的诚信经营能力和质量管理水平。

(4)采用国际食品安全管理体系标准

生产加工企业,要在学会运用国际标准、严格执行国家标准的基础上贯彻实施体系认证,对产品质量进行“源头控制”“过程控制”和“终端控制”,如绿色食品认证、ISO9001质量管理体系认证、ISO14001环境管理认证、OHSMS18001职业健康安全管理体系、GMP良好操作管理体系的认证等,以使构成产品链的全过程处于有序控制中。

四、肉类加工及消费的发展趋势

1. 安全、绿色食品成为消费时尚

农产品的无公害化成为市场消费基本要求。至2007年全国无公害农产品产地达到25000余个,面积2500余万公顷,继续以年35%以上的速率增长。绿色、有机等品牌农产品已成为出口农产品的主体,占到出口农产品的90%。近5年来,绿色食品出口以年均40%以上的速度增长,已得到40多个贸易国的认可。有5315家企业使用绿色食品标志,产品14339个,实物总量7200万吨,认证产地面积1000万公顷;经认证的有机食品标志使用企业600家,产品总数2647个,实物总量1956万吨,认证面积311万公顷。

2. 传统产品加工实现现代化技术改造

中国饮食文化源远流长,肉制品类型涉及9大类数千种,腌腊制品和酱卤制品等一直是中国肉类消费的主流。但这些肉制品传统加工大多工艺落后,难以适应现代工业化加工及消费发展需求。近20年中国肉类加工业实现了初步的现代化技术改造,发达国家肉制品加工技术和设备,以及加工中HACCP、GMP管理和ISO认证广为采用。随着外来技术的消化吸收,应用现代技术对中国传统肉制品工艺进行改进成为中国肉类产业发展的必然要求。既保留传统特色风味,又实现了规模化加工和严格卫生安全控制,改进产品包装,尽可能延长产品保质期,适应现代快捷化、方便化消费需求的传统肉制品逐渐成为消费市场的主角。

3. 西式肉制品的品种不断增加,低温肉制品的开发受到重视

西式肉制品在中国呈现快速增长势头,除去已流行的各类香肠、蒸煮火腿外,培根类、肉

糕类等越来越被消费者接受。我国传统熟肉制品大多为 $95^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 加工的中温制品, 1980 年后 121°C 高温杀菌的罐头制品逐渐增多, 1990 年后的几年内, 115°C 以上的高温火腿肠成为发展的主角。随着中国经济的发展及冷链流通的出现, 西式低温肉制品以其良好的风味和营养逐步受到青睐。伴随冷链的健全和营养水平的提高, 这类肉制品将成为中国未来肉制品发展的主要趋势。

4. 经济发展将促进肉类加工和消费的持续增长

中国经济的持续增长为肉类工业发展提供了可靠保障。畜禽屠宰及肉类加工将是吸引社会投资的热点领域。在过去几年畜禽屠宰加工投资增长特别快, 未来精深加工将保持持续增长态势。在肉类产品消费方面, 一是形成“集中分割→成品包装→冷链配送→连锁专卖”这一发达国家的肉类消费模式; 二是“由大变小、由粗变精、由生变熟、由量的满足转向质的提高”, 且品牌产品将占据主要市场。

五、加工新技术应用

1. 利用畜禽骨开发功能性食品配料及应用

采用脱脂和热风干燥的加工方法, 经强力破骨、细粉碎、脱脂、干燥、超微粉碎等工艺得到脱脂超细鲜骨粉, 粒度大于等于 200 目。采用新鲜、未被污染的畜禽骨, 经高温灭菌、脱脂、酶水解等工序, 将骨脱腥脱臭, 把不溶性的高分子蛋白变成二肽、三肽、寡肽等可溶的小分子, 在不污染环境的情况下, 将附加值低的农产品制成附加值高且蛋白含量高的调味品。

2. 传统卤肉制品风味色泽固化技术

该技术建立了传统卤肉制品一系列风味检测分析方法及适用于传统卤肉制品的风味评价体系; 确定了传统卤肉制品相应的数据信息, 完成其数字化认知以及传统卤肉制品主要挥发性风味物质; 针对部分传统卤肉制品进行工艺配方的恢复。

3. 清真肉制品加工技术

技术使用烟熏液和低温热加工, 不仅保留了产品的嫩度和风味, 还避免产生致癌物质。产品适合少数民族消费者特殊的食用需求。

4. 适合特殊人群的肉制品加工技术

技术利用模拟脂肪加工技术已生产出肉制品脂肪含量小于 3%, 远低于一般肉制品 25%~30% 的脂肪含量。采用海藻肠加工技术生产的肉制品热量比同类香肠低 30% 以上, 特别适合糖尿病人食用, 同时选择添加可溶性、不可溶性、混合性成品膳食纤维块, 极大地简化了加工工艺。营养均衡汤品加工技术选取天然食材, 合理搭配营养, 不添加一般肉制品添加的食品添加剂, 生产出的汤品具有养颜补钙的功效。

5. 直投式高活性肉品发酵剂生产技术

用低成本生产出高活性的直投式干粉发酵剂产品, 用于发酵食品的生产, 显著提高了发酵食品的质量稳定性和安全性, 解决了发酵剂生产工业化和成本控制的关键技术。

第二节 食用油脂

据统计,目前世界油料产量已达 5 亿吨左右,从长远看,随着人口增长,市场对食用油、肉类和食品需求将会有较大幅度上升,从而将促使油料油脂产业进一步壮大。我国的油脂工业经过几十年的发展,在国家、地方、企事业单位的大力支持下,经过几代油脂科技工作者的不懈努力,引进消化吸收等一系列科技活动,使我国油脂工业的技术水平得到了极大的提高。20 世纪 90 年代开始,跨国公司在国内大规模建设油厂,制油技术和油脂精炼技术得到迅猛发展,特别是千吨级的生产线技术和装备达到国际先进水平。国内的科研院所和工程技术公司通过技术的消化吸收和再创新,已经掌握包括大豆、油菜籽脱皮技术,大豆膨化技术,负压蒸发汽提技术和油脂连续全精炼技术(包括超级脱胶、低温长混碱炼、软塔脱臭技术)以及生产过程 PLC 自动控制技术等先进技术,一些油脂加工设备达到或接近国际先进水平。

近年来随着对节能减排和加强环境法规呼声日益增强,迫使厂商尽可能采取新的技术手段,以降低加工过程能耗和废弃物;同时,由于对食用油脂质量要求越来越高,油品质量评价已从宏观指标(感官指标和质量稳定性指标)向微观指标深入,加工过程不再只重视制油效果,而更加重视对终产品各种成分影响。

一、油脂加工现状

1. 油料预处理、榨油技术现状

我国油料预处理、榨油技术已经基本完善,如我国成套的油料预处理、榨油设备技术水平已经和国际接轨,成套设备的工艺性能、消耗指标、设备寿命等已经很完善,特别是中小规模成套设备有一定的优势,如花生、油菜籽、棉籽、葵花籽等油料的预处理和榨油设备已经达到国际先进水平。油料预处理工艺新技术主要是大豆、油菜籽脱皮技术,棉籽剥壳、浓香花生油制取技术;关键装备的发展主要是大型预榨机、轧坯机、破碎机、清理筛、调质器、软化设备等的的发展。

通过几十年的发展,我国的大豆脱皮方法多种多样,主要有热脱皮、温脱皮、冷脱皮 3 种。冷脱皮工艺路线长,设备投资大,能源消耗高,但是大豆蛋白不发生变性,因此豆粕可以得到很好的开发利用;热脱皮设备投资少,工艺简单,能源消耗低,蛋白质变性程度高,豆粕主要用作饲料。20 世纪 90 年代末,美国皇冠公司和瑞士布勒公司推广的大豆热脱皮技术,在提高饲料蛋白质含量的同时,比原来冷脱皮技术降低了运行成本。我国已经有比较先进的各种大豆脱皮技术和设备。油菜籽含皮 15%~19%,其中含有 3%~6%的植物多酚和 2%~3%的植酸;菜籽油脱臭馏出物含有 5%~10%的维生素 E 和 12%~28%的甾醇等。加拿大、日本等发达国家通过对油菜籽精深加工增值已达 100%以上。而我国“双低”油菜籽的用途单一,加工技术与多元化开发严重滞后。我国油菜籽浸出制油后的饼粕蛋白质效价低。油菜籽脱皮技术有广泛的发展前景。我国已经将油菜籽脱皮设备应用于生产中,但其技术水平(如设备的工艺性能、能源消耗、寿命等)有待进一步提高。

油料预处理技术发展的基础是装备水平的提高。我国油料预处理主要装备的制造能力已经能够满足国内的基本需求。

我国生产的榨油机性能优良,特别是已经定型的 200 型和 202 型,不但能满足国内需求,而且出口多个国家。随着我国油料加工规模的迅速增大,大型油料压榨设备在国内需求日益增加,国内开发了大型榨油机,设备质量和性能良好。我国已经设计制造了用于压榨棕榈油的榨油机,并且出口马来西亚。为了满足冷榨工艺的需要,国内开发了双螺旋榨油机,双螺旋榨油机压力大,可以调节幅度大。膨化可以极大地增加产量,提高产品质量等,膨化技术在大豆、米糠的生产中得到应用。

2. 油脂浸出技术现状

我国的油脂浸出技术日趋完善,我国已经掌握了油脂浸出的主要关键技术,如各种形式的浸出器、蒸脱机、蒸发系统、尾气回收系统、溶剂回收系统、粕处理系统等。有些中小型油脂浸出设备完全可以满足世界各国对浸出设备的要求,并且有较大的价格优势,大型浸出设备的性价比在国际上也有较大优势。

我国油脂浸出工业技术主要是负压蒸发技术的开发,蒸脱过程中大豆尿素酶的控制,自动控制技术、膨化浸出技术以及生产规模的急剧增加使得大型装备得到迅速发展。

负压蒸发技术由于节能、大规模设备投资低、浸出毛油色泽好等特点,在我国制油工业中得到广泛应用。我国制油工业采用的负压蒸发技术从设备上分主要有两种形式:一种是通过蒸汽喷射泵产生真空;另一种是通过水环真空泵产生真空。从工艺上分有一蒸、二蒸和汽提全部采用负压,也有一蒸和汽提采用负压、二蒸采用常压的蒸发工艺。负压蒸发在我国制油工业中得到广泛应用,使制油工业节能取得满意的效果。

浸出装备主要有大型平转浸出器、环形浸出器、履带浸出器等,大型蒸脱机及配套设备,混合油过滤设备等。

近几年,环形浸出器和履带浸出器在国内的应用量逐步增加,特别是大规模生产线环形浸出器和履带浸出器具有明显的优势。同时,我国还开发研制了螺旋浸出器。湿粕蒸脱设备在国内经过几十年的发展已经日趋完善,高料层脱溶机、DT、DTDC、DTD 等各种形式的脱溶机得到很大的发展,技术水平得到极大的提高。由于不同养殖业用饲料对大豆粕尿素酶活性的要求不同,国内进行了大豆粕尿素酶活性控制技术的研究,通过在湿粕脱溶中控制蒸脱时间、温度、直接汽量、水分等就可以生产出不同尿素酶活性的大豆粕,该技术取得满意的效果并在国内得到应用。混合油分离设备在混合油的蒸发过程中具有重要意义,良好的混合油分离能够有效地降低混合油中的含杂量,提高蒸发效率,降低能源消耗,延长蒸发设备停机检修的周期,降低清洗费用。国内混合油分离主要有沉淀、盐水沉淀、卧式过滤筛网过滤和卧式叶片过滤机过滤形式,沉淀、盐水沉淀效率低,卧式过滤筛网过滤设备和卧式叶片过滤机设备体积大、投资大、运行费用较高。

尾气回收是浸出过程的重要环节。尾气排放量大,不仅污染环境,还增加溶剂消耗和危险程度。石蜡吸收的尾气回收技术在国内应用已经很多,企业一般采用 1 个吸收塔和 1 个解吸塔,有的生产线采用 2 个吸收塔,给浸出器单独增加 1 个吸收塔,在车间停蒸汽时,可防止蒸发系统的溶剂气体进入浸出器增加浸出系统的危险,减少溶剂消耗等。

3. 油脂精炼技术现状

我国的间歇精炼、半连续精炼、连续精炼等油脂精炼工艺和设备技术水平发展较快。

油脂精炼的主要设备——离心机在国内生产也得到发展,我国生产的中小型离心机分离性能稳定,价格低廉,在国内应用极为广泛。

大型的脱色过滤设备——叶片过滤机在国内发展非常迅速。目前,我国已经有多个厂家生产的叶片过滤机指标性能达到国际先进水平。考虑到油脂的色泽、烟点,高效的板式脱臭塔在国内应用较多。

根据脱臭过程对能源消耗和油品质量的需要,填料脱臭塔在国内得到广泛应用。填料脱臭塔能够减少脱臭时间,降低蒸汽消耗,减少反式脂肪酸的生成。

油脂连续精炼要使生产线稳定并使产品合格,自动化控制尤为重要。油脂精炼过程的自动化控制主要是对流量、液位、温度、压力、时间等的控制,国内中等规模以上的油脂精炼生产线具有自动化控制装置,可有效地为生产服务,满足生产需求。

二、油脂加工技术发展

1. 油料预处理追求工艺简化和效率提高、提质降损,适应大规模生产需要

油料预处理在整个制油工艺中具有越来越重要的地位,其重要性不仅在于改善油料结构性能从而直接影响出油率及设备处理能力和能耗等,还在于对各种油料成分产生作用而影响产品和副产品质量。因此,油脂行业一直着力探索新的预处理工艺,追求工艺简化和效率大幅提高;同时更加重视预处理物料结构性能和品质,并将其与终产品(毛油和粕)质量、精炼效能及综合利用等联系起来。现在预处理设备,尤其是一些关键设备,如组合清理与分级装置、轧胚机、预榨机、脱皮机、膨化成型机等,在不断提高质量前提下,产量大、消耗低并采用微机自控操作,保证预处理生产前后工段衔接,以适应油脂工业大规模发展需要。

(1) 脱皮(壳)处理

脱皮(壳)处理是获得高蛋白粕途径,也是降低成本、增加产品品种和产量,充分利用资源的有效方法。在生产低温食用粕和高蛋白饲料粕工艺中,脱皮(壳)是为了提高蛋白含量和减少纤维含量;在常规生产高温饲用粕工艺中,其目的是增加浸出设备处理量、降低粕残油率、减少能耗和提高浸出毛油质量。

油菜籽种皮约占全籽 15%,籽皮含 30% 以上粗纤维;另外,植酸、单宁、皂素、芥子碱等大部分都存于皮中。油菜籽脱皮可有效除去抗营养因子,提高饼粕质量,使菜籽粕蛋白含量提高到 45% 左右,成为可与大豆粕相媲美优质蛋白源。我国已开发利用剪切、挤压、搓碾等多种作用同时进行脱皮的油菜籽脱皮设备。整套脱皮线由脱皮机、仁皮分离机、风机、旋风分离器、分选筛及输送设备等组成。

(2) 膨化工艺

挤压膨化广泛用于油料入浸前处理,替代传统蒸炒和预榨,使加工成本大幅降低,是近年获得大规模应用一种新技术。料坯经膨化后颗粒容重比大豆生坯增大 50% 左右,因此可提高浸出产量 30%~40%。由于多孔性及油料细胞破坏彻底,浸出时溶剂渗透性大大增强,因此溶剂比可降至 0.65:1,混合油浓度可达 30% 以上,粕中残油率较低,一般在 1% 以下。膨化过程湿热作用可钝化酶类,因此减少浸出毛油中非水化磷脂,提高毛油质量,同时也提高油粕饲用价值。膨化工艺优点还表现在,可将轧坯厚度由 0.3mm 以下增加到 0.5~0.8mm,因此减轻辊面磨损程度,也相应延长轧辊使用寿命。

国外已将挤压膨化机作为油脂浸出厂标准设备,如果说 30 年前仅对中低含油原料进行膨化处理,而目前膨化技术已成功应用于各种油料。一般,针对大豆等中低含油量油料推广膨化直接浸出技术,要求最大单机处理量达 1000~1500t/d。在推广脱皮、膨化工艺时存在和需要解决问题是,由于油料经破碎、压坯膨化后油囊破裂,物料受热面积增加,加之在开路条件下生产,使油分挥发 0.4% 左右。另外,脱皮、膨化成粉状,由于子叶组织酥脆,增加粉末度,使出油率又降低 0.2% 左右。

(3) 酶法预处理

酶制剂预处理新工艺有望克服传统机械和湿热处理工艺局限性。酶法预处理适于多种油料,特别是高含油油料,一般使用纤维素酶、半纤维素酶、果胶酶、蛋白酶、淀粉酶等复合酶,在机械作用基础上进一步破坏细胞壁,使油脂释放更为完全。采用高水分酶法预处理所得料浆,可用离心法分离油和粕,简化工艺、提高设备处理能力;将低水分酶法预处理与传统直接浸出工艺相结合,有利于高油分油料制油。酶法工艺能耗相对较低,废水中 BOD 与 COD 值下降 35%~75%,主要瓶颈是酶的成本问题。

2. 环境法规日益加强,促使开发节能环保和油粕兼顾制油新技术

制油工业是一种机械装置大、能源消耗高的产业,大量热能消耗是业界长期存在的问题。同时,高温会使蛋白变性严重,油脂与饼粕蛋白不能兼顾,饼粕资源不能合理利用。另外,作为工业化浸出油脂传统溶剂,己烷是一种可破坏臭氧层挥发性有机物,且对工人健康也存在安全隐患。现在,油脂工业全自动控制工艺、预榨浸出制油工艺、挤压膨化浸出技术、混合油负压蒸发和二次蒸汽及余热利用技术、低温脱溶技术已经得到应用。同时,冷榨制油、混合溶剂浸出、新型溶剂浸出、水酶法制油、大型超临界流体浸出等工艺技术也有不同规模应用。

新型浸出溶剂主要指异己烷、正戊烷、液态烃(丁烷)和异丙醇等。异己烷毒性低、法规监管松、与现有制油工艺衔接/配套性好、可实现大规模生产。正戊烷、液态烃、异丙醇用于油脂浸出共同优点是环保效益高、能耗低、油粕蛋白变性低、优质油和粕兼得。目前有待在连续进料、逆流浸出、低温脱溶及溶剂高效回收等几方面取得突破。

3. 适度精炼技术与油脂稳态化和质量安全。

当前我国油脂精制过度加工趋势明显,既造成资源和能源浪费、加剧环境污染,又除去油中天然存在的绝大部分有益微量营养素,且还伴生出新的有害物。大力推广油脂适度精炼技术、加强有效精炼过程、减少精炼过程潜在副反应与副产物,是高效节本、提高油脂稳态化和质量安全的重要措施。油脂适度精炼贯穿于整个精炼过程。

(1) 脱胶

基于成本和环保考虑,发达国家正着力采用物理精炼取代化学精炼,其中脱胶是物理精炼关键步骤。化学精炼时,脱胶后有脱酸、脱色工序,可确保去尽残磷;在物理精炼时,如脱胶不好,则会影响终产品氧化稳定性和风味。新的脱胶工艺大致可分为添加剂法、酶法、膜法三大方法。

添加剂脱胶法:通常加入酸、碱、磷脂、EDTA 等。典型的有 Unilver 超级脱胶法、Vandemoortele 的 TOP 脱胶法、Tirtiaux 软脱胶法、DeSmet 的 IPAC 脱胶法、IPHR 的 ORP 脱胶法等。

酶法:酶法脱胶又称为 Enzymax 工艺,采用磷脂酶 A1(商品名 Lecitase Ultra)。大豆油酶法脱胶显著优点是,降低化学品消耗、油脂得率提高 1%、避免油中生育酚被破坏、脱臭

馏出物增值,节约用水 60%。但规模化连续操作困难。

膜法:超滤和微滤膜技术系最具前景的油脂精炼技术,即采用疏水性聚酰亚胺复合膜,在无溶剂系统中对大豆油进行脱胶,经一次膜过滤,磷脂浓度可显著降低,尚须进一步提高过滤流速。

(2)脱酸

为克服化学精炼时皂脚、废水量大等缺点,现已开发新的脱酸方法。改进长混工艺:长混工艺是大豆油标准碱炼方法,将长混工艺应用于低酸价毛油碱炼,由于油中含磷脂和皂量少,可不经水洗,残皂可由硅胶吸附脱去。此法又称无水洗脱酸工艺,对其后脱色工序也有利,脱色时减少活性白土使用量。氢氧化钾工艺:碱炼时将传统工艺采用的氢氧化钠改为氢氧化钾,得到钾皂可用作肥料;同时将脱酸废水经氨或氢氧化铵处理,可成为 N-P-K 液体营养肥料。

(3)脱色

脱色方法主要是减少白土耗用量。方法一是采用多步脱色,如使用两步甚至三步填料塔脱色(如 Unliever 和 WEF 工艺)和全逆流脱色法(如 Ohmi 工艺);但实际上主要采用废白土预脱色(如 De Smet),此法先让碱炼油预先通过已填满一次脱色废白土的过滤机,再经正常脱色操作,白土消耗量可省一半。方法二是采用 TRICLEAQ 工艺,在加白土前,使用对磷脂、皂和微量金属具有很强吸附效果的硅胶 TriSyl 吸附,然后再进行白土脱色,这样碱炼油不必经水洗干燥,可节约活性白土 50%~70%,并可延长过滤时间,减少滤饼废弃物处理量,降低油分损失。方法三是利用细粒活性白土脱色,对脱色后油/白土体系施以电压,使粒径小于 $10\mu\text{m}$ 细粒白土得以凝集,并容易过滤,提高色素吸附能力,减少白土用量。

(4)脱臭

脱臭过程生产成本很高,同时,与其他精炼单元工序相比,脱臭工序与油脂质量安全控制关系最密切,脱臭不当对油品影响主要体现在两个方面:一是油中天然生育酚、甾醇大量损失,稳定性低,储藏时易回色回味,低温出现浑浊;二是异构化油脂增加,如反式酸、氧化甾醇衍生物、3-MCPD—酯等。新的高效脱臭塔如新型脱臭组合塔已在市场销售,可实施高效汽提和高效热量回收,显著降低生产成本。

De smet 的 Multstock 工艺解决连续脱臭工艺问题,更换油品几乎无污染,一天可更换 20 多次油品。新的脱臭工艺技术:脱臭过程中所有关键步骤(脱气、热量回收、最后加热、汽提脱臭、最终冷却和蒸汽清洗)都组合在一个专门、单一容器中进行,从而减少安装成本和对空间及建筑物占用;联用高效板式热交换器减少能耗;以屏蔽泵取代机械密封泵,免除高温下空气对油品损害;采用真空冷冻系统减少能耗及流出物排放。

4. 创新开发新型油脂产品,树立科学消费观念,满足人们健康生活需要

植物油目前主要用途是作为小包装食用油、餐饮用油、食品专用油脂。当今,在注重质量安全同时,食用油产品正在向多样化、健康化发展,其内涵不断得以丰富,以满足消费者不断增强的个性化需求。

(1)以廉价大宗植物油为基料油,开发不同结构功能性油脂产品,是当前油脂加工发展一个重要内容,目前,国际上已商业化开发成功十几种此类产品。以甘油二酯(DAG)为例,其在人体内具有不积累和低能量特性,且与天然植物油通用性好。

(2)长链多不饱和脂肪酸 DHA、EPA、ARA 对大脑、眼睛和心血管等健康有积极作用,