

## 螺旋藻的脱腥研究

谢林明

励建荣

(嘉兴学院生物与化学工程学院 嘉兴 314001) (杭州商学院食品、生物与环境工程学院 杭州 310035)

**摘 要** 采用加热、掩蔽、真空、萃取、吸附、发酵等方法对螺旋藻进行脱腥试验。结果表明,掩蔽、真空、萃取、吸附、发酵法对螺旋藻的脱腥都有良好的效果,其中最理想的方法是真空脱腥。真空脱腥最佳的萃取剂是体积分数 100% 的乙醚。最佳的掩蔽剂是  $\beta$ -环糊精。吸附脱腥的最佳工艺条件为 茉莉花茶添加量为 0.6% 吸附时间为 30 min 吸附温度为 50℃。发酵脱腥的最佳工艺条件为 酵母添加量为 0.6% 发酵时间为 90 min 发酵温度为 32℃。

**关键词** 螺旋藻 脱腥 感官评定

螺旋藻属于原核藻类,是一种多细胞的丝状微藻(*Microalga*),被列入蓝藻门(*Cyanophyta*) 段殖藻目(*Hormogonales*) 颤藻科(*Oscillatoriaceae*) 的一个属<sup>[1]</sup>。该藻具有重要的营养、药理价值和开发利用价值。它含有丰富的蛋白质,约占螺旋藻质量的 60%~70%,是猪肉的 6.8 倍,其氨基酸含量完全达到联合国粮农组织(FAO)确定的蛋白质标准。除了蛋白质之外,螺旋藻还含有许多其他的营养物质,如螺旋藻多糖、 $\gamma$ -亚麻酸、多种维生素和矿物质等生理活性物质,这些物质能提高机体免疫能力,抵抗各种疾病,在防治心血管疾病、抗辐射、防癌抗癌、抗疲劳等方面都有一定的效果,具有清除由于人体生物大分子的破坏和脂质氧化而造成正常细胞的破坏与死亡的氧自由基的作用,因其极高的营养价值和良好的保健功能而广受关注,被联合国粮农组织(FAO)誉为“21 世纪最理想的功能性食品”,被我国卫生部推荐为“新资源营养食品”<sup>[2~4]</sup>。

目前我国市场上螺旋藻的产品主要有:螺旋藻胶囊、螺旋藻片剂、螺旋藻饮料、螺旋藻营养面条、螺旋藻保健盐、螺旋藻营养米粉等<sup>[5]</sup>,产品品种较为单一,并存在风味上的问题,原因之一就是螺旋藻具有较重的腥味,给加工带来了一定的困难。本研究采用了多

种方法对螺旋藻进行脱腥试验,旨在找到一种理想的螺旋藻脱腥方法,为螺旋藻的深加工和提高螺旋藻产品的质量奠定技术基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与仪器

螺旋藻干粉,嘉兴三立生物制品有限公司提供;八甘桂溶液,自制;茉莉花茶、白砂糖,市售;活性干酵母,广东梅山酵母厂; $\beta$ -环糊精、柠檬酸、 $V_C$ 、乙醚、丙酮均为分析纯。

88-1 型定时恒温磁力搅拌器,上海司禾仪器厂;多功能电子恒温水浴锅(恒温范围 38~110℃),上海凯乐电子设备厂;ZXZ-1 型真空泵,上海海洲微型电机总厂;CSF-1A 型超声波发生器,上海超声波仪器厂;80-2B 型离心机,上海科学仪器厂。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验材料的准备

取一定量的螺旋藻干粉溶于去离子水中,配成质量分数 0.5% 的螺旋藻溶液,在 20kHz 条件下经超声波破壁后作为试验材料<sup>[6]</sup>,此质量分数下腥味较突出,易于观察试验结果。

#### 1.2.2 八甘桂掩蔽剂的制备

称取八角 30 g、桂皮 30 g、甘草 100 g、加水 1 000 mL,煮沸 30 min,过滤,该滤液简称

八甘桂掩蔽剂。

### 1.2.3 脱腥方法

采用加热、掩蔽、真空、萃取、吸附、发酵等方法对螺旋藻进行单因子和正交脱腥试验。

### 1.2.4 脱腥效果的评定

因脱腥效果无法作定量测定,在单因子脱腥试验中以 10~12 人感官评定的结果表示脱腥效果,并将腥味程度分成 4 个等级,“++++”表示浓腥;“+++”表示腥;“++”表示淡腥;“+”表示微腥;“-”表示无腥。在正交脱腥试验中由 10~12 名食品工作者

感官评定腥味程度,以腥味大小评价脱腥效果的好坏,脱腥效果越好,风味评分越高,以基本无腥味为 100 分,未处理前为 50 分来打分,然后取其平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 加热脱腥

取 7 个 250 mL 三角瓶,分别装入 50 mL 质量分数 0.5% 的螺旋藻溶液,在不同温度下加热 30 min,冷却后感官评定腥味程度,并观察溶液的稳定性,结果如表 1 所示。

表 1 加热脱腥试验结果

温 度	常 温	30℃	40℃	50℃	60℃	70℃	80℃
腥 味	++++	++++	+++	++	+	++	++
颜 色	墨 绿	墨 绿	墨 绿	绿	黄 绿	黄绿偏黄	黄绿偏黄
溶液稳定性	无沉淀	无沉淀	无沉淀	无沉淀	无沉淀	少量沉淀	大量沉淀

表 1 结果表明,加热对螺旋藻溶液有脱腥效果,在 60℃ 条件下加热 30 min,螺旋藻溶液的腥味已很淡。但加热温度不能太高,60℃ 以上,溶液产生异味,变色严重,且有沉淀产生。变色的主要原因是叶绿素受热后变为脱镁叶绿素,沉淀是由于螺旋藻蛋白受热变性引起。因此加热脱腥的温度最好不超过 50℃。

### 2.2 掩蔽法脱腥

表 2 白砂糖掩蔽脱腥结果

白砂糖添加量/%	0	2	4	6	8	10	12	14
脱 腥	++++	+++	+++	++	++	+	+	++
颜 色				均为墨绿				
稳定性				无沉淀				

### 2.2.2 柠檬酸对脱腥效果的影响

取 8 个 250 mL 三角瓶分别装入 50 mL 质量分数 0.5% 的螺旋藻溶液,然后加入不

选用白砂糖、柠檬酸、 $\beta$ -环糊精、八甘桂、 $V_C$  为掩蔽剂,旨在找到一种既能除腥、又利于制备螺旋藻饮料的腥味掩蔽剂。

### 2.2.1 白砂糖对脱腥效果的影响

取 8 个 250 mL 三角瓶分别装入 50 mL 质量分数 0.5% 的螺旋藻溶液,然后添加不同量的经粉碎的白砂糖,感官评定腥味程度并观察溶液稳定性,结果如表 2 所示。

同量的柠檬酸,感官评定腥味程度并观察溶液稳定性,结果如表 3 所示。

表 3 柠檬酸掩蔽脱腥结果

柠檬酸添加量/%	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
腥 味	++++	+++	++	+	+	++	++	+++
颜 色	墨 绿	绿	黄 绿	黄 绿	黄 绿	淡 黄	淡 黄	淡 黄
溶液稳定性	无沉淀	无沉淀	少量沉淀	沉 淀	沉 淀	沉 淀	沉 淀	沉 淀

### 2.2.3 $\beta$ -环糊精对脱腥效果的影响

取 8 个 250 mL 三角瓶分别装入 50 mL 质量分数 0.5% 的螺旋藻溶液,然后添加不

同量的  $\beta$ -环糊精,感官评定腥味程度并观察溶液稳定性,结果如表 4 所示。

表 4  $\beta$ -环糊精掩蔽脱腥结果

$\beta$ -环糊精添加量/%	0	0.01	0.025	0.05	0.10	0.20	0.30	0.40
脱腥	++++	+++	++	+	+	+	—	—
颜色				均为墨绿				
稳定性				无沉淀				

## 2.2.4 八甘桂对脱腥效果的影响

不同量的八甘桂掩蔽剂,感官评定腥味程度并观察溶液稳定性,结果如表 5 所示。

取 8 个 250 mL 三角瓶分别装入 50 mL 质量分数 0.5% 的螺旋藻溶液,再分别加入

表 5 八甘桂掩蔽脱腥结果

八甘桂添加量/%	0	0.1	0.25	0.5	1	1.5	2	2.5
腥味	++++	+++	+++	+++	++	+	+	—
颜色			均为墨绿					
稳定性			无沉淀					

2.2.5  $V_C$  对脱腥效果的影响

同量的  $V_C$ ,感官评定腥味程度并观察溶液稳定性,结果如表 6 所示。

取 8 个 250 mL 三角瓶分别装入 50 mL 质量分数 0.5% 的螺旋藻溶液,然后添加不

表 6  $V_C$  掩蔽脱腥结果

$V_C$ 添加量/%	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
腥味	++++	++++	+++	+++	++	++	+	+
颜色				均为墨绿				
稳定性	无沉淀			少量沉淀				

表 1~表 5 结果表明,5 种掩蔽剂都有理想的脱腥效果,其最佳的添加量分别为:白砂糖为 10%、柠檬酸为 0.03%、 $\beta$ -环糊精为 0.05%、八甘桂为 2.5%、 $V_C$  为 0.06%。比较而言, $\beta$ -环糊精、八甘桂的脱腥效果好于白砂糖、柠檬酸、 $V_C$ ,并且  $\beta$ -环糊精、八甘桂对螺旋藻溶液的颜色和稳定性没有影响,而柠檬酸、 $V_C$  使螺旋藻溶液变色并产生沉淀,添加过量的柠檬酸、 $V_C$  还会产生异味。当八甘桂的添加量超过 1% 时,会产生淡淡的中药味。

$\beta$ -环糊精是最佳的掩蔽剂, $\beta$ -环糊精由吡喃型葡萄糖环合而成,食用后因细菌作用

能完全分解,无毒副作用,并能作为碳水化合物来源被人体吸收利用<sup>[8]</sup>,再者, $\beta$ -环糊精不易吸潮,化学性质稳定,对螺旋藻又有护色效果,因此  $\beta$ -环糊精是螺旋藻饮料生产中脱腥的理想掩蔽剂。

## 2.3 真空脱腥

预试验结果表明,真空度越高,温度越高,螺旋藻粉的真空脱腥效果越好,但温度超过 70℃,螺旋藻粉就会脱色。因此,取 5 g 螺旋藻干粉置于 100 mL 圆底烧瓶,在自置的真空装置中,控制最高真空度为 0.09 MPa,水浴温度为 70℃,处理不同时间,感官评定腥味程度,结果如表 7 所示。

表 7 真空脱腥结果

时间/min	0	30	40	50	60	70	80	90
脱腥	++++	+++	++	+	+	+	—	—

结果表明,在真空度为 0.09 MPa,水浴温度为 70℃ 的条件,真空脱腥 70 min 螺旋藻粉已基本无腥味。

## 2.4 萃取法

取 3 只 50 mL 锥形瓶分别装入 5 g 螺旋

藻干粉,然后分别加入体积分数 95% 的乙醇、体积分数 100% 的丙酮和体积分数 100% 的乙醚各 20 mL,振荡 10 min,离心 15 min 后倾去上清液,自然干燥得螺旋藻粉,感官评定结果见表 8 所示。

表 8 萃取法脱腥试验结果

萃取剂	体积分数 95%乙醇	体积分数 100%丙酮	体积分数 100%乙醚
腥 味	—	—	—
颜 色	黑 色	黑 色	墨 绿

表 8 结果表明,3 种萃取剂都有理想的脱腥效果,但体积分数 95%的乙醇、体积分数 100%的丙酮处理后对螺旋藻有脱色作用,体积分数 100%的乙醚处理后,螺旋藻的颜色基本不变,且具有海藻鲜味。结果表明,体积分数 100%的乙醚对螺旋藻进行萃取脱腥的效果最理想。

## 2.5 吸附法

取 9 个 250 mL 三角瓶分别装入 50 mL 质量分数 0.5%的螺旋藻溶液,然后添加不同量的茉莉花茶(因素 A),在不同的温度下(因素 B)吸附不同的时间(因素 C)进行正交试验,过滤后得滤液,感官评定结果见表 9。

表 9 茉莉花茶吸附脱腥正交试验结果

编 号	茉莉花茶 添加量/%	水浴时间 /min	温 度 /℃	评 分
1	0.5	20	30	75
2	0.5	30	40	76
3	0.5	40	50	84
4	0.6	20	40	83
5	0.6	30	50	90
6	0.6	40	30	85
7	0.7	20	50	87
8	0.7	30	30	90
9	0.7	40	40	85
K1	235	245	250	
K2	258	256	244	
K3	262	254	261	
$\bar{K}1$	78	82	83	
$\bar{K}2$	86	85	81	
$\bar{K}3$	87	85	87	
R	9	3	6	

由极差分析及各水平的差值可知,吸附法脱腥的最佳条件:茉莉花茶添加的添加量为 0.6%,水浴温度 50℃,水浴时间 30 min,在此条件下可脱除大部分螺旋藻腥味。影响脱腥效果程度的因素依次为:茉莉花茶、水浴温度、水浴时间。

为了保持螺旋藻特有的颜色,温度取 50℃以下。

## 2.6 发酵法

取 9 个 250 mL 三角瓶分别装入 50 mL 质量分数 0.5%的螺旋藻溶液,灭菌处理,冷却后接入不同量的活性干酵母(因素 A)并摇匀,在不同的温度下(因素 B)发酵不同的时间(因素 C)进行正交试验,发酵液经过滤后得滤液,感官评定结果见表 10 所示。

表 10 发酵法脱腥正交试验结果

编 号	酵母添加量 /%	发酵温度 /℃	发酵时间 /h	评 分
1	0.3	30	30	75
2	0.3	32	60	85
3	0.3	35	90	83
4	0.6	30	60	90
5	0.6	32	90	95
6	0.6	35	30	87
7	0.8	30	90	85
8	0.8	32	60	87
9	0.8	35	30	84
K1	243	250	246	
K2	272	267	262	
K3	252	254	263	
$\bar{K}1$	81	83	82	
$\bar{K}2$	91	89	87	
$\bar{K}3$	85	85	87	
R	10	6	5	

由极差分析及各水平的差值可知,发酵法脱腥的最佳条件:酵母添加的添加量为 0.6%,发酵温度 32℃,发酵时间 90 min,在此条件下得到的发酵液感觉不到藻腥味的存在,具有淡淡的清香味,颜色为淡黄色。经计算机谱库检索,其主要的风味成分为,丁烯、乙酸乙酯、异丁醇、乙基苯、5,5-二甲基呋喃酮、2-乙酰基吡啶等物质,在这些成分中已不含有形成藻腥味的主要成分(萜类物质、胺类物质和吡啶类),脱腥后藻液淡淡的清香味则主要来自于乙酸乙酯、异丁醇等。

影响脱腥效果程度的因素依次为,酵母添加量、发酵温度、发酵时间。

在螺旋藻溶液中加入酵母粉后可消除腥味,其作用机理可能是(1)酵母粉松散的结构对腥味物质有吸附作用(2)酵母可与部分腥味物质合成大分子物质而被聚集除去(3)酵母含有的多种酶与腥味物质反应,转化为

无腥味物质,同时发酵过程中产生一些中间代谢产物,对腥味有一定的掩蔽作用。但发酵过度,副产物增多,会使溶液呈现出不良的发酵味。

### 3 结 论

(1)螺旋藻干粉及其溶液都有强烈的藻腥味,影响了产品的品质。采用加热、掩蔽、真空、萃取、吸附、发酵等方法可对螺旋藻进行脱腥。特别是掩蔽、真空、吸附、发酵法是比较理想的脱腥方法。其中掩蔽、吸附法适用于螺旋藻溶液的脱腥,这些掩蔽剂除了具有脱腥作用以外,对螺旋藻饮料的生产还有其他的特殊作用。发酵法适用于营养液等其他产品的脱腥。真空脱腥适用于螺旋藻粉的脱腥,并不改变螺旋藻的物理性状,操作简单,因此,真空脱腥是螺旋藻最理想的脱腥方法。

(2)经计算机谱库检索,螺旋藻的主要风味成分为,六氢吡啶衍生物、吡啶衍生物、胺类物质、萜类物质,除此以外,还含有甲基吡咯、溴代戊烷、间甲基异丙基苯、邻甲基乙基苯、5,6-二甲基己内脂和苯乙醛等成分。其中的萜类物质、胺类物质和吡啶类物质是形成藻腥味的主要成分<sup>[7]</sup>。这些物质经加热、

掩蔽、抽真空、吸附、发酵等处理后被挥发、包容、吸附、分解而除去。

(3)脱腥之前的破壁处理使螺旋藻中溶解性的腥味成分溶解出来,有利于腥味物质的脱除。

(4)试验中还采用酸煮法、活性炭、酶解法对螺旋藻进行脱腥试验,但效果不理想。酸煮法、酶解法在分解腥味物质的同时会产生异味,酸煮法还有脱色作用。活性炭脱腥有效果,但同时脱去了螺旋藻的色泽,部分营养成分也在此过程中被吸附。

### 参 考 文 献

- 1 陈峰,姜悦编著. 微藻生物技术. 北京:中国轻工业出版社,2000.103
- 2 程双奇,曹世民,郑伟. 营养学报,1990(4):415~417
- 3 黄圣基,万青. 食品研究与开发,1995(4):43~46
- 4 张明峰. 世界农业,1997(8):30~31
- 5 李戒勇,郭祀勇,李琳. 食品技术,1998(6):12~15
- 6 谢林明,建军,朱仁华. 嘉兴高等专科学校学报,1999(2):38~39
- 7 邹延军,刘亦芸,冯锐. 中国乳品工业,1998(5):5~8
- 8 刘惠宾,金承涛,刘苏杭. 中国调味品,1996(12):19~20

## Study on Removing Off-flavor of Spirulina

Xie Linming

(Department of Biology & Chemical Engineering, Jiaxin Institute, Jiaxin, 314001)

Li Jianrong

(College of Food Science, Biotechnology and Environmental Engineering,  
Hangzhou University of Commerce, Hangzhou, 310035)

**ABSTRACT** Experiments were conducted for removing off-flavor of spirulina by different techniques including heating, shrouding, vacuuming, extraction, absorption, and fermentation. The results indicated that shrouding, vacuuming, extraction, absorption, and fermentation are effective in removing off-flavor in spirulina while vacuum is an ideal means for this task. Ether is the optimal agent when extraction method is used, and  $\beta$ -cyclodextrin is optimal for screening. The optimal parameters for vacuum treatment is 0.09MPa 70°C, and 60 minutes; the optimal parameters for absorption treatment is jasmine tea in mass fraction of 0.6%, 30minutes, and 50°C; the optimal parameters of fermentation technique are yeast in mass fraction of 0.6%, fermentation time of 90 minutes and fermentation temperature of 32°C.

**Key words** spirulina, off-flavor removal, organoleptic evaluation