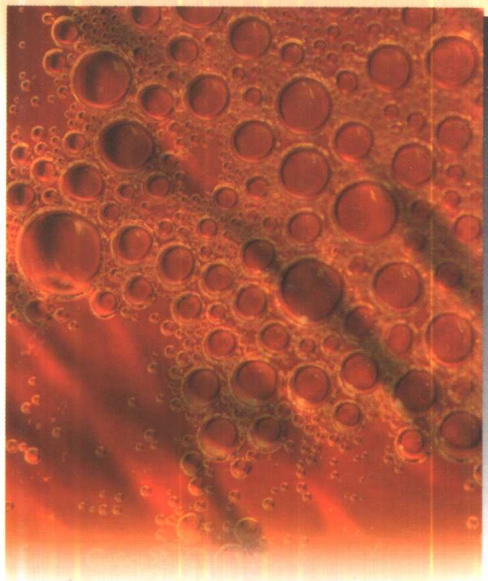


环境工程
实用技术丛书

HUANJIANG GONGCHENG SHIYONG JISHU CONGSHU

食品工业 废水处理

唐受印 戴友芝 刘忠义 周作明 等编



化学工业出版社 环境科学与工程出版中心



环境工程实用技术丛书

食品工业废水处理

唐受印 戴友芝 刘忠义 周作明 等编

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

食品工业废水处理/唐受印等编. —北京: 化学工业出版社, 2001.5

(环境工程实用技术丛书)

ISBN 7-5025-3221-8

I. 食… I. 唐… III. 食品工业-废水处理
IV. X792

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 17559 号

环境工程实用技术丛书

食品工业废水处理

唐受印 戴友芝 刘忠义 周作明 等编

责任编辑: 管德存

责任校对: 马燕珠

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行

环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 275 千字

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—5000

ISBN 7-5025-3221-8/X·96

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

近 20 年来,我国食品工业尤其是乡镇食品工业快速发展,极大地促进了社会经济的增长和人民生活质量的提高,但在一段时期里,点多、面广、量大的食品工业废水直接排放,对水环境也造成了巨大压力,成为主要的水污染源之一。食品工业废水一般含高浓度有机物,在技术和经济上治理难度较大,全面实现治理达标排放或回用的任务很重,亟需提供技术支持,为此,我们组织编写了《食品工业废水处理》一书。

食品工业是最大的工业部门之一,包括了许多与饮食有关的行业,我们选择了 11 个主要的食品行业,包括淀粉、食糖、饮料、罐头、肉类、水产、酿酒、米面制品、乳制品、大豆制品、发酵调味品等,介绍了每种(类)食品的生产工艺、废水来源与排放特性,水质水量,主要的处理工艺,国内外工程应用实例,废水回收利用技术等内容。资料丰富,实用性强。对性质相近的其他工业废水的处理也有参考价值。

本书由唐受印、戴友芝二位教授统编并编写第 1、8 章,参加编写的有刘忠义副教授(第 5、6、11 章)、周作明(第 7、12 章)、陈颖(第 9、10 章)、荆国华(第 2 章)、石璐(第 3 章)、易辰俞(第 4 章),葛飞、黄明、肖利平、刘林、胡洪文、许俊伟、张德虹、刘岚、杨文辉也参加了部分工作。

因编写人员学术水平和实践经验所限、时间仓促,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2001.3

内 容 提 要

本书全面介绍了十一类食品的生产废水处理技术,涉及淀粉、食糖、饮料、罐头、肉类、水产、酿酒、米面制品、乳制品、大豆制品、发酵调味品等主要食品行业,包括每类(种)食品的生产工艺简介,废水来源与排放特性,水质水量、主要的废水处理工艺,国内外工程应用实例,废水回收利用技术等内容。内容完整,资料丰富,实用性强。

本书可供食品、水处理、环境保护等行业的广大工程技术人员、管理人员和相关专业的高校师生参考。

目 录

1 导论	1
1.1 食品工业废水分类及其特性	1
1.2 食品工业废水排放标准	3
1.3 食品工业废水的处理方法	9
1.4 高浓度食品工业废水综合利用	22
参考文献	25
2 淀粉工业生产废水	26
2.1 淀粉生产废水处理	26
2.2 淀粉糖工业废水治理	45
2.3 变性淀粉生产废水治理	50
参考文献	53
3 米面制品生产废水	56
3.1 米面制品的分类及其加工过程	56
3.2 废水来源与特性	57
3.3 废水处理工艺	58
参考文献	70
4 食糖生产废水	71
4.1 甘蔗糖生产废水及其治理	71
4.2 甜菜糖生产废水及其治理	84
参考文献	98
5 乳制品生产废水	100
5.1 乳制品生产工艺简介	100
5.2 废水水质水量	101
5.3 乳品废水治理技术	102
参考文献	110
6 大豆制品生产废水	112
6.1 豆腐生产废水的治理	112

6.2	豆奶粉废水的治理	120
6.3	腐乳生产废水的治理	123
6.4	豆制品废水处理的其他技术	127
	参考文献	131
7	饮料生产废水	134
7.1	碳酸饮料生产废水治理	134
7.2	果蔬汁饮料生产废水治理	146
	参考文献	150
8	罐头生产废水	151
8.1	罐头生产工艺	151
8.2	废水的水量与水质	153
8.3	罐头生产废水的处理技术	158
	参考文献	169
9	肉类加工废水	170
9.1	肉类加工工艺简介及废水来源	170
9.2	肉类加工废水的水质水量	171
9.3	肉类加工废水的处理	176
	参考文献	205
10	水产品加工废水	206
10.1	水产品加工工艺简介	206
10.2	废水主要来源及水质水量	208
10.3	水产品加工废水的治理	210
	参考文献	217
11	发酵调味品生产废水	218
11.1	酱油生产废水的治理	218
11.2	柠檬酸生产废水的治理	224
11.3	味精生产废水的治理	230
	参考文献	247
12	酿酒工业废水	250
12.1	白酒生产废水治理	251
12.2	啤酒生产废水治理	256
12.3	酒精生产废水治理	282
12.4	黄酒生产废水治理	300

12.5 果酒生产废水治理	304
参考文献	309

1 导 论

1.1 食品工业废水分类及其特性

食品工业是以农、牧、渔、林业产品为主要原料进行加工的工业。食品工业作为我国经济高速增长中的低投入高效益产业近年来得到迅速发展,对促进经济增长和人民生活水平的提高以及充分利用资源起着十分重要的作用。

食品工业包括许多与饮食有关的行业,有不同的分类方法。若按所用原料分类,可分为:肉与肉制品工业;禽蛋加工工业;水产品加工工业;制糖工业;水果蔬菜加工工业;粮食加工工业;淀粉工业;食用油脂工业;乳制品工业;含酒精饮料工业;无酒精饮料工业;调味品及添加剂工业等。

食品加工过程中有大量副产物和废弃物产生。例如制糖工业,生产每吨食糖需用甜菜或甘蔗 9~10t;每吨酒精需用粮食 3~3.3t;每吨味精需用淀粉 3~4t;每吨淀粉需用玉米 1.7~1.9t 等等,大量的未进入产品的原料(约 30%~50%)最后成为副产物和废弃物。因此,随着食品工业产量的增加,消耗的农产品量也增加,产生的副产物和废弃物量也增加。这些副产物大多可作为农田肥料,有的则是富含营养物质的饲料,如果合理利用,可节约资源并促进农副业的发展,如果不加利用或利用不好,就将成为主要的环境污染源。

食品加工业都是以水作为工业用水和清洗用水。用水量很大,废水排放量也很大。例如,生产每吨糖耗水 150t;每吨啤酒耗水 35t;每吨罐头耗水 100t;每吨味精耗水 1000t;每吨饮料耗水 100t;每吨酒精耗水 200t 等等。

食品工业废水主要来源于三个生产工段。

(1) 原料清洗工段 大量砂土杂物、叶、皮、鳞、肉、羽、毛等进入废水中,使废水中含大量悬浮物。

(2) 生产工段 原料中很多成分在加工过程中不能全部利用,未利用部分进入废水,使废水含大量有机物。

(3) 成形工段 为增加食品色、香、味,延长保存期,使用了各种食品添加剂,一部分流失进入废水,使废水化学成分复杂。

食品工业废水的特性主要体现 6 个方面。

① 废水量大小不一,食品工业从家庭作业的小规模到各种大型工厂,产品品种繁多,其原料、工艺、规模等差别很大,废水量从数 m^3/d 到数千 m^3/d 不等。对废水量不大的小型作坊,因维护管理方面存在实际困难,希望采用便于维护管理的废水处理设施。

② 生产随季节变化,废水水质水量也随季节变化。例如,农产品和水产品的加工,因季节关系,由于原料输入的状况变化很大,在某个时期有加工集中情况。豆腐制作和饮食行业,由于在一天内只有数小时工作,废水在这个时期也较集中。

③ 食品工业废水中可生物降解成分多,对于一般食品工业,由于原料来源于自然界有机物质,其废水中的成分也以自然有机物质为主(如蛋白质、脂肪、糖、淀粉),不含有毒物质,故生物降解性好。其 BOD_5/COD 比例高达 0.84。

④ 废水中含各种微生物,包括致病微生物,废水易腐败发臭。

⑤ 高浓度废水多,近年来,从节约水资源和降低成本的观点出发,推行水利用合理化,在有机物质不变而水量减少,和增加有机物质而水量不增加的情况下,这些都导致废水浓度增高。一般来说,食品工业废水,以较高浓度者为多、其 BOD 值在 500 毫克/升以上的情况很多,其中有浓度高达数万毫克/升的,亦并不罕见。

⑥ 废水中氮、磷含量高的情况多。在肉类、豆类和动物胶加工时,从蛋白质中产生氮,在水产品加工时,在鱼糕等精制品制作,火腿和腊肠的制作时,都使废水中的氮和磷增高。

食品工业废水本身无毒性,但含有大量可降解的有机物质,废

水若不经处理排入水体要消耗水中大量的溶解氧,造成水体缺氧,使鱼类和水生生物死亡。废水中的悬浮物沉入河底,在厌氧条件下分解,产生臭气恶化水质,污染环境。若将废水引入农田进行灌溉,会影响农业果实的食用,并污染地下水源。废水中夹带的动物排泄物,含有虫卵和致病菌,将导致疾病的传播,直接危害人畜健康,因此,食品工业废水必须进行处理。

保护环境,防止污染,首先应从厂内着手。如采用先进工艺或更新设备来降低排污;通过加强管理,减少跑、冒、滴、漏;回收废水中的有用物质;开展节约用水;对废水进行清污分流;对污染轻的废水处理后回收利用。对需外排的废水要进行处理,将其中有害成分转化为无害的物质,使废水净化,达到排放的要求。

1.2 食品工业废水排放标准

1.2.1 污水综合排放标准(GB 8978—1996)有关食品工业内容

GB 8978—1996 规定肉类加工工业所排放的污水执行相应的国家行业标准,其他一切排放污水的食品生产单位一律执行本标准。

(1) 标准分级 排入 GB 3838—88 (地面水环境质量标准)Ⅲ类水域(划定的保护区和游泳区除外)和排入 GB 3097—82 (海水水质标准)中二类海域的污水,执行一级标准。排入 GB 3838 中Ⅳ、Ⅴ类水域和排入 GB 3097 中三类海域的污水,执行二级标准。排入设置二级污水处理厂的城镇排水系统的污水,执行三级标准。排入未设置二级污水处理厂的城镇排水系统的污水,必须根据排水系统出水受纳水域的功能要求,分别执行上述规定。

GB 3838 中Ⅰ、Ⅱ类水域和Ⅲ类水域中划定的保护区,GB 3097 中一类水域,禁止新建排污口,现有的排污口应按水体功能要求,实行污染物总量控制,以保证受纳水体水质符合规定用途的水质标准。

(2) 标准值 本标准将排放的污染物按其性质及控制方法分为二类。

第一类污染物，不分行业和污水排放方式，也不分受纳水体的功能类别，一律在车间或车间处理设施排放口采样，其最高允许排放浓度必须达到本标准要求。

第二类污染物，在排污单位排放口采样，其最高允许排放浓度必须达到本标准要求。

本标准按年限规定了第一类污染物和第二类污染物最高允许排放浓度及部分行业最高允许排水量，并根据单位建设时间不同执行不同的规定。1997年12月31日之前建设（包括改、扩建）的单位，水污染物的排放必须同时执行表1-1和表1-2、表1-3的规定；1998年1月1日起建设（包括改、扩建）的单位，水污染物的排放必须同时执行表1-1和表1-4、表1-5的规定。建设（包括改、扩建）单位的建设时间，以环境影响评价报告书（表）批准日期为准划分。

表 1-1 第一类污染物最高允许排放浓度/(mg/L)

序号	污染物	最高允许排放浓度	序号	污染物	最高允许排放浓度
1	总汞	0.05	8	总镍	1.0
2	烷基汞	不得检出	9	苯并[a]芘	0.00003
3	总镉	0.1	10	总铍	0.005
4	总铬	1.5	11	总银	0.5
5	六价铬	0.5	12	总 α 放射性	1Bq/L
6	总砷	0.5	13	总 β 放射性	10Bq/L
7	总铅	1.0			

表 1-2 第二类污染物最高允许排放浓度/(mg/L)

(1997年12月31日之前建设的单位)

序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH值	一切排污单位	6~9	6~9	6~9
2	色度(稀释倍数)	其他排污单位*	50	80	—
3	悬浮物(SS)	其他排污单位	70	200	400

续表

序号	污染物	适用范围	一级标准	二级标准	三级标准
4	五日生化需氧量 (BOD ₅)	甘蔗制糖、苧麻脱胶、湿法纤维板工业	30	100	600
		甜菜制糖、酒精、味精、皮革、化纤浆粕工业	30	150	600
		其他排污单位	30	60	300
5	化学需氧量 (COD)	甜菜制糖、焦化、合成脂肪酸、湿法纤维板、染料、洗毛、有机磷农药工业	100	200	1000
		味精、酒精、医药原料药、生物制药、苧麻脱胶、皮革、化纤浆粕工业	100	300	1000
		其他排污单位	100	150	500
6	石油类	一切排污单位	10	10	30
7	动植物油	一切排污单位	20	20	100
8	挥发酚	一切排污单位	0.5	0.5	2.0
9	总氰化合物	其他排污单位	0.5	0.5	1.0
10	硫化物	一切排污单位	1.0	1.0	2.0
11	氨氮	其他排污单位	15	25	—
12	氟化物	低氟地区 (水体含氟量 < 0.5mg/L)	10	20	30
		其他排污单位	10	10	20
13	磷酸盐 (以 P 计)	一切排污单位	0.5	1.0	—
14	甲醛	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
15	苯胺类	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
16	硝基苯类	一切排污单位	2.0	3.0	5.0
17	阴离子表面活性剂 (LAS)	其他排污单位	5.0	10	20
18	总铜	一切排污单位	0.5	1.0	2.0
19	总锌	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
20	总锰	合成脂肪酸工业	2.0	5.0	5.0
		其他排污单位	2.0	2.0	5.0

注：其他排污单位包括食品工业企业，下同。

表 1-3 部分行业最高允许排水量
(1997 年 12 月 31 日之前建设的单位)

序号	行 业 类 别		最高允许排水量或 最低允许水重复利用率	
1	制 糖 工 业	甘蔗制糖	10.0m ³ /t (甘蔗)	
		甜菜制糖	4.0m ³ /t (甜菜)	
2	发 酵、酿 造工业	酒 精 工业	以玉米为原料	100.0m ³ /t (酒精)
			以薯类为原料	80.0m ³ /t (酒精)
			以糖蜜为原料	70.0m ³ /t (酒精)
		味精工业		600.0m ³ /t (味精)
		啤酒工业 (排水量不包括麦芽 水部分)		16.0m ³ /t (啤酒)

表 1-4 第二类污染物最高允许排放浓度/(mg/L)
(1998 年 1 月 1 日后建设的单位)

序号	污 染 物	适 用 范 围	一级标准	二级标准	三级标准
1	pH 值	一切排污单位	6~9	6~9	6~9
2	色 度 (稀 释 倍 数)	一切排污单位	50	80	—
3	悬浮物 (SS)	其他排污单位	70	150	400
4	五日生化需氧量 (BOD ₅)	甘蔗制糖、苧麻脱胶、 湿法纤维板、染料、洗 毛工业	20	60	600
		甜菜制糖、酒精、味 精、皮革、化纤浆粕工 业	20	100	600
		其他排污单位	20	30	300
5	化 学 需 氧 量 (COD)	甜菜制糖、合成脂肪 酸、湿法纤维板、染料、 洗毛、有机磷农药工业	100	200	1000
		味精、酒精、医药原 料药、生物化工、苧麻 脱胶、皮革、化纤浆粕 工业	100	300	1000
		其他排污单位	100	150	500
6	石油类	一切排污单位	5	10	20

续表

序号	污 染 物	适 用 范 围	一级标准	二级标准	三级标准
7	动植物油	一切排污单位	10	15	100
8	挥发酚	一切排污单位	0.5	0.5	2.0
9	总氰化合物	一切排污单位	0.5	0.5	1.0
10	硫化物	一切排污单位	1.0	1.0	1.0
11	氨氮	其他排污单位	15	25	—
12	氟化物	低氟地区 (水体含氟量 $<0.5\text{mg/L}$)	10	20	30
		其他排污单位	10	10	20
13	磷酸盐 (以 P 计)	一切排污单位	0.5	1.0	—
14	甲醛	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
15	苯胺类	一切排污单位	1.0	2.0	5.0
16	硝基苯类	一切排污单位	2.0	3.0	5.0
17	阴离子表面活性剂 (LAS)	一切排污单位	5.0	10	20
18	总铜	一切排污单位	0.5	1.0	2.0
19	总锌	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
20	总锰	合成脂肪酸工业	2.0	5.0	5.0
		其他排污单位	2.0	2.0	5.0
21	元素磷	一切排污单位	0.1	0.1	0.3
22	有机磷农药 (以 P 计)	一切排污单位	不得检出	0.5	0.5
23	乐果	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
24	对硫磷	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
25	甲基对硫磷	一切排污单位	不得检出	1.0	2.0
26	马拉硫磷	一切排污单位	不得检出	5.0	10
27	五氯酚及五氯酚钠 (以五氯酚计)	一切排污单位	5.0	8.0	10

续表

序号	污 染 物	适 用 范 围	一级标准	二级标准	三级标准
28	可吸附有机卤化物 (AOX) (以 Cl 计)	一切排污单位	1.0	5.0	8.0
29	三氯甲烷	一切排污单位	0.3	0.6	1.0
30	四氯化碳	一切排污单位	0.03	0.06	0.5
31	三氯乙烯	一切排污单位	0.3	0.6	1.0
32	四氯乙烯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
33	苯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
34	甲苯	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
35	乙苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
36	邻二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
37	对二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
38	间二甲苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
39	氯苯	一切排污单位	0.2	0.4	1.0
40	邻二氯苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
41	对二氯苯	一切排污单位	0.4	0.6	1.0
42	对硝基氯苯	一切排污单位	0.5	1.0	5.0
43	2,4-二硝基氯苯	一切排污单位	0.5	1.0	5.0
44	苯酚	一切排污单位	0.3	0.4	1.0
45	间甲酚	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
46	2,4-二氯酚	一切排污单位	0.6	0.8	1.0
47	2,4,6-三氯酚	一切排污单位	0.6	0.8	1.0
48	邻苯二甲酸二丁酯	一切排污单位	0.2	0.4	2.0
49	邻苯二甲酸二辛酯	一切排污单位	0.3	0.6	2.0
50	丙烯腈	一切排污单位	2.0	5.0	5.0
51	总硒	一切排污单位	0.1	0.2	0.5
52	总 有 机 碳 (TOC)	其他排污单位	20	30	—

表 1-5 部分行业最高允许排水量

(1998 年 1 月 1 日后建设的单位)

序号	行 业 类 别			最高允许排水量或 最低允许水重复利用率
1	制糖工业	甘蔗制糖		10.0m ³ /t (甘蔗)
		甜菜制糖		4.0m ³ /t (甜菜)
2	发酵、 酿造工业	酒精工业	以玉米为原料	100.0m ³ /t (酒精)
			以薯类为原料	80.0m ³ /t (酒精)
			以糖蜜为原料	70.0m ³ /t (酒精)
		味精工业		600.0m ³ /t (味精)
		啤酒工业 (排水量不包括麦芽水部分)		16.0m ³ /t (啤酒)

1.2.2 肉类加工工业水污染物排放标准 (GB 13457—92)

GB 13457—92 有关标准分级的规定与 GB 8978—1996 相同。标准值见表 1-6。

1.3 食品工业废水的处理方法

废水处理单元方法,按作用原理可分为物理法、化学法和生物法三类。每一类中又有若干种工艺和设备。

1.3.1 物理法

用于食品工业废水处理的物理法有筛滤、撇除、调节、沉淀、气浮、离心分离、过滤、微滤等。前五种工艺多用于预处理或一级处理,后三种主要用于深度处理。

(1) 筛滤 筛滤是预处理中使用最广泛的一种方法。主要作用是从废水中分离出较粗的分散性悬浮固体物。所用的设备有格栅和格筛。

格栅拦截较粗的悬浮固体,其作用是保护水泵和后续处理设备。食品工业废水中常用的格筛有固定筛、转动筛和震动筛等,格筛最常用的孔径是 10~40 目。

(2) 撇除 某些食品工业废水中含有大量的油脂,这些油脂必