

HPLC 法同时测定不同产地新疆鼠李枝中 3 种黄酮类成分的含量

叶斯木·塔拉甫别克, 叶力夏提·达那别克, 郭君婷, 赵婷婷, 刘桂花*

(新疆维吾尔自治区药物研究所, 新疆乌鲁木齐 830004)

摘要 [目的] 建立同时测定新疆鼠李枝中槲皮素、山奈酚、芹菜素的 HPLC 法, 同时优化新疆鼠李枝提取工艺并测定其含量。[方法] 采用 Agilent XDB-C₁₈ 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm), 以甲醇(A)-0.4%磷酸(B)为流动相, 进行梯度洗脱(0~15 min, 65%~55%B; 15~35 min, 55%~55%B; 35~60 min, 55%~40%B; 60~70 min, 40%~20%B; 70~80 min, 20%~65%B); 检测波长 360 nm, 流速 1 mL/min; 柱温 30 ℃。[结果] 槲皮素、山奈酚、芹菜素分别在 6.89~110.20、6.81~108.90、5.40~108.10 μg/mL 线性关系良好($r \geq 0.9996$)。新疆鼠李枝中上述 3 种成分的平均回收率分别为 100.00%、99.01% 和 100.43%, RSD 分别为 1.26%、1.76%、0.97%。[结论] 该方法准确、可靠、重复性好, 为新疆鼠李树枝提取物的质量评价与控制标准提供了重要依据。

关键词 新疆鼠李; 高效液相色谱法; 槲皮素; 山奈酚; 芹菜素; 含量测定

中图分类号 R 284 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)24-0183-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.24.041



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Simultaneous Determination of Three Flavonoids in the Branches of *Rhamnus songorica* from Different Regions of Xinjiang by HPLC
Yesem · Talpbek, Yelxat · Danabek, GUO Jun-ting et al (Xinjiang Medicine Research Institute, Urumqi, Xinjiang 830004)

Abstract [Objective] To establish an HPLC method for the simultaneous determination of quercetin, kaempferol and apigenin in *Rhamnus songorica* branches, and to optimize the extraction process of *Rhamnus songorica* branches and determine their content. [Method] The HPLC analysis was carried out on Agilent XDB-C₁₈ column (4.6 mm×250 mm, 5 μm) with methanol(A) -0.4% phosphoric acid (B) gradient elution (0-15 min, 65%-55%B; 15-35 min, 55%-55%B; 35-60 min, 55%-40%B; 60-70 min, 40%-20%B; 70-80 min, 20%-65%B); at a flow rate of 1 mL/min. The detection wave-length was 360 nm and the column temperature was 30 ℃. [Result] Good linear relationship were found in the range of 6.89-110.20 μg/mL for quercetin, 6.81-108.90 μg/mL for kaempferol, and 5.40-108.10 μg/mL for apigenin ($r \geq 0.9996$). The average recovery rates of the above three components in the branches of *Rhamnus songorica* were 100.00%, 99.01% and 100.43%, respectively, with RSDs of 1.26%, 1.76% and 0.97%. [Conclusion] This method is accurate, reliable, and has good repeatability, providing an important basis for the quality evaluation and control standards of *Rhamnus songorica* branch extract.

Key words *Rhamnus songorica*; HPLC; Quercetin; Kaempferol; Apigenin; Content determination

新疆鼠李(*Rhamnus songorica* Gontsch.)为鼠李科鼠李属灌木, 分布于俄罗斯、西伯利亚西南部、中亚地区, 在我国只有新疆北部地区有分布, 为哈萨克医长期应用的民间药材^[1-10], 以枝、叶和果实入药, 其果实由秋季果实成熟后经过采收、洗净、去除杂质阴干而成。本品性味苦涩、性凉, 具有清热解暑、疏肝保肝、活血化瘀等功效, 在民间新疆鼠李也被称为土茶叶, 在新疆北疆地区牧民至今仍有将其叶或树枝切片阴干保存且用于在肉食后代替茶饮用的习惯。

新疆鼠李在哈萨克民间被称为包尔胡特(意指肝包虫), 常用于治疗脂肪肝、肝包虫、高血脂、高血压等疾病。研究表明, 鼠李属植物成分主要有黄酮、萜酚和苷类化合物^[11-14], 具有抗菌消炎、抗氧化、抗过敏、抗肿瘤、抗血栓、抗高血压、保肝护肝等药理活性^[15-20], 目前对新疆鼠李的研究仅停留在药理作用方面, 化学成分研究较少, 高效液相色谱法同时测定新疆鼠李枝中槲皮素、山奈酚、芹菜素的含量鲜见文献报道。为有效控制新疆鼠李的质量, 该研究采用单因素试验方法, 优化了新疆鼠李枝提取工艺, 并建立高效液相色谱法同时测定新疆鼠李枝中槲皮素、山奈酚、芹菜素 3 种成分的含量, 以

期为新疆鼠李枝的进一步开发利用提供重要依据。

1 仪器与材料

安捷伦 1260 高效液相色谱仪(美国安捷伦公司); 超声波清洗仪(昆山市超声仪器有限公司 KQ-500VDV); CPA225D 型电子分析天平(赛多利斯科学仪器北京有限公司, 精度 0.01); WP-UPT-10 型实验室专用超纯水机(四川沃特尔设备有限公司); Wi80127 型中药粉碎机(北京东西仪科技有限公司); DZTW 型点热套(山东省鄞城永兴仪器厂); SY-2000 型旋转蒸发器(上海亚荣生化仪器厂)。

槲皮素(中国食品药品检定研究院, 批号 100081-201408, 纯度 99.1%); 山奈酚(中国食品药品检定研究院, 批号 P1622, 纯度 93.2%); 芹菜素(中国食品药品检定研究院, 批号 111514-201605, 纯度 99.5%); 新疆鼠李枝采摘于新疆伊犁地区(批号 20160805、20180805、20180810)。色谱纯甲醇(美国 Fisher 公司); 纯化水(自制); 其余试剂均为分析纯。

2 方法与结果

2.1 3 种黄酮类化学成分的含量测定

2.1.1 色谱条件。 色谱柱为 Agilent XDB-C₁₈ (250 mm×4.6 mm, 5 μm); 流动相为甲醇(A)-0.4%磷酸(B), 梯度洗脱: 0~15 min, 65%~55%B; 15~35 min, 55%~55%B; 35~60 min, 55%~40%B; 60~70 min, 40%~20%B; 70~80 min, 20%~65%B; 流速 1.0 mL/min; 柱温 30 ℃; 进样量 10 μL; 检测波长 360 nm。

按以上色谱条件进样分析的 HPLC 色谱图, 如图 1 所

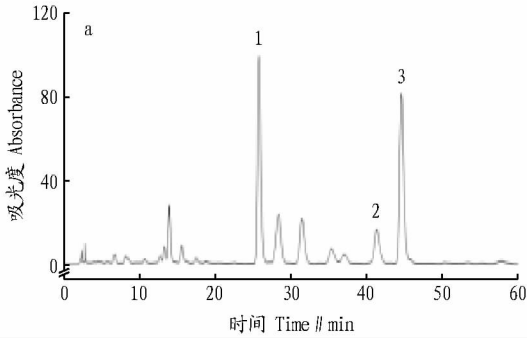
基金项目 新疆维吾尔自治区公益性科研院所基本业务费专项资金项目(KY2019105)。

作者简介 叶斯木·塔拉甫别克(1989—), 男, 哈萨克族, 新疆乌鲁木齐人, 实验师, 从事中药、民族药新制剂与新药研发工作。
* 通信作者, 研究员, 硕士, 从事中药、民族药新制剂与新剂型研究。

收稿日期 2023-01-09

示。结果表明,在该色谱条件下,槲皮素、山奈酚、芹菜素分离度均良好,无其他成分干扰。

2.1.2 供试品溶液的制备。称取新疆鼠李枝粉末(过 80 目



注:1.槲皮素;2.山奈酚;3.芹菜素。

Note: 1.Quercetin; 2.Kaempferol; 3.Apigeni.

筛),约 0.5 g,加 50 mL 70%的乙醇,称定重量,加热回流 60 min,冷却至室温,再称定重量,用 70%乙醇补足减失的重量,摇匀,滤过,取续滤液,即得。

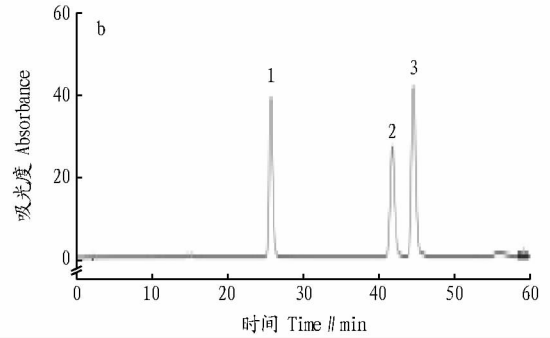


图1 样品(a)和混合对照品(b)HPLC 色谱图

Fig.1 HPLC chromatograms of sample (a) and mixed reference substance (b)

2.1.3 混合对照品溶液的制备。精密称取槲皮素、山奈酚和芹菜素对照品适量于容量瓶中,甲醇溶解定容,制成各含槲皮素 551.0 $\mu\text{g/mL}$ 、山奈酚 544.3 $\mu\text{g/mL}$ 和芹菜素 540.3 $\mu\text{g/mL}$ 的贮备液,备用。分别精密移取上述贮备液 1 mL 置 10 mL 容量瓶中,加甲醇稀释至刻度,摇匀,制成含槲皮素 55.10 $\mu\text{g/mL}$ 、山奈酚 54.43 $\mu\text{g/mL}$ 、芹菜素 54.03 $\mu\text{g/mL}$ 的混合对照品溶液,即得。

2.1.4 线性关系考察。精密吸取“2.1.3”项下的槲皮素和山奈酚贮备液 5 mL 置 10 mL 容量瓶内,加甲醇至刻度,制成质量浓度分别为 275.5 和 272.2 $\mu\text{g/mL}$ 的稀释液。再精密吸取稀释液 0.25、0.50、1.00、2.00、4.00 mL 分别置 10 mL 容量瓶中,加甲醇稀释至刻度,摇匀,得系列对照品溶液。精密吸取对照品溶液进样测定,以对照品质量浓度(x , $\mu\text{g/mL}$)对其峰面积(y)进行线性回归,得出回归方程。分别精密吸取“2.1.3”项下的芹菜素贮备液 0.1、0.4、0.8、1.6、2.0 mL,分别置于 10 mL 容量瓶中,加甲醇稀释至刻度,摇匀,即得系列对照品溶液。精密吸取各对照品溶液,进样测定,同前法得回归方程。3 种化学成分的回归方程及线性范围见表 1。

表 1 3 种化学成分的回归方程及线性范围

Table 1 Regression equations and linear ranges for three chemical components

化学成分 Chemical component	回归方程 Regression equation	r	线性范围 Linear range $\mu\text{g/mL}$
槲皮素 Quercetin	$y = 43.972x - 112.000$	0.999 6	6.89~110.20
山奈酚 Kaempferol	$y = 42.737x + 71.504$	0.999 8	6.81~108.90
芹菜素 Apigeni	$y = 45.091x - 51.602$	0.999 8	5.40~108.10

2.1.5 精密度试验。取“2.1.3”项下的混合对照品溶液,按“2.1.1”色谱条件测定,连续进样 5 次,测定峰面积,并计算峰面积的 RSD。结果发现,槲皮素、山奈酚、芹菜素峰面积的 RSD 分别为 0.50%、0.33%、0.65%,表明精密度良好。

2.1.6 重复性试验。取新疆鼠李枝(批号 20160805),按“2.1.2”方法平行制备 6 份供试品溶液。按“2.1.1”色谱条件

进行测定。结果发现,槲皮素、山奈酚、芹菜素在新疆鼠李枝中的含量平均值分别为 1.636 0、0.105 6、0.118 9 mg/g ; RSD 分别为 1.74%、1.32%、0.83%,表明该方法重复性良好。

2.1.7 稳定性试验。精密吸取新疆鼠李枝(批号 20160805)供试品溶液,按“2.1.1”色谱条件分别在 4、8、12、16 h 进样测定,记录峰面积,并计算峰面积的 RSD。结果发现,槲皮素、山奈酚、芹菜素峰面积的 RSD 分别为 0.82%、0.48%、0.51%,表明供试品溶液在 16 h 内稳定。

2.1.8 加样回收率试验。称取已知含量的新疆鼠李枝(批号 20160805)6 份(每份约 0.25 g),精密称定,加入槲皮素、山奈酚、芹菜素分别为 0.308 5、0.194 0、0.248 0 mg 的混合对照品溶液,于 10 mL 容量瓶中定容。各样品均经 0.45 μm 滤膜滤过,按“2.1.1”色谱条件进样,记录峰面积,并计算加样回收率及 RSD。结果表明(表 2),槲皮素、山奈酚、芹菜素的平均回收率分别为 100.00%、99.01%、100.43%,RSD 分别为 1.26%、1.76%、0.97%。

2.2 新疆鼠李枝提取工艺优选

2.2.1 提取溶剂的考察。称取新疆鼠李枝(批号 20160805)约 0.5 g,分别用水、30%乙醇、50%乙醇、70%乙醇、95%乙醇、甲醇进行提取,溶剂量为 50 mL,加热回流 30 min,冷却至室温,再称定重量,用相应溶剂补足减失的重量,摇匀,滤过,取续滤液,注入高效液相色谱仪测定,计算槲皮素、山奈酚和芹菜素的含量。结果表明(图 2),槲皮素、山奈酚、芹菜素在 70%乙醇作为提取溶剂时峰面积最大。故选择 70%乙醇作为提取溶剂并进一步考察不同溶剂倍数的提取率。

2.2.2 溶剂体积的考察。称取新疆鼠李枝(批号 20160805)约 0.5 g,用 70%乙醇作为溶剂,提取体积分别为 30、40、50、60、70 mL,加热回流 30 min 冷却至室温,再称定重量,用 70%乙醇补足减失的重量,摇匀,滤过,取续滤液,注入高效液相色谱仪测定,计算槲皮素、山奈酚和芹菜素的含量。结果表明(图 3),槲皮素、山奈酚、芹菜素在 50 mL 70%乙醇中提取率最高。故选 50 mL 70%乙醇作为提取溶剂,进一步考察提

取时间对提取率的影响。

表 2 加样回收率试验结果

Table 2 Results of sample addition recovery test

化学成分 Chemical component	称样量 Weighing sample//g	样品中含量 Content in sample//mg	加入量 Added amount mg	测得量 Measured content mg	回收率 Recovery rate//%	平均回收率 Average recovery rate//%	RSD %
槲皮素 Quercetin	0.250 4	0.409 7	0.308 5	0.724 3	101.86	100.00	1.26
	0.251 2	0.411 0	0.308 5	0.723 7	101.23		
	0.250 5	0.409 8	0.308 5	0.717 5	99.61		
	0.249 6	0.408 3	0.308 5	0.715 8	99.53		
	0.252 6	0.413 3	0.308 5	0.719 5	99.15		
	0.250 8	0.410 3	0.308 5	0.715 0	98.63		
山奈酚 Kaempferol	0.250 4	0.264 7	0.194 0	0.456 6	98.94	99.01	1.76
	0.251 2	0.265 5	0.194 0	0.454 0	97.14		
	0.250 5	0.264 8	0.194 0	0.452 7	96.86		
	0.249 6	0.263 8	0.194 0	0.456 6	99.37		
	0.252 6	0.267 0	0.194 0	0.462 8	100.94		
	0.250 8	0.265 1	0.194 0	0.460 6	100.79		
芹菜素 Apigeni	0.250 4	0.297 7	0.248 0	0.550 1	101.58	100.43	0.97
	0.251 2	0.298 7	0.248 0	0.548 9	100.70		
	0.250 5	0.297 8	0.248 0	0.544 9	99.41		
	0.249 6	0.296 8	0.248 0	0.548 8	101.40		
	0.252 6	0.300 3	0.248 0	0.549 5	100.25		
	0.250 8	0.298 2	0.248 0	0.544 8	99.25		

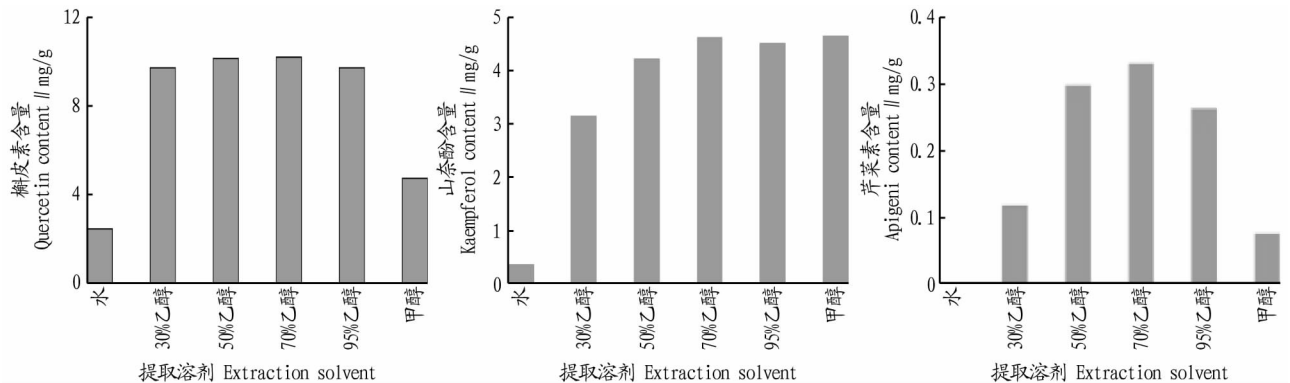


图 2 提取溶剂的考察

Fig.2 Inspection of extraction solvent

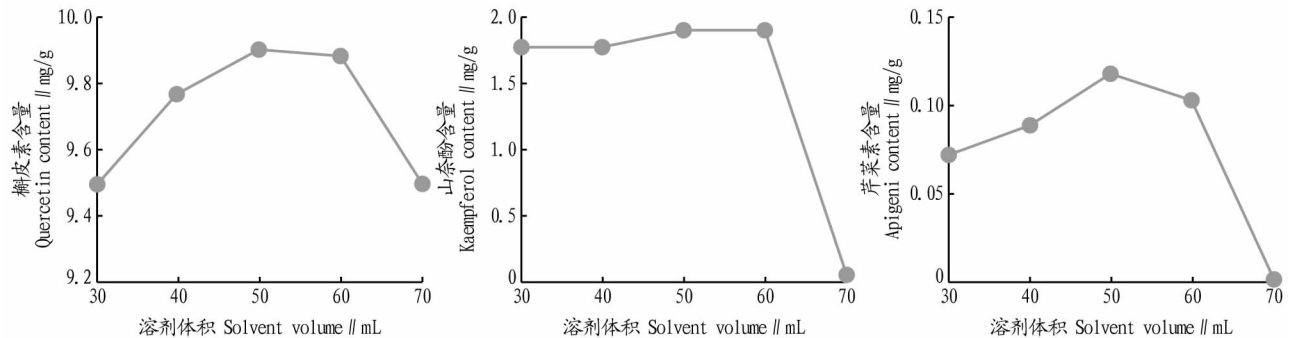


图 3 溶剂体积的考察

Fig.3 Investigation of solvent volume

2.2.3 提取时间的考察。称取新疆鼠李枝(批号 20160805)约 0.5 g,用 50 mL 70%乙醇分别加热回流 30、60、90 min,冷却至室温,再称定重量,用 70%乙醇补足减失的重量,摇匀,滤

过,取续滤液,注入高效液相色谱仪测定,计算槲皮素、山奈酚和芹菜素的含量。结果表明(图 4),槲皮素、山奈酚、芹菜素在提取时间 60 min 时最高。故选择 60 min 为提取时间。

最终确定新疆鼠李枝提取工艺为称取鼠李枝约0.5 g,加70%乙醇50 mL加热回流60 min。

2.3 样品测定 取3个批次新疆鼠李枝,按“2.1.2”方法制

备供试品溶液,按“2.1.1”色谱条件进样分析,记录峰面积,分别计算新疆鼠李枝中槲皮素、山奈酚、芹菜素的含量,结果如表3所示。

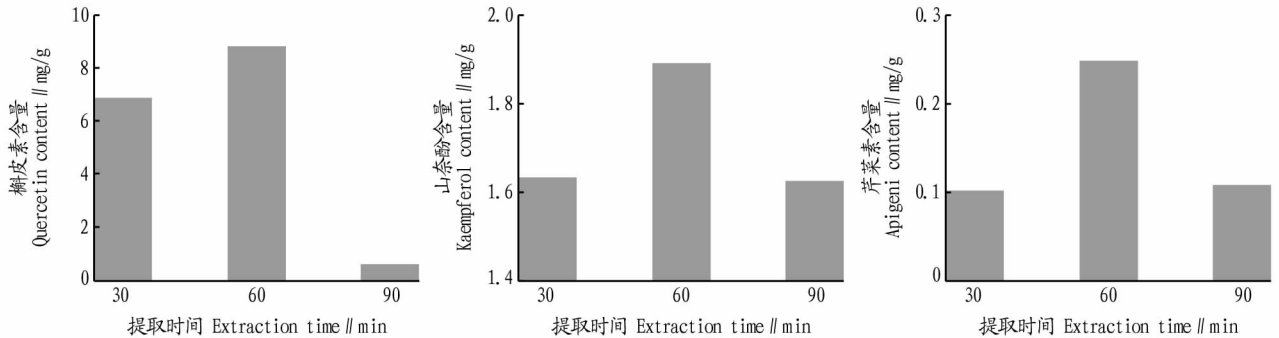


图4 提取时间的考察

Fig.4 Inspection of extraction time

表3 不同产地新疆鼠李枝中槲皮素、山奈酚、芹菜素的含量

Table 3 Content of quercetin, kaempferol and apigenin in the branches of *Rhamnus songorica* from different regions

样品批号 Sample No.	称样量 Weighing sample//g	槲皮素 Quercetin mg/g	山奈酚 Kaempferol mg/g	芹菜素 Apigenin//mg/g
20160805	0.506 5	1.478 5	1.071 8	1.198 6
20180805	0.519 2	1.464 2	1.031 2	1.159 4
20180810	0.502 2	1.443 1	1.078 1	1.207 6

3 讨论

该试验首次建立 HPLC 法同时检测新疆鼠李枝中槲皮素、山奈酚、芹菜素的含量,通过新疆鼠李枝提取工艺单因素考察得知,最佳提取工艺条件为50 mL 70%乙醇加热回流60 min。笔者在试验中分别采用水、30%乙醇、50%乙醇、70%乙醇、95%乙醇和甲醇6种溶剂,提取容积量分别30、40、50、60、70 mL对样品进行回流提取30、60、90 min并进行考察,结果表明,采用70%乙醇为提取溶剂,溶剂倍量50 mL,加热回流60 min时,提取率最高,色谱峰面积最大,因此该试验最终选择以50 mL 70%乙醇为提取溶剂,加热回流60 min。

查阅文献得知,槲皮素的流动相为甲醇-4 mL/L磷酸溶液(35:65),检测波长360 nm,流速1 mL/min,柱温30℃^[9];但这个色谱条件对新疆鼠李枝同时测定3种黄酮类成分时效果不理想,最后摸索的最佳色谱条件为甲醇(A)-0.4%磷酸(B)进行梯度洗脱:0~15 min,65%~55%B;15~35 min,55%~55%B;35~60 min,55%~40%B;60~70 min,40%~20%B;70~80 min,20%~65%B;检测波长360 nm,流速1 mL/min;柱温30℃;结果表明,以甲醇-0.4%磷酸为流动相时基线平稳,色谱峰峰形好、分离度大,保留时间合适,故最终确定流动相为甲醇-0.4%磷酸,并以该方法对产于新疆伊犁地区伊宁县、新源县采集的野生新疆鼠李枝中以上3种成分的含量进行了定量分析,结果表明不同地区及不同采集时间以上3种成分差异不大。

新疆鼠李在民间至今仍有人药及当茶饮用的习惯,实地考察时注意到虽有农牧民在庭院少量移栽试种,但多数仍依靠野生资源,近年来厉彦翔等^[5-10]对该植物药理作用方面的

研究表明,对大鼠酒精性脂肪肝及高脂血症模型用药时有显著的疗效,符合民间药用情况及功能主治。

综上所述,该方法操作简便、重复性好,可用于鼠李属枝化学成分含量的测定。目前对于新疆鼠李化学成分、药理活性等方面的研究仍然不够深入,该植物药用历史悠久、药效确切,是理想的药用及新药开发资源,有必要对其进行深入研究并合理开发利用。

参考文献

- [1] 新疆八一农学院.新疆植物检索表:第3册[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1983.
- [2] 樊国盛,冯立民.中国鼠李科植物资源的开发[J].经济林研究,1995,13(1):48-50.
- [3] 陈艺林.中国植物志:第48卷第1分册鼠李科[M].北京:科学出版社,1982.
- [4] 于慧,夏念和,胡晓颖.中国鼠李科植物的叶表皮微形态[J].热带亚热带植物学报,2011,19(1):16-25.
- [5] 厉彦翔,杨珊,阿斯卡·拜山伯.新疆鼠李提取物对大鼠酒精性肝病的作用[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(9):245-248.
- [6] 叶静,库兰·阿布里哈加尔,阿斯卡·拜山伯.新疆哈萨克民族药包尔胡特不同药用部位中总黄酮含量测定[J].安徽农业科学,2013,41(3):1036-1037.
- [7] 厉彦翔,阿斯卡·拜山伯,玛依拉·马吾列.新疆哈萨克民族药包尔胡特枝化学成分初步研究[J].中国医药导报,2011,8(34):42-43.
- [8] 厉彦翔.哈药包尔胡特提取物对大鼠酒精性肝病的作用[D].乌鲁木齐:新疆医科大学,2012.
- [9] 木合买提·岳尔林,叶力夏提·达那别克,吾古丽汗·努尔哈别克,等. RP-HPLC 法测定新疆哈萨克族常用药材包尔胡特果实中芦丁和槲皮素的含量[J].西北药学杂志,2017,32(2):138-142.
- [10] 木合买提·岳尔林.复方包尔胡特颗粒剂对酒精性脂肪肝的作用[D].乌鲁木齐:新疆医科大学,2017.
- [11] 熊汝琴,王锐,龚建康,等.鼠李属植物中的萜烯和萜酮成分及药理活性研究进展[J].山东化工,2019,48(22):49-54.
- [12] 李廷冰,李晓毛,刘萍,等.小叶鼠李茎皮中总黄酮类成分的含量测定[J].中医药学报,1993,21(2):39-41.

3 结论与讨论

在田间试验条件下噻虫胺和虫螨腈在大葱中的残留消解符合一级动力学方程,半衰期分别为4.6~7.4和5.8~6.9 d,降解较快。农药在环境中的降解除了受降雨、光照、湿度等物理化学因素的影响外,作物种类也是影响其降解的关键因素,药剂在不同作物中降解略有差异,一般生长较快的作物中农药半衰期较短。长期膳食风险评估结果表明,噻虫胺和虫螨腈对一般人群健康产生的风险是可接受的。目前,中国采用的膳食评估方法是在作物分类基础上的数据,膳食摄入量是作物类别消费量。但是,目前我国可供查询的食物分类十分有限,且膳食数据为2002年卫生部发布的《中国不同人群消费膳食分组食谱》。随着生活水平的提高,我国人民的膳食结构已经发生变化。因此,为了更合理地进行膳食评估,迫切需要建立更加准确的膳食消费量数据库。

参考文献

- [1] 霍晴,吴曼,赵邦宏.我国大葱产业竞争力分析与对策[J].中国蔬菜,2022(3):1-8.
- [2] 薛光山,张秀霞,毛晓红,等.山东省露地大葱主要害虫种群动态与诱集技术研究[J].山东农业科学,2022,54(1):131-136.
- [3] 樊龙飞,李明,李荣玉,等.水稻和土壤中噻虫胺、啶虫脒残留量高效液相色谱分析[J].江苏农业科学,2015,43(1):287-288.
- [4] 李若同,胡继业.马铃薯中噻虫胺和啶菌酯的残留和膳食风险评估[J].现代食品科技,2022,38(10):303-309.
- [5] 李稼好,李安,陈艳,等.露地土壤-芹菜体系噻虫嗪及其代谢产物噻虫胺残留与消长规律研究[J].食品安全质量检测学报,2022,13(11):3697-3703.
- [6] 冯义志,李瑞娟,王晓玉,等.田间条件下虫螨腈在菜苔中的残留消解及膳食风险评估[J].农药,2020,59(9):665-669.
- [7] 段丽芳.欧盟通过决议禁止新烟碱类农药噻虫胺、吡虫啉及噻虫嗪的户外使用[J].农药科学与管理,2018,39(5):29.
- [8] 中华人民共和国农业农村部.农作物中农药残留试验准则:NY/T 788—2018[S].北京:中国农业出版社,2018.
- [9] ANASTASSIADES M, LEHOTAY S J, STAJNBAHER D, et al. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and

- “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce[J].Journal of AOAC international,2003,86(2):412-431.
- [10] BIAN Y L, FENG Y Z, ZHANG A J, et al. Residue distribution and risk assessment of bifentazate and its metabolite in garlic plant[J].Food chemistry,2022,379:1-11.
 - [11] FENG Y Z, QI X X, WANG X Y, et al. Residue dissipation and dietary risk assessment of trifloxystrobin, trifloxystrobin acid, and tebuconazole in wheat under field conditions[J].International journal of environmental analytical chemistry,2022,102(7):1598-1612.
 - [12] LIU X G, XU J, LI Y B, et al. Rapid residue analysis of four triazolopyrimidine herbicides in soil, water, and wheat by ultra-performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry[J].Analytical and bio-analytical chemistry,2011,399(7):2539-2547.
 - [13] 张鹏,金芬,杨莉莉,等.噻虫胺在番茄和土壤中的残留及消解动态[J].农药学报,2016,18(4):490-496.
 - [14] 刘艳萍,王思威,孙海滨,等.噻虫嗪及其代谢物噻虫胺在节瓜中的消解动态及初步膳食风险评估[J].农药学报,2018,20(2):211-216.
 - [15] LI X, CHEN X X, HU J Y. Dissipation behavior, residue distribution and dietary risk assessment of chlorfenapyr and clothianidin in leek using RRRLC-QqQ-MS/MS technique[J].Chinese chemical letters,2019,30(1):107-110.
 - [16] 兰丰,柳璇,李晓亮,等.噻虫胺在梨中的残留及消解动态[J].农药学报,2018,20(6):814-818.
 - [17] 张春荣,何红梅,徐玲英,等.噻虫胺在水稻中的残留分析方法及其消解动态[J].浙江农业学报,2014,26(5):1263-1267.
 - [18] YANG J, LUO F J, ZHOU L, et al. Residue reduction and risk evaluation of chlorfenapyr residue in tea planting, tea processing, and tea brewing[J].The science of the total environment,2020,738:1-6.
 - [19] XU F, XU D, DU G M, et al. Residue analysis, dissipation patterns of chlorfenapyr, diafenthiuron and their corresponding metabolites in tea trees, and dietary intake risk assessment[J].Journal of the science of food and agriculture,2022,102(13):5826-5836.
 - [20] 中华人民共和国国家卫生健康委员会,中华人民共和国农业农村部,国家市场监督管理总局.食品中农药最大残留限量:GB 2763—2021[S].北京:中国标准出版社,2021.
 - [21] FAO. List of pesticides evaluated by JMPR and JMPS-T[EB/OL]. [2022-02-17]. <https://www.fao.org/3/CA3581EN/bookmarks-ca3581en.pdf>.
 - [22] ZHAO H L, ZHAO Y, HU J Y. Dissipation, residues and risk assessment of pyraclostrobin and picoxystrobin in cucumber under field conditions[J]. Journal of the science of food and agriculture,2020,100(14):5145-5151.

(上接第186页)

- [13] 胡耶芳.鼠李属植物的化学成分、药理活性和质量控制研究进展[J].中药材,2020,43(2):501-509.
- [14] 苏竟驰.长柄鼠李的化学成分研究[J].植物学报,1988,30(1):107-108.
- [15] 张帅,王小利,李泽琳,等.鼠李属植物提取物的药用价值研究现状[J].国际中医中药杂志,2017,39(2):186-188.
- [16] 熊汝琴,王锐,龚建康,等.鼠李属植物中的萜衍生物及黄酮成分药理

活性研究进展[J].广东化工,2019,46(19):112-116.

- [17] 颜卫东,孙霞,张洪云,等.小叶鼠李的观赏价值及繁育技术[J].北方园艺,2009(4):211-212.
- [18] 张娟,毛文静,白庆云.槲皮素及其衍生物防治肝损伤作用及机制的研究进展[J].中草药,2021,52(23):7348-7357.
- [19] 付海洋,姜良勇,齐亚军,等.芹菜素药理作用的研究进展[J].国际药学研究杂志,2020,47(10):787-792,797.
- [20] 雷晓青,陈鳌,刘毅,等.山萘酚药理作用的研究进展[J].微量元素与健康研究,2017,34(2):61-62.