

# 大豆乳清蛋白废水预处理及在饮料中的应用研究

冯晓, 任南琪, 陈兆波\*

(城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150090)

**摘要:**为考察不同条件下大豆乳清蛋白废水预处理效果及在饮料中的应用, 对不同温度下活性炭脱色、脱嗅效果、不同树脂交换流量下脱盐效果(进水中盐浓度为0.268%)以及大豆胰蛋白酶抑制剂活性(TIA, 进水中含量为0.086 TLU)进行研究, 同时以酸度(以柠檬酸和苹果酸1:1的混合酸添加)、糖度、香料为因素进行正交试验, 研究以乳清蛋白液为原料调配饮料的最优条件, 得出该饮料的最佳配方。废水预处理结果表明, 采用10%体积的活性炭在45℃水浴中30 min时脱色脱嗅效果最好; 采用离子交换脱盐法, 流速选择4.28 mL·min<sup>-1</sup>时效果最佳。TIA试验结果表明, 黄桃味清型大豆乳清蛋白饮料所用的TIA低于市面上销售可食用商品的TIA。饮料最优配方为: 2.0 g·L<sup>-1</sup>的混合酸(苹果酸:柠檬酸=1:1)、8.0%浓度的蔗糖、0.01%的黄桃香精和0.004 g·kg<sup>-1</sup>的柠檬黄色素为最佳配比。

**关键词:**大豆乳清蛋白; 废水预处理; 大豆胰蛋白酶抑制剂活性(TIA); 最佳配比; 正交试验

中图分类号: X792

文献标识码: A

近几年来发达国家的城市居民为摆脱动物性食品摄入过多引起的“富贵病”而高度重视大豆食品<sup>[1]</sup>。大豆蛋白是最好的植物蛋白, 大豆乳清蛋白(Whey Soy Proteins, WSP)是大豆蛋白的一部分, 在大豆蛋白提取液中将pH调至4.5~4.8时, 酸沉的大豆蛋白称为大豆分离蛋白, 而仍呈溶解状态的一类蛋白质称为大豆乳清蛋白<sup>[2]</sup>。大豆分离蛋白的凝胶性、乳化性和起泡性等诸多功能特性已被大家熟悉并且已经广泛被应用到食品加工的诸多领域<sup>[3]</sup>。而大豆乳清蛋白的功能尚未被广泛认识和开发。

大豆乳清蛋白是在生产大豆分离蛋白的过程中产生的, 大豆乳清蛋白多以大豆乳清废水排掉。按全国年产4万t大豆分离蛋白计算, 每年废弃的乳清高达200万t, 造成极大的资源浪费, 并且乳清中BOD(生化需氧量)值高达10 000 mg·L<sup>-1</sup>, COD(化学需氧量)高达15 000~22 000 mg·L<sup>-1</sup>, 超出国家污水排放标准100多倍(BOD 80 mg·L<sup>-1</sup>, COD 100 mg·L<sup>-1</sup>), 严重地污染了环境<sup>[4-7]</sup>。以往人

们采用厌氧法和好氧法处理乳清废水效果差、耗资大, 而且其中的有效成分没有得到利用, 这样资源浪费的问题没有得到解决<sup>[8-11]</sup>。随着大豆产业的迅速发展, 大豆乳清废水的开发利用逐渐得到发展, 大豆乳清废水中的大豆低聚糖和异黄酮等生理活性物质已经受到广泛关注<sup>[12-15]</sup>, 但一直以来国内外对大豆蛋白中的乳清蛋白研究的较少, 而在我国, 大豆乳清蛋白的应用尚属空白。大豆乳清蛋白包括2S和7S组分, 它的主要成分是Kunitz胰蛋白酶抑制剂(KTI)和血清凝集素(L)<sup>[16]</sup>。大豆乳清蛋白具有很好的酸溶解性和优越的乳化性和起泡性, 长期食用还具有抗肿瘤效果及增强免疫作用, 因此在食品加工中有广泛的应用前景<sup>[17]</sup>。为了更好地开发和利用大豆蛋白中的乳清蛋白, 本文对大豆乳清蛋白在饮料中的应用进行了研究, 主要内容为大豆乳清废水脱色、脱嗅和脱盐处理、大豆胰蛋白酶抑制剂活性试验以及大豆清型乳清蛋白果味饮料的研制。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器设备

大豆乳清水由哈高科提供, 大豆乳清液原料成分主要如下: 乳清蛋白含量为0.39%, NaCl含量

收稿日期: 2008-09-20

基金项目: 国家十五科技攻关项目(2001BA501A02)

作者简介: 冯晓(1957-), 男, 黑龙江人, 副研究员, 硕士, 在读博士, 主要从事食品加工及生产工艺方向的研究。

\* 通讯作者 E-mail: czbhd@163.com

为 0.268%，胰蛋白酶抑制剂活性(TIA)为 0.086 TLU。试验中所应用的仪器设备：旋片真空泵：2XZ-1 X 型(无锡医疗设备厂)；手持糖量计：WYT 0%~32%(成都太泰华光学有限公司)；电热恒温水浴锅：HHS(上海医疗器械五厂)；电热干燥培养箱：HG303-4A(南京实验仪器厂)；电热手提式压力蒸汽消毒器：YXG.SG46.28D(哈尔滨松花江医疗器械厂)；移液枪：200~1 000  $\mu\text{L}$ (上海荣泰生化工程有限公司)；双光束紫外可见光光度计：TU-1901(北京普析通用仪器有限公司)；Acculab 电子天平：ALC-210.2(北京赛多利斯仪器系统有限公司)；阳/阴离子交换树脂(732/717)：化学纯(沈阳市东兴试剂厂)；活性炭：GA(上海金湖活性炭有限公司)。

## 1.2 工艺与方法

所采取的工艺路线如下：

大豆乳清水→预处理(抽滤、脱嗅、脱色、酶活检测脱盐)→调配→均质(色素、香精)→加热、冷却→标贴→成品。

从以上工艺中可以看出，生产大豆清型乳清蛋白果味饮料包括如下步骤：

① 抽滤：采用 G4 孔径的耐酸滤过漏斗进行抽滤前处理，滤去大豆乳清废水的杂质和沉淀中的蛋白质。

② 脱色、脱嗅：大豆乳清有一种特殊的豆腥味、涩味和辣味。本试验采用活性炭对大豆乳清原料液进行脱嗅、脱色处理。取抽滤液 10% 体积的活性炭粉，然后加入抽滤液 1 000 mL 搅拌均匀后分别放入 40、45、50、55、60  $^{\circ}\text{C}$  水浴中，待 30 min 后过滤，得澄清的抽滤液待用，将活性炭回收使用。

③ 脱盐：抽滤液中的盐含量很高，直接影响饮料的口感及成品质量，在进行饮料调配前需要进行脱盐处理。本试验采用离子交换树脂来进行脱盐的处理。阳/阴离子树脂用量比采用 1:1.5。将大豆乳清液以不同流速通过阴/阳离子交换柱脱盐。以 GB5009.39-2003 NaCl 的测定方法测定不同流速通过液的 NaCl 含量，并根据大豆乳清蛋白原液 NaCl 含量 0.268% 计算脱盐率。

阴离子树脂的处理方法：新的阴离子树脂用自来水浸泡，反复洗涤，洗至无色、无臭。加等量 8% NaOH 溶液浸泡 1 h 左右，搅拌，去除碱液。

用通过 H 型阳离子树脂处理的水洗至洗出水 pH 8.0~9.0，倾除余水，加入等量 7% HCl 溶液浸泡 1 h 左右，去除酸液，再用自来水洗至出水 pH 3~4 为止。最后加入 3~5 倍量的 8% NaOH 溶液浸泡 2 h 左右，并搅拌，使阴离子树脂转为 OH 型，倾去碱液，用去离子水洗至 pH 8~9 即可应用。

阳离子树脂的处理方法：新的阳离子树脂用自来水浸泡 1~2 d，使其充分吸水膨胀，反复用自来水冲洗，去除水中可溶物，直至洗出水无色为止，并沥干水，加等量 7% HCl 溶液浸泡 1 h 左右，并搅拌，去除酸液。用自来水洗至洗出水 pH 3~4 为止。倾除余水，加入等量 8% NaOH 溶液浸泡 1 h 左右，去除碱液，再用水洗至出水 pH 8.0~9.0，倾除余水。最后加入 3~5 倍量的 7% HCl 溶液浸泡 2 h 左右，使阳离子转为 H 型，倾去酸液，用去离子水洗至 pH 3~4 即可应用。

④ 胰蛋白酶抑制剂活性(TIA)：大豆乳清液中的由胰蛋白酶抑制剂和血球凝集素组成，但主要成分是胰蛋白酶抑制剂约占大豆乳清蛋白的 71%，因此本试验通过对原料液和豆浆、豆腐乳、臭豆腐、豆奶粉、黄豆酱油等几种市售大豆食品的胰蛋白酶抑制剂活性的研究来确定是否能安全食用。参考 AACC 中大豆胰蛋白酶抑制剂活性的测定方法并进行改进，改进后的方法如下：

将样品粉碎并通过 100 目筛，1 g 样品用 50 mL 0.01 mol·L<sup>-1</sup> 的 NaOH 溶液提取 3 h(搅拌)，样品的最大用量约为 1 g。分别吸取 0、0.6、1.0、1.4、1.8、2.0 mL 的上层提取液注入两组试管中，并加水稀释至 2 mL。分别加入 2 mL 胰蛋白酶溶液于每支试管中，混匀。再加入 5 mL 预热至 37  $^{\circ}\text{C}$  的 BAPNA 溶液，并严格地于 10 min 后加入 1 mL 醋酸溶液并混匀，以停止反应。将内容物过滤，并于 410 nm 测定光密度值。对于空白对照管，取 2 mL 样本提取液加 5 mL BAPNA 试剂并保温在 37  $^{\circ}\text{C}$  10 min，然后加入 1 mL 醋酸溶液及 2 mL 胰蛋白酶溶液。

活力的表示方法：一个胰蛋白酶单位(AU)，是 10 mL 反应溶液在本文叙述的条件下，于 410 nm 处测得反应前后所增加 0.01 光密度为 1 单位(Absorbance Uunit)，胰蛋白酶抑制剂活力用胰蛋白酶抑制剂单位(TLU)表示。

结果计算：用 TLU·mL<sup>-1</sup> 对分析所用提取液体

积(mL)做标准曲线,并外推到零。每克样品的TLU值=延伸值×稀释倍数,当用分析的提取液的TLU·mL<sup>-1</sup>对分析液体积作图并不是直线关系时,则计算出每单位体积提取液中TLU平均值,则TLU·g<sup>-1</sup>样品=平均值×稀释倍数。

#### ⑤ 饮料配方研究:

a. 糖度的确定:清型蛋白饮料(果味型)的糖浓度一般在4%~13%,酸度一般要求在0.6 g·L<sup>-1</sup>以上,本试验通过以1.0 g·L<sup>-1</sup>酸度为基础的大豆乳清液配制糖浓度为(以蔗糖计)4.0%、5.0%、6.0%、7.0%、8.0%、9.0%、10.0%的溶液,以口感、风味为判断依据,对大豆乳清液甜度进行比较,从而确定饮料适合的甜度。同时用手持糖量计测定固形物浓度。

b. 酸度的确定:以a的适合糖度为基础的大豆乳清液,配制混合酸(苹果酸:柠檬酸=1:1)的酸度分别为0.4、0.6、0.8、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0 g·L<sup>-1</sup>的溶液,以口感、风味为判断依据,对大豆

乳清液酸度进行比较,以确定饮料适合的酸度。

c. 香精添加量对饮料的影响:以a和b确定的适合的糖度、酸度配制大豆乳清清型蛋白饮料,并分别添加0.006%、0.008%、0.01%、0.015%、0.02%、0.025%、0.03%、0.035%、0.04%的黄桃味香精,通过各自口感及风味进行评价。

d. 色素添加量的确定:为使黄桃味大豆乳清型蛋白饮料的感官更好更易被接受,我们按国家标准范围添加食品级的柠檬黄60,首先称取柠檬黄色素1g溶于100mL水摇匀备用。然后将配制好的色素稀释液分别按0.003、0.0035、0.0040、0.0045、0.0050 g·kg<sup>-1</sup>的量添加到5瓶100mL乳清蛋白液中进行感官评价,从而得到最适合的色素添加量。

e. 感官性状判定:根据酸味、甜味、香味、口感、气味和状态在产品感官中的重要程度,确定其相应的分值比例,总分为100分。产品感官评定细则见表1。

表1 产品感官评定细则

Table 1 Detailed rules of product sensory evaluation

色泽 Coloration	滋味 Taste	香气 Sweet smell	透明浊度 Transparent vibrant
接近于品名相符的鲜果或果汁的色泽,15~20分	具有近似该品种鲜果汁之滋味,味感尚协调柔和,酸甜较适口,有清凉感,25~30分	具有近似该品种鲜果之香气,香气尚协调柔和,清香宜人,20~25分	澄清透明,无沉淀,无杂质,20~25分
不足,10~15分	滋味一般,多数能接受,20~25分	香气协调柔和度一般,多数能接受,15~20分	较好,15~20分
过度,10分以下	滋味差,20分以下	杂味,15分以下	浑浊有沉淀,15分以下

### 1.3 评定产品质量的分析测定方法

食品中质量指标的测定采用标准方法,如食品中蛋白质的测定(GB5009.5-2003)、蔗糖的测定(GB5009.8-2003)、总砷的测定(GB5009.11-2003)、铅的测定(GB5009.12-2003)、铜的测定(GB5009.13-2003)、微生物学检验(GB4789.21)、食品添加

剂使用卫生标准(GB2760)、饮料中总酸的测定(ZBX51002-89)。

## 2 结果与分析

### 2.1 大豆乳清废水脱色、脱臭和脱盐处理温度对活性炭脱色、脱臭影响见表2。

表2 温度对活性炭脱色、脱臭影响

Table 2 Influence of temperature on decoloration and de-flavoring using activated carbon

温度(°C)Temperature	颜色 Color	气味 Smell	蛋白含量(%)Protein content
40	黄色	无异味	0.30
45	略带黄色较透明	无异味	0.28
50	透明	略有异味	0.24
55	很透明	有异味	0.20
60	浑浊	有异味	0.15

将颜色和气味进行评定，以透明为 1.5 分、略带黄色为 1 分、黄色为 0.5 分，气味以无异味为 1.5 分、略有异味为 1 分、有异味为 0.5 分为标准，给各温度试样打分。再根据颜色、气味评定分数和蛋白含量绘制曲线(见图 1)。一般地，温度越高活性炭的吸附性越好。但大豆乳清水抽滤液酸性强(pH 4.56)而且离子强度高，加热特别容易变性，损失大量的乳清蛋白，而且高温处理后活性炭的气味重，经不同温度的试验得出 45 ℃为最适宜温度(见表 2)。

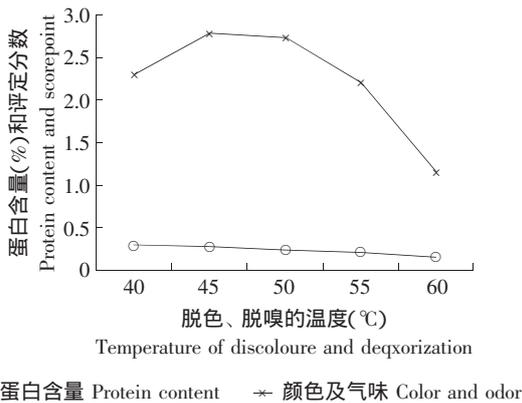


图 1 不同温度对滤过液的颜色、气味和蛋白含量的影响  
Fig. 1 Effect of different temperature on color, odor and protein content of filtered solution

大豆乳清液脱盐结果及关系曲线见图 2。由图 2 可见，大豆乳清液分别以流速 4、4.28、4.6、5、6 mL·min<sup>-1</sup> 通过阴阳离子交换树脂后，NaCl 含量

分别为 0.006%、0.016%、0.023%、0.027%、0.080%，脱盐率分别为 97.8%、94.0%、91.46%、89.78%、70%。根据饮料用水标准，NaCl 含量应小于 0.02%。因此，只有流速为 4 和 4.28 mL·min<sup>-1</sup> 时，交换后的大豆乳清液 NaCl 含量才符合标准。考虑到饮料成本，将采用 4.28 mL·min<sup>-1</sup> 的流速对大豆乳清液进行脱盐处理。

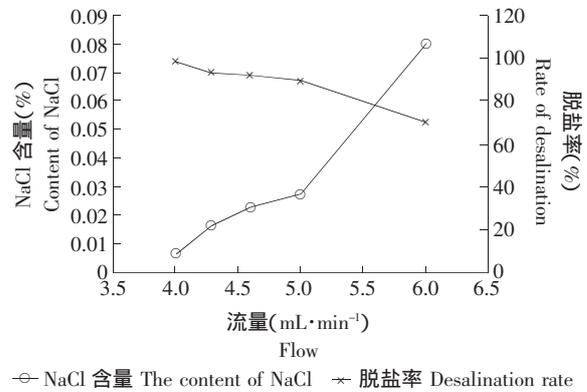


图 2 树脂交换流量对脱盐效果的影响  
Fig. 2 Influence of different flux on desalination performance of resin

### 2.2 大豆胰蛋白酶抑制剂活性试验

通过对原料液和豆浆、豆腐乳、臭豆腐、豆奶粉、黄豆酱油、干豆腐、豆瓣酱 7 种大豆食品的胰蛋白酶抑制剂活性比较(见图 3)，可知大豆乳清的胰蛋白酶抑制剂活性是 7 种市售大豆食品中活性最低的，也可以说大豆乳清型饮料不用考虑将胰蛋白酶抑制剂进行灭活。

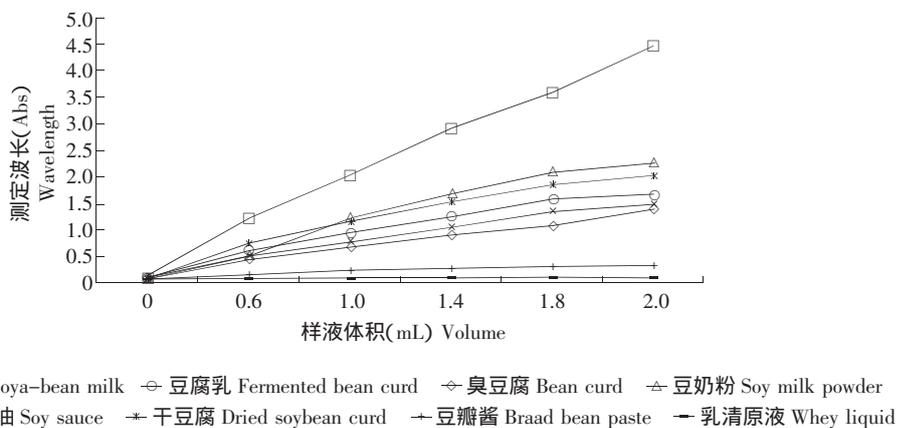


图 3 常见豆制品的胰蛋白酶抑制剂活力测定对比  
Fig. 3 Comparative study on trypsin inhibitor activity (TIA) of bean-made-foods

### 2.3 大豆清型乳清蛋白果味饮料的研制

#### 2.3.1 糖度和酸度的确定

试验中以 4.0%~10.0% 的糖浓度为基础，以口感、风味为判断根据，结果见表 3。由表 3 可知，调配的黄桃味大豆乳清饮料的糖度在 7%~9% 时，口感和风味均可接受。但考虑到饮料在肠胃中的吸收和运输情况，采用 8.0% 糖度，风味突出。酸添加量对饮料的风味质量起着决定性的作用，酸味也是饮料中最重要的因素之一，因为有机酸不但是酸味的调节剂，而且直接参与人体的新陈代谢，因此在运动或保健饮料中不能过少。本试验采用苹果酸代替常用的柠檬酸(将柠檬酸和苹果酸按 1:1 混合)，在提高其功能性的同时改善口味，试验结果见表 3。从表 3 可以看出，在糖度为 8.0% 时，混合酸添加量 1.0~3.0 g·L<sup>-1</sup> 时酸甜适中，口感协调。

用，酸味也是饮料中最重要的因素之一，因为有机酸不但是酸味的调节剂，而且直接参与人体的新陈代谢，因此在运动或保健饮料中不能过少。本试验采用苹果酸代替常用的柠檬酸(将柠檬酸和苹果酸按 1:1 混合)，在提高其功能性的同时改善口味，试验结果见表 3。从表 3 可以看出，在糖度为 8.0% 时，混合酸添加量 1.0~3.0 g·L<sup>-1</sup> 时酸甜适中，口感协调。

表 3 糖度和酸度对口感及风味的影响

Table 3 Effect of sugar content/acidity on taste and flavor

试验号 Test number	糖度(以蔗糖计) Sugar content			不同酸度对成品的影响(糖度 8.0%) Effect of different acidity to the product(Sugar content 8.0%)	
	糖度(%) Sugar content	口感及风味 Taste and flavor	固型物(%) Solid content	酸添加量(g·L <sup>-1</sup> ) Acid addition	口感及风味 Taste and flavor
1	4.0	有甜味，口感淡薄	4.1	0.4	酸味淡，甜味突出，协调度差
2	5.0	有甜味，口感淡薄	5.2	0.6	酸味偏淡，协调度较差
3	6.0	有甜味，口感淡薄	6.0	0.8	酸味偏淡，甜味重，协调度一般
4	7.0	较甜，较清淡	6.8	1.0	酸味清爽，协调度尚好
5	8.0	甜味适宜，清爽	8.4	2.0	酸味清爽，协调度好
6	9.0	甜味适宜，略有丰满	9.8	3.0	酸甜味协调，协调度好
7	10.0	感甜，有丰满感	10.6	4.0	酸味突出，协调度尚好
8				5.0	酸味偏重，协调度差

#### 2.3.2 香精和色素添加量对饮料的影响

由于黄桃香精果味混厚是很好的调味掩盖味，所以选用 TSW-067 食品级黄桃香精，以 0.006%~0.04% 添加量为基础，以口味为评价依据，结果见表 4。由表 4 可知，黄桃香精按 0.01%~0.02% 添加口感清新，果味纯正。通过感官实验评定，色素选择柠檬黄 60，添加量为 0.004 g·kg<sup>-1</sup> 时色泽诱人(见表 5)。

由表 4 可知，黄桃香精按 0.01%~0.02% 添加口感清新，果味纯正。通过感官实验评定，色素选择柠檬黄 60，添加量为 0.004 g·kg<sup>-1</sup> 时色泽诱人(见表 5)。

表 4 香精和色素添加量和成品质量的关系

Table 4 Relationships between additions of essence/pigment and products quality

试验号 Test number	香精添加量 Addition of essence		色素添加量 Addition of pigment	
	香精添加量(%) Addition of essence	风味 Flavor	添加量(g·kg <sup>-1</sup> ) Addition	色泽 Pigment
1	0.006	几乎无果香味	0.003	微黄色
2	0.008	果香味很淡	0.0035	淡黄色
3	0.01	果香味适中，具有该品种鲜果汁之滋味，味感协调柔和	0.0040	淡黄色接近黄桃鲜果汁颜色
4	0.015	果香味适中，味感协调柔和	0.0045	黄色
5	0.02	果香味适中，味感协调柔和	0.0050	淡橘黄色
6	0.025	果味较浓，稍涩苦味		
7	0.03	略深果香味浓，涩，苦		
8	0.035	稍浅果香味突出，涩口，苦味重		
9	0.04	果香味逼人，难以入口		

#### 2.3.3 正交试验

通过酸度(以柠檬酸和苹果酸 1:1 的混合酸添加)、糖度、香料 3 因素 3 水平的正交表 L<sub>9</sub>(3<sup>3</sup>) 进行配方优化，进行正交试验，研究以乳清蛋白液为

原料调配饮料的最优条件，得出该饮料的最佳配方为 A<sub>2</sub>(2.0 g·L<sup>-1</sup> 的混合酸)B<sub>2</sub>(8% 浓度的蔗糖)C<sub>1</sub>(0.01% 的黄桃香精和 0.004 g·kg<sup>-1</sup> 的柠檬黄色素)。试验结果见表 5。

表 5 饮料配方正交试验方案及结果

Table 5 Orthogonal test of beverage formula

试验号 Test number	因素 Factor			得分 Score
	A/酸量( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )Acid	B/糖量(%)Sugar	C/香料(%)Flavor	
1	1	7	0.02	73
2	1	8	0.01	79
3	1	9	0.015	77
4	2	7	0.015	85
5	2	8	0.02	92
6	2	9	0.01	89
7	3	7	0.01	81
8	3	8	0.015	83
9	3	9	0.02	80
$\Sigma 1$	229	239	249	
$\Sigma 2$	266	254	245	
$\Sigma 3$	244	246	245	$T=793$
$K_1$	76.33	79.67	83	
$K_2$	88.67	84.67	81.67	$X=82.11$
$K_3$	81.33	82	81.67	
极差 $R$	12.34	5	1.33	

主次 A&gt;B&gt;C

比较表 5 中 3 因素  $R$  值的大小可以看出：酸量 A 的  $R=12.34$ ，大于糖量 B、C 的  $R$  值。极差越大，反映该因素水平变动时，指标的变化愈大，即该因素对指标的影响愈大。由此可以判断出各因素对指标影响的主次顺序为：酸量>糖量>香料添加量。

由表 6 可知，A、B、C 3 个因素中，只有 A

因素对产品的作用效果有显著性，由 A 因素的贡献率也可以看出 A 因素的作用远大于 B 因素和 C 因素，说明 A 因素在该饮料中起最主要的作用。B 因素即糖度在饮料中的作用也很重要，在该分析中未曾表现出显著性可能是本试验选取的糖浓度比较接近，对饮料的作用差异不大的缘故。

表 6 方差分析

Table 6 Variance analysis

方差来源 Variance	平方和 Q Sum of squares	自由度 $f$ Freedom of motion	均方和 $v$ Mean sum of square	F 值 F value	临界值 Critical value	显著性 Significance	贡献率(%) Contribution rate
A	23.09	2	115.45	16.80		*	82.79
B	37.56	2	18.78	2.73			13.47
C	3.56	2			$F_{0.05}(2, 4)=6.944$		
e	6.87	2			$F_{0.01}(2, 4)=18.000$		
e'	10.43	4	6.87				3.74
T	278.89	8					

### 3 结 论

a. 采用 10% 体积的活性炭在 45 °C 水浴中 30 min 时脱色脱嗅效果最好。

b. 采用离子交换脱盐法，流速选择  $4.28 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$  时效果最佳。

c. 本试验研究的黄桃味清型大豆乳清蛋白饮料所用的大豆乳清废水中大豆胰蛋白酶抑制剂活性低于市面上销售可食用商品的 TIA。因此本试验可

以正常使用，不用考虑其活性。

d. 试验表明，饮料最优配方为  $2.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  的混合酸(苹果酸:柠檬酸=1:1)、8.0% 浓度的蔗糖、0.01% 的黄桃香精和  $0.004 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  的柠檬黄色素为最佳配比。

[参 考 文 献]

[1] 刘大川, 田少君. 中国大豆工业当前形势及展望[J]. 中国油脂,

- 2002, 27(5): 5-8.
- [2] 郭心义. 我国大豆蛋白生产现状及前景展望[J]. 粮油加工与食品机械, 2004(3): 13-15.
- [3] 刘国庆. 从大豆乳清废水中回收生理活性物质的研究现状与发展前景[J]. 食品研究与开发, 2001, 2(B12): 3-7.
- [4] 赵冬梅. 豆制品生产中高浓度废水的检测与分析[J]. 食品与发酵工业, 2006, 32(1): 68-71.
- [5] Pouliot Y, Wijers M C, Gauthier S E, et al. Fractionation of whey protein hydrolysates using charged UF/NF membranes[J]. Journal of Membrane Science, 1999, 158(1/2): 105-114.
- [6] Zydny A L. Protein separations using membrane filtration: new opportunities for whey fractionation[J]. Int Dairy Journal, 1998, 8(3): 243-250.
- [7] Alkhatim H S, Alcaina M I, Soriano E, et al. Treatment of whey effluents from dairy industries by nanofiltration membranes [J]. Desalination, 1998, 119(1-3): 177-184.
- [8] 王淑莹, 高大文, 彭永臻. SBR 法处理高浓豆制品废水的实验研究[J]. 水处理技术, 2002, 28(5): 296-298.
- [9] 肖长君, 金颖, 费庆志. SBR 法处理豆制品废水工艺条件的研究[J]. 净水技术, 2005, 24(3): 30-33.
- [10] 陈亮. AB 活性污泥法处理豆制品废水的工艺研究[J]. 上海环境科学, 1997, 16(2): 19-22.
- [11] 肖长君, 费庆志, 刘晓旭. 混凝气浮/生物接触氧化组合工艺治理豆制品废水[J]. 大连铁道学院学报, 2004, 25(4): 86-89.
- [12] 高峰, 孙洁心, 张永忠. 冷冻浓缩法处理大豆乳清废水的研究初探[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(4): 25-27.
- [13] Hsieh C, Yang F C. Reusing soy residue for the solid-state fermentation of *Ganoderma lucidum*[J]. Bioresource Technology, 2004, 91(1): 105-109.
- [14] 吕斯濠. 超滤法处理大豆蛋白废水技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2003: 55-76.
- [15] 赵丽颖, 符群. 膜分离技术在大豆乳清废水回收中应用[J]. 粮食与油脂, 2002(9): 48-49.
- [16] 袁其朋, 马润宇. 膜分离技术处理大豆乳清废水[J]. 水处理技术, 2001, 27(3): 161-163.
- [17] Mugio B N, Vebersax M A. Characterization and bioconversion of great northernbean blanch effluent[J]. J Food Sci, 1985, 50(4): 918-921.

## Pretreatment and application of whey soy proteins wastewater to processing and beverages

FENG Xiao, REN Nanqi, CHEN Zhaobo

(State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

**Abstract:** Pretreatment and application of whey soy proteins to wastewater processing and beverages were investigated under different conditions. Decoloration and deflavoring efficiency were determined using activated carbon under different temperature, and desalination performance of resin and different flux and trypsin inhibitor activity(TIA) was investigated when tested in salt and TIA concentration 0.268% and 0.086 TLU. The experimental results of whey soy proteins wastewater pretreatment showed that the best conditions of decoloration de-flavoring were: 10% of activated carbon, 45 °C of temperature, adsorption time for 30 min, and the best condition of desalination was 4.28 mL·min<sup>-1</sup> of flux using ion exchanging resin. The experimental results also indicated that trypsin inhibitor activity (TIA) ranked the lowest in whey soy proteins beverages. At the same time, the optimum proportions of formula of beverage were determined through orthogonal test: 2.0 g·L<sup>-1</sup> of the mixed acid with citric acid/malic acid ratio of 1:1, 8.0% of sugar degree, 0.01% of yellow peach flavor, and 0.004 g·kg<sup>-1</sup> of tartrazine.

**Key words:** whey soy proteins; wastewater pretreatment; trypsin inhibitor activity (TIA); optimum proportion; orthogonal test