

鸡内金炮制前后多糖含量及组成比较

王楠，干仲元，宋雨庆，蒋坤艺，黄邦路，修彦凤*
(上海中医药大学，上海 201203)

摘要：目的 比较鸡内金炮制前后多糖含量及组成。方法 采用苯酚-硫酸法，测定鸡内金炮制前后的总多糖含量。建立 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮柱前衍生化 HPLC，测定鸡内金炮制前后多糖中 11 种单糖的方法。结果 炒鸡内金中总多糖的含量升高 38.93%。鸡内金多糖由甘露糖、盐酸氨基葡萄糖、核糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、氨基半乳糖盐酸盐、葡萄糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖和岩藻糖组成。生、炒鸡内金中 11 种单糖平均回收率 92%~105%，炮制后鸡内金中各单糖含量均升高。**结论** 鸡内金炮制后可促进多糖的转化和溶出，改变多糖的组成，增加单糖的含量。

关键词：鸡内金；炮制；多糖；单糖；柱前衍生化；HPLC

中图分类号：R284.1 文献标志码：A 文章编号：1001-1528(2021)06-1543-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2021.06.028

Comparison of polysaccharide content and composition in *Callus gallus domesticus* before and after processing

WANG Nan, GAN Zhong-yuan, SONG Yu-qing, JIANG Shen-yi, HUANG Bang-lu,
XIU Yan-feng*

(Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China)

KEY WORDS: *Callus gallus domesticus* Brisson; processing; polysaccharide; monosaccharide; precolumn derivatization; HPLC

鸡内金为雉科动物家鸡 *Callus gallus domesticus* Brisson 的干燥沙囊内壁，主要含有蛋白质^[1]、氨基酸^[2]、多糖^[3]等多种化学成分。鸡内金生品质地硬脆，具有不良气味，常需炒后使用，炒后除使其质地酥脆、矫正不良气味，功效也产生了一定差异，生品长于攻积、通淋化石，用于治疗泌尿系统结石^[4]；炒后能增强健脾消积、固精缩尿止遗的作用^[5]。现代研究发现，鸡内金多糖为鸡内金的重要药效成分，能有效降低糖尿病高脂血症大鼠血糖和血脂水平^[6-7]，清除羟自由基、螯合 Fe²⁺ 和抑制脂质过氧化^[3]，预防心肌形态异常变化、逆转异常血液动力学和血液流变学参数，具有显著的心脏保护作用^[8]。但目前未见对其进行测定分析的研究报道。因此，本实验以鸡内金多糖为研究对象，采用苯酚-硫酸法和柱前衍生化法测定鸡内金

炮制前后多糖含量，并对多糖中单糖的组成进行分析和测定，以期为解释鸡内金炮制前后发生的化学变化和药效作用的差异提供依据，为完善鸡内金的质量标准奠定基础。

1 材料

1.1 仪器 Agilent 1200 型 HPLC 色谱仪（美国 Agilent 公司）；HT 酶标仪（美国 BioTek 公司）；BSA124S 电子天平 [赛多利斯科学仪器（北京）有限公司]；5804R 冷冻离心机（德国 Eppendorf 公司）；DHG-9245A 鼓风干燥箱（上海一恒科学仪器有限公司）；RE5203 旋转蒸发仪（上海亚荣生化仪器厂）；SHB-III S 循环水式多用真空泵（郑州长城科工贸有限公司）；MX-S 涡旋振荡器（上海赛伯乐仪器有限公司）；HH-S6 数显恒温水浴锅（金坛市杰瑞尔电器有限公司）。

收稿日期：2020-05-11

基金项目：上海中医药大学预算内项目（18LK011）；2020 年上海市大学生创新活动计划项目（2020SHUTCM046）

作者简介：王楠（1995—），女，硕士生，从事中药炮制机理研究。Tel：(021) 51322367, E-mail：w_nan8797@163.com

*通信作者：修彦凤（1974—），女，博士，副教授，从事中药炮制机理研究。Tel：(021) 5132211, E-mail：xiu_yf@163.com

1.2 试剂与药物 生鸡内金购于上海康桥中药饮片有限公司, 经上海中医药大学修彦凤副教授鉴定为雉科动物家鸡 *Callus gallus domesticus* Brisson 的干燥沙囊内壁。*D*-无水葡萄糖、*D*-甘露糖、*L*-阿拉伯糖、鼠李糖、半乳糖、*D*-木糖、*D*-葡萄糖醛酸、*D*-核糖, 批号分别为 201707、201504、200202、201502、201506、201605、201804、201302, 均购于中国食品药品检定研究院; 盐酸氨基葡萄糖、*D*-氨基半乳糖盐酸盐、*L*-岩藻糖, 批号分别为 S27M7I15344、H05MX4253、X16N8Y48166, 均购于上海源叶生物科技有限公司。甲醇、硫酸、苯酚、三氟乙酸、三氯甲烷、95% 乙醇、乙醚、丙酮、1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮、二水磷酸二氢钠、无水磷酸氢二钠均为分析纯, 购于国药集团化学试剂有限公司。

2 方法与结果

2.1 炒鸡内金制备 将 3 kg 河砂置于热锅中, 翻炒至温度为 250 ℃, 加入 100 g 生鸡内金, 翻炒 80 s 后迅速出锅, 筛去砂子, 即得, 得率为 95.04%。

2.2 苯酚-硫酸法测定总多糖含量

2.2.1 供试品溶液制备 将生、炒鸡内金粉碎, 各取 2.0 g, 精密称定, 加入 20 mL 纯水, 水浴回流提取 4 h, 离心 (5 000 r/min) 10 min。取上清液 400 μL 置于 EP 管中, 加入 1.6 mL 无水乙醇, 过夜 (4 ℃), 弃去上清液, 残渣加入无水乙醇润洗, 离心, 将残渣减压干燥 (40 ℃), 加入 200 μL 纯水、200 μL 5% 苯酚溶液, 涡旋混匀, 加入 1 mL 浓硫酸, 充分混匀, 置沸水浴中加热 20 min, 取出, 冷却 30 min, 测定其在 490 nm 波长处的吸光度。

2.2.2 线性关系考察 取无水葡萄糖 10.0 mg, 精密称定, 置于 100 mL 量瓶中, 加入蒸馏水溶解摇匀, 质量浓度为 0.1 mg/mL, 分别吸取 0、40、80、100、120、160、200 μL 置于 2 mL EP 管中, 蒸馏水补至 200 μL, 按“2.2.1”项下方法制备对照品溶液, 测定其在 490 nm 波长处的吸光度。以葡萄糖质量浓度为横坐标 (X), 吸光度为纵坐标 (A) 进行回归, 得方程为 $A = 4.245 4X + 0.125 9$ ($r=0.999 9$), 在 0.01~0.10 mg/mL 范围内线性关系良好。

2.2.3 精密度试验 取 0.06 mg/mL 对照品溶液, 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 测定吸光度, 重复 6 次, 测得其 RSD 为 0.18%, 表明仪器精密度良好。

2.2.4 重复性试验 按“2.2.1”项下方法平行制备 6 份供试品溶液, 测定吸光度, 测得其 RSD 为 2.71%, 表明该方法重复性良好。

2.2.5 稳定性试验 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 测定 0、1、2、4、8、12 h 吸光度, 测得其 RSD 为 1.21%, 表明溶液在 12 h 内稳定性良好。

2.2.6 加样回收率试验 取多糖含量已知的生鸡内金 1.0 g, 精密称定, 加入 20 mL 纯水, 水浴回流提取, 离心, 取上清液 400 μL, 醇沉后残渣干燥, 加入 100 μL 纯水、100 μL 葡萄糖对照品溶液 (质量浓度为 0.029 8 mg/mL), 加入苯酚溶液, 继续制备供试品溶液, 测定吸光度。结果, 多糖平均加样回收率为 97.84%, RSD 为 3.15%。

2.2.7 样品含量测定 按“2.2.1”项下方法制备供试品溶液, 测定 490 nm 处的吸光度。总多糖含量 = $c \times 10 / 1\ 000 \times m \times 100\%$ (c 为由随行标准曲线计算得到的粗多糖溶液中葡萄糖的浓度, m 为鸡内金质量)。结果, 生品、炒品总多糖含量分别为 (0.014 9±0.001 2)%、(0.020 7±0.000 6)% , 即炮制后升高 38.93%。

2.3 色谱条件 Kromasil KR100-5C₁₈ 色谱柱 (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相乙腈-0.1 mol/L 磷酸盐缓冲盐 (pH 6.8) (19.2 : 80.8); 体积流量 1.0 mL/min; 柱温 30 ℃; 检测波长 250 nm; 进样量 20 μL。

2.4 供试品制备条件优选及衍生化

2.4.1 总多糖提取、纯化 取生、炒鸡内金粉末各 100 g, 加入 200 mL 石油醚脱脂, 浸泡过夜, 弃去上清液, 将残渣挥干, 加入 10 倍量纯水回流提取 3 h, 滤过, 残渣再加入 8 倍量纯水回流提取 2 h, 合并 2 次滤液, 浓缩至一定体积, 得到粗多糖溶液, 加入 1/4 体积的 Sevage 试剂 (氯仿-正丁醇=5:1), 磁力搅拌 20 min, 离心 (5 000 r/min) 10 min, 除去变性蛋白, 重复操作直至无变性蛋白出现。取上清液, 加入无水乙醇使醇体积分数为 80%, 醇沉 (4 ℃) 12 h, 滤过, 沉淀依次用无水乙醇、丙酮、乙醚洗涤 2 次, 挥干溶剂, 即得。

2.4.2 总多糖水解条件优选 以水解温度 (A)、三氟乙酸浓度 (B) 和水解时间 (C) 为考察因素, 见表 1, 结果见表 2。取“2.4.1”项下 100 mg 生鸡内金总多糖, 精密称定, 置于 5 mL 量瓶中, 加纯水溶解, 定容, 精密移取 1 mL, 置于 5 mL 安瓿中, 按表 2 设计加入等体积的三氟乙酸, 摆匀,

酒精喷灯封口，置于烘箱中，设置相应的温度和时间进行水解，取出水解样品，冷却至室温后真空旋干，加入6次甲醇除去剩余三氟乙酸，旋干后加入纯水复溶至1mL。以水解得到的11种单糖的总峰面积为评价指标，优选水解条件。

表1 因素水平

Tab. 1 Factors and levels

水平	因素		
	A 水解温度/℃	B 酸浓度/(mol·L⁻¹)	C 水解时间/h
1	105	4	2
2	110	6	3
3	120	8	4

表2 试验设计与结果

Tab. 2 Design and results of tests

试验号	因素水平				单糖总峰面积
	A 水解温度/℃	B 酸浓度/(mol·L⁻¹)	C 水解时间/h	D(误差项)	
1	1	1	1	1	5 700.45
2	1	2	2	2	8 983.93
3	1	3	3	3	11 594.59
4	2	1	2	3	12 595.32
5	2	2	3	1	10 779.34
6	2	3	1	2	12 782.28
7	3	1	3	2	9 848.16
8	3	2	1	3	11 994.80
9	3	3	2	1	9 059.23
\bar{K}_1	8 759.66	9 381.31	10 159.18	8 513.01	—
\bar{K}_2	12 052.32	10 586.02	10 212.83	10 538.12	—
\bar{K}_3	10 300.73	11 145.37	11 204.35	12 061.57	—
R	3 292.66	1 764.06	1 045.18	3 548.56	—

由表2可知，水解温度(A)对总多糖水解后的单糖总峰面积影响最大，其次为水解酸浓度(B)和水解时间(C)；水解温度的 \bar{K} 值依次为 $110\text{ }^{\circ}\text{C} > 120\text{ }^{\circ}\text{C} > 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，水解酸浓度 $8\text{ mol/L} > 6\text{ mol/L} > 4\text{ mol/L}$ ，水解时间 $4\text{ h} > 3\text{ h} > 2\text{ h}$ ，表明水解温度 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、三氟乙酸浓度为 8 mol/L 、水解时间 4 h 是较优条件。方差分析见表3，可知各因素中F值均小于19.00，3个水平之间无明显差异。综合分析，单糖最优水解条件为多糖在三氟乙酸浓度 8 mol/L 、水解温度 $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下水解 4 h 。采用优选条件平行制备3份样品，测得总峰面积分别为 $13 150.32$ 、 $13 286.94$ 、 $13 042.23$ ，可保证多糖的水解效果。

2.4.3 1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮衍生化样品制备 按“2.4.2”项下优选条件制备样品，移取 $200\text{ }\mu\text{L}$ ，置于 2 mL EP管中 ，加入 $0.5\text{ mol/mL 1-$

表3 方差分析

Tab. 3 Analysis of variance

来源	离均差平方和	自由度	均方	F值	P值
温度	16 284 552.60	2	8 142 276.30	0.8564	0.540
浓度	4 876 106.34	2	2 438 053.17	0.2564	0.800
时间	619 689.23	2	309 844.61	0.0326	0.970
误差	19 014 274.96	2	9 507 137.48	—	—

注： $F_{0.05}(2,2)=19.00$ 。

苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮甲醇溶液、 0.3 mol/mL NaOH 溶液各 $200\text{ }\mu\text{L}$ ，水浴($70\text{ }^{\circ}\text{C}$)加热 60 min ，冷却后加入 0.3 mol/mL HCl 溶液 $200\text{ }\mu\text{L}$ 进行中和，加入 1 mL 氯仿 萃取 3 次，除去未反应的1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮，上清液经 $0.22\text{ }\mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤，进行HPLC分析^[9]。精密称定11种单糖对照品，纯水溶解定容于 10 mL 量瓶中，按上述方法制备，即得。

2.5 方法学考察

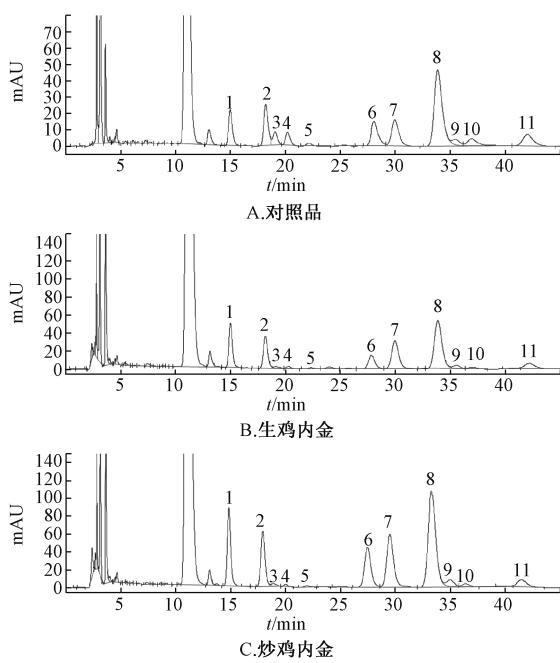
2.5.1 线性关系考察 取对照品溶液，逐级稀释后按“2.4.3”项下方法进行衍生化，在“2.3”项条件下分析，结果见图1，可知鸡内金多糖由11种单糖组成，并且在此色谱条件下得到良好的分离。以单糖质量浓度为横坐标(X)，峰面积为纵坐标(Y)进行回归，结果见表4，表明各单糖在各自范围内线性关系良好。

表4 各单糖线性关系

Tab. 4 Linear relationships of various monosaccharides

单糖	线性回归方程	r	线性范围/($\mu\text{g/mL}$)
D-甘露糖	$Y=14.205X-18.346$	0.9999	3.13~401.00
盐酸氨基葡萄糖	$Y=11.887X-22.400$	1.0000	5.48~702.00
D-核糖	$Y=13.911X-40.866$	0.9996	1.85~237.00
鼠李糖	$Y=10.847X-28.588$	0.9998	2.24~287.00
D-葡萄糖醛酸	$Y=10.335X-19.172$	0.9997	1.38~176.00
D-氨基半乳糖盐酸盐	$Y=12.576X-5.227$	0.9999	4.30~550.00
D-无水葡萄糖	$Y=13.539X-34.414$	0.9999	5.27~675.00
半乳糖	$Y=16.174X-119.800$	0.9999	12.95~1658.00
D-木糖	$Y=17.607X-15.708$	0.9999	1.16~149.00
L-阿拉伯糖	$Y=22.128X+3.414$	1.0999	0.94~120.00
L-岩藻糖	$Y=15.164X-52.061$	0.9999	3.15~403.00

2.5.2 精密度试验 取11种单糖对照品溶液，按“2.4.3”项下方法进行衍生化，同一天在“2.3”项条件下连续进样6次(日内)，测得D-甘露糖、盐酸氨基葡萄糖、D-核糖、鼠李糖、D-葡萄糖醛酸、D-氨基半乳糖盐酸盐、D-无水葡萄糖、半乳糖、D-木糖、L-阿拉伯糖、L-岩藻糖峰面积RSD分别为 0.98% 、 0.35% 、 1.08% 、 1.23% 、 1.99% 、



1. 甘露糖 2. 盐酸氨基葡萄糖 3. 核糖 4. 鼠李糖 5. 葡萄糖
醛酸 6. 氨基半乳糖盐酸盐 7. 葡萄糖 8. 半乳糖 9. 木糖
10. 阿拉伯糖 11. 岩藻糖
1. mannose 2. glucosamine hydrochloride 3. ribose 4. rhamnose
5. glucuronic acid 6. galactosamine hydrochloride 7. glucose
8. galactose 9. xylose 10. arabinose 11. fucose

图1 各单糖HPLC色谱图

Fig.1 HPLC chromatograms of various monosaccharides

0.94%、0.94%、0.26%、1.65%、1.11%、0.47%；连续3 d进样分析(日间)，测得RSD分别为2.08%、1.59%、1.86%、1.53%、2.20%、1.37%、1.80%、1.75%、2.87%、2.42%、1.15%，表明仪器精密度良好。

2.5.3 重复性试验 取6份生鸡内金多糖，分别按“2.4.2”“2.4.3”项下方法进行水解、衍生化处理，在“2.3”项条件下进样分析，测得11种单糖含量RSD分别为2.57%、2.41%、2.87%、

2.97%、2.47%、2.60%、2.73%、2.94%、1.68%、2.42%、2.88%，表明该方法重复性良好。

2.5.4 稳定性试验 取生鸡内金多糖，按“2.4.2”“2.4.3”项下方法分别进行水解、衍生化处理，于0、2、6、8、12、24 h在“2.3”项条件下进样分析，测得11种单糖峰面积RSD分别为1.79%、1.87%、1.07%、1.86%、2.98%、1.67%、1.92%、1.46%、2.95%、2.91%、2.25%，表明溶液在24 h内稳定性良好。

2.5.5 加样回收率试验 取各单糖含量已知的生鸡内金多糖9份，每份约50 mg，精密称定，置于5 mL量瓶中，加适量纯水溶解后加入一定体积的单糖溶液，分别约为样品中单糖量的80%、100%、120%，各3份，定容于5 mL量瓶中，精密移取1 mL于安瓿中，按“2.4.2”“2.4.3”项下方法分别进行水解、衍生化处理，在“2.3”项条件下进样。结果，11种单糖的平均加样回收率(RSD)分别为101.21%(5.16%)、96.29%(4.17%)、93.67%(5.33%)、92.00%(4.05%)、94.80%(3.72%)、99.30%(3.16%)、102.68%(2.5%)、103.21%(3.84%)、95.42%(4.75%)、103.99%(5.37%)、99.36%(4.09%)。

2.6 样品含量测定 取“2.4.1”项下100 mg生、炒鸡内金多糖，溶于纯水中，并定容至5 mL量瓶中，精密移取1 mL于安瓿中，按“2.4.2”“2.4.3”项下方法分别进行水解和衍生化处理，平行3份，在“2.3”项条件下进样，计算含量，见表5、图1。由此可知，生鸡内金多糖中11种单糖组成比例为0.129:0.122:0.030:0.028:0.030:0.071:0.195:0.297:0.022:0.007:0.044，炒鸡内金多糖中为0.231:0.222:0.042:0.034:0.033:0.222:0.377:0.613:0.068:0.017:0.086。

表5 各单糖含量测定结果($\bar{x}\pm s$, n=3)Tab.5 Results of content determination of various monosaccharides ($\bar{x}\pm s$, n=3)

单糖	生鸡内金/(mg·g ⁻¹)	炒鸡内金/(mg·g ⁻¹)	升高率/%
D-甘露糖	2.293±0.068	4.118±0.068	79.62
盐酸氨基葡萄糖	2.611±0.070	4.734±0.122	81.28
D-核糖	0.449±0.007	0.629±0.011	40.13
鼠李糖	0.448±0.009	0.557±0.014	24.56
D-葡萄糖醛酸	0.586±0.008	0.630±0.052	7.57
D-氨基半乳糖盐酸盐	1.524±0.039	4.726±0.103	210.08
D-无水葡萄糖	3.472±0.073	6.725±0.103	93.71
半乳糖	5.297±0.112	10.934±0.172	106.44
D-木糖	0.327±0.002	1.014±0.027	210.22
L-阿拉伯糖	0.109±0.003	0.246±0.005	126.04
L-岩藻糖	0.708±0.015	1.391±0.033	96.31

3 讨论

本实验采用苯酚-硫酸法初步测定鸡内金炮制前后总多糖含量的变化，结果显示，炒鸡内金中总多糖的含量增加。苯酚-硫酸法是以葡萄糖为对照品确定总多糖的含量，无法准确得出其中单糖的组成及含量。有文献采用气相色谱分析发现，鸡内金多糖是由鼠李糖、岩藻糖、甘露糖、葡萄糖和半乳糖构成^[3]。为了确定炮制对鸡内金多糖的影响，前期亦用气相-质谱法对鸡内金多糖进行分析，结果仅鉴别了阿拉伯糖、木糖及葡萄糖和2种未知成分，并未见鼠李糖等其他4种单糖。由于单糖在紫外下无吸收，故选用1-苯基-3-甲基-5-吡唑啉酮柱前衍生化法对鸡内金多糖中单糖的组成和含量进行分析和测定，检测到鸡内金多糖由甘露糖、盐酸氨基葡萄糖、核糖、鼠李糖、葡萄糖醛酸、氨基半乳糖盐酸盐、葡萄糖、半乳糖、木糖、阿拉伯糖和岩藻糖11种单糖组成，建立了稳定、操作简单、准确度高的含量测定方法。

不同的炮制加工方法会对中药多糖的糖含量、相对分子质量、单糖组成相对含量和活性产生影响，如炒决明子^[10]、蜜炙黄芪^[11]、九蒸九晒地黄^[12]和麸炒白术^[13]等。本实验研究发现，生、炒鸡内金中半乳糖、葡萄糖、盐酸氨基葡萄糖、甘露糖、氨基半乳糖盐酸盐的含量较高，鸡内金炮制后11种单糖的含量均升高，氨基半乳糖盐酸盐、木糖升高了210%，鸡内金多糖的结构及组成发生了明显的变化，其产生的原因可能是鸡内金炒制后质地酥脆，组织的疏松度增强，利于有效成分溶出，或某些成分转化为多糖。多糖具有多方面的药理活性，如抗氧化、免疫调节、抗炎、抗疲劳等^[14-15]，中药多糖可通过扶植肠道有益菌生长、抑制有害菌生长调节各菌群之间的平衡，从而起到治疗疾病的作用^[16]。炮制引起鸡内金多糖的含量和组成发生变化，势必会影响到其药效，如鸡内金炒品在降低幽门结扎和乙醇诱导胃溃疡大鼠的溃疡面积和改善病理症状方面的作用优于生品^[17]。鸡内金炮制后疗效的差异是否与多糖的差异相关，不良气味的减弱是否与多糖的转化有关，健脾消积、固精缩尿止遗的作用是否与多糖的调节肠道菌群、抗氧化和抗炎等作用有关，需要对鸡内金炮制前后的多糖开展相应的研究，以期为深入阐明鸡内金炮制的意义奠定基础。

参考文献：

- [1] 金伶佳, 贾天柱. 鸡内金及其炮制品的电泳比较[J]. 辽宁中医药大学学报, 2010, 12(10): 185-186.
- [2] 梁琨, 张丹, 史辑, 等. 柱前衍生化 RP-HPLC 测定鸡内金中 16 种氨基酸的含量[J]. 中国中药杂志, 2014, 39(8): 1463-1467.
- [3] Xiong Q, Li X, Zhou R, et al. Extraction, characterization and antioxidant activities of polysaccharides from *E. corneum gigeriae Galli* [J]. *Carbohydr Polym*, 2014, 108: 247-56.
- [4] Wang N, Zhang D, Zhang Y T, et al. *Endothelium corneum gigeriae Galli* extract inhibits calcium oxalate formation and exerts anti-urolithic effects [J]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 231: 80-89.
- [5] 龚千锋. 中药炮制学 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2015: 186.
- [6] 蒋长兴, 蒋顶云, 熊清平, 等. 鸡内金多糖对高脂血症大鼠血脂、血液流变学及氧化应激指标的影响 [J]. 中医药理与临床, 2012, 28(5): 75-78.
- [7] 蒋长兴, 蒋顶云, 熊清平, 等. 鸡内金多糖对糖尿病高脂血症大鼠血脂、血糖及细胞免疫功能的影响 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(20): 255-258.
- [8] Xiong Q, Jing Y, Li X, et al. Characterization and bioactivities of a novel purified polysaccharide from *Endothelium corneum gigeriae Galli* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2015, 78: 324-332.
- [9] 宋佳, 张振秋, 李峰. 柱前衍生 HPLC 对鹿茸多糖中单糖组成的研究 [J]. 中华中医药学刊, 2018, 36(9): 2227-2230.
- [10] 万敏, 米宝丽, 张振秋. 柱前衍生 HPLC 法测定生_炒决明子中七种单糖的含量 [J]. 中华中医药学刊, 2017, 35(4): 834-837.
- [11] 叶明珠, 吴嘉彩, 游思远, 等. 蜜炙对黄芪分级醇沉多糖及其抗氧化活性的影响 [J]. 军事医学, 2019, 43(8): 602-607.
- [12] 林好, 桂蜀华, 于兵兵, 等. 不同炮制工艺熟地黄多糖单糖分析及其对卵巢颗粒细胞的影响 [J]. 中成药, 2019, 41(12): 2958-2963.
- [13] 伍清芳, 王智磊, 鄢玉芬, 等. 白术麸炒过程中单糖和二糖组成及含量变化规律研究 [J]. 成都中医药大学学报, 2017, 40(4): 7-11; 126.
- [14] 程玥, 丁泽贤, 张越, 等. 茜草多糖及其衍生物的化学结构与药理作用研究进展 [J]. 中国中药杂志, 2020, 45(18): 4332-4340.
- [15] 董碧莲, 蔡延渠, 吕莉, 等. 中药多糖增强免疫、抗疲劳作用的研究进展 [J]. 中成药, 2019, 41(5): 1119-1124.
- [16] 周欣, 付志飞, 谢燕, 等. 中药多糖对肠道菌群作用的研究进展 [J]. 中成药, 2019, 41(3): 623-627.
- [17] 王楠. 鸡内金炮制前后药效作用及多糖组分含量比较研究 [D]. 上海: 上海中医药大学, 2020.