

引用格式:

朱春晓, 杜甜甜, 陈阳峰, 李自强, 江雯雯, 肖深根. 玉竹多糖含量的影响因子分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2023, 49(1): 60–65.

ZHU C X, DU T T, CHEN Y F, LI Z Q, JIANG W W, XIAO S G. Analysis of the factors affecting polysaccharide content in *Polygonatum odoratum*[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2023, 49(1): 60–65.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



## 玉竹多糖含量的影响因子分析

朱春晓, 杜甜甜, 陈阳峰, 李自强, 江雯雯, 肖深根\*

(湖南农业大学园艺学院, 湖南长沙 410128)

**摘要:**以1年生、2年生、3年生和4年生大田玉竹为研究对象,比较分析不同生长年限、不同根茎龄节、不同品种、不同采收期、不同加工方法玉竹的多糖含量。结果表明:1年生玉竹各生育期多糖含量均显著低于2年生、3年生和4年生玉竹的,3年生玉竹全生育期多糖含量均较高,为5.64%~7.20%,其中,在9—10月达到峰值;不同根茎龄节中,第2龄节和第3龄节的多糖含量全生育期均在6.00%以上,显著高于第1龄节、第4龄节和种茎龄节的多糖含量;不同品种中,9月底至12月上旬红杆猪屎尾、绿杆猪屎尾的多糖含量显著高于猪屎尾和刺尾的;溆浦、新化、安化、桂阳、邵东、慈利产地玉竹8—12月多糖含量呈先升后降趋势,于9—10月达到峰值;不同加工材料中,玉竹皮、玉竹须根的多糖含量显著低于玉竹根茎的;揉搓玉竹条的多糖含量显著大于蒸制玉竹条、机械脱毛玉竹条和未处理玉竹条的;烘干玉竹片的多糖含量显著大于晾晒玉竹片的。综合分析所得,为保证玉竹多糖含量,采收时应以3年生玉竹为宜,于9—10月进行采收;加工时,宜去除玉竹皮和须根,采用揉搓的方法加工玉竹条或烘干的方法加工玉竹片。

**关键词:**玉竹;生长年限;根茎龄节;全生育期;采收加工;多糖含量

中图分类号: S567.239

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2023)01-0060-06

## Analysis of the factors affecting polysaccharide content in *Polygonatum odoratum*

ZHU Chunxiao, DU Tiantian, CHEN Yangfeng, LI Ziqiang, JIANG Wenwen, XIAO Shen'gen\*

(College of Horticulture, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

**Abstract:** The polysaccharide content of 1-year-old, 2-year-old, 3-year-old and 4-year-old field *Polygonatum odoratum* were analyzed based on the growth years, rhizome age sections, varieties, the harvest periods and the processing methods. The results showed that the polysaccharide content of 1-year-old *P. odoratum* was significantly lower than those of 2-year-old, 3-year-old and 4-year-old *P. odoratum*, and the polysaccharide content of 3-year-old *P. odoratum* was the highest and reached 5.64%-7.20%, which reached the peak in September to October. In different rhizome age sections, the polysaccharide contents of the second and third age sections were higher than 6.00% during the whole growth period, which were significantly higher than those of the first, fourth and seed stem age sections. Among different breeds, the polysaccharide contents of Honggan Zhushiwei and Lvgan Zhushiwei were significantly higher than those of Zhushiwei and Ciwei from the end of September to the first ten days of December. The polysaccharide contents of *P. odoratum* from Xupu, Xinhua, Anhua, Guiyang, Shaodong and Cili increased first and then decreased from August to December, reaching the peak from September to October. Regarding to the collected materials for different processing methods, the

收稿日期: 2022-03-17

修回日期: 2022-12-26

基金项目: 湖南省中药材产业技术体系项目(湘财农指[2021]37号)

作者简介: 朱春晓(1996—),女,江苏连云港人,硕士研究生,主要从事药用植物种质资源评价与利用研究,1753984796@qq.com; \*通信作者,肖深根,博士,教授,主要从事药用植物栽培与资源改良,2395265030@qq.com

polysaccharide contents of the bark and fibrous root of *P. odoratum* were significantly lower than that of the rhizome; the content of polysaccharide in the rolled strips was significantly higher than those in the steamed, mechanically unhairing and untreated strips; and the polysaccharide content of dried *P. odoratum* slice was significantly higher than that of air dried *P. odoratum* slice. Therefore, in order to ensure the polysaccharide content of *P. odoratum*, it is optimal to harvest it in the months from September to October at its 3-year-old; and for the processing procedures, it is better to remove the skin and fibrous roots of *P. odoratum* and process the strips of *P. odoratum* by kneading or drying.

**Keywords:** *Polygonatum odoratum*; years of growth; rhizome age section; whole growth period; harvesting and processing; polysaccharide content

玉竹(*Polygonatum odoratum*(Mill.)Druce)为中国的传统中药材,以干燥根茎入药<sup>[1]</sup>,主要药效成分为玉竹多糖<sup>[2]</sup>,具有抗衰老<sup>[3]</sup>、降血糖<sup>[4]</sup>等作用。《中华人民共和国药典》(简称《中国药典》)规定玉竹药材的多糖含量不得低于 6.00%<sup>[1]</sup>,但市场玉竹产品常存在多糖含量低于标准的现象。根及根茎类药材的营养物质易发生转移和重新分布,导致根茎各部位品质不均衡<sup>[5]</sup>。已有研究发现不同干燥方法、加工方式对玉竹多糖含量有一定影响<sup>[6-8]</sup>。本研究中,以大田玉竹为研究对象,分析不同生长年限、不同品种、不同采收期、不同加工方法对玉竹多糖含量的影响,旨在为玉竹大田栽培、采收、加工等提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 不同生长年限玉竹材料的选取

材料:安化县 1 年生、2 年生、3 年生和 4 年生猪屎尾玉竹。

方法:按生长年限将基地划分为 4 个片区,每个片区分别按基地地形地貌再分为 3 个小区,每个小区采用完全随机区组设计,以 10 000 m<sup>2</sup>为 1 个处理单元,3 次重复。规范化栽培管理。自 2021 年 5—10 月在玉竹不同时期(表 1)从各小区随机选取生长良好、长势基本一致的玉竹植株(各植株位置交错排列、距田地边缘距离不小于 2 m),每个处理单元玉竹根茎取样量不小于 5 kg。

表 1 玉竹取样时间

取样时间	生育期
05-10	花期
06-06	根茎生长期
07-07	旺盛期
08-15	枯萎初期
09-20	根茎养分积累期
10-15	枯萎期

### 1.2 不同根茎龄节玉竹多糖材料的选取

材料:安化县 4 年生猪屎尾玉竹。

方法:按 1.1 方法设置处理单元,采取棋盘式取样法,在各处理单元随机选取生长良好、长势基本一致的玉竹植株 10 株。将每株玉竹根茎按陈怡等<sup>[9]</sup>的方法分为混合龄节、第 1 龄节、第 2 龄节、第 3 龄节、第 4 龄节和种茎龄节。采样时间见表 1。

### 1.3 不同品种玉竹多糖含量的测定

材料:溆浦县 3 年生刺尾和猪屎尾玉竹;桂阳县 3 年生红杆猪屎尾、绿杆猪屎尾以及猪屎尾玉竹(表 2)。

方法:将不同品种玉竹种植基地分为不同片区,按 1.1 方法设置处理单元。分别于 2021 年 8 月 15 日、8 月 30 日、9 月 13 日、9 月 29 日、10 月 15 日、11 月 15 日、12 月 10 日从各处理单元按棋盘式取样法,随机选取生长良好、长势基本一致的玉竹植株 5 株。

表 2 供试玉竹品种

编号	品种	产地
XC	刺尾	溆浦县
XZ	猪屎尾	溆浦县
GH	红杆猪屎尾	桂阳县
GL	绿杆猪屎尾	桂阳县
GZ	猪屎尾	桂阳县

### 1.4 不同产地、不同采收期玉竹材料的选取

材料:3 年生猪屎尾玉竹。

方法:分别在安化县(AH)、溆浦县(XP)、桂阳县(GY)、邵东县(SD)、慈利县(CL)、新化县(XH)按 1.1 方法设置处理单元,按 1.3 方法和时间进行取样。

## 1.5 不同加工方法的处理

以安化县3年生猪屎尾玉竹为材料,选取10 kg干净玉竹鲜药材根茎、玉竹条或玉竹片。

### 1.5.1 根茎不同部位玉竹的处理

用刨皮刀刨取玉竹根茎表皮(约2 mm厚),表皮记为SP;将刨去表皮的玉竹根茎切片(约4 mm厚),记为SQ;收集玉竹根茎须根,记为SX;将未去须根和表皮的玉竹根茎切片(约4 mm厚),记为CK<sub>1</sub>;将去须根的玉竹根茎切片(约4 mm厚),记为CK<sub>2</sub>。

所有样品置于60℃的烘箱烘至恒重,确保含水量低于16.0%<sup>[1]</sup>,然后粉碎成粗粉。3次重复。

### 1.5.2 玉竹条的加工处理

1) 揉搓玉竹条。将玉竹根茎用2块砧板夹着来回揉搓6 min以上,至玉竹根茎变软,糖质渗出,然后置于阳台晾晒,适时翻动至干燥,样品记为T<sub>1</sub>。

2) 机械翻滚1次玉竹条。玉竹置脱毛机机械去须根1次,阳台晾晒,适时翻动至干燥,样品记为T<sub>2</sub>。

3) 机械翻滚2次玉竹条。玉竹置脱毛机机械去须根1次,阳台晾晒3 d,再机械去须根1次,阳台晾晒,适时翻动至干燥,样品记为T<sub>3</sub>。

4) 蒸制玉竹条。玉竹置于笼屉内,放置开水,锅中蒸约9 min,取出阳台晾晒,适时翻动至干燥,样品记为T<sub>4</sub>。

5) 晾晒玉竹条。玉竹阳台晾晒,适时翻动至干燥,样品记为CK<sub>T</sub>。

所有干燥样品继续置于60℃的烘箱烘至恒重后粉碎成粗粉,3次重复。

### 1.5.3 玉竹片的加工处理

1) 晾晒+烘干玉竹片。玉竹根茎于晴天露天晾

晒3 d后切片(约4 mm厚),置60℃的烘箱恒温干燥,样品记为P<sub>1</sub>。

2) 晾晒玉竹片。玉竹根茎晴天露天晾晒3 d后切片(约4 mm厚),然后平铺至托盘,晾晒并适时翻动至干燥,样品记为P<sub>2</sub>。

3) 烘干玉竹片。玉竹根茎不经晾晒直接切片(约4 mm厚),置于60℃的烘箱恒温干燥,样品记为CK<sub>P</sub>。

所有干燥样品继续置于60℃的烘箱烘至恒重后粉碎成粗粉,3次重复。

## 1.6 多糖含量的测定

按《中国药典》<sup>[1]</sup>葡萄糖含量的测定方法测量多糖含量。以无水葡萄糖的质量浓度为横坐标(X),吸光度为纵坐标(Y),回归方程为 $Y=3.25X+0.0221(R^2=0.9923)$ ,在0.0024~0.0144 mg/mL范围内线性关系良好。

## 1.7 数据处理与统计分析

采用Excel 2019和SPSS 26.0进行数据统计分析;运用Duncan多重比较法进行差异显著性分析;采用Excel 2019、Origin 2021进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生长年限玉竹多糖含量的变化

不同生长年限猪屎尾玉竹根茎的多糖含量见表3。从表3可以看出,1年生玉竹多糖含量随生育进程逐渐增加,2年生、3年生、4年生玉竹混合龄节多糖含量随生育进程先减少后增加。1年生玉竹各生育期多糖含量均显著低于2年生、3年生和4年生玉竹的,3年生玉竹全生育期多糖含量均较高,为5.64%~7.20%,其中枯萎期3年生玉竹多糖含量显著大于4年生、2年生和1年生玉竹的。

表3 不同生长年限、不同生育期猪屎尾玉竹根茎的多糖含量

生长年限	多糖含量/%					
	花期	根茎生长期	旺盛期	枯萎初期	根茎养分积累期	枯萎期
1年生	(3.65±0.14)b	(3.76±0.19)c	(3.84±0.26)c	(3.85±0.27)c	(4.13±0.25)c	(4.28±0.38)c
2年生	(5.00±0.16)a	(4.71±0.34)b	(4.72±0.12)b	(5.44±0.10)b	(5.80±0.24)b	(6.32±0.24)b
3年生	(5.83±0.25)a	(5.64±0.17)a	(6.20±0.08)a	(6.73±0.13)a	(6.92±0.15)a	(7.20±0.27)a
4年生	(5.78±0.21)a	(5.74±0.27)a	(6.03±0.22)a	(6.36±0.12)a	(6.50±0.25)a	(6.72±0.31)b

同列数据不同字母表示处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

### 2.2 不同根茎龄节玉竹的多糖含量

不同根茎龄节玉竹根茎多糖含量变化见图 2。从图 2 可以看出, 4 年生猪屎尾玉竹混合龄节多糖含量枯萎初期达到 6.00% 以上; 第 1 龄节、第 2 龄节多糖含量随生育进程呈增长趋势, 第 1 龄节根茎多糖含量枯萎期达到 6.00% 以上, 第 2、3 龄节根

茎多糖含量全生育期均在 6.00% 以上; 第 4 龄节根茎多糖含量随生育进程呈下降趋势, 根茎生长期后多糖含量均低于 6.00%, 种茎龄节根茎多糖含量随生育进程呈缓慢下降趋势, 多糖含量全生育期均低于 6.00%。第 2 龄节和第 3 龄节全生育期多糖含量显著高于第 1 龄节、第 4 龄节和种茎龄节的。

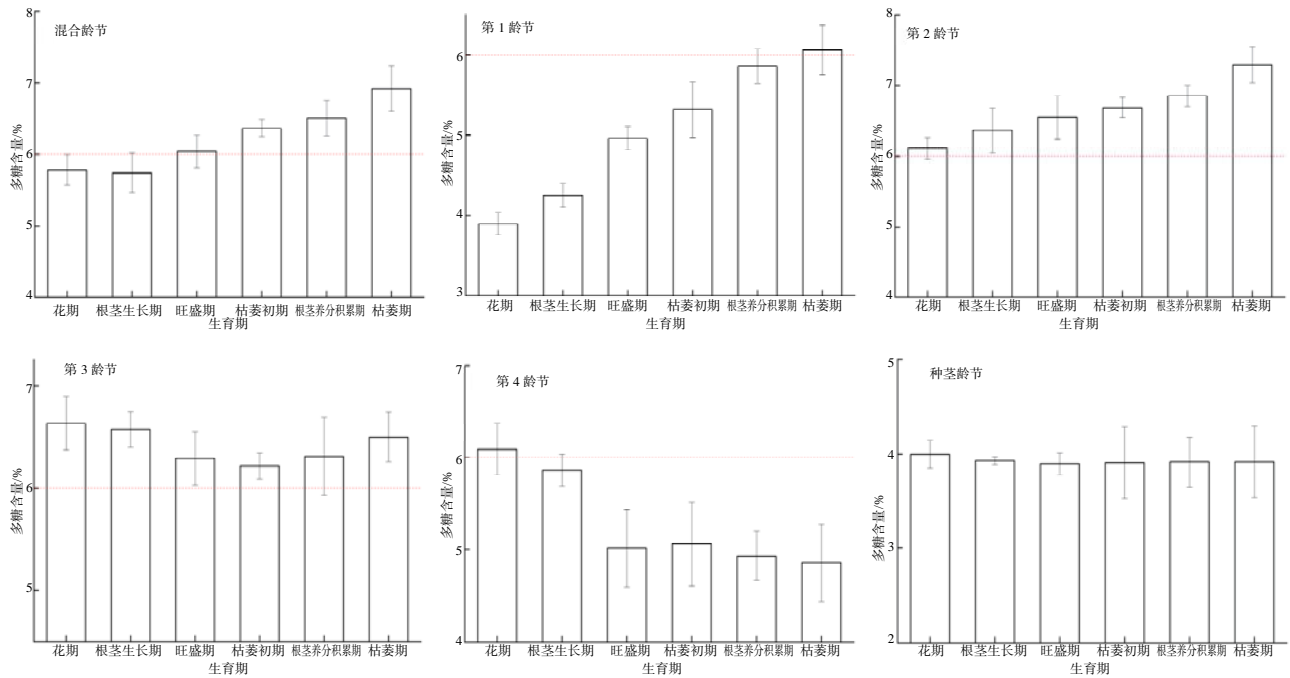


图 1 4 年生玉竹不同龄节的多糖含量

Fig.1 The polysaccharide contents in different age nodes of 4-year-old *Polygonatum odoratum*

### 2.3 不同品种玉竹的多糖含量

从表 4 可以看出, 各品种 3 年生玉竹多糖含量在 9—10 月达到峰值。溱浦刺尾玉竹采收期多糖含量为 5.51%~6.56%、猪屎尾玉竹多糖含量为 5.92%~6.69%; 桂阳红杆猪屎尾玉竹多糖含量为 6.80%~7.70%, 绿杆猪屎尾玉竹多糖含量为

6.54%~7.52%, 猪屎尾玉竹多糖含量为 6.24%~6.84%。9 月底至 12 月上旬红杆猪屎尾、绿杆猪屎尾多糖含量显著大于猪屎尾和刺尾。桂阳产地各品种玉竹在 8 月多糖含量均达到 6.00% 以上, 溱浦产猪屎尾、刺尾玉竹于 9 月上旬多糖含量达到 6.00% 以上。

表 4 不同品种大田玉竹采收期根茎的多糖含量

Table 4 The polysaccharide contents in rhizomes of different varieties of *Polygonatum odoratum* during harvest

取样日期	多糖含量/%				
	XC	XZ	GH	GL	GZ
08-15	(5.51±0.27)c	(5.92±0.28)bc	(6.80±0.15)a	(6.54±0.14)ab	(6.24±0.14)b
08-30	(5.74±0.21)d	(5.99±0.19)c	(6.91±0.26)a	(6.75±0.34)ab	(6.50±0.22)b
09-13	(6.26±0.10)b	(6.08±0.20)b	(7.22±0.18)a	(6.89±0.25)ab	(6.61±0.19)ab
09-29	(6.56±0.17)b	(6.13±0.24)b	(7.70±0.22)a	(7.25±0.19)a	(6.72±0.11)b
10-15	(6.56±0.58)b	(6.69±0.15)b	(7.64±0.15)a	(7.52±0.22)a	(6.84±0.20)b
11-15	(6.38±0.11)b	(6.50±0.29)b	(7.50±0.13)a	(7.48±0.21)a	(6.65±0.21)b
12-10	(6.26±0.14)b	(6.33±0.14)b	(7.44±0.12)a	(7.33±0.10)a	(6.60±0.11)b

同行不同字母表示处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

## 2.4 不同产地、不同采收期玉竹的多糖含量

不同产地 3 年生玉竹在不同采收期多糖含量变化见表 5, 各产地玉竹多糖含量在 8—12 月均呈先上升后下降的趋势, 于 9—10 月多糖含量达到峰值。邵东玉竹多糖含量为 6.06%~7.00%; 桂阳玉竹多糖含量为 6.24%~6.84%; 安化玉竹多糖含

量为 6.02%~6.60%; 慈利玉竹多糖含量为 5.91%~6.27%; 溆浦玉竹多糖含量为 6.06%~6.46%; 新化玉竹多糖含量为 5.82%~6.71%。9 月上旬各产地的玉竹多糖含量均达到 6.00% 以上, 12 月各产地的玉竹多糖含量无显著差异。

表 5 不同产地大田玉竹采收期根茎的多糖含量

取样日期	多糖含量/%					
	SD	GY	AH	CL	XP	XH
08-15	(6.06±0.25)ab	(6.24±0.28)a	(6.02±0.30)ab	(5.91±0.22)b	(6.06±0.41)ab	(5.82±0.25)b
08-30	(6.29±0.40)ab	(6.57±0.24)a	(6.08±0.37)ab	(5.93±0.41)b	(6.08±0.37)ab	(6.10±0.17)ab
09-13	(6.40±0.15)ab	(6.79±0.16)a	(6.15±0.17)ab	(6.10±0.16)b	(6.21±0.44)ab	(6.15±0.25)ab
09-29	(7.00±0.15)a	(6.84±0.35)ab	(6.25±0.11)b	(6.12±0.43)b	(6.32±0.29)b	(6.40±0.31)ab
10-15	(6.90±0.43)a	(6.68±0.37)ab	(6.60±0.22)ab	(6.27±0.18)b	(6.46±0.33)ab	(6.71±0.32)ab
11-15	(6.71±0.26)a	(6.73±0.11)a	(6.52±0.12)ab	(6.24±0.22)b	(6.25±0.31)b	(6.48±0.32)ab
12-10	6.33±0.22	6.43±0.22	6.25±0.15	6.15±0.25	6.17±0.25	6.25±0.25

同行不同字母表示处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

## 2.5 不同加工方法对玉竹多糖含量的影响

### 2.5.1 不同部位玉竹多糖含量的变化

不同部位玉竹的多糖含量见表 6。SQ、CK<sub>2</sub>、CK<sub>1</sub>、SP、SX 的多糖含量依次降低, SQ 根茎多糖含量为 7.19%, 与 CK<sub>2</sub> 根茎多糖含量无显著差异, 但显著高于 CK<sub>1</sub>、SP 和 SX 样品的多糖含量, 即去皮玉竹根茎和去须根玉竹根茎多糖含量显著高于未去皮和须根的玉竹根茎多糖含量, 显著高于玉竹表皮和玉竹须根的多糖含量。玉竹表皮多糖含量为 2.52%, 为 CK<sub>1</sub> 的 36.31%, 玉竹须根多糖含量为 2.01%, 约为 CK<sub>1</sub> 玉竹的 28.96%, 根茎表皮和根茎须根多糖含量无显著差异。

表 6 不同部位玉竹的多糖含量

Table 6 The polysaccharide contents in different parts of *Polygonatum odoratum*

部位	多糖含量/%
SP	(2.52±0.34)c
SQ	(7.19±0.35)a
SX	(2.01±1.02)c
CK <sub>1</sub>	(6.94±0.64)b
CK <sub>2</sub>	(7.05±0.66)a

同列不同字母表示处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

### 2.5.2 不同加工处理的玉竹条的多糖含量

从表 7 可以看出, T<sub>1</sub> 样品多糖含量为 8.03%,

显著大于 T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 和 CK<sub>T</sub> 的多糖含量; T<sub>4</sub> 样品多糖含量 7.89%, 显著大于 T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 和 CK<sub>T</sub> 的; T<sub>2</sub> 和 T<sub>3</sub> 玉竹样品多糖含量间无显著差异。说明揉搓可以显著提高玉竹条的多糖含量。

表 7 不同加工方法玉竹条的多糖含量

Table 7 The polysaccharide contents in *Polygonatum odoratum* strip by different processing methods

处理	多糖含量/%
T <sub>1</sub>	(8.03±0.29)a
T <sub>2</sub>	(7.65±0.33)c
T <sub>3</sub>	(7.76±0.16)c
T <sub>4</sub>	(7.89±0.32)b
CK <sub>T</sub>	(7.32±0.19)d

同列不同字母表示处理间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

### 2.5.3 不同加工处理玉竹片的多糖含量变化

测得 P<sub>1</sub> 样品多糖含量为 6.55%, P<sub>2</sub> 样品多糖含量为 6.43%, P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 样品的多糖含量均显著低于 CK<sub>P</sub> 的含量(7.05%)。说明玉竹片宜采用烘干的方式进行加工。

## 3 结论与讨论

玉竹为传统药、食两用植物资源, 随着人们生活水平的提高和保健意识的增强, 玉竹鲜食市场需求量逐渐扩大。本研究中, 通过分析鲜玉竹全生育期多糖含量, 发现 3 年生玉竹枯萎期(10 月)

多糖含量显著大于 4 年生、2 年生和 1 年生玉竹；第 2 龄节、第 3 龄节根茎多糖含量显著大于其余龄节，说明玉竹栽培年限和根茎龄节对多糖含量有显著影响。张声祥<sup>[10]</sup>研究发现，玉竹多糖生物合成途径的关键酶在根茎中活跃度最高，而且植株在生长过程中多糖等初生代谢产物积累较快、较早<sup>[11]</sup>，随着栽培年限的延长，龄节大的玉竹根茎组织结构逐渐疏松衰老，根茎酶的活性降低，影响了多糖含量的积累，导致玉竹不同生长年限、根茎不同龄节多糖含量存在差异。本研究中，红杆猪屎尾和绿杆猪屎尾多糖含量显著大于猪屎尾和刺尾。潘清平等<sup>[12]</sup>利用 ISSR 分子标记技术，发现玉竹不同品种间存在较大的遗传多样性，遗传因素的差异导致多糖积累不同。本研究发现，湖南省 6 个产地玉竹多糖含量于 9—10 月达到峰值，存在差异性，但 12 月各产地玉竹多糖含量无显著性差异；因此，玉竹人工栽培时要注意选择优质品种，栽培年限不宜超过 3 年，采收时间应以 9—10 月为宜。

玉竹采后产地加工方法包括去须根直接晒干或搓揉晒干、去皮煮或蒸后晒干、切片或切碎后晒干等<sup>[13]</sup>；成品有玉竹条和玉竹片等玉竹干制品<sup>[14]</sup>。本研究中，测定了不同加工方法制成的玉竹的多糖含量，发现玉竹皮、玉竹须根多糖含量显著低于玉竹根茎的。刘应蛟等<sup>[15]</sup>测定玉竹须根、玉竹皮部多糖含量占玉竹根茎的 20%~50%，可见，加工品中若混入过多的皮和须根等边角料，易降低玉竹加工品的多糖含量。揉搓玉竹条多糖含量显著大于其他加工方式制作的玉竹条，说明揉搓可以显著提高玉竹条的多糖含量。钟喜光等<sup>[16]</sup>发现揉搓促使糖汁从玉竹植物细胞中揉出，加快了糖的扩散、溶出，使根茎黏液腔内积聚的糖液扩散至细胞组织，形成一个内部自产的高渗环境，促进多糖溶出转化为单糖。另外，本研究发现，烘干玉竹片的多糖含量显著大于晾晒玉竹片的。宋智琴等<sup>[17]</sup>发现，烘干可以减少中药中糖分的消耗，降低相关酶的生理活动。说明烘干可以加快玉竹根茎的水分蒸发，降低玉竹多糖含量的消耗；因此，玉竹加工时，宜去除须根和表皮，玉竹条加工时宜进行揉搓，加工玉竹片宜烘干。

## 参考文献：

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：一部[M]. 北京：中国医药科技出版社，2020.
- [2] WANG D M, LI D W, ZHU W, et al. A new C-methylated homoisoflavanone and triterpenoid from the rhizomes of *Polygonatum odoratum*[J]. *Natural Product Research*, 2009, 23(6): 580-589.
- [3] 李明慧, 侯俊宇, 胡迪, 等. 玉竹多糖对 D-半乳糖诱导 A7r5 细胞衰老的保护作用[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(6): 380-388.
- [4] 周骏, 惠晓亮, 毛滢, 等. 玉竹多糖对 2 型糖尿病大鼠糖脂代谢的影响及机制研究[J]. *中国现代应用药学*, 2021, 38(10): 1181-1187.
- [5] 张普照, 王俊儒, 龚月桦, 等. 多年生黄精不同龄节物质累积和多糖分布特征[J]. *西北植物学报*, 2007, 27(2): 384-387.
- [6] 林冰, 肖永超, 王莹, 等. 不同干燥方法对玉竹中玉竹多糖含量的影响[J]. *中国民族民间医药*, 2011, 20(16): 34.
- [7] 张永清, 李岩坤, 董翠兰. 玉竹去皮晒干与直接晒干的质量对比[J]. *山东中医学院学报*, 1996, 20(6): 407-409.
- [8] 周小祝, 田强, 石坤连, 等. 不同炮制方法对玉竹成分的影响[J]. *中国医药导报*, 2020, 17(7): 19-22.
- [9] 陈怡, 姚云生, 陈松树, 等. 多花黄精不同龄节药材质量研究[J]. *福建农业学报*, 2020, 35(1): 38-43.
- [10] 张声祥. 玉竹基因表达分析及其多糖生物合成途径关键酶的研究[D]. 合肥：安徽中医药大学，2020.
- [11] 周云龙. 植物生物学[M]. 3 版. 北京：高等教育出版社，2011.
- [12] 潘清平, 周日宝, 陈玉秀, 等. 玉竹不同品种的 ISSR 分子鉴定[J]. *中国现代中药*, 2008, 10(10): 28-30.
- [13] 晏春耕, 曹瑞芳. 玉竹的研究进展与开发利用[J]. *中国现代中药*, 2007, 9(4): 33-37.
- [14] 谢雪芳. 玉竹的加工[J]. *湖南农业*, 2003(6): 22.
- [15] 刘应蛟, 徐贝, 喻亚飞, 等. 玉竹根茎与须根的生药学比较研究[J]. *中药材*, 2015, 38(6): 1191-1193.
- [16] 钟喜光, 刘瑞连, 蒋晓煌, 等. 揉搓对玉竹中多糖提取率影响的研究[J]. *中国药物经济学*, 2013, 8(S1): 208-209.
- [17] 宋智琴, 杨平飞, 刘海, 等. 白及适宜加工贮藏方法[J]. *贵州农业科学*, 2019, 47(4): 121-124.

责任编辑：毛友纯  
英文编辑：柳正