维普资讯 http://www.cqvip.com

96,16(1)
1-8 茶 叶 科 学 1996, 16 (1): 1-8
J. Tea Sci.

T.S272.5

茶多糖的组分及理化性质*

O629.12

汪东风[1] 谢晓凤[1] 王世林[2] 郑 俊[1]
严 俊[1] 严鸿德[1] 王泽农[1]

(1 安徽农业大学茶业系，合肥 230036；2 中国科学院昆明植物所，昆明 650024)

摘 要

粗老茶中含有较高能治疗糖尿病的茶多糖成分，用紫外、红外和气相色谱等方法对茶多糖分析结果表明，它是由糖类、蛋白质、果胶和灰分等物质组成；其多糖部分为阿拉伯糖、木糖、岩藻糖、葡萄糖和半乳糖等，各单糖的组成比例为 5.52 : 2.21 : 6.08 : 44.20 : 41.99。多糖的分子量约 107000。茶多糖的热稳定性较差，高温或过酸和偏碱均会使其中的多糖部分降解。它在沸水中溶解性能较好，但不溶于高浓度的有机溶剂。文中还对粗老茶中的降血糖成分、茶多糖组分和分子量上的差异原因，以及茶多糖中灰分含量高的原因进行了讨论。

关键词：茶多糖 组分 理化性质

茶叶

Composition and the Physical and Chemical Characteristics of Tea Polysaccharide

Wang Dongfeng[1], Xie Xiaofeng[1], Wang Shilin[2], Zheng Jun[1], Yan Jun[1], Yan Hongde[1], Wang Zenong[1]

(1 *Department of Tea Science, Anhui Agricultural University*, Hefei 230036)
(2 *Kunming Institute of Botany, Academia Sinica*, Kunming 650024)

Abstract

Coarse tea contained high amount of crude tea polysaccharide (CTPS) which showed anti-diabetes activity. Composition and the physical and chemical characteristics of the CTPS were investigated by methods of UV, IR, GC etc. The CTPS was composed of polysaccharide, protein, pectin, ash etc, and the polysaccharide was composed of arabinose, xylose fructose, glucose and galactose with a proportion of 5.52 : 2.21 : 6.08 : 44.20 : 41.99. The molecule weight of the polysaccharide was about 107000. The polysaccharide of the CTPS would degrade under the condition of high temperature, acidity (pH<5.0) and alkalinity (pH>7.0). The CTPS was soluble in hot water (about 76%) but insoluble in the high concentration sulutions of such organic solvents as alcohol, ether, acetone, acetic ether etc. Components with blood-glucose depressing activity

文稿收到日期：1995—04—22 修改稿收到日期：1995—09—05
*安徽省"八五"攻关项目研究内容之一。

维普资讯 http://www.cqvip.com

in coarse tea, factors influencing the composition and the molecule weight of the CTPS and the cause of the high content of ash in the CTPS were discussed.

Key words: Tea polysaccharide Composition Physical and chemical characteristics

前 言

在中国和日本民间，有常用粗老茶治疗糖尿病的经验。日本的临床观察表明，用30年或100年以上树龄的茶树老叶制成淡茶或酽（yàn）茶，给慢性糖尿病患者饮用（1.5g茶叶，40 ml沸水冲泡饮用，每日3次）可使尿糖减少，症状减轻至直恢复健康[1]。我国泉州市人民医院蔡鸿恩[2]用粗老茶（又称老宋茶）治糖尿病，临床观察其有效率达70%。粗老茶为什么能治糖尿病？其药理成分是什么？据清水岑夫[3]的研究，茶叶中降血糖的有效成分是水溶性组分中的复合多糖。前文已报道[4]，茶叶中的多糖含量是随茶叶原料的粗老程度而增加的。也就是说，茶叶越粗老，多糖的含量越高。用粗老茶提取的茶多糖对小白鼠的实验结果表明，腹腔注射4.0 mg/ml茶多糖0.2 ml/只，给药12 h处理，具有显著的降低血糖效果（$P<0.01$）；皮下注射不同浓度的茶多糖，其浓度在3.0—10.0 mg/ml范围内，具有以血清凝集素为指标的体液免疫增强作用，其中浓度为3.0 mg/ml时，免疫作用达极显著作用（$P<0.001$）。本文在前文[4]基础上，则着重对茶多糖的组分及理化性质的研究结果作一报道。

一、粗老茶中CTPS的组成成分

1.CTPS的紫外及红外分析

用1994年级外茶（仿乌龙茶工艺加工），按前文介绍的方法制备成茶多糖粗制品（Crude Tea Polysaccharide，简称CTPS）。称CTPS 1.0 g，用沸水100 ml溶解，静置过夜，充分搅拌后离心（10 000 r/min）20 min，上清液减压浓缩，加乙醇至乙醇浓度为70%，静置过夜，离心收集沉淀之多糖，沉淀用无水乙醇、乙醚脱水，于烘箱中70℃干燥2 h，放入干燥器中保存备用。取此茶多糖配制成100 μg/ml浓度的水溶液进行200—700 nm范围的紫外扫描，以观察其紫外光谱特性（图1）。

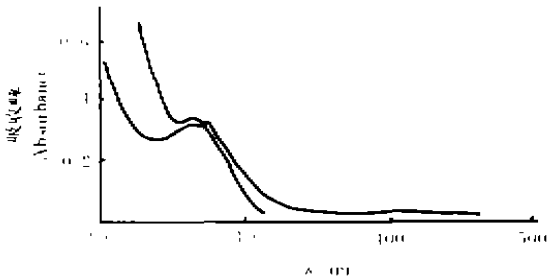

图1 CTPS紫外吸收图谱

Fig.1 UV absorption spectra of the CTPS

1. 标准半乳糖醛酸；2. CTPS

1. Standard solution of D-galacturonic acid; 2. CTPS

从图1可知，CTPS在280—270 nm处有较宽的吸收峰。280 nm处吸收峰为蛋白质特征吸收峰；272—274 nm有可能是半乳糖醛酸、咖啡碱和茶多酚等特征吸收峰。但本产品不含咖啡碱、茶多酚、游离氨基酸[5]，故以半乳糖醛酸纯品为参照，浓度为10 μg/ml，按同样方法进行200—700 nm范围扫描（图1），其吸收峰与CTPS在272—274 nm吸收峰相吻合。

将上述备用的CTPS用蒸馏水溶解，参照文献〔6〕介绍的方法过活性炭柱，60%乙醇液洗脱，旋转蒸发器上减压浓缩至原体积1/3时，用Sevag法[7]除蛋白4次，用自来水透析24 h，再用蒸馏水透析12 h。透析后用

维普资讯 http://www.cqvip.com

氨水调 pH 值至 8.0 左右，滴加 20%的双氧水至微黄色止，在 45℃恒温箱中保温 2 h，再按上述方法透析，最后醇析、干燥，得茶多糖初步纯化物（TPS Ⅰ）。取 TPS Ⅰ 20 mg 溶于 6.0 ml 水，过 Sephadex G－200（Pharmacia 公司产品）柱（18×830 mm）进一步纯化。上样量为 1.5 ml，流速 10 ml/h，0.1 mmol/L NaCl洗脱液洗脱，分部收集，硫酸蒽酮法跟踪检测。结果见图 2。根据图 2 收集含糖部分，浓缩后用 95%乙醇沉淀，沉淀物真空干燥得茶叶多糖纯化物（TPS Ⅱ）。

取 TPS Ⅱ 2.0 mg，KBr 压片，岛津 IR-400 扫描。红外扫描在 4 000—650 cm^{-1}区间具有多糖类物质的一般特征[6]（图 3）。表现在：3 600—3 200 cm^{-1}出现的宽峰为 O—H 的伸缩振动，2 950 cm^{-1}有一弱峰为 C—H 吸收峰，1 665—1 635 cm^{-1}的较宽吸收峰为糖的水化合物所特有，1 400—1 200 cm^{-1}的一些峰为 C—H 的变角振动，1 150—1 060 cm^{-1}的较宽峰为 C—O 伸缩振动。

由紫外及红外分析可知，CTPS 是一类由糖类物质、果胶物质和蛋白质等组成的混合物。

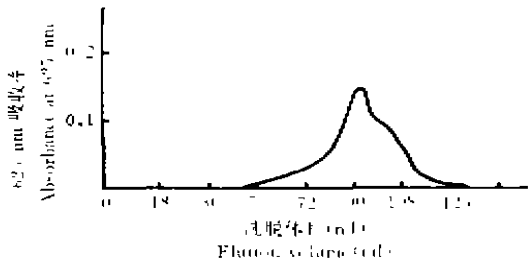

图 2　TPS Ⅰ的柱层析（Sephadex G-200）

Fig. 2　Chromatogram of the TPS Ⅰ on sephadex G-200 column

2. CTPS 的组成成分含量测定

取 CTPS 按文献〔8〕介绍的 105℃恒重法测其水分，550℃恒重法测其灼烧残留物重。按文献〔6〕介绍的硫酸蒽酮法，以葡萄糖为标准测其糖类物质含量。用微量凯氏定氮法[9]测其蛋白质含量。按 Bitter T 等[10]介绍的方法，以 D-Galacturonic acid (Sigma

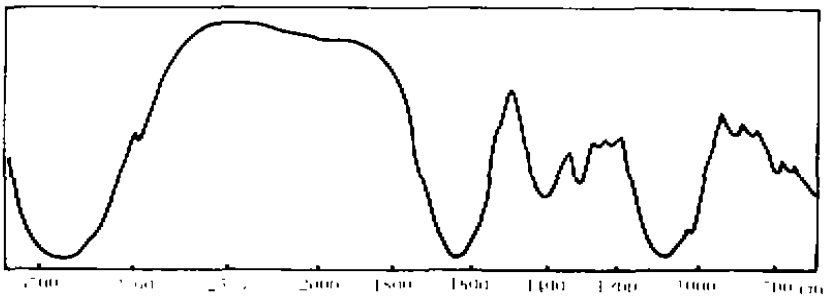

图 3　TPS Ⅰ的红外图谱

Fig. 3　Infrared spectrum of the TPS Ⅱ

表 1　CTPS 的组成成分含量（%）

Table 1　Composition of the CTPS（%）

样　品 Sample	总糖量 Total saccharide	蛋白质 Protein	水　分 Water	灰　分 Ash	果　胶 Pectin	其　它 Others
CTPS	30.92	17.87	8.89	16.48	12.92	12.92

维普资讯 http://www.cqvip.com

公司产品）为标样测其果胶含量。结果见表1。

由表1可知，CTPS主要由糖类、蛋白质、灰分、果胶等成分所组成。其中糖类约占1/3，果胶及蛋白质约占1/3，灰分、水分及其它成分约占1/3。

3.CTPS中糖类组成分析

参照Bradbury A G等[11]介绍的方法，采用岛津GC-9A气相色谱仪对CTPS中糖类组成成分进行了分析。气相色谱条件是：SE-54石英毛细管柱（30 m×0.25 mm），柱温190℃，进样温度为230℃，FID检测，用C-R3A积分仪做面积归一化法定量。

取TPSI 20 mg，溶解在20 ml蒸馏水中，用少量稀盐酸调节pH值至5.0左右，加10 mg果胶酶（Nagase公司产品），于40℃培养箱中，降解6 h后透析，以完全除去果胶对多糖分析的干扰。加乙醇至乙醇浓度为70%时沉淀24 h离心。在沉淀物中加4 ml 2 mol/L三氟乙酸使其溶解并转移至玻璃封管中封口，100℃恒温箱中降解8 h后，玻璃纤维滤纸过滤，旋转蒸发器上减压浓缩并反复加水再减压蒸发，以除去三氟乙酸至小体积后取下，用N_2气吹至无酸味，加水4 ml溶解降解的单糖。各取2.0 ml溶解液，滴加1滴氨水及1.0 ml肌醇（作内标），分别加硼氢化钠30 mg，摇匀过夜，使单糖转化为糖醇，再分别加入Dowex 50W-X8（H^+）离子交换树脂，以除去阳离子至水溶液呈酸性。过滤，滤液减压蒸干，反复加甲醇蒸除硼酸根共5次。残留物用少许甲醇转移至小试管中，用N_2气吹干，置干燥器中2 d，待完全干燥后，加三甲基硅咪唑0.1 ml，充分振荡，使糖醇转化为硅醚化合物，作气相色谱分析。

在分析前先用已知的标准单糖：木糖、阿拉伯糖、鼠李糖、甘露糖、葡萄糖、半乳糖和肌醇，分别同前法进行衍生物制备和气相色谱分析，以判断未知糖。结果见表2和图4。

经比较，TPSI中的多糖部分是由阿拉伯糖、木糖、葡萄糖、半乳糖及岩藻糖所组成。岩藻糖此次未设标样，是根据相关文献确定的。这5种糖的含量及相对百分率见表3。

表2 标准单糖及TPS I水解物的硅醚衍生物的气相色谱

Table 2 Gas chromatography of the reduced and silylated derivatives of standard monosaccharides and TPS I hydrolyzates

化合物 Compound	保留时间 Retention time (min)	
	Standard	TPS I
阿拉伯糖 Arabinose	7.47	7.60
木糖 Xylose	9.41	9.21
鼠李糖 Rhamnose	9.49	—
岩藻糖 Fucose	—	13.43*
甘露糖 Mannose	16.24	—
葡萄糖 Glucose	16.28	16.57
半乳糖 Galactose	17.29	17.14
肌醇 Inositol	30.04	28.54

* 根据相关文献确定。

* Identified by references.

表3 TPS I中各单糖的含量及相对百分率

Table 3 Content and percentage of monosaccharides in TPS I

单糖 Monosaccharides	阿拉伯糖 Arabinose	木糖 Xylose	岩藻糖 Fucose	葡萄糖 Glucose	半乳糖 Galactose	总量 Total
含量（mg） Content (mg)	0.10	0.04	0.11	0.80	0.76	1.81
百分率（%） Percentage (%)	5.52	2.21	6.08	44.20	41.99	100.00

维普资讯 http://www.cqvip.com

根据以上结果可知CTPS中多糖部分为由不同的单糖所组成。其单糖组成成分比例为：阿拉伯糖：木糖：岩藻糖：葡萄糖：半乳糖＝5.52：2.21：6.18：44.20：41.99。

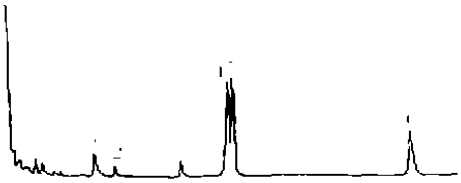

图4　TPS I 水解物的硅醚衍生物的气相色谱

Fig. 4　Gas chromatogram of the reduced and silylated derivatives of the TPS I

1：阿拉伯糖　2：木糖　3：岩藻糖　4：葡萄糖　5：半乳糖　6：肌醇

1：Arabinose　2：Xylose　3：Fucose　4：Glucose　5：Galactose　6：Inositol

4. CTPS 中的多糖分子量

CTPS 中的多糖分子量测定采用 Sephadex G-200 层析柱（18×830 mm），以 0.1 mol/L NaCl（流速 10 ml/h）平衡 3 d。取 5 种已知分子量的 Dextran 标准品（Pharmacia 公司产品）各 10 mg，溶于最小体积的 0.1 mol/L NaCl 中，先后相继上柱，洗脱液为 0.1 mol/L NaCl，按 1 ml/管分部收集，以蒽酮比色法检测，求出高峰洗脱体积。用蓝色葡聚糖测外水体积。按上述操作取 TPS I 5 mg 溶于约 1.5 ml 蒸馏水中，同样条件测出高峰洗脱体积为 99 ml。经一元线性回归法求出 Ve/V_0 和 $\log\overline{M}$ 方程并作图。结果见表 4 和图 5。

表4　不同分子量的洗脱体积、Ve/V_0 和 $\log\overline{M}$ 值

Table 4　Elution volume, Ve/V_0 *and* $\log\overline{M}$ of various molecule weithts on sephadex G-200 column

样品名称 Sample Name	分子量（×10⁴） Mol. wt.（×10⁴）	洗脱体积（ml） Elution volume（ml）	Ve/V_0	$\log\overline{M}$
蓝葡聚糖 Blue dextran	>200	68（Ve）		6.30
葡聚糖 T_{500} Dextran T_{500}	50	73（Ve）	1.07	5.70
葡聚糖 T_{200} Dextran T_{200}	20	85（Ve）	1.25	5.30
葡聚糖 T_{100} Dextran T_{100}	10	100（Ve）	1.47	5.00
葡聚糖 T_{35} Dextran T_{35}	3.5	125（Ve）	1.84	4.54
葡聚糖 T_{15} Dextran T_{15}	1.5	140（Ve）	2.06	4.18

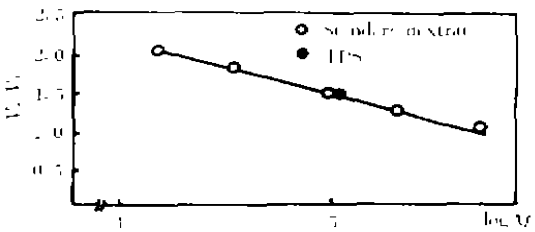

图5　不同分子量的标准葡聚糖及 TPS I 的 Ve/V_0 与 $\log\overline{M}$ 关系

Fig. 5　Relation between the Ve/V_0 and the $\log\overline{M}$ of the standard dextrans with different molecule weight and of TPS II

从表 4 和图 5 及 TPS Ⅱ 洗脱体积为 99 ml 可知，CTPS 中多糖的分子量约为 107 000。

二、CTPS 的理化性质

1. CTPS 的溶解性能

取 CTPS 0.7654 g，加 100 ml 沸水溶解并保温 85—90℃ 30 min，其间搅拌数次，冷却至室温后离心（4 000 rpm，20 min），离心所得不溶性沉淀物烘干称重得 0.1805 g。热水中 CTPS 溶解度约 76%。离心后的 CTPS 水溶液呈浅褐色透明半稠状。该溶液与硫酸

维普资讯 http://www.cqvip.com

蒽酮、硫酸苯酚反应阳性。CTPS 不溶于高浓度的乙醇、丙酮、乙酸乙酯、正丁醇等有机溶剂。

2. CTPS 的热稳定性

取 CTPS 0.375 g 5 份，各加 50 ml 沸蒸馏水充分溶解，醇析后分别在 40℃、60℃、80℃和 100℃恒温下干燥，观察其色变情况。结果见表 5。

将它们分别用 100 ml 蒸馏水溶解，离心（4 000 rpm，20 min）后取上清液透析（自来水 24 h，蒸馏水 12 h），定容至 100 ml，用硫酸蒽酮法测其含量（表 6）。

表 5 不同温度对 CTPS 色泽的影响

Table 5 Effect of temperature on the CTPS color

温度 Temperature	40℃	60℃	80℃	100℃
CTPS 色泽变化 CTPS color	浅棕色 Very light brown	浅褐色 Light brown	褐色 Brown	深褐色 Dark brown

表 6 不同温度对 CTPS 含糖量的影响

Table 6 Effect of temperature on the saccharide content of the CTPS

温度 Temperature	40℃	60℃	80℃	100℃
含量（mg） Content（mg）	0.1136	0.0837	0.0562	0.0629
相对减少（%） Reduced rate（%）	0.00	−11.07	−50.53	−44.63

由表 5、6 可知，CTPS 对热稳定性较差，表现在随干燥温度增高，色泽变深。这与 CTPS 中一些成分在高温下更易被氧化色泽变深有关。另外，CTPS 在热的作用下，由于其中的糖类物质将产生降解，透析后多糖含量明显下降。表 6 中 100℃温度干燥下糖类测定值高于 80℃处理值，这与高温下色泽变深产生干扰有关。

3. CTPS 的酸碱稳定性

取 CTPS 0.620 g，加 50 ml 沸蒸馏水充分溶解，离心（4 000 rpm，20 min），取上清液各 4.0 ml 于 5 个 10 ml 容量瓶中，分别用稀 HCl 和稀 NaOH 溶液调节 pH 值为 3.0、5.0、9.0、11.0 和空白对照（pH 为 6.2），并用蒸馏水定容，静置 12 h，观察记录色泽变化及是否有沉淀情况后，透析（自来水 24 h，蒸馏水 12 h），离心（4 000 rpm，20 min），上清液用硫酸蒽酮法测其含量。

不同的 pH 值对 CTPS 色泽影响是：在碱性条件下，CTPS 水溶液颜色加深且随碱性提高而加剧，并有丝状沉淀产生。但在酸性条件下无此现象产生。用注射用的猪岑多糖（江苏连云港东风制药厂产品）按上述条件处理亦出现了同样现象。

不同的 pH 值 CTPS 中的糖含量的影响见表 7。表现出在 pH 值低于 5.0 时，CTPS 中糖类发生降解成了小分子而通过半透膜，从而使总糖含量明显减少。pH3.0 时，其糖类含量仅是原含量的 80%左右。pH>7.0 时 CTPS 中糖类是否降解，因其色泽变深而不得其真实值。这说明 CTPS 对 pH 较为敏感，在开发应用时应加以重视。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 7　不同 pH 处理对 CTPS 糖含量的影响

Table 7　Effect of pH value on the saccharide content of the CTPS

处　理 Treatment	pH3.0	pH5.0	pH6.2	pH9.0	pH11.0
含　量 (mg) Content (mg)	0.1524	0.1906	0.1900	0.2300	0.2300
相对增减 (%) Reduced rate (%)	−17.79	0.00	0.00	+16.79	+21.05

讨　论

1. Daigen S 等[12]，用 80℃水恒温浸提粗老绿茶 3 h，提取液过夜，减压浓缩并冷冻干燥后得降血糖药物，给小白鼠口服 0.15 g/kg，血糖中的 D-葡萄糖含量明显下降。分析得知该药物内含 12%—22%的 EC、24%—34%的 EGC、16%—26%的 GC 和 21%—38%的咖啡碱，但没分析其中的多糖。Hara Y 等[13]报道，多酚类可治疗高血糖。Matsumot N 等[14]认为，儿茶素能降血糖含量是因为儿茶素能抑制 α-淀粉酶活性，使血糖中糖来源减少之故。Hara Y 等[15]认为，给大白鼠口服茶多酚及其氧化物（茶黄素类）能降低血糖及胰岛素水平。从我们的早期分析得知[16]，茶叶原料愈粗老，其内含茶多酚、儿茶素及咖啡碱等药理成分也愈少，六级茶比一级茶分别少 20%、40%和 25%以上，但茶多糖含量则完全相反，六级茶是一级茶的 2 倍左右。将茶多糖分离提取后所做的药理实验证明，茶多糖具有明显地降血糖，增强免疫功能，促进单核巨噬细胞系统吞噬功能，增强机体自我保护及抗辐射等诸多作用[17]。由此可知，民间选用粗老茶治糖尿病与粗老茶中含有较多的 CTPS 有更为密切的关系。Kenichj I[18]用超滤法制备出 CTPS 供糖尿病人饮用，4 周后所有患者已好转。这亦证实 CTPS 是治糖尿病的最有效成分。现已有制备成含 CTPS 的降血糖和抗糖尿病用药物和保健用品专利[19]。

2. 清水岑夫[3]报道，具有降血糖效果的成分是 CTPS 中多糖，该多糖是由阿拉伯糖、核糖和葡萄糖组成，分子量约 4×10^4。Mori M 等[19]也得出相似结果，并认为这三个单糖的组成比例为 5.1∶4.7∶1.7∶。Takeo C[20]报道，从茶叶中提取的具有降血糖作用的多糖为半乳葡聚糖。我们的结果是，CTPS 中的多糖组成是阿拉伯糖、木糖、岩藻糖、葡萄糖和半乳糖，其组成比为 5.52∶2.21∶6.08∶44.20∶41.99，分子量为 107 000。上述差异可能与茶叶原料、分离纯化方法等不同有关。如用同样方法提取，茶叶原料老嫩不同，其多糖含量大不一样[4]。一般是随茶叶原料的老化多糖含量递增，参与缩合的单糖种类可能增多，分子量也就变大。这就是为什么到目前为止还没有哪一种多糖其分子量是一固定不变值的原因。同样的茶叶原料，提取纯化方法不同，其组成比例亦不同；温水提取与沸水提取、其果胶含量及溶解性能等均不同。根据我们的初步试验，沸水提取的果胶含量高，溶解性能差，所以沸水提取的 CTPS 抗糖尿病的效果比冷水提取的差[3]。据中茶所报道[1]，用同样的原料，热酚法提取、丙酮沉淀、CTPS 中含类脂 58.7%、总糖 32.8%；而用酸性乙醇提取、丙酮沉淀，则含类脂 36.7%、总糖 47.7%。根据 CTPS 酸、碱稳定性的性质可知，提取时尤其是后期纯化时，所用溶剂过酸或偏碱均能使多糖降解，这也会影响 CTPS 中的单糖组成和分子量。根据张翼伸等[21]报道，用酸水解等方法改变云芝多糖的一级结构、减少支链、适当降解分子，并不影响云芝的生理活性，甚至可提高它的抑瘤效果。这表明尽管因所用的茶叶原料和提纯方法不同而出现茶多糖的分子量

维普资讯 http://www.cqvip.com

及组成上的差异，但均具较强的生理活性，其原因可能亦在于此。提取纯化方法对CTPS生理活性的影响将另撰文报道。

3. 茶多糖有诸多的药理作用[6-7]，这些作用多数是用CTPS所做的试验结果。清水岑夫[15]认为CPTS的降血糖和抗糖尿病作用是由其中的多糖所为。那么，其它的药理作用是否也是多糖所为还是CTPS各组分共同所为？将有待进一步研究。

4. 用550℃恒重法对CTPS的灰分测定结果表明，CTPS中灼烧残留含量较高。但提取方法不同其值不同，离心去茶渣的比过滤去茶渣的值小；CTPS水溶解后再醇析，其值减小，说明CTPS中含有较高的灼烧残留，这可能与醇析时CTPS与其中的矿质元素形成共沉淀有关。

结 论

1. CTPS是由总糖量（约占1/3）、蛋白质和果胶（约占1/3）、灰分、水分及其它成分（约占1/3）组成。其中的多糖部分是由阿拉伯糖、木糖、岩藻糖、葡萄糖和半乳糖所组成。其组成比例为5.52∶2.21∶6.08∶44.20∶41.99，它们的分子量为107 000。

2. CTPS在沸水中溶解性能较好，但不溶于高浓度的有机溶剂。

3. CTPS热稳定性较差，在高温或过酸和偏碱的条件下，均会使其中的多糖部分水解而造成损失，因此提取纯化时应加以注意。

参 考 文 献

1 安徽农学院主编．茶叶生物化学．第二版．北京：农业出版社，1988：289—301

2 蔡鸿恩．中西医结合茶叶治疗糖尿病初步疗效观察报告．茶业通报，1979（1，2）：58—59

3 清水岑夫（刘维华译）．探讨茶叶的降血糖作用以从茶叶中制取抗糖尿病的药物．国外农学——茶叶，1987（3）：38—40

4 汪东风，谢晓风，王泽农等．粗老茶中的多糖含量及其保健作用．茶叶科学，1994；14（1）：73—74

5 谢晓风，汪东风，严俊．茶叶中保健成分——复合多糖的提取及检测初报．茶业通报，1992（1）：37

6 张惟杰主编．复合多糖生化研究技术．上海：上海科学技术出版社，1987：211，23—25，7，122—124

7 Staub A H. Methods in Carbohydr. Chem.，1965（5）：5

8 中国农业科学院茶叶所编．茶树生理及茶叶生化实验手册．北京：农业出版社，1983：165—166，172—173，122，128—129

9 商业部茶叶畜产局，商业部杭州茶叶加工研究所编．茶叶品质理化分析．上海：上海科学技术出版社，1989：373—374，322—324

10 Bitter T，Muir M H. A modified uronic acid carbazole reaction. Anal. Biochem.，1962；4：330—334

11 Bradbury A G，Halliday D J，Medcalf D G. Separation of monosaccharides as trimethylsilylated additols on fused-silica capillary columns. J. Chromatog，1981；213：146—150

12 Tsumura and Co. Extraction of hypolycemics from tea. CA，1991；115：142239

13 Mitsui Norin Co.，Ltd. Treatment of hyperglycemia with tea polyphenols. CA，1994；120（21）：236201

14 Matsumoto W，Tonooka F，Ishigaki A. Reduction of blood glucose level by tea catechins. In：Proceedings of International Symposium on Tea Science，1991，Shizuoka，Japan，1992；318—321

15 Mitsui Norin Co.，Ltd.，Polyphenols as sucrase inhibitors for therapy. CA，1993；118（19）：183430

16 汪东风，谢晓风，蔡成永等．粗老茶治糖尿病的药理成分分析．中草药，1995：26（5）：255—257

17 汪东风，谢晓风，王银龙．茶多糖及其药理作用研究进展．天然产物研究与开发，1995（待发表）

18 Kenichi I，Tkuro T，Tadakazu T. Anti-diabetics mellitus effect of watersoluble tea polysaccharide. In：Proceedings of the International Symposium on Tea Science，1991，Shizuoka，Japan，1992：240—242

19 Mori M，Morita N，Ikegaya K. Polysaccharides from tea for manufacture of hypoglycemics，antidiabetics and health foods. CA，1989；111：140472

20 Ito En Co.，Ltd. Rido Chemical Co.，Ltd. Extrction of hypoglycemics from tea. CA，1992；117（8）：76468

21 张翼伸，李治平．改变云芝多糖的化学结构提高其抑瘤活性的研究．高等学校化学学报，1981；2（4）：514—515