

HPLC 测定益智仁及其盐炙炮制品中 白杨素和圆柚酮含量*

舒雪纯¹, 胡璇², 于福来², 杨全³, 白宗利⁴,
元超², 庞玉新^{3**}, 袁媛^{1**}

(1. 海南大学热带农林学院 海口 570228; 2. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所 海口 571101;
3. 广东药科大学中药资源学院 云浮 527300; 4. 康美药业股份有限公司 普宁 515300)

摘要:目的 建立益智仁中白杨素和圆柚酮的高效液相色谱法(HPLC)含量测定方法,并比较益智仁及其盐炙炮制品中白杨素和圆柚酮含量的变化。方法 采用HPLC,色谱柱为YMC-Pack C₁₈(250×4.6 mm, 5 μm),以0.3%磷酸水-乙腈为流动相,梯度洗脱,检测波长为250 nm,柱温30℃,流速0.6 mL·min⁻¹,进样量15 μL。结果 白杨素在0.518–10.36 mg·mL⁻¹范围内呈良好线性关系($r = 0.999\ 8$),平均回收率为101.45%;圆柚酮在20.26–405.10 mg·mL⁻¹范围内呈良好的线性关系($r = 0.999\ 9$),平均回收率为104.14%。结论 建立的HPLC含量测定方法快速、准确,重复性好,可用于益智仁中化学成分的定量分析。益智仁与其炮制品盐益智仁在白杨素含量上具有显著差异($P < 0.05$),但圆柚酮含量上并无显著差异。

关键词:益智仁 盐炙 HPLC 白杨素 圆柚酮

doi: 10.11842/wst.20190312006 中图分类号: R284.1 文献标识码: A

益智仁为姜科植物益智(*Alpinia oxyphylla* Miq)的干燥成熟果实,广泛栽培于热带和亚热带南部地区^[1],其中海南和广东为道地主产区,福建、广西、云南等地亦有少量栽培^[2],是我国四大南药之一,其性温,味辛,入脾胃经,具有温脾止泻^[3]、摄唾液^[4]、暖肾、固精缩尿^[5]之功效。益智的炮制方法始建于唐代去壳炒法;宋代载有去皮,切,盐炒;明代有蜜炙,盐煮,酒炒,姜汁炒;清代煨^[6]。2015版《中华人民共和国药典》中收录的方法是照盐水炙法炒干。目前,中医临床上常用的益智仁药材有生品和盐炙品两种^[7],生品性温味辛,主归脾经,

常用于脾胃虚寒的腹痛吐泻,口涎自留等症^[8],盐炙品可缓解辛燥,主归肾经,专行下焦,长于固精缩尿,多用于治疗肾气虚寒的遗精,早泄,尿频,遗尿,白浊等症^[9]。

中药材通过炮制可去除其有害部分,并改变其有效组分或含量,提高药物的治疗效果^[10]。现代研究表明,盐炙前后益智仁挥发油中4种成分发生了明显变化,其中菖蒲烯、喇叭茶醇、氧化石竹烯和香附子烯仅在益智仁生品中检出,而桉叶-11烯-1a-醇、9,10-脱氢异长叶烯、古芸烯环氧化物和1R,4R,7R,11R-1,3,4,7-四甲基三环[5.3.1.0(4,11)]-十一-2-烯(0.38%)仅

收稿日期:2019-08-20

修回日期:2019-09-15

* 国家自然科学基金委员会地区项目(81560624):南药—橡胶林立体复合种植模式的生理生态效应研究,负责人:袁媛。

** 通讯作者:袁媛,副教授,硕士生导师,主要研究方向:从事植物生态学和农林复合生态学研究;庞玉新,教授,硕士生导师,主要研究方向:南药资源开发利用研究。

在盐益智仁中检出^[11];黄勤挽^[12]等运用气相色谱-质谱(GC/MS)联用分析方法对益智仁生品、盐炙品挥发油成分进行对比分析发现,益智仁经盐炙后新增16种化合物,消失35种化合物;李梦琪^[13]等研究发现,益智仁盐炙后1号峰峰面积发生显著变化,其含量在盐炙后有明显增加。提示盐炙前后益智仁化学成分不仅在种类方面发生变化,而且在化学成分含量上也存在明显差异。但未见关于盐炙前后益智仁中多成分含有量影响的报道。因此,本研究建立了高效液相色谱法(HPLC)同时测定益智仁及其盐炙炮制品中白杨素、圆柚酮两种成分含量,并对其含量差异进行分析讨论,以期阐明炮制作用机制奠定基础,同时也为益智仁饮片的质量控制提供科学依据。

1 实验材料

Agilent 1260 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司);ME54E/02 型万分之一电子分析天平(梅特勒-托利多(上海)公司);DAD 紫外检测器(美国 Agilent 公司);YC-04A 手提式高速粉碎机(广州金本机械设备有限公司);KQ-500DB 型数控超声波清洗器(昆山超声仪器有限公司);

从康美药业股份有限公司收集20批益智仁饮片和20批益智仁盐炙炮制品饮片,经广东药科大学庞玉新教授鉴定均为姜科植物益智(*Alpinia oxyphylla* Miq)的干燥成熟果实,批号及产地信息见表1。对照品白杨素(批号 X2406C4947,纯度 > 98%,上海源叶生物科技有限公司)、圆柚酮(批号 CHB171218,纯度 > 97%,成都克洛玛生物科技有限公司),乙腈为色谱纯,水为超纯水,其他试剂均为分析纯。

2 方法与结果

2.1 炮制方法简述

盐益智仁:取益智仁饮片除去杂质,取适量的盐溶解至4-5倍水中(每100 kg 益智仁用盐2 kg),加入到益智仁饮片中,搅拌均匀,闷润2-4 h。将闷润好的益智仁倒入炒药机内炒干,取出,放凉即可。

2.2 色谱条件与系统适应性试验

采用 YMC-Pack C₁₈ (250 × 4.6 mm, 5 μm), 流动相为 0.3% 磷酸水(A)-乙腈(B), 梯度洗脱(表2), 检测波长 250 nm, 流速 0.6 mL·min⁻¹, 进样量为 15 μL, 柱温 30℃, 色谱图见图1。

表1 样品信息

批号	产地	批号	产地
YZR-01	海南	YYZR-01	海南
YZR-02	海南	YYZR-02	海南
YZR-03	海南	YYZR-03	广西
YZR-04	海南	YYZR-04	海南
YZR-05	广东	YYZR-05	海南
YZR-06	广东	YYZR-06	海南
YZR-07	广东	YYZR-07	海南
YZR-08	广东	YYZR-08	海南
YZR-09	广东	YYZR-09	海南
YZR-10	广东	YYZR-10	广东
YZR-11	广东	YYZR-11	广东
YZR-12	海南	YYZR-12	广东
YZR-13	海南	YYZR-13	广东
YZR-14	海南	YYZR-14	广东
YZR-15	海南	YYZR-15	广东
YZR-16	广东	YYZR-16	广东
YZR-17	广东	YYZR-17	广东
YZR-18	广东	YYZR-18	广东
YZR-19	广东	YYZR-19	广东
YZR-20	广东	YYZR-20	广东

表2 流动相梯度洗脱程序

t/min	A/%	B/%
0-10	67→60	33→40
10-32	60→30	40→70
32-40	30→27	70→73
40-44	27→22	73→78
44-50	22	78

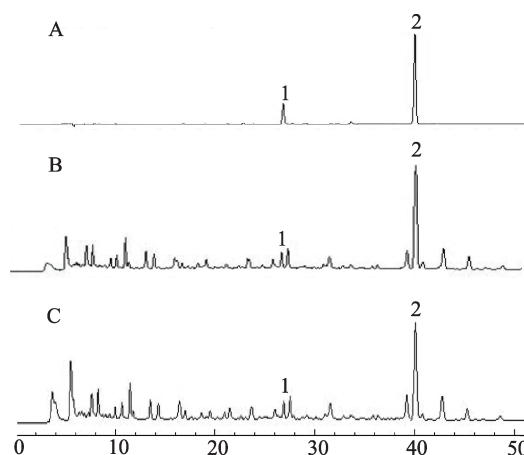


图1 混合对照品溶液(A)、益智仁样品溶液(B)和盐益智仁样品溶液(C)HPLC图谱

注:1. 白杨素;2. 圆柚酮。

表3 各被测成分的回归方程、相关系数及检测限和定量限

成分	回归方程	线性范围/(mg·mL ⁻¹)	<i>r</i>	LOD/(μg·mL ⁻¹)	LOQ/(μg·mL ⁻¹)
白杨素	$Y = 104423 X + 1.2664$	0.518–10.36	0.9998	0.072	0.111
圆柚酮	$Y = 59913 X + 160.80$	20.26–405.10	0.9999	0.128	0.640

2.3 对照品溶液的制备

分别精密量取白杨素和圆柚酮对照品适量置于20 mL的容量瓶中,加入甲醇定容至刻度,配置成白杨素和圆柚酮质量浓度为0.502 mg·mL⁻¹,40.00 mg·mL⁻¹的单一对照储备液,再精密量取白杨素、圆柚酮单一对照品溶液适量置于10 mL的容量瓶中,加入甲醇定容至刻度,配置成白杨素和圆柚酮质量浓度为0.010,0.405 mg·mL⁻¹的混合对照品溶液。

2.4 供试品溶液的制备

取益智仁粉末(20目,下同)约1.0 g,精密称定,置于20 mL容量瓶中,精密加入甲醇20 mL,密塞,称定质量,超声提取(250 W,40 kHz)30 min,放冷,称重,用甲醇补足失重,摇匀,过0.45 μm微孔滤膜,取续滤液,即得。

2.5 方法学考察

2.5.1 标准曲线制备

分别精密量取混合对照品储备液0.5,1.25,2.5,5,8,10 mL,置于10 mL容量瓶中,加入甲醇定容至刻度,稀释配置成一系列梯度浓度的混合对照品溶液,摇匀,过0.45 μm微孔滤膜,按照“2.2”项下的色谱条件进行色谱分析,以对照品质量浓度 $X(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ 对峰面积 Y 进行线性回归,绘制白杨素、圆柚酮标准曲线,线性范围见表3。结果表明,2种成分在测定范围内线性关系良好。

2.5.2 检测限与定量限

将“2.3”项的混合对照品溶液用甲醇逐级稀释后,按信噪比S/N为3:1的对照品溶液浓度确定为检出限(LOD),以信噪比S/N为10:1的对照品溶液浓度确定为定量限(LOQ),结果见表3。

2.5.3 重复性试验

取同一批益智仁粉末约1.0 g,共6份,精密称定,按照“2.4”项下方法制备供试品溶液,按“2.2”项下色谱条件进样,记录峰面积,计算白杨素、圆柚酮峰面积的RSD分别为2.06%、1.98%,表明本方法重复性良好。

2.5.4 精密度试验

取同一批益智仁粉末供试品溶液,按照“2.2”项下色谱条件进样,连续进样6次,记录峰面积,计算白杨

素、圆柚酮峰面积的RSD分别为1.64%、0.13%,表明本方法精密度良好。

2.5.5 稳定性试验

取同一批益智仁粉末供试品溶液,按“2.2”项下色谱条件分别于0、2、4、8、12、24 h分别进样,记录峰面积,计算白杨素、圆柚酮峰面积的RSD值分别为0.50%、0.17%,结果表明供试品溶液在24 h内稳定性良好。

2.5.6 加样回收率试验

取已知含量(白杨素和圆柚酮2个化合物的质量分数分别为0.088%、2.065%)的益智仁样品粉末约0.2 g,精密称定9份,置10 mL容量瓶中,分别精密加入配置好适量浓度的白杨素、圆柚酮各自0.5 mL,1.0 mL,1.5 mL,加入一定量甲醇定容至刻度线,按照“2.4”项下方法制备供试品溶液,按照“2.2”项色谱条件进行含量测定,计算平均加样回收率和RSD值,白杨素、圆柚酮的加样回收率均值在101.45%~104.13%,RSD值分别为1.92%、1.76%。表明本方法回收率良好,结果见表4。

2.6 样品测定及结果

取各批次益智仁及其炮制品粉末,每个样品取3份,分别按“2.4”项方法制备供试品溶液。精密吸取各供试品溶液15 μL,按“2.2”项下色谱条件进行测定,以峰面积按标准曲线法计算各样品中2种主要成分的含量,并计算平均值,结果见表5。结果表明益智仁与其炮制品盐益智仁在白杨素平均含量上具有显著差异($P < 0.05$),盐益智仁中白杨素的平均含量为 $0.086 \pm 0.009 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,益智仁中白杨素的平均含量为 $0.097 \pm 0.021 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$;盐灸前后圆柚酮平均含量呈上升趋势,但无显著差异,不具有统计学意义($P > 0.05$),益智仁中圆柚酮成分含量为 $3.01 \pm 0.307 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,盐灸后圆柚酮成分含量为 $2.93 \pm 0.456 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。由此推测,盐灸前后益智仁内在质量差异较大,因此为了建立更加科学合理的益智仁评价标准,还需要对益智仁中多种成分含量进行对比分析。盐灸前后益智仁中白杨素含量差异较大,益智仁的盐灸方式、饮片规格可能是导致其成分含量波动的主要原因。在益智仁质量控制中,应对白杨素等成分进行质量控制,以全面评价益智仁药材质量。

表4 各成分的加样回收率与RSD($n = 9$)

成分	样品量/mg	对照品加入量/mg	测得量/mg	回收率/%	平均回收率/%	RSD/%
白杨素	0.200 3	0.025 1	0.045 4	102.57	98.81	2.66
	0.200 0	0.025 1	0.044 0	96.79		
	0.200 8	0.025 1	0.044 0	97.07		
	0.200 6	0.050 2	0.072 2	104.81	103.04	1.63
	0.200 6	0.050 2	0.071 8	103.83		
	0.200 8	0.050 2	0.070 3	100.96		
	0.200 6	0.075 2	0.098 2	104.32	102.49	1.47
	0.2005	0.075 2	0.096 7	102.42		
	0.200 2	0.075 2	0.095 5	100.72		
圆柚酮	0.200 5	0.200 0	0.676 0	104.83	105.97	1.14
	0.200 2	0.200 0	0.681 4	107.53		
	0.200 7	0.200 0	0.677 4	105.56		
	0.200 2	0.400 0	0.869 3	100.75	100.14	2.72
	0.200 0	0.400 0	0.852 5	96.55		
	0.200 4	0.400 0	0.878 8	103.12		
	0.200 3	0.600 0	1.107 4	106.84	106.30	1.43
	0.200 4	0.600 0	1.092 3	104.34		
	0.200 0	0.600 0	1.112 7	107.73		

表5 炮制前后益智仁样品含量测定结果($n = 3$)

批号	质量分数/(mg·g ⁻¹)		批号	质量分数/(mg·g ⁻¹)			
	白杨素	圆柚酮		白杨素		圆柚酮	
YZR-01	0.087	2.26	YYZR-01	0.062	2.47		
YZR-02	0.047	2.00	YYZR-02	0.070	2.51		
YZR-03	0.059	2.23	YYZR-03	0.077	2.50		
YZR-04	0.047	2.40	YYZR-04	0.077	2.39		
YZR-05	0.112	2.72	YYZR-05	0.091	2.86		
YZR-06	0.085	2.17	YYZR-06	0.101	3.08		
YZR-07	0.103	3.35	YYZR-07	0.094	3.06		
YZR-08	0.101	3.25	YYZR-08	0.100	3.04		
YZR-09	0.104	3.42	YYZR-09	0.085	2.96		
YZR-10	0.105	3.32	YYZR-10	0.093	3.14		
YZR-11	0.109	3.55	YYZR-11	0.092	3.10		
YZR-12	0.116	3.07	YYZR-12	0.082	3.03		
YZR-13	0.110	2.97	YYZR-13	0.083	2.82		
YZR-14	0.116	3.10	YYZR-14	0.096	3.20		
YZR-15	0.116	3.08	YYZR-15	0.084	3.25		
YZR-16	0.097	2.92	YYZR-16	0.086	3.39		
YZR-17	0.107	3.24	YYZR-17	0.085	3.34		
YZR-18	0.108	3.23	YYZR-18	0.084	3.27		
YZR-19	0.107	3.22	YYZR-19	0.085	3.32		
YZR-20	0.101	3.13	YYZR-20	0.086	3.34		
平均值	0.097 ± 0.021*	2.93 ± 0.456	平均值	0.086 ± 0.009*	3.01 ± 0.307		

注:*表示 $P < 0.05$,呈显著相关性。

3 讨论

3.1 色谱条件的选择

益智中化学成分复杂^[14],为了使被定量的白杨素和圆柚酮具有合适的保留时间和良好的分离度。本研究采用梯度洗脱方式,对检测波长、柱温、进样量、磷酸的浓度、流速以及流动相的梯度洗脱程序进行了考察。结果发现检测波长为250 nm时,白杨素和圆柚酮具有较强的紫外吸收且峰型对称;随着柱温的升高,白杨素的分离度呈降低趋势而圆柚酮影响不大;进样量为5 μL 时,图谱色谱峰数目明显减少;分别选用0.1%,0.2%,0.4%,0.5%的磷酸溶液为流动相,发现磷酸浓度为0.4%时,图谱中大部分色谱峰尤其是2个待测色谱峰的峰形和分离度均较好;对不同的流动相梯度进行考察主要是不断调整有机相乙腈的比例,在保证各成分流出顺序不改变的前提下调整保留时间而达到改善被测峰分离度的目的,尤其是白杨素,因其前面色谱峰极性差别较小,需要在合适的色谱条件下分离度才能达到1.5以上。所以综合各种因素,最终梯度洗脱条件确定为:检测波长250 nm,进样量15 μL ,流动相为0.3%磷酸水-乙腈,柱温30 $^{\circ}\text{C}$,流速0.6 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$,梯度洗脱程序见“梯度洗脱项下”。

3.2 益智仁及其盐炙炮制品中白杨素和圆柚酮含量差异及分析

益智仁现代炮制方法不甚一致,但与古代相比,主导方法渐趋一致,均为盐炙法^[15],益智仁经过盐炙过程后,其化学组分和含量均存在不同程度的改变。研

究发现,益智仁经盐炙后出现2个新色谱峰,并发现有7个色谱峰峰面积发生改变^[16];经GC-MS分析盐炙后益智仁中挥发性成分 γ -古芸烯、 β -榄香烯等相对含量变化较大,但圆柚酮和艾里莫芬烯含量基本未发生改变^[17]。本文分别对康美公司收集的多批次益智仁样品及其盐炙炮制品进行了有效成分的定量分析,由于目前市售益智化合物标准品的限制,只选择了具有生物活性的黄酮类化合物杨芽黄素和白杨素以及倍半萜化合物圆柚酮作为定性定量分析成分,但在多次定性研究过程中发现杨芽黄素并不存在于益智仁以及其盐炙炮制品中,故最终选择白杨素和圆柚酮作为含量测定主要指标成分。对测定结果进行分析发现,益智仁以及其盐炙炮制品在白杨素平均含量上具有显著差异($P < 0.05$),炮制品中白杨素含量相对较低,圆柚酮平均含量呈上升趋势,但不具有统计学意义($P > 0.05$)。

现代药理研究表明白杨素、圆柚酮均是益智发挥药效的物质基础成分,白杨素具有抗肿瘤、抗高血压、抗炎、阻断细胞凋亡、减轻心肌损伤的作用^[18,19];圆柚酮具有缩尿涩精、温脾止泻、改善神经行为表现等功效^[17,20]。在本文研究定量标准品相对较少的情况下,白杨素和圆柚酮含量的变化是否与益智炮制前后药理作用的差异存在关联性,还有待后续进行深入研究。在本论文的基础上应加大对益智的提取分离纯化鉴定研究,以期获得更多的单体成分对益智仁及其炮制品进行定性定量分析,同时也为益智药材以及饮片的多指标成分质量控制提供依据。

参考文献

- 王德立,冯锦东.采自不同生境下益智仁的营养成分分析与比较.海南师范大学学报(自然科学版),2014,27(2):167-170.
- 房磊臣,刘婧,高新征,等.黎药益智仁不同极性部位提取物对实验性肠炎模型小鼠的影响.中国药房,2017,28(16):2220-2223.
- 王生,李永辉,徐鹏.益智挥发油温脾止泻作用及其机制的初步研究.海南医学院学报,2013,19(4):433-438.
- 温彦宁,宋飞飞,秦贞苗.益智提取物对肾虚大鼠的作用.今日药学,2015,25(1):5-7.
- 中华人民共和国药典委员会.中华人民共和国药典(一部).北京:化学工业出版社,2005:204.
- 李贞汉,蔡月英.益智仁炮制新法.福建中医药,1995,26(4):24.
- Zhang Q, Zheng Y L, Hu X J. Ethnopharmacological uses, phytochemistry, biological activities, and therapeutic applications of *Alpinia oxyphylla*, Miquel: A review. *J Ethnopharmacol*, 2018, 5(2): 1-55.
- 刘静,黄勤挽,王瑾.基于正常小鼠排便作用的益智仁燥性效应表征研究.中国实验方剂学杂志,2013,19(23):231-234.
- Zhao X, Su X, Liu C M. Simultaneous Determination of Chrysin and Tectochrysin from *Alpinia oxyphylla* Fruits by UPLC-MS/MS and its application to a comparative pharmacokinetic study in normal and dementia rats. *Molecules*, 2018, 23(7): 2-11.
- 王京波.中药炮制对重要化学成分的影响.中国医药指南,2018,32(16):177.
- 孙洪祥,陈萍,焦泽滔.益智仁盐炙前后挥发油的GC-MS分析及抗乙酰胆碱酯酶活性测定.山东大学学报(医学版),2015,53(12):27-32.
- 黄勤挽,胡昌江,李兴迎.益智仁盐炙前后挥发油成分对比研究.中国药业,2008,17(5):3-4.
- 李梦琪,吴珊珊,龚晓猛.益智仁盐炙前后缩泉丸指纹图谱的比较.

- 中成药, 2017, 7: 1460–1463.
- 14 Chen F, Li H L, Tan Y F. Different accumulation profiles of multiple components between pericarp and seed of *Alpinia oxyphylla* capsular fruit as determined by UFLC–MS/MS. *Molecules*, 2014, 19(4): 4510–4523.
 - 15 李凯, 周宁, 张振凌. “入盐走肾”理论的现代研究. 中草药, 2017, 48(24): 5281–5285.
 - 16 李文兵, 胡昌江, 李兴华. 益智仁盐炙前后指纹图谱对比研究. 时珍国医国药, 2010, 21(2): 305–306.
 - 17 阳波, 李湘斌. 炮制前后益智果实中挥发油成分的对比研究. 中南药学, 2010, 8(11): 817–820.
 - 18 肖慧玉, 李秀杰, 陈非凡, 等. 白杨素减轻机械性创伤导致的大鼠继发性心肌损伤. 基础医学与临床, 2018, 38(9): 1217–1223.
 - 19 齐世美, 李强, 姜琦, 等. 白杨素通过 JAK–STATs 信号通路抑制内毒素诱导的巨噬细胞炎症反应. 南方医科大学学报, 2018, 38(3): 243–250.
 - 20 刘琳, 叶文萍, 李生茂, 等. 益智不同部位中圆柚酮含量的比较. 华西药学杂志, 2018, 33(06): 531–533.

Content Determination of Chrysin, Nootkatone with Non-processed or Salt-processed *Alpiniae Oxyphyllae Fructus* Fruits by HPLC

Shu Xuechun¹, Hu Xuan², Yu Fulai², Yang Quan³, Bai Zongli⁴, Yuan Chao², Pang Yuxin³, Yuan Yuan¹

(1. Institute of Tropical Agriculture and Forestry, Hainan University, Haikou 570228, China;

2. Tropical crops Genetic Resources Institute, CATAS, Haikou 571737, China; 3. School of Chinese Materia Medica Resources, Guangdong Pharmaceutical University, Yunfu 527500, China;

4. Kangmei Pharmaceutical Co. Ltd. Puning 515300, China)

Abstract: Objective To analyze the contents of chrysin, nootkatone with non-processed or salt-processed *Alpiniae Oxyphyllae Fructus* fruits by HPLC. Methods The YMC–Pack C₁₈ (250 × 4.6 mm, 5 μm) was used as chromatographic column. The mobile phase was 0.3% phosphoric acid–acetonitrile, gradient elution, the detection wavelength was 250 nm; the column temperature was 30°C, and the flow rate was 0.6 mL·min⁻¹, injection volume 15 μL. Results Chrysin had a good linear relationship in the range of 0.518–10.36 mg·mL⁻¹ ($r = 0.999\ 8$) with the average recovery rate of 101.45%. Nootkatone showed a good linear relationship in the range of 20.26 – 405.13 mg·mL⁻¹ ($r = 0.999\ 9$) with the average recovery rate of 104.14%. Conclusion This method is rapid, accurate and repeatability, which can be used for the quantitative analysis of the chemical constituents in *Alpiniae Oxyphyllae Fructus* fruits. It was concluded that the composition of the chrysin with non-processed or salt-processed *Alpiniae Oxyphyllae Fructus* fruits was a significant difference than that before processing ($P < 0.05$), but there was no significant difference in the content of nootkatone.

Keywords: *Alpiniae Oxyphyllae Fructus* fruits, Salt-processing, HPLC, Chrysin, Nootkatone

(责任编辑: 周阿剑, 责任译审: 邹建华)