

新疆芜菁多糖含量测定及提取工艺优化

海力茜·陶尔大洪¹, 祖丽皮艳·阿布力米特¹, 李亚童², 李玲^{2*}

(1. 新疆医科大学厚博学院, 克拉玛依 834000; 2. 新疆医科大学药学院, 乌鲁木齐 830011)

摘要: **目的** 探究芜菁水溶性成分多糖的最佳提取工艺及含量测定。**方法** 通过正交实验设计来选择芜菁水溶性成分多糖的最佳水提工艺; 以葡萄糖为对照品, 使用紫外-分光光度法测定其含量。**结果** 水提的最佳提取工艺: 回流时间为 2 h, 回流温度为 90 °C, 回流次数为 3 次, 料液比为 1:30 g/mL。新疆芜菁多糖在 0.02~0.10 mg/mL 范围内呈良好线性关系, 回归方程为 $Y=0.819X+0.0029$, $r=0.9995$, 平均回收率为 98.3%, 相对标准偏差为 2.0%, 并测得多糖总含量为 8.99%。**结论** 该提取方法方便、合理, 满足多糖的分析方法要求; 紫外-分光光度法简便易行, 精密度、稳定性、重现性均良好。

关键词: 芜菁; 多糖; 提取工艺; 含量测定

Determination of polysaccharide content from *Brassica rapa* L. in Xinjiang and optimization of extraction technology

HAILIQIAN·Taoerdahong¹, ZULIPIYAN·Abulimite¹, LI Ya-Tong², LI Ling^{2*}

(1. Houbo College of Xinjiang Medical University, Karamay 834000, China;
2. School of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

ABSTRACT: Objective To explore the optimum extraction technology and content determination method of water-soluble polysaccharide from *Brassica rapa* L. **Methods** The optimum water extraction process of water-soluble constituent polysaccharide from *Brassica rapa* L. was selected by orthogonal experimental design. The content of glucose was determined by ultraviolet spectrophotometry with glucose as reference substance. **Results** The best extraction technology of water extraction was as follows: reflux time was 2 h, reflux temperature was 90 °C, return number was 3 times, and solid-liquid ratio was 1:30 g/mL. The *Brassica rapa* L. polysaccharide had a good linear relationship in the range of 0.02–0.10 mg/mL. The regression equation was $Y=0.819X+0.0029$, $r=0.9995$, the average recovery rate was 98.3%, and relative standard deviation was 2.0%. The total content of polysaccharide was 8.99%. **Conclusion** The extraction method is convenient and reasonable, meeting the requirement of polysaccharide analysis method. The ultraviolet-spectrophotometry is simple and easy to operate, with good precision, stability and reproducibility.

KEY WORDS: *Brassica rapa* L.; polysaccharide; extraction process; content determination

基金项目: 克拉玛依市创新人才工程项目(2017RC001A-20)

Fund: Supported by the Karamay City Innovative Talent Engineering Project (2017RC001A-20)

*通信作者: 李玲, 硕士, 主要研究方向为天然药物研究与开发。E-mail: 1120951645@qq.com

*Corresponding author: LI Ling, Master, College of Pharmacy, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China. E-mail: 1120951645@qq.com

0 引言

新疆芜菁(*Brassica rapa* L.), 维吾尔语称“恰麻古”, 是一种药食兼用的碱性植物, 属于十字花科芸苔属(*Brassica*)芸苔种芜菁, 以块根入药^[1-2]。临床使用具有滋阴润肺、健胃消食、软便利尿、排除多余体液的功能, 对肺部和胃病有保健和预防作用, 可增强体质, 近代药理研究还发现, 芜菁具有抗衰老、抗辐射、预防心血管疾病等功效^[3-6]。芜菁功效明显, 和其所含的化学成分有很大关系。研究发现, 芜菁中含有多糖、黄酮、皂苷、生物碱、挥发油等多种化学成分^[7-10]。芜菁水提取物中主要成分为多糖, 芜菁多糖具有抗氧化^[11]、抗衰老^[12]、抗疲劳^[13]等药理活性。多糖的组成复杂, 由于提取和纯化方法的差异, 目前, 从新疆芜菁中分离出多种结构和组成的多糖类化合物^[1]。多糖的提取方法有多种, 不同的提取方法提取效率也不同, 选择适当的提取方法对多糖得率意义重大。

课题组前期已进行了芜菁水溶性有效成分在清肺润肺、止咳平喘、抗肿瘤、降血糖等方面的生物活性研究^[14-17]。对芜菁的开发和研究也越来越引起人们的广泛关注。本研究探究芜菁水溶性成分多糖的提取工艺及其含量测定方法, 通过正交实验设计来选择芜菁水溶性成分多糖的最佳水提工艺, 并进行方法学考察。以葡萄糖为对照品, 采用紫外分光光度法测定其含量, 以期应用于今后的实验研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂

新疆芜菁干燥药材, 购于阿克苏柯坪县, 经新疆医科大学药学院生药/天药教研室帕丽达·阿布力孜教授鉴定, 为十字花科芸苔属芸苔种芜菁(*Brassica rapa* L.)地下茎。标准葡聚糖对照品、浓硫酸(分析纯)、苯酚(分析纯)、正丁醇(分析纯)(天津富宇有限公司); 氯仿(分析纯, 河南省新乡市中原有机化工有限责任公司)。

1.1.2 仪器与设备

T6新世纪型紫外分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司); 电子分析天平 $[d=0.01/0.1\text{ mg}]$, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司; DK-S22型电热恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司); SHB-III循环水式多用真空泵(郑州长城科工贸有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 葡萄糖标准溶液的配制

精密称取 105 °C干燥至恒重的葡萄糖标准品 1 g, 溶解于 100 mL 容量瓶中, 稀释, 定容, 摇匀, 配成 10 g/mL 的标准贮备液。精密吸取贮备液 1 mL 定容至 100 mL, 配

成 0.1 mg/mL 的葡萄糖标准品溶液。各取 0.20、0.40、0.60、0.80、1.0 mL 的葡萄糖标准溶液于 5 个具塞刻度试管中, 配制成系列标准溶液。

1.2.2 波长选择

精密吸取 1 mL 葡萄糖的标准品溶液于具塞试管中, 加 5% 的苯酚试剂 1 mL, 摇匀后加入 5 mL 浓硫酸, 振摇 3 min, 置沸水浴中加热 20 min, 取出冷却至室温, 以蒸馏水为空白液, 于 400~700 nm 波长范围内扫描, 测得最大吸收波长为 481 nm。

1.2.3 标准曲线的绘制

精密移取已配制好的系列标准溶液于具塞刻度试管中, 以 1 mL 蒸馏水作空白, 加 5% 的苯酚试剂 1 mL, 摇匀后加入 5 mL 浓硫酸, 振摇 3 min, 置沸水浴中加热 20 min, 取出冷却至室温, 于 481 nm 波长处测定吸光度值, 吸光度分别为 0.189、0.358、0.520、0.696、0.839。以吸光度值(Y)对葡萄糖浓度(X)作回归处理, 得回归方程 $Y=0.819X+0.0029$, $r=0.9995$, 在 0.02~0.1 mg/mL 范围内, 线性关系良好。如图 1 所示。

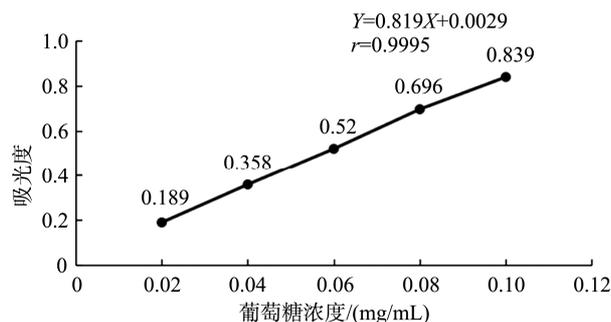


图1 标准曲线图
Fig.1 Standard curve

1.2.4 多糖的提取流程

取干燥的芜菁药材 5 g→按各种条件进行蒸馏水回流(时间、温度、提取次数、料液比)→提取液过滤合并→浓缩→SEVAG 法^[18](氯仿:正丁醇=5:1, V:V)除蛋白→活性炭脱色(抽滤)→取样品测多糖含量。

采用单因素法确定回流时间、回流温度、提取次数和料液比, 在单因素实验的基础上, 采用响应面优化设计实验, 以多糖含量为指标, 确定最佳提取工艺。

1.2.5 单因素实验

(1) 回流温度的选择

在料液比为 1:30 g/mL、回流时间为 2 h 的条件下, 选择回流温度为 60、70、80、90、100 °C 分别回流 1 次, 根据多糖的含量确定最佳回流温度。

(2) 料液比的选择

采取料液比分别为 1:20、1:25、1:30、1:35、1:40 g/mL 分别在回流温度为 90 °C、回流时间为 2 h 的条件下, 回流 1 次, 根据多糖的含量确定最佳料液比。

(3)提取次数的选择

在回流温度为 90 °C、料液比为 1:30 g/mL、回流时间为 2 h 不变的条件下,分别回流 1、2、3 次,根据多糖的含量确定最佳回流次数。

(4)回流时间的选择

在回流温度为 90 °C、料液比为 1:30 g/mL 不变的条件下,分别采用回流时间为 1、1.5、2、2.5、3 h 回流 1 次,根据多糖的含量确定最佳回流时间。

1.2.6 样品含量测定

精密吸取处理好的回流液 1 mL 于 100 mL 容量瓶中,再精密吸取 1 mL 定溶液于 100 mL 容量瓶中。将定容的样品溶液,按 1.2.3 的方法操作,在 481 nm 处测得吸收率,代入回归方程,以标准曲线计算多糖含量。

$$\text{总多糖的含量}(\%) = (C \times V \times D) / W \times 100\%$$

式中: C : 样品溶液中葡萄糖的浓度, mg/mL; D : 样品溶液的稀释倍数; V : 加入样品体积, mL; W : 样品质量, g。

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果

2.1.1 回流温度的选择

由表 1 可知,多糖含量随浸提温度的升高而逐渐增加。但是温度过高可能会使多糖的结构发生变化,丧失活性。因此,宜选择温度为 90 °C。

表 1 回流温度对多糖含量的影响

温度/°C	60	70	80	90	100
含量/%	7.131	7.833	8.10	8.39	8.36

2.1.2 料液比的选择

由表 2 可知,多糖含量随着料液比的增大而逐渐增大,但当料液比为 1:30 g/mL 时,多糖含量已达到最大值。综合考虑原料和效能,料液比选择为 1:30 g/mL 更为适宜。

表 2 料液比对多糖含量的影响

液料比/(g/mL)	1:20	1:25	1:30	1:35	1:40
含量/%	7.431	7.829	8.12	8.10	8.06

2.1.3 提取次数的选择

由表 3 可知,回流数为 3 次,多糖含量达到最大值,因此本研究选择回流次数为 3 次。

表 3 回流次数对多糖含量的影响

回流数/次	1	2	3
得率/%	7.593	8.29	8.30

2.1.4 回流时间的选择

由表 4 可知,提取时间为 2 h,多糖含量达到最大值,而且随反应时间的延长含量逐渐降低。为缩短工时减少能耗,宜选择回流时间为 2 h。

表 4 回流时间对多糖含量的影响

时间/h	1	1.5	2	2.5	3
含量/%	7.791	8.10	8.47	8.43	8.32

2.1.5 正交实验结果

根据单因素实验结果,选定回流温度、回流时间、回流次数、料液比作为考查对象,通过 $L_9(3^4)$ 正交实验,结果见表 5。从表 5 的极差分析与回流液中多糖含量的关系可见,影响因素的主次顺序为: $A > C > B > D$ 。较优的提取工艺为如 $A_2B_2C_3D_1$,即:回流温度为 90 °C、料液比为 1:30 g/mL、回流次数为 3 次、回流时间为 2 h。

表 5 正交实验及结果分析

编号	A 温度 /°C	B 料液比 /(g/mL)	C 次数 /次	D 时间 /h	多糖含量 /%
1	1(80)	1(1:25)	1(1)	1(2)	7.163
2	1	2(1:30)	2(2)	2(2.5)	7.436
3	1	3(1:35)	3(3)	3(3)	7.418
4	2(90)	1	2	3	7.814
5	2	2	3	1	8.126
6	2	3	1	2	7.818
7	3(100)	1	3	2	7.649
8	3	2	1	3	7.623
9	3	3	2	1	7.394
K_1	21.017	22.646	22.604	22.838	
K_2	23.778	23.185	22.664	22.903	
K_3	22.666	22.630	23.193	22.875	
r	0.920	0.185	0.196	0.021	
影响次序	$A > C > B > D$				
最优组合	$A_2B_2C_3D_1$				

2.2 方法学考察

2.2.1 精密度实验

精密吸取样品溶液 1 mL, 按 1.2.3 方法操作, 在同一条件下测定吸光度, 重复测定 6 次, 结果见表 6, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 0.06%, 表明仪器精密度良好。

2.2.2 稳定性实验

精密吸取样品溶液 1 mL, 按 1.2.3 方法操作, 每隔 20 min 测定 1 次吸光度, 重复测定 6 次, 结果见表 7, RSD 为 0.35%。表明在 2 h 内供试品溶液稳定性良好。

2.2.3 重复性实验

取同一样品 6 份, 按 1.2.3 方法平行操作, 测得吸光度。结果见表 8, RSD 为 0.19%, 表明方法重复性良好。

2.2.4 样品中多糖的含量测定

以正交实验得到的最优组合条件, 即回流时间为 2 h, 回流温度为 90 °C, 回流次数为 3 次, 料液比为 1:30 g/mL, 进行提取操作, 按标准曲线下方法测定吸光度, 代入回归方程算出样品溶液中总多糖的含量, 结果见表 9。

2.2.5 加样回收实验

精密吸取样品溶液 6 份, 均为 0.2 mL, 分别加入葡萄糖对照液 0.1、0.1、0.2、0.2、0.3、0.3 mL, 按照标准曲线方法测定吸光度, 计算回收率, 结果见表 10。

3 结 论

本研究以芫菁多糖含量为指标, 采用正交实验法对芫菁提取方法进行筛选研究, 采用紫外-分光光度法测定芫菁水提液中多糖的含量, 对水提多糖的影响因素做了考察, 确定了影响新疆芫菁多糖水提因素大小是回流温度 > 回流次数 > 料液比 > 回流时间; 确定了水提芫菁多糖的最佳工艺: 回流温度为 90 °C、回流次数为 3 次、料液比为 1:30 g/mL、回流时间为 2 h。以葡萄糖为对照品, 本研究采用紫外-可见分光光度法测定芫菁多糖含量, 测得其平均含量为 8.99%, 该方法简单、方便且易于操作。通过精密度、重复性、稳定性和回收率实验结果可以看出, 该方法适合芫菁多糖含量的测定, 可对芫菁多糖的结构测定、活性测定以及芫菁的产品开发提供一定的理论依据。

表 6 精密度实验数据
Table 6 Precision experimental data

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	均值	RSD/%
吸光度	0.3516	0.3533	0.3521	0.3531	0.3529	0.3535	0.3528	0.06

表 7 稳定性实验数据
Table 7 Stability experimental data

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	均值	RSD/%
吸光度	0.3529	0.3612	0.3633	0.3587	0.3561	0.3613	0.3589	0.35

表 8 重复性实验数据
Table 8 Repeatability experimental data

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	均值	RSD/%
吸光度	0.3672	0.3632	0.3681	0.3656	0.3641	0.3678	0.3660	0.19

表 9 多糖含量的测定
Table 9 Determination of polysaccharide content

样品	吸光度	多糖含量/%	平均含量/%	RSD/%
1	0.3733	9.05	8.99%	2.7
2	0.3802	9.21		
3	0.3598	8.72		

表10 加样回收实验数据
Table 10 Sample recovery experimental data

<i>n</i>	样品多含量/(mg/mL)	加入量/(mg/mL)	测得量/(mg/mL)	回收率/%	平均收率/%	RSD/%
1	42.31	10.00	52.23	99.2		
2	43.98	10.00	53.13	101.5		
3	43.52	20.00	63.20	98.4	98.3	2.0
4	42.21	20.00	62.87	98.3		
5	43.10	30.00	73.93	96.1		
6	49.19	30.00	78.10	96.4		

参考文献

- [1] CHEN ZE, WUFUER R, JI JH, *et al.* Structural characterization and immunostimulatory activity of polysaccharides from *Brassica rapa* L. [J]. *J Agric Food Chem*, 2017, 65: 9685–9692.
- [2] 王文宁. 蔓菁营养成分分析及改善小鼠肠道菌群的研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2018.
- WANG WN. Analysis of nutrient composition of vine cyan and its improvement of mouse intestinal flora [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2018.
- [3] 解云, 康金森, 乌英, 等. 维药恰麻古总黄酮对 D-半乳糖致衰老小鼠氧自由基代谢的影响[J]. *新疆医科大学学报*, 2014, 37(8): 977–980.
- XIE Y, KANG JS, WU Y, *et al.* The effect of total flavonoids of Uyghur medicine Qia Magu on the metabolism of oxygen free radicals in D-galactose-induced aging mice [J]. *J Xinjiang Med Univ*, 2014, 37(8): 977–980.
- [4] 安熙强, 马媛, 张涛, 等. 恰玛古粉和蜜膏对辐射损伤防护的对比[J]. *科技导报*, 2010, 28(10): 28–31.
- AN XQ, MA Y, ZHANG T, *et al.* Comparison of protection against radiation damage between Chama ancient powder and honey paste [J]. *Sci Technol Rev*, 2010, 28(10): 28–31.
- [5] MARIA T, RICHARD M. Glucosinolates, isothiocyanates and human health [J]. *Phytochem Rev*, 2009, 8: 269–282.
- [6] YANBO F, ZHIWEI H, WEI W, *et al.* Tangganjian decoction ameliorates type 2 diabetes mellitus and nonalcoholic fatty liver disease in rats by activating the IRS/PI3K/AKT signaling pathway [J]. *Biomed Pharm*, 2018, 106(6): 733–737.
- [7] 李雅双, 刘杰, 包瑛, 等. 芜菁水溶性多糖的结构分析[J]. *食品与发酵工业*, 2015, 41(8): 175–180.
- LI YS, LIU J, BAO Y, *et al.* Structural characterization of polysaccharides from *Brassica rapa* L. [J]. *Food Ferment Ind*, 2015, 41(8): 175–180.
- [8] NINOMIYA M, EFDI M, INUZUKA T, *et al.* Chalcone glycosides from aerial parts of *Brassica rapa* L. 'hidabeni', turnip [J]. *Phytochem Lett*, 2010, 3(2): 96–99.
- [9] 刘浩, 蒋思萍, 杨玲玲, 等. 芜根总皂苷对糖尿病小鼠的降血糖作用[J]. *西北农林科技大学学报(社会科学版)*, 2012, 40(6): 23–27.
- LIU H, JIANG SP, YANG LL, *et al.* Hypoglycemic effect of crude saponins of turnip (*Brassica rapa* L.) on diabetic mice [J]. *J Northwest A F Univ (Soc Sci Ed)*, 2012, 40(6): 23–27.
- [10] 蔡倩, 陈琨, 王桃梅, 等. 保留指数辅助 GC-MS 对宁夏芜菁挥发性成分分析[J]. *食品研究与开发*, 2016, 37(19): 145–149.
- CAI Q, CHEN K, WANG TM, *et al.* GC-MS combined with kovats index analysis for volatile compounds in *Brassica rapa* of Ningxia [J]. *Food Res Dev*, 2016, 37(19): 145–149.
- [11] 姚军, 乌英, 海力茜·陶尔大洪, 等. 恰麻古多糖的体外抗氧化作用研究[J]. *华西药学杂志*, 2014, 29(5): 606–607.
- YAO J, WU Y, HAILIQIAN·TDH, *et al.* Study on the in vitro antioxidant effect of Chamagu polysaccharides [J]. *West China J Pharm Sci*, 2014, 29(5): 606–607.
- [12] 王花, 包国雁, 张萍, 等. 高原药食两用植物芜菁醚提取物对衰老小鼠免疫器官和 SOD、MDA、GSH-Px 水平的影响[J]. *时珍国医国药*, 2014, 25(1): 58–60.
- WANG H, NIE GY, ZHANG P, *et al.* Effects of extracts of turnip ether, a medicinal and edible plant at high altitude, on immune organs and SOD MDA GSH-PX levels in aged mice [J]. *Lishizhen Med Mater Med Res*, 2014, 25(1): 58–60.
- [13] 唐伟敏, 金露, 谢亮华, 等. 芜菁多糖的分离纯化、化学结构及其抗疲劳动物试验研究[J]. *中国食品学报*, 2018, 18(12): 28–37.
- TANG WM, JIN L, XIE LH, *et al.* Purification, structural characterization and anti-fatigue effect in vivo of Tibetan turnip (*Brassica rapa* L.) polysaccharide [J]. *J Chin Inst Food Sci Technol*, 2018, 18(12): 28–37.
- [14] 海力茜·陶尔大洪, 周芳, 杨珊, 等. 维药恰麻古儿止咳、祛痰及平喘的药效学研究[J]. *中成药*, 2011, 33(4): 682–685.
- HAILIQIAN·TDH, ZHOU F, YANG S, *et al.* Pharmacodynamic study on relieving cough, expectorating phlegm and Relieving asthma of *Brassica rapa* L. [J]. *Chin Tradit Pat Med*, 2011, 33(4): 682–685.
- [15] 陈卓尔, 古娜娜·对山别克, 海力茜·陶尔大洪, 等. 新疆芜菁水提物抗肿瘤活性初步研究[J]. *西北药学杂志*, 2016, 31(3): 264–268.
- CHEN ZE, GUNANA·TSBK, HAILIXI·TDH, *et al.* A preliminary study on the antitumor activity of aqueous extracts from Xinjiang *Brassica rapa* L. [J]. *Northwest Pharm J*, 2016, 31(3): 264–268.
- [16] 海仁古丽·麦提提, 祖丽皮艳·阿布力米特, 海力茜·陶尔大洪. 芜菁中

性多糖降血糖作用研究的初步探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(2): 387-392.

HAIRENGULI-MMT, ZULIPIYAN-ABLMT, HAILISHI-TDH. Preliminary study on the hypoglycemic effect of turnip neutral polysaccharides [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(2): 387-392.

[17] REZIYAMU WF, JIE B, ZHAN L, *et al.* Biological activity of *Brassica rapa* L. polysaccharides on RAW264.7 macrophages and on tumor cells [J]. Bioorg Med Chem, 2020, 1(22): 115330.

[18] 杨永东, 李聪颖, 唐策, 等. 藏药蔓菁抗氧化活性多糖的提取及纯化工艺优选[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(7): 7-10.

YANG YD, LI CY, TANG C, *et al.* Optimization of extraction and purification technology of antioxidant activity polysaccharides from *Brassica rapa* by orthogonal design [J]. Chin J Exp Tradit Med Form, 2013, 19(7): 7-10.

(责任编辑: 张晓寒)

作者简介



海力茜·陶尔大洪, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为天然药物的开发利用。
E-mail: hailiqian2471@sina.com



李 玲, 硕士, 主要研究方向为天然药物研究与开发。
E-mail: 1120951645@qq.com

“保健食品的研发与检测”专题征稿函

保健食品是指具有特定保健功能或者以补充维生素、矿物质为目的的食品。保健食品亦称功能性食品, 是特定的食品种类, 有调节人体功能的作用。

本刊特别策划了“保健食品的研发与检测”专题, 由北京联合大学 闫文杰副教授 担任专题主编。专题围绕但不限于保健食品的开发、功能性活性成分提取与检测、新型保健食品研发、功能性食品添加剂、保健食品配料、保健功能性物质(肽与蛋白质、功能性油脂、多糖、微量元素、维生素等)应用、研发与检测等方面, 或您认为有意义的相关领域开展论述和研究。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 本刊主编吴永宁研究员、专题主编闫文杰副教授及编辑部全体成员特别邀请您为本专题撰写稿件。研究论文、综述、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。

本专题计划于 2021 年 5~6 月出版, 请您于 2021 年 3 月 31 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

希望您通过各种途径宣传此专题, 并积极为本专题推荐稿件和约稿对象。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com(注明保健食品的研发与检测专题)

E-mail: jfoodsq@126.com(注明保健食品的研发与检测专题)

《食品安全质量检测学报》编辑部