

裙带菜硫酸多糖的制备及其性质研究

门晓媛, 王一飞*, 康琰琰, 朱艳梅, 朱 良
(暨南大学药学院生物医药研究开发基地, 广东 广州 510632)

摘 要: 采用单因素试验和正交试验, 确定裙带菜硫酸多糖制备的最佳工艺条件为: 提取温度 100℃, 加水量 80 倍, 提取时间 4h。按最佳提取条件, 采用乙醇分级沉淀法制得三个多糖样品, 多糖含量平均为 28.0%, 硫酸基含量平均为 10.8%, 蛋白含量平均为 0.71%。红外光谱显示多糖样品有糖的特征峰, 硫酸基特征峰且硫酸根连接在糖的 C₂ 或 C₃ 处于平伏键位置、多糖样品为以 β-糖苷键为主的吡喃糖。

关键词: 裙带菜; 硫酸多糖; 提取工艺; 理化性质

Study on Preparation and Properties of Sulfated Polysaccharides from *Undaria Pinnatifida* (Charv.) Suringer

MEN Xiao-yuan, WANG Yi-fei*, KANG Yan-yan, ZHU Yan-mei, ZHU Liang
(Biomedicine Research and Development Center, Pharmaceutical College,
Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: Preparation technology of sulfated polysaccharides from *Undaria Pinnatifida* (Charv.) Suringer has been studied; one-factor experiment, one factor experiment orthogonal experiment were investigated. The optimal condition chosen extraction temperature 100℃, extraction time 4h, ratio of solution to algae power 80. Follow this condition, we get three samples use grade-precipitation by alcohol, the average content of polysaccharides, sulfate, protein is 28.0%, 10.8%, 0.71% respectively. From IR, the characteristic peak of polysaccharides, sulfate can be seen, and sulfate link polysaccharides at C₂ or C₃ as equatorial, the samples of polysaccharides are pyranose of β-glycosides mainly.

Key words *Undaria Pinnatifida* (Charv.) Suringer; sulfated polysaccharides; extraction technology; physical chemistry properties

中图分类号: 0629.12

文献标识码 A

文章编号: 1002-6630(2006)03-0156-06

收稿日期 2005-03-31

*通讯作者

基金项目: 广东省自然科学基金团队项目(粤科基办[2003]11号); 广东省重点基金(013203)

作者简介: 门晓媛(1977-), 女, 在读硕士, 研究方向为海洋药物。

大, 所以这种色素应避免与铁器接触。基于以上研究结果, 我们认为红枣色素可开发利用。

参考文献:

- [1] 王藏. 大枣的化学成分[J]. 植物杂志, 1991, 18(5): 4.
- [2] 苗明三. 法定中药药理及临床[M]. 西安: 世界图书制作公司, 1998. 77.
- [3] 张建梅. 大枣的药用探讨[J]. 新疆中医药, 1998, 16(3): 40.
- [4] 催振环. 复方大枣合剂对小鼠乳腺癌生长抑制作用的初步观察[J]. 天津医科大学学报, 1999, 5(2): 15.
- [5] 宋为民. 大枣的抗突变作用[J]. 中药药理与临床, 1991, 7(5): 25.
- [6] 樊君, 吕磊, 等. 大枣的研究与开发进展[J]. 食品科学, 2003, (4): 161-163.
- [7] 马木提·库尔班. 新疆小檗中黄色素的提取及理化性质的研究[J]. 食品科学, 2002, (5): 43-45.
- [8] 计巧灵, 苟苹. 黑桑椹紫色素的提取及理化性质的研究[J]. 食品与发酵工业, 1999, (4): 79-81.
- [9] 肖亚中, 王怡平, 肖亚军, 等. 椴子蓝色素稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业, 1996, (3): 67-70.
- [10] 徐雅琴, 于泽源, 邵铁华. 草莓红色素稳定性的研究[J]. 食品与发酵工业, 2000, (4): 13-17.

褐藻硫酸多糖 (Sulfated polysaccharides, SP), 是存在于所有褐藻中的细胞间多糖。又被称为褐藻糖胶、岩藻聚糖 (Fucoidan), 1913年由 Kylin 首次从褐藻掌状海带中提取出来。它是一种杂多糖, 除了含有岩藻糖和硫酸根外, 还含有半乳糖、木糖、甘露糖和糖醛酸等。褐藻硫酸多糖组成很复杂, 在不同褐藻中变化很大, 近年的研究表明: 具有抗凝血、活血化淤、调节血脂、抗肿瘤、抗病毒、增强细胞免疫和体液免疫功能、抗衰老, 对机体细胞的保护等多种生物活性^[1~5]。

裙带菜 (*Undaria Pinnatifida* (Charv.) Suringer) 是大型经济褐藻中的一种, 在我国产量十分丰富, 为开发利用褐藻硫酸多糖提供了有力的条件。本文以裙带菜为材料, 对其制备工艺及部分理化性质进行了研究, 为今后的深入研究奠定了初步基础。

1 材料与方法

1.1 试剂与仪器

浓硫酸、苯酚 (分析纯重蒸馏试剂)、葡萄糖、无水乙醇等, 以上试剂均为分析纯。

电热恒温水槽 (DK-8D型) 上海森信实验仪器有限公司; 台式冷冻离心机 (D-78532 Tuttlingen, universal 32R) 德国; PHS-3C; 冷冻干燥机 德国 CHRIST ALPHA1-2LD; 721W 微机型可见分光光度计 上海光学仪器五厂; 数显自动旋光仪 上海 WZZ-ZA 型; 红外光谱仪 德国 EQUINOX55 型; 核酸蛋白分析仪 (DU-640 型) 美国等。

1.2 供试液的制备

取裙带菜干粉 (0.5g), 按不同条件提取, 离心, 取上清浓缩, 加入无水乙醇, 达 75% V/V, 4℃静置过夜, 离心, 取沉淀, 冷冻干燥, 即得粗硫酸多糖, 称取一定量粗多糖, 加水定容, 作为供试液。

1.3 总糖含量的测定

苯酚-硫酸法^[6]。以葡萄糖为标准单糖制作标准曲线, 得回归方程为: $Y=0.0576X+0.0026$ $R^2=0.9986$ (多糖浓度为横坐标, 光密度值为纵坐标)。

样品含量测定: 吸取样品液 1.0ml, 按标准曲线同法操作, 测光密度, 以标准曲线计算多糖含量。并按下式计算多糖得的提取率。

$$\text{多糖提取率}(\%) = \frac{X \times 8 \times \text{稀释倍数}}{\text{裙带菜样品的量}} \times 100 \times \rho$$

式中 X 为在 Y 吸光度下根据回归方程计算所得的值, ρ 为校正系数, 以葡萄糖作标准曲线, $\rho=0.9$ 。

1.4 硫酸基的 Dodgson 法定量测定

明胶-氯化钡法^[6]以标准硫酸基溶液作标准曲线, 得回归方程为: $Y=0.0089X-0.0643$ $R^2=0.9987$ (以硫

酸基浓度为横坐标, 光密度值为纵坐标)。

样品含量测定: 以 1mol/L HCl 作溶剂配制适量浓度的样品液, 封闭管在 100℃加热 3h, 冷却后吸取 0.2ml 进行分析, 同标准曲线操作, 测光密度值, 对照标准曲线计算硫酸基含量。

1.5 单因素试验

温度选用 50、60、70、80、90、100℃ 六个水平; 提取时间选用 1、2、3、4、5、6、7h 七个水平; 加水倍数选用 30、40、50、60、70、80 倍六个水平; pH 值选择 1、2、3、4、5、6、7 分别进行单因素试验。

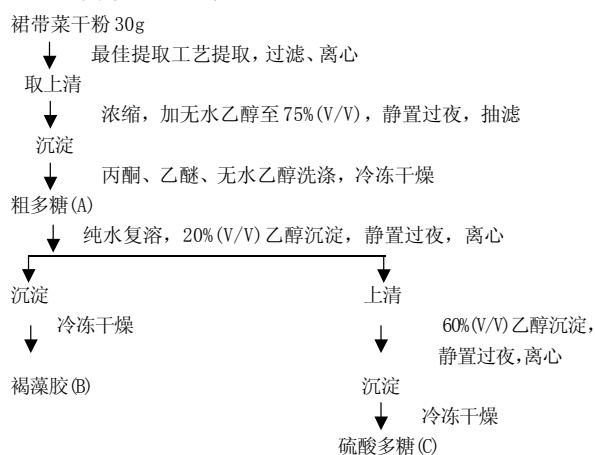
1.6 正交试验

本试验采用 $L_9(3^3)$ 正交设计, 各处理内容见表 1。所得试验结果进行极差分析、方差分析和多重比较, 以确定裙带菜多糖最佳提取工艺条件。

表 1 正交试验因素及水平 $L_9(3^3)$ 表
Table 1 Factors and level of orthogonal experiment

水平	因素		
	(A)温度(℃)	(B)加水量(倍)	(C)时间(h)
1	80	60	4
2	90	70	5
3	100	80	6

1.7 提取工艺流程



$$\text{粗多糖(A)得率}(\%) = \frac{\text{所得粗多糖(A)的量}}{\text{投入的裙带菜干粉的量}} \times 100$$

$$\text{褐藻胶(B)得率}(\%) = \frac{\text{所得褐藻胶(B)的量}}{\text{投入的裙带菜干粉的量}} \times 100$$

$$\text{硫酸多糖(C)得率}(\%) = \frac{\text{所得硫酸多糖(C)的量}}{\text{投入的裙带菜干粉的量}} \times 100$$

1.8 多糖样品的鉴别反应^[7]

还原糖的鉴定: Fehling 反应; 淀粉鉴定: 碘-碘

化钾反应；多酚类物质鉴定：三氯化铁反应；氨基半乳糖的鉴别。

1.9 蛋白质含量的测定 考马斯亮蓝G-250法^[7]。

以牛血清白蛋白制备标准蛋白质溶液，以OD₅₉₅值对蛋白质质量绘制标准曲线，得回归方程： $Y=0.01X+0.0087$ ， $R^2=0.9960$ 。

样品测定：精密称取多糖样品50mg，溶于适量蒸馏水中，定容10ml，取样品液100μl，加0.15mol/L NaCl 900μl，加4ml 考马斯亮蓝试剂，测OD₅₉₅，从回归方程求得蛋白含量。

1.10 电导率的测定 多糖溶液浓度为1mg/ml，以重蒸水为空白，于20℃测定。

1.11 比旋度测定 多糖溶液浓度为1mg/ml，采用钠光谱D线(589.3nm)，以蒸馏水调零，于20℃测定(测定管长度：2dm)。左旋为负，每种样品液测定三次，求平均值。按下式计算比旋度：

$$[\alpha]^{20} = \frac{\alpha \times 100}{L \times C}$$

[α]：比旋度；

α：旋光度；

L：测定管长度，dm；

C：每100ml溶液中含有被测物质的重量，g。

1.12 红外光谱分析

取多糖样品1mg左右与适量KBr混合于玛瑙研钵中，研细，压片，于EQUINOX55型红外扫描仪上作波段(4000~400cm⁻¹)扫描。

1.13 紫外吸收光谱

取各多糖样品溶液在DU-640(USA)型核酸蛋白分析仪上扫描200~400nm波长的吸收曲线。观察多糖样品的吸收曲线，注意在波长280nm和260nm下有无吸收峰。

2 结果与讨论

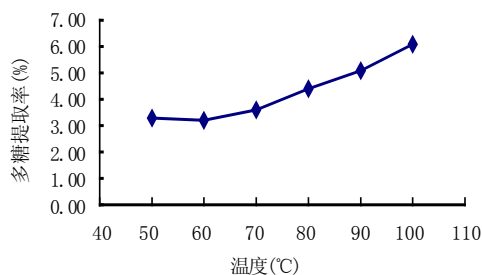
2.1 热浸提工艺参数对硫酸多糖提取率影响的单因素试验

热浸提工艺主要涉及四个参数，提取温度、加水量、提取时间，pH值，现就这四个方面进行单因素试验。

2.1.1 温度对多糖提取率的影响

水提法中，温度是影响多糖提取率的重要因素之一，不同温度(50、60、70、80、90、100℃)对裙带菜多糖提取率的影响如图1所示。

由图可知，多糖提取率随提取温度的提高而提高，温度为50~70℃时，多糖提取率随温度缓慢增加，当



提取时间3h，加水量50倍，pH5(纯水)

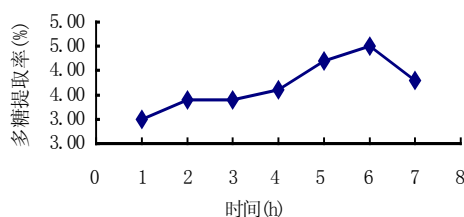
图1 温度对裙带菜多糖提取率的影响

Fig.1 Influence of temperature on extraction rate of polysaccharides

温度升到80~100℃时，多糖提取率随温度增加较快。为保证较高的多糖提取率，故设定L₉(3⁴)正交表中温度的三个水平为80、90、100℃。

2.1.2 提取时间对多糖提取率的影响

提取时间是影响多糖提取率的一个重要因素，不同提取时间(1、2、3、4、5、6、7h)对多糖提取率的影响见图2。



提取温度80℃，加水量50倍，pH5(纯水)

图2 提取时间对粗多糖提取率的影响

Fig.2 Influence of time on extraction rate of polysaccharides

由图2可知，提取时间从1~4h，随着提取时间的延长，多糖提取率增加较为缓慢；提取时间从4~6h，多糖提取率随时间延长增加较为显著，提取时间达7h时，多糖提取率反而有所下降，提取时间过长而导致多糖降解可能是原因之一。故设定L₉(3⁴)正交表中提取时间的三个水平为4、5、6h。

2.1.3 加水量对多糖提取率的影响

加水量也是影响多糖提取率的重要因素，不同加水量倍数(30、40、50、60、70、80倍)对多糖提取率的影响见图3。

由图3可知：随着加水量的增加，多糖提取率增加明显，据此，设定L₉(3³)正交表中加水量的三个水平为60倍、70倍、80倍。

2.1.4 pH值对多糖提取率的影响

不同pH值(1、2、3、4、5、6、7)对多糖提取率的影响见图4。

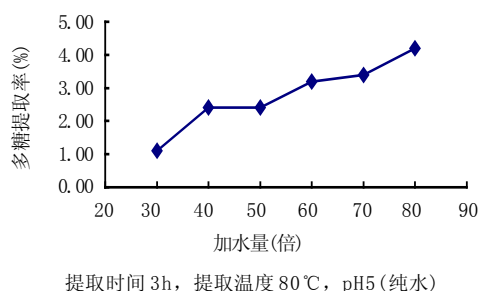


图3 加水量对多糖提取率的影响

Fig.3 Influence of water addition on extraction rate of polysaccharides

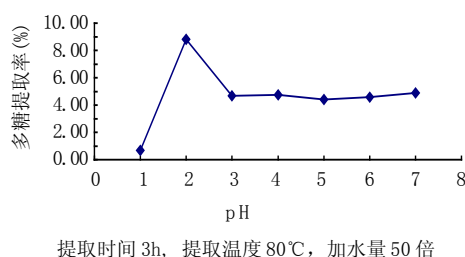


图4 pH对多糖提取率的影响

Fig.4 Influence of pH on extraction rate of polysaccharides

由图4可清楚地看出, pH1时,多糖提取率很低,低于1%,pH2时,多糖提取率达到最大值,在pH3~7范围内,pH对多糖提取率几乎没什么影响。

2.1.5 pH值对多糖中硫酸基含量的影响

pH值除了影响多糖提取率,对多糖中硫酸基的含量也会产生较大影响,因为硫酸基的含量将直接影响多糖的活性,因此也要考察pH值对硫酸基含量的影响程度。

不同pH值(pH=2、3、4、5、6、7)对多糖中硫酸基含量的影响见图5。

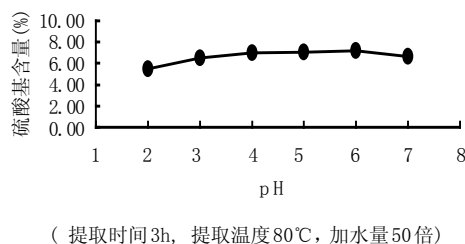


图5 pH值对多糖中硫酸基含量的影响

Fig.5 Influence of pH on content of sulfate

由图5可知:在pH2~7范围内,多糖中硫酸基含量变化不大,pH2时为最小值,pH4~6时硫酸基含量几乎相同。硫酸基的含量将直接影响多糖的活性,pH2时多糖提取率虽高,但容易水解多糖而导致多糖分子上硫酸基的脱落,造成硫酸基含量的降低,破坏了多糖的生物活性,因此,最佳pH值的选择在考察对多糖提

取率影响的同时,也要考察对硫酸基含量的影响,同时还考虑大量提取时的费用及方便操作,故选择纯水,(pH约为5)的条件,所以,pH值这一因素不参与正交实验。

2.2 热浸提硫酸多糖的正交试验

在上述单因素试验的基础上,选定三因素三水平做正交试验,因素水平,试验结果计算见表2。

表2 正交试验方案及结果

Table 2 Scheme and result of orthogonal experiment

试验号	因素			多糖提取率(%)
	A	B	C	
1	1	1	1	9.42
2	1	2	2	10.40
3	1	3	3	10.97
4	2	1	2	8.17
5	2	2	3	7.93
6	2	3	1	13.05
7	3	1	3	13.59
8	3	2	1	17.71
9	3	3	2	17.00
K ₁	30.79	31.18	40.18	
K ₂	29.14	36.04	35.57	
K ₃	48.30	41.02	32.49	
优水平	A ₃	B ₃	C ₁	
极差	19.16	9.84	7.69	

2.2.1 极差分析

正交试验极差分析可知,(见表2)上述三因素中,对裙带菜硫酸多糖提取率的影响程度有以下关系:(A)温度>(B)加水量>(C)时间。提取时间为影响最小的因素,这可能由于多糖易于溶于热水,提示过长时间的浸提可能是一种能源和时间上的浪费。从图6中可直观地判断对裙带菜硫酸多糖提取率影响因素的最佳组合为A₃B₃C₁。

2.2.2 正交试验的方差分析

为进一步判断上述三因素对试验结果的影响是否存在,将正交试验数据进行方差分析,找出这些因素中起主导作用的变异来源。正交试验的方差分析结果(表3):不同提取温度对裙带菜硫酸多糖提取率的影响有差异显著($p < 0.05$),而加水量和提取时间对多糖提取率的影响均不显著,这说明温度对裙带菜多糖提取率起主要作用。因此,采用提取温度的最佳水平100℃,对于加水量和提取时间两个因素,可根据实际生产要求,权衡多糖得率与能耗成本的关系,制定合理可行的提取方案。

2.2.3 不同温度对裙带菜多糖得率影响的多重比较

为了进一步考察不同温度对裙带菜多糖得率的影响是否存在显著性差异,采用SPSS统计软件,用S-N-K法进行多重比较,结果见表4。

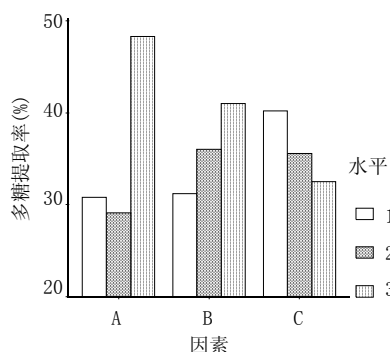


图6 因素与裙带菜多糖提取率趋势图

Fig.6 Extraction factors VS extraction rate of polysaccharides

表3 正交试验方差分析表

Table 3 Variance analysis of orthogonal experiment

变异来源	d f	S S	M S	F	P	显著性
A 温度	2	75.18	37.59	50.18	0.02	*
B 加水量	2	16.14	8.07	10.77	0.08	
C 时间	2	9.99	4.99	6.66	0.13	
误差	2	1.50	0.75			
总和	8	102.81				

表4 温度各水平间差异的S-N-K 显著性检验

Table 4 S-N-K test between levels of temperature

温度	N	$\alpha = 0.05$	
		1	2
80℃	3	10.26%	
90℃	3	9.71%	
100℃	3		16.10%
Sig.		0.764	1.000

由表4可见,提取温度水平3(100℃)的多糖提取率均值达16.10%,明显高于水平1(80℃)时10.26%的平均多糖提取率和水平2(90℃)时9.71%的平均多糖提取率,与(80℃)和(90℃)具有显著性差异,而水平2(90℃)的平均多糖提取率虽高于水平1(80℃),但两者之间无显著性差异。所以,最佳工艺条件中温度应选为100℃。

结论:通过单因素试验,正交试验,结合极差分析,方差分析,多重比较,从裙带菜中提取硫酸多糖的最佳工艺条件可定为:提取温度100℃,加水量80倍,提取时间4h;考虑到实际工业生产节能原因也可定为:提取温度100℃,加水量70倍,提取时间4h。

2.3 硫酸多糖的理化性质

三种硫酸多糖的理化性质见表5。由表5可知:三种硫酸多糖的蛋白质含量很低,尤以C最低,仅为0.25%,与紫外吸收光谱在280nm无吸收峰的结果吻合;三种硫酸多糖的Feling反应、碘-碘化钾反应、三氯化铁反应、氨基半乳糖鉴别反应均为阴性,说明它们均不含有还原糖、淀粉、多酚类物质及氨基半乳糖。

2.4 紫外光谱

硫酸多糖A、B、C均配成浓度0.2mg/ml,在200~400nm波长扫描吸收曲线。在波长280nm和260nm处均无吸收峰(图略)。280nm处无吸收峰说明三种样品不含蛋白质成分或蛋白质含量很低,这与考马斯亮蓝法测得的结果相符,260nm处无吸收峰,说明三种样品不含核酸成分或核酸含量很低。鉴于现有的除蛋白方法如Sevage法除蛋白的同时多糖损失率高,而本多糖样品的蛋白含量低,故硫酸多糖在提取过程中不做除蛋白处理。

2.5 红外光谱

由硫酸多糖A、B、C的红外光谱图(图略)可知:在3600~3200 cm^{-1} 出现的宽峰为O-H的伸缩振动引起,2925 cm^{-1} 左右出现一个比较弱的吸收峰,为C-H伸缩振动引起,1410 cm^{-1} 附近处出现的吸收峰为C-H变角振动引起,此三组吸收峰是糖类物质的特征峰。1600~1630 cm^{-1} 出现的吸收峰是由C=O非对称伸缩振动引起,说明多糖中含有羰基,1250~1290 cm^{-1} 出现的吸收峰是由S=O伸缩振动引起,810~850 cm^{-1} 处的吸收峰由C-O-S伸缩振动引起,它的位置与硫酸根在糖上的位置有关。连接在C₄位处于直立键位置的硫酸根在850 cm^{-1} 处有吸收,连接在C₂或C₃位处于平伏键位置的硫酸根在820 cm^{-1} 处有吸收,多糖样品的C-O-S伸缩振动峰出现在820 cm^{-1} 左右,表明它们的硫酸根连接在糖的C₂或C₃位上。950~1250 cm^{-1} 之间的一组强峰,是吡喃糖环的醚键(C-O-C)和羟基的吸收峰, β -糖苷键在895 cm^{-1} 左右有特征吸收峰, α -糖苷键在835 cm^{-1} 左右有特征吸收峰,多糖样品在890 cm^{-1} 左右有吸收峰,说明为 β -糖苷键。

3 结 论

3.1 通过单因素试验,考察了温度、时间、加水量及pH值对硫酸多糖提取率的影响,确定正交试验方

表5 三种硫酸多糖理化性质一览表

Table 5 Physical chemistry properties of sulfated polysaccharides

项目	A	B	C
蛋白含量(%)	1.19	0.70	0.25
多糖含量(%)	25.03	28.30	30.63
硫酸基含量(%)	11.35	11.10	9.89
得率(%)	19.1	1.0	9.2
颜色	褐色	黄色	灰白色
水溶性	好	好	好
酸溶性	较差	较差	较差
比旋度 $[\alpha]$	-82.5°	-	-102.5°
电导率($\mu\text{S}/\text{cm}$)	168.8	138.8	142.7
Feling反应	阴性(-)	阴性(-)	阴性(-)
碘-碘化钾反应	阴性(-)	阴性(-)	阴性(-)
三氯化铁反应	阴性(-)	阴性(-)	阴性(-)
氨基半乳糖鉴别	阴性(-)	阴性(-)	阴性(-)

出口炒青绿茶品质提升加工技术研究

林 智¹, 尹军峰¹, 吴剑民², 汤玉平³, 谭俊峰¹, 权启爱¹

(1. 中国农业科学院茶叶研究所, 浙江 杭州 310008; 2. 杭州嘉盛茶业有限公司, 浙江 杭州 310006 3. 武义汤记高山茶业有限公司, 浙江 武义 320000)

摘 要: 针对当前出口炒青绿茶品质存在的“色泽不绿、苦涩味重、有烟焦味”等突出问题进行鲜叶摊放、蒸汽杀青、脱水等关键工艺研究, 综合提出长炒青绿茶、圆炒青绿茶加工新工艺。采用新工艺加工的炒青绿茶, 汤色改善明显, 无烟焦味。长炒青绿茶氨基酸含量提高 23.8%, 感官审评综合得分提高一个等级(+3.8 分); 圆炒青绿茶氨基酸和叶绿素含量分别提高 5.2% 和 5.6%。

关键词: 出口; 炒青绿茶; 品质提升; 加工技术

Study on Processing Technique of Improving the Quality of Chinese Roasted Green Tea

LIN Zhi¹, YIN Jun-feng¹, WU Jian-min², TANG Yu-ping³, TAN Jun-feng¹, QUAN Qi-ai¹

(1. Tea Research Institute, CAAS, Hangzhou 310008, China; 2. Hangzhou Jiasheng Tea Co. Ltd., Hangzhou 310006, China; 3. Wuyi Tangji Gaoshan Tea Co. Ltd., Wuyi 320000, China)

Abstract: For improving the quality of traditional Chinese roasted green tea, fresh leaf spreading, steaming to de-enzyme, and dehydrating for new-type roasted green tea process were studied. Compared with the traditional processing technique, this new processing technique of long-shape roasted green tea could not only improve the infusion color without smoking-smell, but also increasing the amino acid content by 23.8% and total sensory test score up to 3.8. For the round-shape roasted green tea, this new technique could also improve the liquor color without smoking-smell, and increase the amino acid content by 5.2% and chlorophyll content up to 5.6%.

Key words export; Chinese roasted green tea; quality-improving processing technique

收稿日期: 2005-03-31

基金项目: 农业结构调整重大技术研究专项(2002-12-01A)

作者简介: 林智(1965-), 男, 研究员, 博士, 主要从事茶叶化学、加工及新产品开发研究。

案。

3.2 通过正交试验, 结合极差分析, 方差分析, 多重比较, 从裙带菜中提取硫酸多糖的最佳工艺条件可定为: 提取温度 100℃, 加水量 80 倍, 提取时间 4h; 考虑到实际工业生产节能原因也可定为: 提取温度 100℃, 加水量 70 倍, 提取时间 4h。

3.3 按最佳提取条件, 采用乙醇分级沉淀法制得三个多糖样品, 多糖含量平均为 28.0%, 硫酸基含量平均为 10.8%, 蛋白含量平均为 0.71%。

3.4 红外光谱显示多糖样品有糖的特征峰, 硫酸基特征峰且硫酸根连接在糖的 C₂ 或 C₃ 处于平伏键位置、多

糖样品为以 β-糖苷键为主的吡喃糖。

参考文献:

- [1] 钱彦从, 等. 海藻植物多糖的药理研究进展[J]. 中药材, 1998, 21(1): 48-50.
- [2] 孔庆胜, 等. 多糖类的生物功能[J]. 济宁医学院学报, 1998, 21(3): 80-82.
- [3] 汪培清, 等. 海带根抗凝降脂的动物实验[J]. 福建中医学院学报, 1994, 4(3): 34-36.
- [4] 腾霞, 等. 海藻硫酸多糖抗氧化与抗肿瘤作用的实验研究[J]. 营养学报, 1998, 20(1): 48-52.
- [5] 李丹, 等. 褐藻糖胶体外抗病毒作用研究[J]. 白求恩医科大学学报, 1995, 21(3): 255-257.
- [6] 张惟杰. 复合多糖生化研究技术[M]. 上海科学技术出版社, 1987. 296-297.
- [7] 李建武, 等. 生物化学实验原理和方法[M]. 北京大学出版社, 1994. 125-130.