

# 柑橘罐头加工工序排放水水质的分析研究

吴丹<sup>1</sup>, 陈健初<sup>1</sup>, 洪基光<sup>2</sup>, 叶兴乾<sup>1</sup>, 刘东红<sup>1</sup>, 王亚军<sup>1</sup>, 周剑锋<sup>3</sup>

(1. 浙江大学食品与营养系, 馥莉食品研究院, 浙江省农产品加工技术研究重点实验室, 浙江杭州 310058)

(2. 象山华宇食品有限公司, 浙江宁波 315700) (3. 宁波慈溪市环境保护监测站, 浙江宁波 315300)

**摘要:** 柑橘罐头加工排放水是果蔬加工中较难治理的一种废水。本文针对柑橘罐头加工废水富含有机质的特性, 首次将柑橘罐头生产排放水分段收集和分析, 进行水质感官理化指标和微生物指标测定, 研究表明: 柑橘罐头不同加工工序的水质差异很大, 按其综合水质可分为轻度, 中度和重度污染水。第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水和杀菌冷却水为轻度污染水, 含少量肉眼可见悬浮物, COD在31.30~110.35 mg/L之间; 碱处理后的第一次和第二次漂洗水为中度污染水, 含较多肉眼可见悬浮物, COD在500.40~1515.40 mg/L之间; 酸处理水和碱处理水为重度污染水, 含大量肉眼可见悬浮物, COD在6827.80~13207.10 mg/L之间。第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水和杀菌冷却水耗水量占整个工艺65%以上, 污染程度较轻, 可进一步进行回用水源研究。

**关键词:** 柑橘; 排放水; 水质; 分析

文章编号: 1673-9078(2016)1-313-319

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.1.049

## Quality of Drainage Water from Different Processing Steps in a Mandarin Canning Plant

WU Dan<sup>1</sup>, CHEN Jian-chu<sup>1</sup>, HONG Ji-guang<sup>2</sup>, YE Xing-qian<sup>1</sup>, LIU Dong-hong<sup>1</sup>, WANG Ya-jun<sup>1</sup>, ZHOU Jian-feng<sup>3</sup>

(1. Department of Food Science and Nutrition, Fuli Institute of Food Science, Zhejiang Key Laboratory for Agro-Food Processing, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China) (2. Xiangshan Huayu Food Co. Ltd., Ningbo 315700, China)

(3. Cixi City Environmental Protection Monitoring Station, Ningbo 315300, China)

**Abstract:** Drainage water from the mandarin canning plants is a type of fruit and vegetable processing wastewater. Since large amounts of organic matter are present in the drainage water from mandarin canning plants, this water was collected separately and analyzed in this study for the first time. The sensory, physicochemical, and microbiological indicators of water quality were studied. The result showed that there are significant differences in the water quality between different processing steps during mandarin canning. The drainage water samples could be classified as mildly, moderately, or severely polluted, based on the comprehensive analysis of the water quality. The drainage water from the third rinsing, sorting/grading, conveying, sterilization, and cooling processing steps could be classified as mildly polluted water, with a small number of visible suspended solids, and the chemical oxygen demand (COD) values were between 31.30 mg/L and 110.35 mg/L. The drainage water from the first and second rinsing processing steps was classified as moderately polluted water, with an increased amount of visible suspended solids, and COD values between 500.40 mg/L and 1515.40 mg/L. The drainage water from acid treatment and alkali treatment processing steps was severely polluted, with a large number of visible suspended solids, and COD values between 6827.80 mg/L and 13207.10 mg/L. The processing steps of the third rinsing, sorting/grading, conveying, sterilization, and cooling accounted for 65% of the total water consumption, and they resulted in mildly polluted drainage water, which could be potentially reused.

**Key words:** mandarin; drainage water; water quality; analysis

水是地球上不可多得的资源, 与人类生活息息相

收稿日期: 2015-03-04

基金项目: 国家科技支撑项目 (2012BAD31B06); 国家农业科技成果转化项目 (2012GB2C220508); 浙江省植物食品加工技术科技创新团队项目 (2010R50032)

作者简介: 吴丹 (1979-), 女, 博士, 工程师, 研究方向: 食品加工

通讯作者: 叶兴乾 (1962-), 男, 博士, 教授/博导, 研究方向: 食品加工及节能减排

关, 全世界仅有 0.4% 的水源可供人类食用。水资源是限制是许多地方经济发展的瓶颈, 同时水利用程度低, 造成环境污染, 生态不平衡等一系列问题。因此, 世界各国都把节水作为一个重要的课题来研究, 作为一个现实的政策来实施。美国环境保护总署 (EPA) 在 2004 年颁布了废水回用通则。我国亦不例外。2005 年 4 月, 国家发展改革委员会、科技部会同水利部、建设部和农业部组织制订了《中国节水技术政策大纲》

(发改委【2005】17号)。2012年3月,水利部公布了《节水型社会建设“十二五”规划》,提出节水型社会建设的目标,2015年全国用水总量应控制在6350亿立方米以内,全国万元GDP用水量降低到105立方米以下,万元工业增加值用水量降低到63立方米,比2010年降低30%以上。

食品行业一直是“用水大户”,水的重复利用关系着食品企业成本和生态环境两大方面。柑橘罐头生产过程中耗水量十分巨大,每生产1t柑橘罐头需耗水30~50t,使用后的废水排放量很大,同时含有大量的有机物,果胶物质含量高,生化处理困难,给企业造成了较大的废水处理负担,而直接排放又会造成严重的环境污染,因此如何降低柑橘罐头加工水耗,提高水的利用率是摆在中国柑橘罐头企业面前的重大课题。

针对食品加工企业用水量和废水排放量大的现状,国内外已有较多的有关食品工业废水处理及再利用的报道,如水产品加工废水、面粉厂废水、乳制品废水等,并进行了有关食品加工低污染排放水的再利用实践<sup>[1~6]</sup>,但迄今为止由于立法的限制和卫生方面的担忧,食品工业水资源的再利用非常有限<sup>[7,8]</sup>。特别是针对柑橘罐头加工废水的水再利用技术和提高水资源利用率方面,报道报道不多。原因之一是对各个工序排放的水的质量不清,分级利用没有基础,本章详细分析了柑橘罐头生产过程中各工序排放水的感官、理化和微生物指标,旨在为柑橘罐头生产各工序排放水的再利用奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

排放水,取之浙江地区2个柑橘罐头企业(企业A和企业B)。

氯铂酸钾、氯化钴、盐酸、葡萄糖、碘化钾、NaOH、硫酸银、硫酸汞、硫酸、硫酸亚铁铵、邻苯二甲酸氢钾、重铬酸钾、高锰酸钾、磷酸氢二钾、碳酸钠、氯化钠等分析纯试剂,均购之国药集团化学试剂有限公司;柑橘果胶购之Sigma公司。平板计数琼脂(PCA),购于杭州微生物试剂厂;3M Petrifilm™大肠菌群测试片,购于3M中国有限公司。

### 1.2 仪器

Delta 320-S pH计,梅特勒-托利多公司;KA-100离心机,上海安亭科学仪器厂;DKS-12型电热恒温水浴锅,中新医疗仪器有限公司;HANGPING JA2003

千分之一天平,上海天平仪器厂;DHG-9070A型新型电热恒温鼓风干燥箱,杭州蓝天化验仪器厂;SHIMADZU UV-2550紫外分光光度计,日本岛津公司;GB204万分之一天平,瑞士METTLER TOLEDO;GDS-3A光电式浊度仪,无锡科达仪器厂;Spectroquant® NOVA60对参数水质检测仪,默克化工技术(上海)有限公司。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 水质理化指标测定

水质色度、浊度、pH值、悬浮物、嗅和味、肉眼可见物、酸度、碱度、溶解性总固体、COD测定方法参考国家环境保护总局编的《水和废水监测分析方法》第四版<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.2 总糖测定

采用苯酚-硫酸法<sup>[10]</sup>。

标准单糖溶液的配制:精确称取标准葡萄糖10mg定容于100mL容量瓶中,配制成浓度为0.1mg/mL的标准单糖溶液。

标准曲线的测定:分别吸取0、0.2、0.6、1.0、1.4、1.8、2.0mL标准溶液于试管中,补加蒸馏水至4.0mL,然后加入80%苯酚溶液100μL、浓硫酸5.0mL,剧烈振摇,室温静置30min后于490nm处测定吸光度,以吸光度(A)对标准单糖含量(mg)作图,绘制标准曲线,建立回归方程。

总糖含量的测定:排放水样品,均质化处理后,准确吸取适量体积,按上述方法,从“补加蒸馏水至4.0mL”开始,测定吸光度,根据回归曲线得到总糖含量。

#### 1.3.3 果胶测定

采用间羟基联苯法<sup>[11]</sup>。

标准溶液的配制:以半乳糖醛酸(GalUA)为标准对照,精确称取标准半乳糖醛酸以蒸馏水配制浓度为0.2mg/mL的标准GalUA溶液。

标准曲线的测定:分别吸取GalUA标准溶液0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0mL于具塞试管中,补加蒸馏水至1.0mL,然后加入4mol/L的氨基磺酸钾溶液0.1mL并剧烈振摇,再加入75mmol/L的四硼酸钠-硫酸溶液5mL并充分震荡,将试管塞上塞子置于100℃水浴中反应10min后立即冰浴冷却至室温,最后加入0.15%(m/V)的间羟基联苯的0.5%(m/V)NaOH溶液0.2mL,剧烈震荡后放置10min,于525nm下测定溶液的吸光度,以吸光度(A)对标准GalUA含量(μg)作图,绘制标准曲线,建立回归方程。

样品的测定:排放水样品,离心去除沉淀后,吸取上清液1mL,加入1mol/L的NaOH水溶液1.0

mL), 室温下反应 1h, 在冰浴中用 25%的冰乙酸调节 pH 至中性, 蒸干, 残渣溶于 2 mL 水中, 吸取 1 mL 置于 10 mL 容量瓶中, 加水至刻度, 摇匀, 作为储备液。吸取上述储备液 1 mL (浓度较低的样品直接吸取 0.5 mL 溶液加入 0.5 mL 蒸馏水), 按上述方法, 从“加入 4 mol/L 的氨基磺酸钾溶液”开始测定吸光度, 根据标准曲线得到以半乳糖醛酸为当量的糖醛酸含量。

果胶含量 (以半乳糖醛酸计) 计算公式:

$$PE = E \times N / F$$

其中: PE: 果胶含量,  $\mu\text{g/mL}$ ; E: 从标准曲线中查得的半乳糖醛酸含量,  $\mu\text{g}$ ; N: 稀释倍数; F: 样品质量, 果胶样品体积 mL。

### 1.3.4 微生物测定

菌落总数和总大肠菌群测定参考国标 GB/T4789-2008 平板菌落计数法和大肠菌群 Petrifilm™测试片法<sup>[12]</sup>。

### 1.3.5 数据分析

采用 EXCEL 进行分析, 每个样品处理重复三次, 结果均以平均值±标准差表示。

## 2 结果与分析

### 2.1 柑橘罐头生产工艺和排放水情况

典型的柑橘罐头加工工序包括原料的筛选分级、清洗、剥皮或分瓣、酸处理、碱处理、漂洗、橘瓣分级、挑选整理、装罐、密封、杀菌、冷却和贮存等工艺。柑橘罐头生产企业 A 和 B 的柑橘罐头生产工艺和排放水情况如图 1 所示。可以看到, 柑橘罐头的排放

水主要来自以下几道工序, 分别是: 酸处理、碱处理、碱处理后第一道漂洗、第二道漂洗和第三道漂洗、分级、挑选整理和罐头杀菌后冷却。根据工厂的实际工艺用水量分布调查, 酸碱处理以及酸碱处理后三道漂洗用水量为 20%, 橘瓣分级用水量为 20%, 挑选整理包括网带输送橘瓣的过程, 用水量最大, 为 35%, 罐头杀菌后冷却水为 10%。

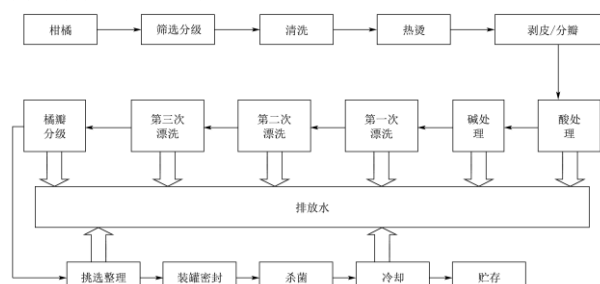


图 1 柑橘罐头生产工艺流程和排放水示意图

Fig.1 Schematic diagram of the drainage water from different processing steps during mandarin canning

### 2.2 柑橘罐头生产各工序排放水的感官和物理指标

对 2 个工厂加工过程中各工序排放水进行了定期取样, 间隔 1 天取样 1 次, 各取样 6 次, 对各水样的感官和物理指标 (色度、浊度、气味和悬浮物等)、化学指标 (pH、酸度、碱度、溶解性总固体、COD、总糖和果胶等) 和微生物指标 (菌落总数和大肠菌群) 进行了分析测定, 2 个企业的测定数据合并统计。其中感官和物理指标的检测结果见表 1。

表 1 柑橘罐头加工排放水的感官和物理指标

Table 1 Sensory and physical indices of the drainage water from a mandarin canning plant

序号	样品名称	色度 /HU	浊度 /NTU	臭和味	肉眼 可见物
1	酸处理水	1020.00±210.00	567.50±85.00	异味较轻	大量悬浮物
2	碱处理水	942.50±21.00	687.50±85.00	浓厚碱味	大量悬浮物
3	漂洗水 1	152.50±28.00	81.75±2.50	较浓碱味	较多悬浮物
4	漂洗水 2	81.5±15.50	30.50±8.50	稍有碱味	较多悬浮物
5	漂洗水 3	16.75±6.50	2.40±1.50	无	少量悬浮物
6	分级机水	12.65±2.50	2.10±1.00	无	少量悬浮物
7	挑选输送水	10.85±2.50	2.25±1.50	无	极少量悬浮物
8	罐头杀菌后冷却水	11.25±2.50	5.00±1.50	无	基本没有

从表 1 可见, 柑橘罐头生产企业, 各个工序排放水的水质感官和物理指标差异较大。酸处理水、碱处理水、碱处理后的第一次和第二次漂洗水均含有较多的悬浮物, 且有明显的酸味或碱味, 色度和浊度也较大, 特别是酸处理水和碱处理水, 色度高

达 821.00~1230.00 HU, 浊度达到 482.50~772.50 NTU; 而第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水和杀菌冷却水的感官和物理指标均较好, 肉眼可见悬浮均较少, 无异味, 色度和浊度也较低, 色度在 8.35~23.25 HU 之间, 浊度在 1.10~6.50 NTU 之间。



## 2.3 柑橘罐头生产各工序排放水的化学指标

表2的数据为企业柑橘罐头生产各工序排放水的化学指标,研究表明,柑橘罐头生产各工序排放水的化学指标差异较大。酸处理水的酸性很高,碱处理水碱性很高,酸碱处理水溶解性总固体、COD含量也很高,其中溶解性总固体可以达到5762.20 mg/L以上,COD则在6827.80~13207.10 mg/L之间,含有大量的有机物质,是较难处理的一种排放水;第一次漂洗水和第二次漂洗水具有一定的碱性,溶解性总固体、

COD含量也较高,其中COD含量在500.40~1515.40 mg/L之间,但相对于酸碱处理水来说,污染程度相对减轻;而第三次漂洗水的各项化学指标和分级机水、挑选输送水较为接近,酸度在26.40~38.15 mg/L之间,溶解性总固体为157.60~262.60 mg/L之间,COD在44.90~110.35 mg/L之间;相对于前二者来说,污染程度更加次之。杀菌冷却水的各项化学指标,包括酸度、溶解性总固体、COD值相对于其他排放水均较低,为各工序排放水中受污染程度最轻的废水。

表2 柑相橘罐头加工排放水的化学指标

Table 2 Chemical indices of the drainage water from a mandarin canning plant

序号	样品名称	pH	可滴定酸/(mg/L)	NaOH/(mg/L)	溶解性总固体/(mg/L)	COD/(mg/L)
1	酸处理水	0.74±0.08	5809.25±328.50	-	6247.20±485.00	7065.10±237.30
2	碱处理水	13.19±0.15	-	5470.10±305.50	7992.00±475.00	12822.10±385.00
3	漂洗水1	10.77±0.23	-	267.00±30.30	1169.30±76.50	1446.90±68.50
4	漂洗水2	7.80±0.35	-	28.05±6.40	503.55±53.50	555.00±54.60
5	漂洗水3	6.47±0.10	28.90±2.50	-	244.10±18.50	97.85±12.50
6	分级机水	6.45±0.05	36.05±2.10	-	228.85±18.20	81.50±9.50
7	挑选输送水	6.56±0.08	31.50±1.80	-	178.10±20.50	53.40±8.50
8	罐头杀菌后冷却水	6.98±0.07	7.50±1.70	-	105.95±15.20	38.30±7.00

## 2.4 柑橘罐头生产各工序排放水的微生物指标

表3 柑相橘罐头加工排放水的微生物指标

Table 3 Microbiological indices of the drainage water from a mandarin canning plant

序号	样品名称	菌落总数/(CFU/mL)		大肠菌群/(CFU/mL)	
		企业A	企业B	企业A	企业B
1	酸处理水	20.70±4.70	15.00±6.00	0.00	0.00
2	碱处理水	3.30±1.70	2.30±1.70	0.00	0.00
3	漂洗水1	11.70±4.30	7.00±3.00	5.30±0.70	2.30±0.70
4	漂洗水2	18.70±3.30	20.30±4.70	2.30±1.70	2.00±1.00
5	漂洗水3	34.30±4.70	28.00±6.00	3.00±1.00	3.00±1.00
6	分级机水	35.70±12.30	46.70±10.30	2.00±1.00	4.30±0.70
7	挑选输送水	39.70±11.30	38.50±8.50	2.30±1.70	4.50±1.50
8	罐头杀菌后冷却水	10.00±2.00	12.00±3.00	0.00	1.00±1.00

从表3的结果可知,二个企业各工序排放水均有一定的微生物污染,其中酸处理水和碱处理水的菌落总数较低,大肠菌群为零;第一次漂洗水和第二次漂洗水菌落总数在7.40~25.00 CFU/mL之间,大肠菌群在1.00~3.00 CFU/mL之间;相对而言,第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水由于酸碱度适中,水中又含有较多的营养物质,人为污染的机会又较多,菌落总数和大肠菌群相对较多,其中菌落总数最高可达57.00

CFU/mL,大肠菌群总数最高可以达到6.00 CFU/mL,但总的来说,污染情况并不严重,经适当的灭菌处理可达到国家饮用水微生物标准GB5749。

## 2.5 柑橘罐头生产各工序排放水的总糖和果胶

### 2.5.1 总糖和果胶标准曲线

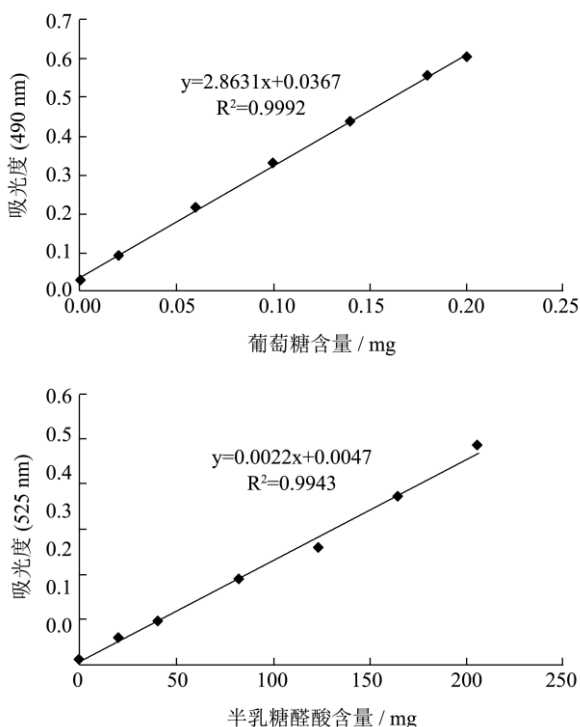


图2 葡萄糖和半乳糖醛酸标准曲线

Fig.2 Glucose and galacturonic acid standard curves

从图2可以看出,葡萄糖标准曲线和半乳糖醛酸标准曲线线性关系良好,负相关系数都在0.99以上。可以从这2条标准曲线来完成对水样相对总糖含量和相对果胶含量的测定(以下简称总糖含量和果胶含量,均为相对含量)。

2.5.2 柑橘罐头加工排放水的总糖和果胶

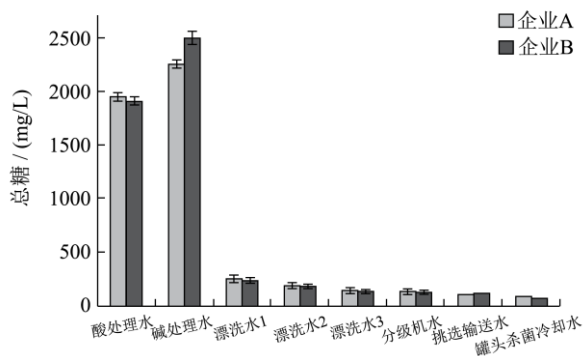


图3 柑橘罐头加工排放水的总糖含量

Fig.3 Total sugar content in the drainage water samples from a mandarin canning plant

图3和图4比较了2家柑橘罐头企业排放水中的总糖含量和果胶含量。从图中可以看出,2家柑橘罐头企业排放水中的总糖含量和果胶含量略有差别,但变化趋势一致,同时它们的变化趋势和柑橘罐头排放水其他理化指标的变化趋势相同。碱处理水的总糖含量和果胶含量在所有排放废水中最高,其中企业A的碱处理排放水总糖含量为2247.57±265.45 mg/L,果胶

含量为867.16±55.80 mg/L,企业B的碱处理排放水总糖含量为2500.23±200.20 mg/L,果胶含量为895.50±50.50 mg/L;酸处理水的总糖含量和果胶含量排在第二位,其中企业A的酸处理排放水总糖含量为1950.17±150.83 mg/L,果胶含量为721.48±62.10 mg/L,企业B的酸处理排放水总糖含量为1900.50±150.73 mg/L,果胶含量为总糖含量为700.50±56.00 mg/L;漂洗水1,漂洗水2的总糖含量和果胶含量排在第三位,其中总糖含量在200.00 mg/L左右,果胶含量在100.00 mg/L左右;漂洗水3,分级机水和挑选输送水的总糖含量和果胶含量排在第四位,总糖含量在108.00~169.80 mg/L之间,果胶含量在32.00~52.00 mg/L之间,糖类污染情况相对来说较轻;罐头杀菌冷却水中未检测到果胶含量,总糖含量在100.00 mg/L以下,糖类污染情况最低。

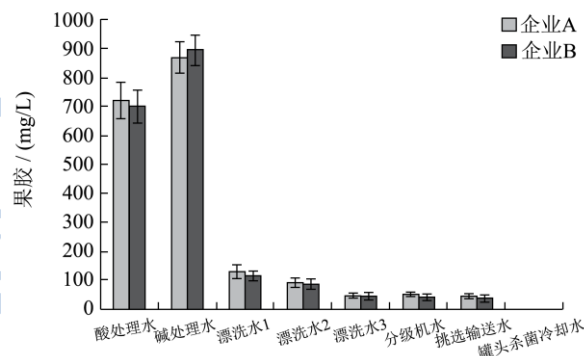


图4 柑橘罐头加工排放水的果胶含量

Fig.4 Pectin content of the drainage water samples from a mandarin canning plant

3 讨论与小结

3.1 讨论

综合2.2、2.3、2.4、2.5的理化指标、微生物指标以及糖类数据,可以看出,柑橘罐头不同工序排放水按其综合水质可分为轻度,中度和重度污染水。其中,酸碱处理水为重度污染水,该部分水质具有明显的气味,色度和浊度也较大,色度高达821~1230 HU,浊度达到482.50~772.50 NTU,溶解性总固体可以达到5762.20 mg/L以上,COD则在6827.80 mg/L以上,甚至高达13207.00 mg/L;碱处理后的第一次和第二次漂洗水为中度污染水,该部分水质呈碱性,均含有较多的悬浮物,溶解性总固体在450.05~1425.80 mg/L、COD值在500.40~1515.40 mg/L之间;第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水和杀菌冷却水为轻度污染水,该部分水质感官和物理指标均较好,肉眼可见悬浮均较少,无异味,色度和浊度也较低,色度在8.35~23.25

HU 之间, 浊度在 1.10~6.50 NTU 之间, 溶解性总固体为 95.75~262.60 mg/L 之间, COD 在 31.30~110.35 mg/L 之间。

虽然国内目前橘罐头排放水在车间能实现不同种类废水的分流排放, 但所有排放水最终还是混合在一起进行污水处理达到排放标准后再排放到环境中。根据相关文献报道, 一些柑橘罐头企业的排放水 COD 值基本上均在 500 mg/L 以上, 如浙江爱斯曼食品有限公司 3800 mg/L, 宁波新海静食品有限公司 1201 mg/L, 福建某食品公司 1000~2600 mg/L, 湖南某食品股份有限公司 800~1300 mg/L 等<sup>[13]</sup>。目前国外已经有很多学者进行了食品加工废水回用实践, 其中一个案例就是柑橘果汁加工厂给水和废水量最小化研究<sup>[14]</sup>, 通过调查加工工序废水排放的数据, 综合考虑各工序水质水量要求, 利用 WATER 分析软件, 设计出 4 种不同操作方案的再利用水流, 其中再生再利用方案淡水用量可减少 31.4%, 可有效提高淡水利用率, 减少废水排放, 保护环境。本文对 2 家柑橘罐头企业各个生产工艺排放水进行分析, 研究表明, 柑橘罐头生产工艺中, 第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水和杀菌冷却水的污染程度较轻, COD 在 31.30~110.35 mg/L 之间, 而水耗量占整个柑橘罐头工艺水量的 65%, 同时这几个工序排放水容易收集, 因此可作为回用水进行利用研究, 改善相关水质指标, 为排放水回用提供相关研究基础。

柑橘罐头各工序排放水中含有较高的糖类物质, 而糖类物质本身属于有机物, 对水质 COD 也有一定的贡献。对于重度污染水和中度污染水(酸碱处理水、第一次漂洗水、第二次漂洗水), 水中含有的较多悬浮物可能为水质 COD 的主要来源; 而对于轻度污染水(第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水和杀菌冷却水), 水中含有极少的肉眼可见物, 但总糖含量在 76.30~169.80 mg/L 之间, 糖类物质可能是水质 COD 偏高的主要原因。水中的糖类主要来源于柑橘果实的破碎和车间糖液回流, 并不会对食品安全造成威胁, 如果可以确认糖类物质为 COD 偏高的主要原因, 将对于轻度污染水的消毒回用具有重要的意义。

### 3.2 小结

本文以柑橘罐头生产工艺排放水为研究对象, 调查分析了柑橘罐头不同工序排放水情况。柑橘罐头工厂主要的废水排放来源于以下生产工序: 包括酸处理、碱处理、碱处理后第一道漂洗、第二道漂洗和第三道漂洗、分级、挑选整理和罐头杀菌后冷却。以上工序排放水按其综合水质可分为轻度、中度和重度污染水。

其中, 酸碱处理水为重度污染水, 该部分水质具有明显的气味, 色度和浊度也较大, 色度为 821~1230 HU, 浊度为 482.50~772.50 NTU, 溶解性总固体为 5762.20~8467.00 mg/L, COD 为 6827.80~13207.00 mg/L; 碱处理后的第一次和第二次漂洗水为中度污染水, 该部分水质呈碱性, 均含有较多的悬浮物, 溶解性总固体为 450.05~1425.80 mg/L, COD 值为 500.40~1515.40 mg/L; 第三次漂洗水、分级机水、挑选输送水和杀菌冷却水为轻度污染水, 该部分水质感官理化指标均较好, 肉眼可见悬浮物均极少, 无异味, 色度和浊度也较低, 溶解性总固体符合国家饮用水 GB5749 标准, COD 在 31.30~110.35 mg/L 之间, COD 偏高可能是水中糖类物质造成的。此部分水耗量占整个柑橘罐头工艺水量的 65%, 相对水质污染较轻, 可考虑用较简单和较经济的水处理工艺进行处理, 在微生物得到良好控制的条件下, 进行工艺水回用的研究。

### 参考文献

- [1] Abd El-Salam M M, El-Naggar H M. In-plant control for water minimization and wastewater reuse: a case study in pasta plants of Alexandria Flour Mills and Bakeries Company, Egypt [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2010, 18(14): 1403-1412
  - [2] Chowdhury P, Viraraghavan T, Srinivasan A. Biological treatment processes for fish processing wastewater-A review [J]. *Bioresource Technology*, 2010, 101(2): 439-449
  - [3] Andrade L H, Mendes F D S, Espindola J C, et al. Nanofiltration as tertiary treatment for the reuse of dairy wastewater treated by membrane bioreactor [J]. *Separation and Purification Technology*, 2014, 126: 21-29
  - [4] Fraser B S A, Morita T. MBR/RO produces reuse water for a food processing facility and to cool the facility lowering overall electrical usage [C]. *AWWA/AMTA Membrane Technology Conference and Exposition, American*, 2012, 1266-1271
  - [5] Matsumoto E M, Osako M S, Pinho S C, et al. Treatment of wastewater from dairy plants using anaerobic sequencing batch reactor (ASBR) following by aerobic sequencing batch reactor (SBR) aiming the removal of organic matter and nitrification. *Water Practice and Technology* [J]. 2013, 3 doi:10.2166/wpt.2012.048
  - [6] 孙美琴. 水解酸化-SBR 工艺处理糖厂废水的中试研究 [J]. *现代食品科技*, 2010, 26(11): 1246-1249
- SUN Mei-qin. Pilot-scale study on the treatment of mixed

- wastewater of sugar refinery by hydrolysis acidification-sbr process [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2010, 26(11): 1246-1249
- [7] Casani S, Rouhany M, Knøchel S. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry [J]. *Water Research*, 2005, 39(6): 1134-1146
- [8] Dominguez-Chicas A, Scrimshaw M D. Hazard and risk assessment for indirect potable reuse schemes: An approach for use in developing water safety plans [J]. *Water Research*, 2010, 44(20), 6115-6123
- [9] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].北京:中国环境科学出版社,2002  
Chinese environmental protection administration. standard methods for the examination of water and wastewater [M]. China Environmental Science Press, Beijing, 2002
- [10] Dubois M, Gilles K A, Hamilton J K, et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances [J]. *Analytical Chemistry*, 1956, 28(3): 350-356
- [11] Filisetti-Cozzi T M C C, Carpita N C. Measurement of uronic acids without interference from neutral sugars [J]. *Analytical Biochemistry*, 1991, 197(1): 157-162
- [12] 中华人民共和国卫生部.GB/T4789-2008.食品卫生微生物学检验[S]  
Ministry of Health of the People's Republic of China. GB/T4789-2008. Microbiological Examination Of Food Hygiene [S]
- [13] 吴丹.柑橘罐头生产工艺排放水资源化利用研究[D].杭州:浙江大学,2014  
WU Dan. Study on resource utilization of the discharged water in mandarin canning production [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2014
- [14] Klemeš J, Perry S. Process optimization to minimize water use in food processing in Waldron K(ed.), handbook of waste management and co-product recovery in food processing [M]. Cambridge, Woodhead, 2007