

# 食品工业污水处理工程设计

吕 镓 北京工业大学土木工程系 100022

播磨幹夫 日本资源化工研究所

食品工业作为中国经济高速增长中的低投入、高效益产业正在引入注目地发展、扩大;这种扩大对中国的经济发展无疑有促进作用,但从环境保护角度来讲,食品工业污水对环境的影响也要引起有关方面高度重视。某些发展中国家为了局部、短期的经济利益,不顾环境污染产生的后果,以牺牲环境作代价来换取少量经济利益的教训,中国食品工业应该引以为戒。本文就食品工业污水处理过程及一些新技术作简单介绍。

## 1 食品工业污水特点和处理工艺流程选择

### 1.1 水质特点

食品工业污水主要来源于原料处理、洗涤、脱水、过滤、各种分离精制、脱酸、脱臭、蒸煮等食品加工生产过程。污水中含有大量的蛋白质、有机酸和碳水化合物。由于有很多浮游生物的存在,水中溶解性有机物增加很快,容易生成腐殖物,并伴有难闻气体;同时这些污水中铜、亚铅、锰、铬等金属离子含量较多,细菌、大肠菌群也经常超过国家排放标准,所以食品工业污水要经过处理后才能排放(包括排入城市下水道系统)。

由于食品种类繁多,原料来源广泛,食品工业污水具有悬浮物、油脂含量高,重金属离子多,COD、BOD数值大,水质、水量变化幅度大,氮、磷化合物含量高,某些情况下水温也较高等特点。

如果是由多个来源构成的混合污水,要搞清楚不同食品加工过程每天产生的污水水质、水量情况,这样有助于对混合污水水质、水量做出较为准确的分析,为以后正确选择污水处理工艺提供依据。

### 1.2 工艺流程介绍

不同种类污水处理工艺可以分成固液分离法、物理化学处理法、微生物处理法、热处理法几大类,各类处理法中又分成若干处理单元,见图1。

根据去除污水中不同杂质的需要,污水处理工艺分成一级处理、二级处理、三级处理。对于食品工业污水,一级处理一般是采用固液分离技术去除污水中的漂浮物和悬浮物;二级处理是主要处理过程,一般采用生物处理技术去除水中有机物等有毒物质,在需要的场所物理化学法可以用来进行酸、碱中和处理;三级处理也叫做深度处理,一般采用膜处理法、强氧化剂氧化等技术将污水进一步净化。在中国,由于国家规范中规定经过二级处理后的污水可以排入大多数江河、湖泊和城市下水道,因此本文对三级处理不作介绍。

污水处理过程中产生的污泥、废油、废酸、废碱、加工过程中产生的动植物废弃物也应该进行无害化处理,不能随意抛弃、排放,避免造成二次污染。

### 1.3 选择工艺流程

选择食品工业排放污水处理工艺,不仅要考虑污水中有害物质的组成,而且要了解排出污水水质、水量的瞬时变化情况,这些对选择污水处理工艺、设备和日后的运行管理都很重要。为保证设备运转正常,在污水处理工程的前部应该设调节池,用来调节水量、水质、水温,调节容量为日处理污水量的15%~50%。

食品加工厂污水处理方法中化学处理法是向污水中投加化学药品利用化学反应去除水中有害物质;物理处理法是利用加压、重力沉淀(气浮)、离心分离、离子交换等方法将污水中杂质去除;微生物处理法是利用部分细菌分解有机物的能力去除水中有毒物质;热处理法一

般是采用脱水设备将污泥进行脱水处理。

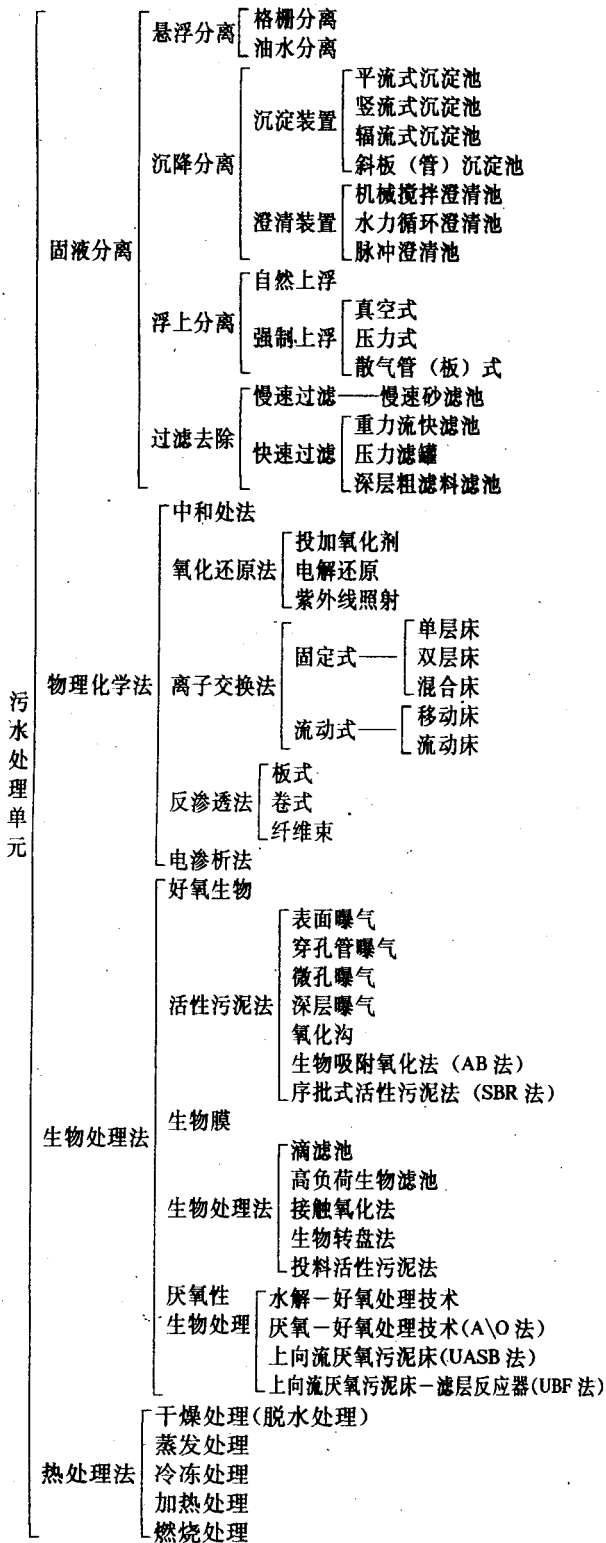


图1 食品工业污水处理单元

污水处理厂(车间)的处理工艺流程是由污水处理单元按不同排列、组合而成。中国食品加工厂在选择污水处理工艺流程时,应该首先考虑出水水质要满足国家污水综合排放标准(GB 8978-88)中的有关规定,可以参考表1中去除率数据,也可以产品说明书中去除率数据为依据,来选择、排列污水处理工艺流程。

表1 各种处理单元对不同杂质的平均去除率(%)

处理单元	一级处理	标准活性污泥法	混凝沉淀	过滤	活性炭吸附
色度	15	48	46	42	70
浊度	31	86	67	71	73
BOD <sub>5</sub>	42	89	53	39	53
COD <sub>Cr</sub>	38	72	52	34	47
SS	49	75	65	73	64
油脂	58	76	40		47

污水中较大漂浮物和油脂可以采用悬浮分离技术去除,以SS值表示的水中悬浮物(包括胶体)可以采用固液分离技术去除;污水中以COD、BOD等表示的有害物质可以采用生物处理技术去除;处理后的水要经过消毒处理才能排放,生物处理过程中产生的污泥要进行脱水处理。

综上所述,食品工业污水的典型处理工艺流程如图2。

污水→悬浮分离→调节池→生物处理→沉淀(过滤)→消毒→排放

污泥处理

图2 典型污水处理工艺流程

由于生物处理过程中会产生一些悬浮物,因此将沉淀(过滤)处理放在生物处理之后,可以保证出水水质。

有条件的地方,应该采用与需要处理污水相同水质的水作为原水,对所选择的工艺流程进行小型试验(最好是中型试验),用来验证所选工艺流程是否合理、经济,出水水质是否符合要求;并以上述试验参数为依据,对处理工艺进

行调整、完善。

## 2 厌氧生物处理法

### 2.1 什么叫厌氧生物处理

根据食品工业污水的水质特点,污水处理工艺的主要过程采用生物处理法。生物处理法分成好氧处理(包括生物膜法)和厌氧处理两类。一般来讲,好氧处理对低浓度( $\text{COD}_{\text{Cr}} < 1000 \text{ mg/L}$ ,  $\text{BOD}_5 < 500 \text{ mg/L}$ )污水处理效果较好,而很多食品工业排水是高浓度污染废水,水中含有淀粉、纤维物质、油脂、蛋白质、糖类等有机物较多,此时,采用厌氧法处理污水效果较好。进行污水厌氧处理的同时,能够产生一些可燃气体,若产气量较多时,可以开展综合利用。

厌氧处理是利用厌氧性细菌促使污水中有有机物发酵、分解,达到净化污水的目的。厌氧处理分成水解、酸化、甲烷化几个阶段,在水解阶段,利用水解细菌,将固体物质、大分子有机物降解为溶解性物质和简单有机物;酸化是将简单碳水化合物降解为脂肪酸;甲烷化过程是脂肪酸在产甲烷细菌作用下,生成甲烷等气体。由于水解菌、产甲烷菌是厌氧菌,处理过程都是在缺氧条件下进行的,所以叫做厌氧处理。

与好氧处理相比,采用污水厌氧处理,由于不需要曝气充氧设备,又可以产生可燃气体,因此是一种有前途的低耗、节省能源的处理方法。根据计算,在厌氧条件下,处理以  $1.0 \text{ kgCOD}_{\text{Cr}}/\text{m}^3$  表示的有机物污染物,能够产生  $0.25 \sim 0.35 \text{ m}^3$  以甲烷为主的可燃性气体,发热量为  $6000 \sim 8500 \text{ kcal/m}^3$ 。

厌氧反应对污水温度有一定要求,处理时温度应该控制在  $25^\circ\text{C}$  以上。厌氧处理分成中温( $30^\circ\text{C} \sim 38^\circ\text{C}$ )处理和高温( $50^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ )处理,后者分解速度快,适合在排水温度较高时采用。以往的污水厌氧处理技术经常用在污泥无害化—消化处理中,有一定的局限性,这里介绍一种近年来发展起来的新型污水厌氧处理装置—UASB反应池。

### 2.2 UASB 反应池

UASB(Upflow Anaerobic Sludge Bed)反应池

中文称作升流式厌氧污泥池。UASB反应池是由进水布水装置、污水微生物反应区和固体、气体、液体3相分离装置三部分组成,UASB反应池的构造图见图3。

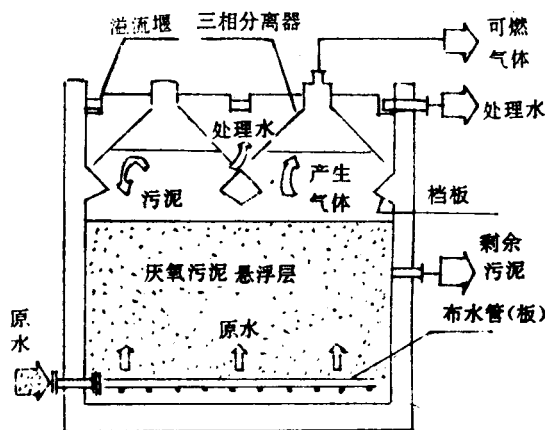


图3 UASB池断

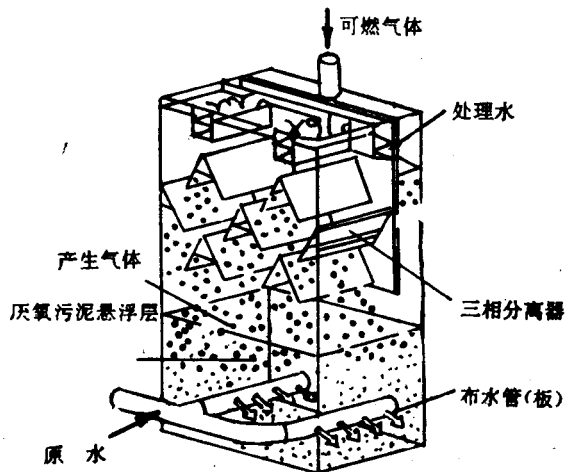


图4 UASB池构造图

### 2.3 工作原理

从图3中看到,原水经过布水管(板),均匀进入反应区。反应区内是高浓度( $\text{VSS} = 20 \sim 100 \text{ kg 污泥/m}^3$  容积)颗粒状(直径  $1 \sim 3 \text{ mm}$ )以厌氧细菌絮凝体构成的污泥层,当原水从池底部均匀通过污泥层,在缓慢向上流动的过程中与厌氧细菌充分混合、反应,有毒物质被分解;反应中生成的甲烷等气体,在上升过程中,对原水、污泥有辅助搅拌混合作用,可以促进有

毒物质在 UASB 反应池内的反应、分解。

进水处良好的布水装置可以保证污水和厌氧菌均匀、充分混合,使得具有分解活性的厌氧污泥充分发挥作用。UASB 反应池上部设有气、液、固三相分离器,它的作用是将处理后的清水、产生的可燃气体和随之夹带上来的厌氧污泥进行分离,分离效果的好坏,直接关系到出水水质,所以三相分离器也是 UASB 反应池保证处理效果的关键设备。由于 UASB 反应池内没有填充材料,可以避免池内水流堵塞,对提高处理也有很大益处。

下面将日本有关机构对 UASB 反应池、常规厌氧处理法和标准活性污泥法的研究成果列在表 2。从中可以看出,UASB 反应池在有有机物负荷、对有机物去除率、可燃气体发生量、设备占地面积等方面具有优势,因此 UASB 法在食品工业污水处理中的应用越来越多,北京啤酒厂污水处理也采用了 UASB 反应池,并取得了理想的处理效果。

#### 2.4 UASB 法在日本的应用

近年来,由于 UASB 反应池对高浓度污水处理效果较好,在日本食品工业污水处理中得到了重视,已经有约 40 个处理装置投入运行。在甜菜制糖、土豆加工、啤酒业、造纸废水、酵母制造、淀粉制造、饮料业等多种类型的食品工业污水处理中得到应用,积累了一些经验,有关的技术参数列在表 3,供中国水处理专业技术人士参考。

### 3 中国食品工业污水处理工程实例

中国食品工业污水处理经过多年的探索,取得了很大成绩,本文列出其中几种污水处理方法,希望对有关企业选择污水处理工艺中有所帮助。

#### 3.1 罐头食品厂污水处理-深层曝气法

某罐头食品厂年产罐头食品约 6000~7000 吨,年排放污水 31.1 万立方米。原水水质:  $\text{COD}_{\text{Cr}} = 250 \sim 852 \text{ mg/L}$ ,  $\text{BOD}_5 = 136 \sim 472 \text{ mg/L}$ ,  $\text{pH} = 7.0 \sim 7.45$ ,  $\text{NH}_3\text{-N} = 2 \sim 7 \text{ mg/L}$ ,  $\text{SS}_{200} = 850 \text{ mg/L}$ , 色度 = 150~900 度。

表 2 不同污水处理方式处理效果比较

	UASB 反应池	常规厌氧处理法	标准活性污泥法
原水 $\text{COD}_{\text{Cr}}(\text{mg/L})$	1000~20000	10000	<800
有机物负荷 $\text{COD}_{\text{Cr}}$	5~30 $\text{kg/m}^3\text{d}$	3~6 $\text{kg/m}^3\text{d}$	0.3~1.2 $\text{kg/m}^3\text{d}$
去除率(%)	90~95	50~70(**)	95~99
最终生成物	甲烷、二氧化碳	甲烷、二氧化碳	水、二氧化碳
产生可燃气量	大	中	无
耗电量( $\text{m}^3$ 污水)	0.04~0.30 kWh	0.04~0.50 kWh	0.25~0.50 kWh
剩余污泥量(*)	20~30	20~30	100
占地面积(*)	20~30	20~30	100

(\*)以标准活性污泥法为基准进行比较

(\*\*)处理后的水不能直接排放。

表 3 日本食品工业污水 UASB 法处理实例

项目	排水种类	土豆加工	啤酒制造	造纸	城市污水
原水	水温( $^{\circ}\text{C}$ )	25~35	35	60~70	20~28
	$\text{COD}_{\text{Cr}}(\text{mg/L})$	10000	1700	2000	500
	$\text{BOD}_5(\text{mg/L})$	8000	1100	900	350
处理条件	水温( $^{\circ}\text{C}$ )	23	35	52	25
	$\text{BOD}_5$ 负荷( $\text{kg/m}^3\text{d}$ )	12.0	6.5	11.0	3.5
	$\text{COD}_{\text{Cr}}$ 负荷( $\text{kg/m}^3\text{d}$ )	15.0	10.0	25.0	5.0
	停留时间(h)	16.0	4.0	2.0	2.4
处理结果	$\text{BOD}_5(\text{mg/L})$	800	90	90	35
	去除率(%)	90	92	90	90
	$\text{COD}_{\text{Cr}}(\text{mg/L})$	1500	200	700	100
	去除率(%)	85	88	65	80

本处理系统主要设备为  $\Phi 0.85 \text{ m} \times 85 \text{ m}$  超深层曝气槽,处理工艺有以下几个特点:

1) 占地少,处理装置占地面积为一般生物处理法的 30%~50%。

2) 投资少,总投资为 40 万元人民币,平均每日处理一吨污水投资为人民币 360 元/吨,比一般生物处理法节省 30%以上。

3) 动力消耗低,处理一吨污水电力消耗 0.33 kWh,为一般生物处理法的 30%左右。

4) 氧利用率高,经测定,槽内溶解氧浓度最高可达 20~40  $\text{mg/L}$ ,氧利用率在 40%~60%之间,一般生物处理法仅为 4%~6%。

5) 污泥量少,由于槽内溶解氧浓度高,加快了微生物的自身氧化,因此产生的剩余污泥

量较少,是一般生物处理法的 30%左右。污水处理工艺流程见图 4

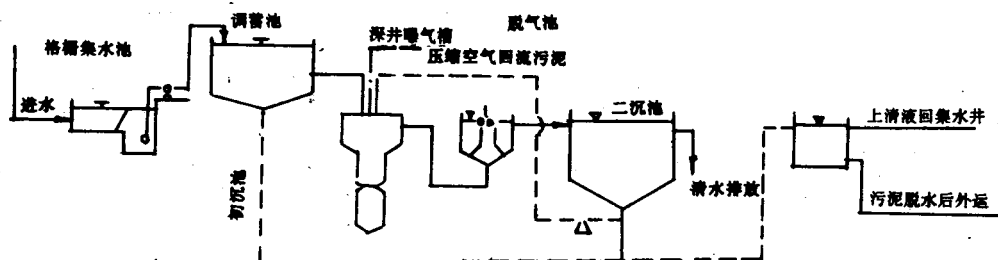


图 4 深层曝气法污水处理工艺流程

表 4 深层曝气法各处理单元出水水质

项目	pH	COD <sub>Cr</sub>	NH <sub>3</sub> -N	色度	溶解氧	COD 去	NH <sub>3</sub> -N
设备	值	(mg/L)	(mg/L)		(mg/L)	除率 (%)	去除率 (%)
进水	7.30	399.0	3.42	750	0		
曝气池	7.55	45.0	1.22	10	7.4	88.6	64.3
脱气池	7.70	40.5	1.22	10	3.4	1.3	1.8
二沉池	7.85	15.2	1.10	10	0.5	6.3	1.8
出水	7.85	15.2	1.10	10	3.0		

表 5 氧化沟处理水质检测结果

化验项目	进水浓度	出水浓度	去除率 (%)
COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	1000.0	55.3	94.5
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	500.0	9.9	98.0
NH <sub>3</sub> -N (mg/L)	20.0	9.4	53.0
总氮 T-N (mg/L)	56.3	14.2	74.8
油 (mg/L)	30.0	3.2	89.3

### 3.2 屠宰污水处理—氧化沟曝气法

处理水量 1050 m<sup>3</sup>/d

原水水质 COD<sub>Cr</sub>=1000 mg/L, BOD<sub>5</sub>=500 mg/L, SS=600 mg/L, NH<sub>3</sub>-N=56.3 mg/L, pH=6.6

#### 处理工艺流程

原水 → 格栅 → 调节水池 → 泵房 → 计量槽 → 氧化沟 → 二次曝气池 → 沉淀池 → 出水

↑  
污泥回流

其中氧化沟设计参数:

水温 13°C~23°C

BOD<sub>5</sub> 容积负荷 0.27 (kg/m<sup>3</sup>·d)

池中悬浮固体 MLSS 4460 (mg/L)

池中污泥容积指数 81

去除 1kgBOD<sub>5</sub> 供氧量 2.04 kg

经过对处理水质几个月的观测,数据见表 5,可以看到去除率还是比较高的,达到了预期的处理效果。

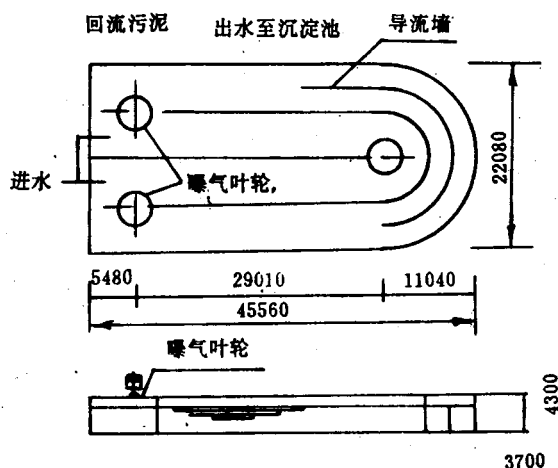


图 5 氧化沟平面、剖面图

本处理工艺主要设备是容量为 2750 立方米的氧化沟曝气池,系统有以下几个特点:

1) 出水水质稳定、除氮效果好,去除率可达 70%以上适合在污水含氮量较高的场合使用;

2) 曝气池构造非常简单,机械设备少,所需机械费只是标准活性污泥法的一半左右,动力消耗也较低;

3) 由于不设一次沉淀池,加上产生污泥较少,污泥处理设备简单,所以整体工程造价低。

以上介绍的日本和国内部分食品工业污水

的处理技术及处理工艺,希望对从事中国食品工业污水处理专业技术人士有所帮助。

#### 参 考 文 献

- 1 播磨幹夫. 食品厂污水处理设备设计 (日) 食品工业, 1994, 3.
- 2 吕鉴. 播磨幹夫. 中国污水回用和中水处理技术. 日本アイピーシー出版社, 1993, 11.
- 3 中国给水排水设计手册 (5).

## 巴马健康老人食物结构与肠道双歧杆菌关系的初步研究

张 箴 郑海涛 杜小兵 张 蕾 朱彤霞

北京农业大学 100094

陈进超 广西壮族自治区巴马县医院 547500

**摘 要** 对世界第五长寿之乡——广西巴马进行了三次调查,每次采集 80~109 岁健康老人大便样本 30 份,二周岁以下婴儿样本 5 份,进行双歧杆菌分离培养。从第 3 次采集的 29 份老人粪便中分离出双歧杆菌;在厌氧菌中的比例分别为 53%~87%,数量为  $10^7 \sim 10^8/\text{g}$  粪便;5 份婴儿粪便均分离到双歧杆菌,且菌数占厌氧菌的 90%以上,为  $10^9 \sim 10^{10}/\text{g}$ 。初步试验表明:巴马健康老人肠道中普遍存在双歧杆菌,且在厌氧菌中比例较高。这可能与当地老人以谷、菜、果为主的膳食结构有关,肠道双歧杆菌的大量存在对老人的健康起到良好作用,是否是长寿的因素之一,有待深入研究。

**关键词** 健康老人 双歧杆菌

**Abstract** 35 samples of faeces, among which 30 samples from the healthy aged and 5 samples from infants, were collected in Bama county, Guang Xi province. Bifidobacteria were found in all the samples except one of the aged and were dominant in anaerobic flora. The proportion in anaerobe and number of Bifidobacteria for the aged and infants were 53%~87% and over 90%,  $10^7 \sim 10^8/\text{g}$  and  $10^9 \sim 10^{10}/\text{g}$  respectively. The situation possibly is related to the local resident food structure mainly consists of cereal and vegetable, which are rich in bifidobacteria.

**Key words** The healthy aged Bifidobacteria

自 1899 年法国巴斯德研究新的 (Tissier), 从哺乳婴儿粪便中分离出双歧杆菌 (Bifidobacteria) 以来,在近一个世纪中,对双歧杆菌的各个方面,尤其是与人体健康关系及其应用进行了大量工作,这些在 J. Lj. Rasic 和 J. A. Kurmann 的专著中作了较全面的叙述<sup>[1]</sup>。双歧杆菌是人类肠道正常菌群中一类重要的微生物,它们对人体的有益作用在许多著作及文章中都作了充分肯定<sup>[1~6]</sup>,近年来研究工作更加广泛和深入。1990 年还在日本东京举行了国际双歧杆菌专题讨论会<sup>[7]</sup>。在我国,双歧杆菌研究开始于 60

年代,但大多数研究仅限于医学领域,把双歧杆菌应用于食品饮料,医药制剂也只是近 10 年左右的事,但有了长足发展。

有关双歧杆菌的知识虽然已了解很多,但有关它们各菌种及纯系;从不同生态环境所得的菌种的生物学及生物化学特性,以及这些微生物与宿主之间的相互作用,仍需进行深入研究。过去的研究工作,大多集中在从婴幼儿体内分离得到的菌种方面,而对成年人,特别是老年人肠道双歧杆菌的生态分布及菌的生理生化特性研究较少。国内这方面的报导更少,随