



普通高等教育“十二五”规划教材
粮油类专业教材系列

粮油副产品 加工技术

© 王俊国 杨玉民 主编



 科学出版社



普通高等教育“十二五”规划教材
粮油类专业教材系列

粮食工程原理

粮食食品卫生与安全

谷物加工操作技术—原料及原料的处理（第一分册）

谷物加工操作技术—制米与大米后处理技术（第二分册）

谷物加工操作技术—制粉与面粉处理技术（第三分册）

淀粉加工技术

淀粉制品生产技术

米面制品加工技术

专用粉生产技术

通风与物料输送技术

粮食加工厂设计与安装

饲料加工技术

饲料检验技术

饲料原料与配方技术

油脂加工技术

油脂生产工艺

粮油副产品加工技术

粮油储藏技术

粮油饲检测技术

粮油品质检验实验指导书

粮油食品检验技术

粮食害虫防治

粮油网络营销与推销实务

粮食加工企业经营与管理

粮食加工厂自动控制

粮食工程专业英语

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-031300-3



9 787030 313003 >

食品、生物类专业编辑部
联系电话：010-62135235
e-mail: shenly@abook.cn

销售分类建议：食品类/生物类/农产品加工（VP04）

定价：28.00 元

普通高等教育“十二五”规划教材

粮油类专业教材系列

粮油副产品加工技术

王俊国 杨玉民 主编

王苏闽 魏贞伟 韩 丹 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书涉及内容包括：谷物副产品加工技术和油料油脂副产品加工技术两部分。主要介绍有关工艺操作及要点，并介绍了必要的原理和基础理论知识，力求做到以“够用、实用”为目的。具体讲述如下内容：稻壳的理化特性；稻壳的综合利用；碎米的综合利用；米糠的综合利用；麸皮的综合利用；麦胚的综合利用；玉米胚的综合利用；玉米皮的综合利用；油料皮壳的利用；油脂精炼副产品的利用；饼粕的利用；废白土的利用；其他副产品的利用等。

本书可作为普通院校相关专业教材使用，也可作为粮油加工企业从业人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

粮油副产品加工技术/王俊国, 杨玉民主编. —北京: 科学出版社, 2012
(普通高等教育“十二五”规划教材·粮油类专业教材系列)
ISBN 978-7-03-031300-3

I. ①粮… II. ①王… ②杨… III. ①粮食副产品-加工-高等学校-教材
②食用油脂工业-副产品-加工-高等学校-教材 IV. ①TS210.9②TS229

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 033358 号

责任编辑: 周 恢 / 责任校对: 马英菊
责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 东方人华平面设计部

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏 杰 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 3 月 第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 3 月 第一次印刷 印张: 16 1/2

字数: 382 000

定价: 28.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈骏杰〉)

销售部门电话 010-62134988 编辑部电话 010-62135235 (VP04)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

按照教育部《关于全面提高高等职业教育质量的若干意见》中提出的“加大课程建设与改革的力度,增强学生的职业能力”的要求,为适应我国职业教育课程改革的发展趋势,达到学以致用、培养职业技能型人才的目的。根据粮油类专业教材系列编写的原则,教材内容重点突出实践性内容,适当阐述基本原理和必要的基本理论,把学生应用能力的培养融汇于教材之中。因此,本书在编写过程中力求理论够用、实践应用为主的原则,以满足实际生产的需要。

粮油加工是传统加工产业,近年来,在技术和设备方面得到了长足的发展,为提高产品附加值,增加企业经济效益,粮油行业不断进行技术革新和新产品开发,特别在粮油副产品综合利用方面,取得了一批新成果,使企业综合效益得到了明显提高。进入21世纪,我国在节能减排、保护环境、降低污染、节约能源等方面加大了科技投入,并在政策上给予了一定的支持,因此,大力推进粮油副产品综合利用,具有重要的意义。为适应粮油企业的发展需要,培养市场需求的高技能型人才,由科学出版社组织编写了本书。

本书涉及内容包括:谷物副产品加工技术和油料油脂副产品加工技术两部分。在教材编写上以典型工艺为主线,主要介绍工艺操作及要点,并介绍了必要的原理和基础理论知识,力求做到以“够用、实用”为目的。具体讲述如下内容:稻壳的理化特性、稻壳的综合利用、碎米的综合利用、米糠的综合利用、麸皮的综合利用、麦胚的综合利用、玉米胚的综合利用、玉米皮的综合利用、油料皮壳的利用、油脂精炼副产品的利用、饼粕的利用、废白土的利用、其他副产品的利用等。

本书由吉林工商学院王俊国、杨玉民担任主编,江苏财经职业技术学院王苏闽、吉林工商学院魏贞伟和韩丹担任副主编,魏贞伟绘制了书中部分插图,全书由王俊国制定编写提纲并进行统稿。编写分工:第一、二、三章由杨玉民编写,第四章由王俊国、魏贞伟编写,第五章由王苏闽编写,第六章由王俊国、韩丹编写。

本书经教育部高等学校高职高专食品类专业教学委员会粮油分会审定。在编写过程中,得到了河南工业大学梁少华教授、东北农业大学于殿宇教授的大力支持和帮助,在编写过程中,参考了大量文献、资料,在此,谨代表本书编写人员对提供支持和帮助的同仁表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中的错误和不妥之处敬请批评指正。

目 录

前言

上篇 谷物副产品加工技术

第一章 稻谷加工副产物综合利用	3
第一节 稻壳的利用	4
第二节 米糠的利用	22
第三节 碎米的利用	41
第四节 米胚芽的利用	47
第二章 小麦加工副产品综合利用	52
第一节 小麦麸皮与次粉的利用	52
第二节 小麦胚芽的利用	63
第三章 玉米加工副产品综合利用	81
第一节 概述	81
第二节 浸泡液的综合利用	88
第三节 麸质粉的综合利用	94
第四节 玉米胚芽的综合利用	99
第五节 玉米皮的综合利用	103
第六节 玉米酒精糟液的综合利用	107
第七节 二氧化碳的回收与利用	113

下篇 油料油脂副产品加工技术

第四章 油料皮壳的利用	121
第一节 糠醛的生产	121
第二节 活性炭的生产	129
第三节 大豆膳食纤维的生产	132
第四节 木糖和木糖醇的生产	134
第五章 油脂精炼副产品的利用	138
第一节 磷脂的生产及应用	138
第二节 皂脚脂肪酸的生产及应用	153
第三节 谷维素的生产及应用	171
第四节 棉酚的生产及应用	183

第五节	蜡脂的生产及应用	189
第六节	甾醇及生育酚的生产及应用	199
第七节	肥皂的生产及应用	206
第八节	油脂脱色废白土的应用	210
第九节	生物柴油的生产	213
第十节	天然维生素 E 的生产	216
第六章	饼粕的利用	219
第一节	大豆蛋白的生产	219
第二节	花生蛋白粉的生产	233
第三节	植酸钙和肌醇的生产	236
第四节	大豆皂苷及异黄酮的生产	243
第五节	大豆低聚糖的生产	246
第六节	饼粕饲料的生产	248
第七节	可食性蛋白膜的生产	251
第八节	纺织用大豆蛋白纤维的生产	253
主要参考文献		256

上篇 谷物副产品加工技术

第一章 稻谷加工副产物综合利用

在稻谷制米过程中，除得到成品大米外，还将获得稻壳、米糠、米胚和碎米等副产品。这些副产品均含有较丰富的营养物质、多种微量元素和生物活性物质，通过机械、化学、生物等加工方法，将副产品中的功效成分加以分离提纯后制成各种新产品，既可以增加稻谷加工品种，延长稻谷加工产业链条，还可以提高稻谷资源利用率和产品附加值，在降低生产成本的同时，实现经济效益的最大化。因此，积极开展副产品综合利用，对于稻谷加工行业来说意义重大。

目前，我国稻谷加工副产品的主要开发途径如图 1.1 所示。

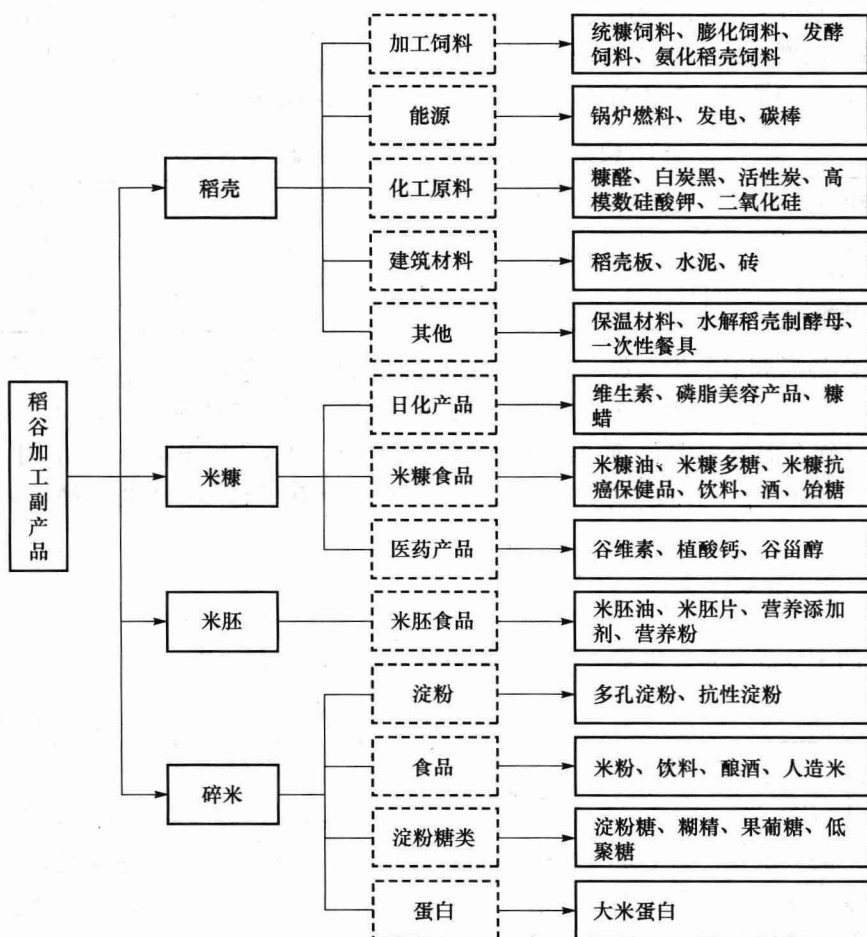


图 1.1 稻谷加工副产品开发途径

第一节 稻壳的利用

稻壳又名砻糠、毛糠或大糠，约占稻谷重量的 20%，我国每年的拥有量在 3500 万 t 以上，是一种量大、面广、价廉的可再生资源。稻壳坚韧粗糙，磨磋性强，木质化程度高，营养价值低。以往我国除少量稻壳用于饲料外，绝大部分稻壳未加以利用。目前，随着研究的深入，对稻壳的开发利用已相当广泛，除用于锅炉燃烧、能源发电和生产燃料棒、板材外，还用于生产糠醛、白炭黑、活性炭和高模数硅酸钾等化工产品。

一、稻壳的理化特性

(一) 稻壳的物理特性

稻壳由内颖及较大的外颖组成，内外颖通过两个钩状结构彼此连接，起保护糙米的作用。稻壳长 5~10mm、宽 2.5~5mm、厚 25~30 μ m，外表粗糙且不规则，其容重、密度和悬浮速度都比稻谷、糙米轻得多（表 1.1）。由于稻壳单位重量体积大、密度小、质地粗糙、流动性差（静止角 35°），因而不便于机械输送和堆放。

表 1.1 稻壳、稻谷、糙米的容重、密度和悬浮速度

物料名称	容重/(g/L)	密度/(g/cm ³)	悬浮速度/(m/s)
稻壳	96~160	0.2	2~3
稻谷	560~580	1.10~1.22	8~10
糙米	780~800	1.36~1.48	9~12

稻壳燃烧后剩下的稻壳灰一般为稻壳质量的 20%。稻壳灰的主要成分是二氧化硅，含量高达 87%~97%。稻壳灰的容重为 200~400kg/m³，相对密度为 2.14，热导系数为 0.062（碎石棉为 0.041，矿棉为 0.030，软木为 0.028），稻壳灰有较大的比表面积，通常为 50~60m²/g，有时可高达 100m²/g，稻壳中硅含量越高，则越坚硬，耐磨性能也越强。

(二) 稻壳的化学成分

稻壳的主要成分是纤维素、木质素和多缩戊糖等，见表 1.2。

表 1.2 稻壳的化学成分

单位：%

成分	水分	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	多缩戊糖	木质素	灰分
含量	7.5~15	2.5~3.0	0.04~1.7	35.5~45.0	16.0~22.0	21.0~26.0	13.0~22.0

稻壳中的碳水化合物主要有纤维素和半纤维素，半纤维素是一种木聚糖，主要为多缩戊糖，木聚糖可水解生成木糖。稻壳中不含淀粉，含 20%~22%的半纤维素。木质素是由半纤维素化合而成。稻壳中粗蛋白平均含量一般在 3%左右，粗脂肪平均含量一般在 1%左右。

稻壳中主要维生素的品种与含量见表 1.3。

表 1.3 稻壳中主要维生素品种与含量

单位: $\mu\text{g/g}$

名 称	含 量	名 称	含 量
硫胺素 B_1	1.11 (0.84~1.350)	尼克酸	1.86 (1.40~2.51)
核黄素 B_2	0.76 (0.62~0.93)	—	—

稻壳中无机物质组成见表 1.4。

表 1.4 稻壳灰中元素含量

单位: % (质量分数)

稻壳产地	K	Na	Cu	Mg	Fe	P	Mn	Zn
美国 ^①	0.73	0.02	0.08	0.04	—	0.04	—	—
西班牙 ^②	0.18	0.01	0.15	0.04	0.01	—	0.01	0.001

① 含水分的稻壳。

② 干基。

稻壳中灰分含量很高,其主要成分是二氧化硅,稻壳的灰分组成见表 1.5。

表 1.5 稻壳灰分组成

单位: %

名 称	范 围	名 称	范 围
SiO_2	86.9~97.3	Fe_2O_3	0.0~0.54
K_2O	0.58~2.5	P_2O_5	0.2~2.85
Na_2O	0.0~1.75	SO_2	0.1~1.13
CaO	0.2~1.5	Cl	0.0~0.42
MgO	0.12~1.96	—	—

稻壳中二氧化硅的一般含量为 94%~96%,若灰分中二氧化硅含量小于 90%,可能是由于稻壳中混有了其他一些低硅含量物质所致。

稻壳含可燃物约为 83%,具有较好的燃烧性质,其发热值约为 12558kJ/kg。稻壳燃烧失去有机物质后,剩下的稻壳灰一般为稻壳量的 20%左右。

由于稻壳的堆积密度小,体积大,因而碾米厂应对其及时处理,否则,不仅影响生产和环境卫生,而且堆放过久易引起自燃,有发生火灾的危险。

二、稻壳在工业领域的应用

(一) 加工饲料

1. 统糠饲料

将 70%~80%的稻壳粉与米糠混合均匀,即成为统糠饲料。统糠饲料的营养价值取决于加入米糠的比例,米糠的比例大,营养价值就高,反之,营养价值就低,稻壳粉在统糠饲料中只起填充物的作用。

2. 膨化饲料

由于稻壳的饲用营养成分含量很低,再加上稻壳表面木质素排列整齐密实,将粗纤维紧紧包围住,因而动物吃了不易消化,总消化率只能达到 5%~8%。为此,可将稻

壳进行膨化处理，使其纤维组织完全溃散成膨松状态，并使紧紧包围在纤维素外面的木质素全部被撕裂而脱落。这种立体组织之间很容易含水，最大含水量可达 415%。由于吸水性提高，各种营养成分的溶水机会也增多，故易被畜禽消化吸收，总消化率达 17%~20%。国外的研究表明，膨化稻壳喂牛后的排出量是 70%~80%，与稻草的排出量相当，因而其完全可以替代稻草作为牛饲料。

膨化稻壳的常用方法有以下几种：

(1) 将稻壳放入密闭容器中，边从外部加热边压缩，使内部压力上升，然后迅速解除内部压力，恢复常压。

(2) 将稻壳放入密闭容器中，从外部加热使内部压力上升，或从外部直接接入热源（如压入蒸汽或热空气），使内部温度和压力上升，然后迅速解除压力。

(3) 将稻壳在特定温度下加热压缩或只加压压缩，利用水分蒸煮稻壳，使稻壳发生强烈摩擦，然后迅速解除压力。

膨化处理时，稻壳水分含量一般为 10%~60%，最好是 30%~50%。如水分含量不足 10%，在压缩时稻壳易蒸煮不透或发生炭化或在急剧解除压力后膨化不彻底；如水分含量高于 60%，则稻壳的膨化温度难以控制，影响膨化效果。稻壳加热可采用多种方法，如蒸汽加热、电加热、燃烧加热和电子加热等，也可直接利用压缩时的机械摩擦热进行加热。无论哪种加热方法，加热温度均应在 150℃ 以上，最好在 200~300℃ 之间（该温度下的蒸汽压力为 1.5~8.7 MPa）。稻壳边加热边压缩时，加压的时间因温度不同而异，在 200~300℃ 时为 5~20s，然后立刻解除压力。这种膨胀力能使稻壳膨胀软化，成为松软的网片状。

生产实例：取稻壳（水分 12%）500kg，加水 150kg，搅拌润湿后以 5kg/min 的流量连续投入电加热到 200~230℃ 的密闭型膨化装置中，以平均压力 1.5 MPa 压缩 10s 左右后，急速解除压力，即可得到膨化稻壳 500kg（水分约 12%）。

膨化稻壳可直接与配合饲料使用，也可与其他畜禽饲料配合使用，膨化稻壳在其他饲料中的混合量应控制在 50% 以下，以 15%~20% 为宜。

3. 稻壳发酵饲料

稻壳发酵饲料是在以稻壳为主的原料中，添加适量的米糠、纤维素分解酶、种曲和无机氮化合物（磷酸铵等），经过发酵糖化而成的一种含高蛋白和高碳水化合物的新型饲料，它的生产工艺简单，成本低廉，不仅适口性好、增重快，而且既适用于饲养反刍动物，也可作为猪、鸡饲料的原料。稻壳发酵饲料的生产工艺流程如下：



生产实例：将 100kg 稻壳粉碎，添加米糠 20kg、磷酸氢铵 3kg、水 30kg、种曲 50g（酿造白酒用种曲）和纤维素酶 100g，充分混合拌匀，然后置于 30℃ 温度下培养 48h，便得到 145kg 的发酵饲料。

4. 稻壳氨化

稻壳氨化是在稻壳中引进含氮基团，在一定的温度和压力下反应一段时间，通过搅动拌合，氮经过化学反应被固定在稻壳上，从而获得组织柔软、含氮量高的稻壳，稻壳中的组分（主要是纤维素类物质）通过氨化，可提高稻壳的含氮量、消化率和营养价值。

目前，稻壳氨化的工业化生产方法有三种：一是在室温条件下直接用氨水处理；二是在催化剂参与下，将稻壳加热到 170~180℃ 后，再通氨气于 1.7~1.8MPa 压力下进行氨化；三是先用亚氯酸钠对稻壳进行氧化处理，再进行氨化处理。三种方法比较，方法一简单易行，投资小，但花费时间较多，方法二和方法三制备的氨化稻壳具有较高的消化率和营养价值，所需的氨化时间也较短，但所需设备较多。氨化稻壳可作为牛、羊的饲料，但用量不得超过 20%，否则将产生毒性。

5. 稻壳浓缩饲料

利用稻壳作为蘑菇菌的培养基，在栽培蘑菇的同时，使培养基富化，稻壳的营养价值和消化率也随着明显提高。由此，富化了的稻壳可加工成浓缩饲料。

工艺方法：稻壳粉碎后，添加少量石灰氮（ CaCN_2 ）和适量清水，搅拌均匀，放入料仓发酵 5~10d，然后在这种发酵过的稻壳混合物中，添加米糠、玉米麸皮等糠皮，少量腐殖酸和适量清水，充分搅拌均匀，再置于温度 120℃ 蒸汽锅中灭菌 1h，以减少杂菌污染。糠皮和水的添加量分别为稻壳重量的 10% 和 70%，腐殖酸的添加量通常是加水量的 0.1%~1.0%。把这种经过灭菌处理的稻壳混合物作为培养基来接种蘑菇菌，在适宜的温度、湿度条件下，蘑菇菌迅速生长繁殖，同时使培养基明显富化，培养基的不消化物质被分解、代谢，其营养价值和消化率得以显著提高，这样便把稻壳加工成了消化率高达 80% 的畜禽浓缩饲料。

6. 颗粒饲料

用制粒机将稻壳粉制成颗粒状混合饲料，不仅家畜容易摄食，而且也便于稻壳的使用、运输和管理。

工艺方法：将稻壳粉（85%，质量分数）和蜂蜜（7.5%）和水（7.5%）搅拌混合后，送入制粒机中制粒，经冷却、过筛后，即得直径 8mm，长 7~20mm 的圆柱形颗粒饲料成品。

7. 水解制饲料酵母

利用味精厂的酸性废水水解稻壳灰，可以制取酵母，其主要生产工序为

摇瓶培养 → 扩大培养 → 再扩大培养

工艺方法：

(1) 将稻壳灰与酸性废水按 5 : 100 混合，于 120℃ 下水解 1h，过滤，上清液即为

5%稻壳灰水解液。

(2) 在 500mL 角瓶中装入摇瓶培养基 (由 5%稻壳灰水解液 6 份, 碱性废水 1 份组成, 调 pH 为 3.2, 不需灭菌) 40mL, 接入酵母 I 号、Ⅲ号菌株, 在 30℃、pH3.2 条件下振荡培养 22h, 酵母湿菌体收率可达 3.95%, 作 200L 罐的种子用。

(3) 在 200L 种子罐中装入种子培养基 (与摇瓶培养基相同) 1200L, 接入湿株酵母 (接种量为 0.05%), 在 pH3.2、温度 32℃、通风量 1:0.8 的条件下培养 18~20h, 湿酵母收率达 48g/L, 作为 1500L 罐的种子用。

(4) 在 1500L 罐中装入酵母生产培养基 930L (酵母生产培养基由 5%稻壳粉水解液 6 份, 碱性废液 1 份组成, 装液量 930L, 添加 0.05~0.08 工业磷酸补充酵母生长磷源, 调 pH 为 3.2, 不灭菌), 接入 0.5%的酵母泥, 在 30℃、pH3.2, 通风量 1:1.1 的条件下, 培养 11~14h, 酵母收率为 17.8~19.3g/L (干物质), 平均为 18.9g/L。

此法的生产周期短、酵母产率高、工艺设备简单、成本低廉, 不仅处理了废水, 化害为利, 而且还节省了大量盐酸。此外, 稻壳水解后的大量残渣晒干后还可作燃料, 故颇有推广价值。

在欧美一些国家, 稻壳是制取饲料酵母的重要原料, 其年产量在数万 t 以上, 前苏联甚至达到 120 万 t, 但目前我国用稻壳生产饲料酵母的数量不大。

(二) 制取化工原料

稻壳经水解可以得到木糖、糠醛, 进一步水解可制取酒精或乙酰丙酸, 综合利用还可获得醋酸钠、硅酸钠、活性炭、植物激素等。由糠醛出发, 可制取合成树脂、涂料、农药和医药等所需的多种化工原料 (图 1.2)。

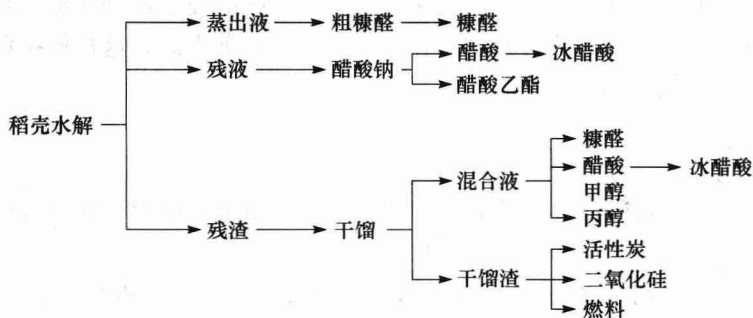


图 1.2 稻壳水解生成的化工原料

稻壳干馏后, 除了可从馏出液中制取糠醛等数种化工原料外, 燃烧后的稻壳灰中还含有大量的二氧化硅, 可用来制取二氧化硅、硅酸钠 (水玻璃) 等多种化工产品 (图 1.3)。

1. 制取糠醛和糠醇

对稻壳深度水解即可获得糠醛。糠醇则以糠醛为原料, 在铜、镉、钙等催化剂作用下, 经加氢还原而获得。糠醛和糠醇是迄今为止无法用石油化工原料合成而只能采用农作物纤维废料生产的两种有机化工产品, 它们的理化性质、用途及制取方法参见第四章。

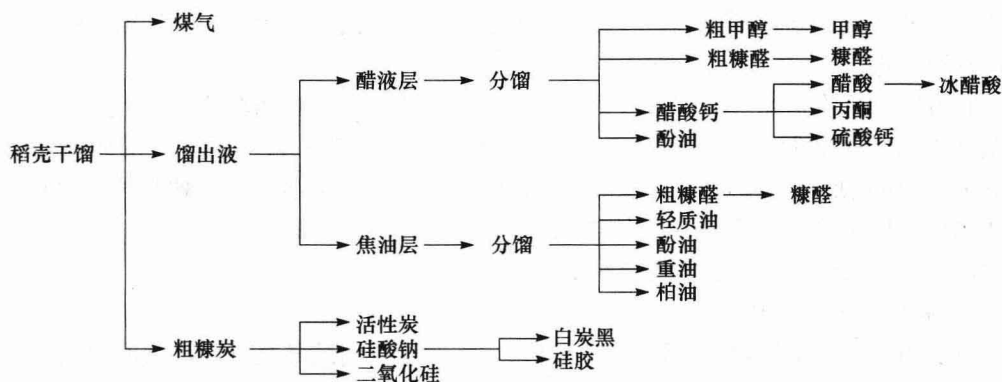


图 1.3 稻壳干馏生成的化工原料

2. 制取木糖和木糖醇

木糖是单糖的一种，但与日常食用的葡萄糖和果糖不同，它不能为人体提供热量，因而在食品、饮料中，作为无热量甜味剂，适用于肥胖及糖尿病患者。木糖以木聚糖的形式广泛存在于植物半纤维素中，用酸或酶降解木聚糖可获得木糖。木糖醇则以木糖为原料，经催化加氢、浓缩、结晶、离心分离、干燥等过程而获得。木糖与木糖醇在食品、医药、化工、皮革、染料等行业有着广泛的用途，木糖及木糖醇的性质、用途及制取方法参见第四章。

3. 制备二氧化硅系列产品

1) 制取白炭黑

二氧化硅是橡胶、塑料、油漆、油墨、造纸、农药及牙膏等行业不可缺少的优良助剂，特别是在橡胶工业中，二氧化硅已取代炭黑，成为最佳的增强补充剂，因而二氧化硅也被称为白炭黑。

白炭黑的化学名称为无定形水合二氧化硅，是一种重要的化工产品，由于其具有补强性、分散性等多种性能，因此被广泛地应用于精细陶瓷、光导纤维、太阳能电池、制鞋、橡胶、塑料、乳胶、涂料、农药、消防、电镀、牙膏、造纸、树脂、化妆品、医药及食品等工业领域。例如，高纯的白炭黑是 SiTiO_3 晶界层电容器材料的助烧结剂，多孔的高纯白炭黑可作为某些发光材料的载体，白炭黑还可作为制造高纯硅溶胶的原料。随着现代电子工业的发展，对高纯白炭黑的需求将日益增加。

稻壳灰的主要成分为二氧化硅 (SiO_2)，其他矿物质杂质很少，尤其是放射性元素铀 (U) 和钍 (Th) 的含量特别低，因而稻壳灰是生产精细化工产品白炭黑和水玻璃的理想原料。

国内外关于用稻壳及稻壳灰制备白炭黑的研究报道较多，大致可分为气相法和沉淀法两类。气相法白炭黑的主要原料是四氯化硅 (SiCl_4)，是将四氯化硅 (SiCl_4) 气体在氢气、氧气流中于高温下水解而制得。气相法由于设备要求高，成本高而限制了其应用范围，故目前关于白炭黑的工业化生产可行性研究大多采用传统的沉淀法。即首先将稻