

基于 UPLC-MS/MS 法结合化学计量学评价龙眼肉质量

江 娜， 王文晖， 韩红亮， 卓韦杰， 纪瑞锋*， 何 新*
(广东药科大学中药学院，广东 广州 510006)

摘要：目的 评价龙眼肉质量。**方法** UPLC-MS/MS 法测定山柰酚-7-*O*-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素、毛里求斯排草素、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷、野漆树苷、芦丁、番石榴苷的含量，分析采用 Waters ACQUITY UPLC BEH C₁₈ 色谱柱（100 mm×2.1 mm，1.7 μ m）；流动相 0.05% 甲酸-乙腈，梯度洗脱；体积流量 0.3 mL/min；柱温 40 $^{\circ}$ C；电喷雾离子源；正负离子扫描；多反应监测模式。再进行聚类分析、主成分分析、正交偏最小二乘判别分析，筛选质量差异成分。**结果** 9 种黄酮在各自范围内线性关系良好（ $R^2 \geq 0.998\ 7$ ），平均加样回收率 93.34% ~ 107.42%，RSD 2.58% ~ 7.49%。不同加工方式、地区龙眼肉中黄酮含量有较大差异，其中毛里求斯排草素、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷、野漆树苷、芦丁是质量差异成分。**结论** 该方法准确高效，可用于龙眼肉的质量控制。**关键词：**龙眼肉；质量评价；黄酮；含量测定；UPLC-MS/MS；聚类分析；主成分分析；正交偏最小二乘判别分析
中图分类号：R282 **文献标志码：**A **文章编号：**1001-1528(2026)08-2513-07
doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2026.08.003

Quality evaluation of *Longan Arillus* based on UPLC-MS/MS combined with chemometrics

JIANG Na, WANG Wen-hui, HAN Hong-liang, ZHUO Wei-jie, JI Rui-feng*, HE Xin*
(School of Traditional Chinese Medicine, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: **AIM** To evaluate the quality of *Longan Arillus*. **METHODS** The contents of kaempferol-7-*O*-neohesperidoside, diosmin, salidroside, mauritianin, kaempferol-3-*O*- α -*L*-arabinopyranoside, narcissin, rhoifolin, rutin and guaijaverin were determined by UPLC-MS/MS method. The analysis was performed on a 40 $^{\circ}$ C thermostatic Waters ACQUITY UPLC BEH C₁₈ column (100 mm×2.1 mm, 1.7 μ m), with the mobile phase comprising of 0.05% formic acid-acetonitrile flowing at 0.3 mL/min in a gradient elution manner, and electron spray ionization source was adopted in positive and negative ion scanning with multiple reaction monitoring mode. Then, cluster analysis, principal component analysis and orthogonal partial least squares-discriminant analysis were conducted to screen the quality difference components. **RESULTS** Nine flavonoids showed good linear relationships within their own ranges ($R^2 \geq 0.998\ 7$), whose average recoveries ranging were 93.34% – 107.42% with the RSDs of 2.58% - 7.49%. Significant differences were observed in the flavonoid contents of *Longan Arillus* from different processing method and regions, among which mauritianin, kaempferol-3-*O*- α -*L*-arabinopyranoside, rhoifolin, and rutin were identified as quality difference components. **CONCLUSION** This accurate and efficient method can be used for the quality control of *Longan Arillus*.
KEY WORDS: *Longan Arillus*; quality evaluation; flavonoids; content determination; UPLC-MS/MS; cluster analysis; principal component analysis; orthogonal partial least squares-discriminant analysis

收稿日期：2025-05-27
基金项目：国家自然科学基金（82174209）
作者简介：江 娜（1999—），女，硕士在读，从事中药药效评价及其应用研究。E-mail: jamie_86@qq.com
* 通信作者：纪瑞锋（1987—），男，博士，讲师，从事中药资源开发及其质量评价研究。E-mail: jiruifeng0708@163.com
何 新（1966—），女，博士，教授，从事中药药理及其药动学研究。E-mail: hexintn@gdpu.edu.cn
网络出版日期：2025-08-19
网络出版地址：https://link.cnki.net/urlid/31.1368.R.20250819.1149.002.

龙眼肉为无患子科植物龙眼 *Dimocarpus longan* Lour. 的假种皮，夏、秋二季采收成熟果实，俗称“桂圆”，历版《中国药典》均有收录，用于治疗气血不足、心悸怔忡、健忘失眠、血虚萎黄，主要分布在我国广东、广西、福建及东南亚国家，是常见药食两用药材，有桂圆肉（鲜肉晒干）和桂圆干（晒后剥肉）2 种加工方式^[1]，主要含有黄酮类、有机酸类、糖类成分，其中黄酮类有着抗炎、抗氧化、抗肿瘤等活性^[2-5]，是其入心经、脾经的主要活性物质^[6]。目前，龙眼肉含量测定指标大多选择糖类、有机酸类^[7-8]，尚未涉及黄酮类。

本实验选择龙眼肉中 2 种已报道的黄酮类成分芦丁、野漆树苷^[9]，以及 7 种与其药理作用紧密相关的同类成分山柰酚-7-*O*-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素^[10]、毛里求斯排草素、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷^[11]、番石榴苷^[12-15]作为指标，采用 UPLC-MS/MS 法测定其含量，并结合化学计量学对不同产地、加工方式下的质量进行评价^[16-18]，以期为该药材及其相关制剂的质量控制提供参考。

1 材料

1.1 仪器 QUINTIX125D-1CN 型电子分析天平[十万分之一，赛多利斯科学仪器（北京）有限公司]；LC-40D X3 PLUS 型四元泵、SIL-40C X3 型自动进样器、CTO-40S 型柱温箱、LCMS-8045 型三重四极杆质谱仪（日本岛津公司）；SB-5200DTD 型超声波清洁仪（宁波新芝生物科技有限公司）。

1.2 试剂与药物 山柰酚-7-*O*-新橘皮糖苷（批号 DST230602，CAS 号 17353-03-6）、地奥司明（批号 DST221109-002，CAS 号 520-27-4）、红景天素（批号 DST211115-211，CAS 号 86831-54-1）、毛里求斯排草素（批号 DSTDM006101，CAS 号 109008-28-8）、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷（批号 DSTDS011401，CAS 号 17353-03-6）、水仙苷（批号 DSTDL017602，CAS 号 604-80-8）、野漆树苷（批号 DSTDY005301，CAS 号 17306-46-6）、芦丁（批号 100080-2-2-12，CAS 号 153-18-4）、番石榴苷（批号 DSTDF001501，CAS 号 22255-13-6）对照品均购自成都德思特生物技术有限公司，纯度 $\geq 98\%$ 。乙腈、甲醇均为色谱纯，购自德国 Merck 公司；甲酸（纯度 $\geq 99\%$ ）购自上海易恩化学技术有限公司；水为蒸馏水，购自屈臣氏集团（香港）有限公司。

龙眼肉共 51 批（S1~S51），经天津药物研究院张铁军研究员鉴定为无患子科植物龙眼 *Dimocarpus longan* Lour. 的假种皮，具体见表 1。

2 方法与结果

2.1 溶液制备

2.1.1 供试品溶液 称取药材 2.00 g，加入 50 mL 80% 甲醇，称定质量，静置 30 min，超声（功率 500 W，频率 90 kHz）提取 60 min，放冷，60% 甲醇补足减失的质量，0.22 μm 微孔滤膜过滤，取续滤液，即得。

2.1.2 对照品溶液 取山柰酚-7-*O*-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素、毛里求斯排草素、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷、野漆树苷、芦丁、番石榴苷对照品适量，制成质量浓度分别为 0.199、0.193、0.201、0.194、0.204、0.206、0.208、0.201、0.205 mg/mL 的溶液，即得。

2.2 UPLC-MS/MS 分析条件

2.2.1 色谱 Waters ACQUITY UPLC BEH C₁₈ 色谱柱（100 mm $\times$ 2.1 mm，1.7 μm ）；流动相 0.05% 甲酸（A）-乙腈（B），梯度洗脱（0~1 min，5% B；1~9 min，5%~55% B；9~12 min，55%~95% B；12~14 min，95% B；14~14.1 min，95%~5% B；14.1~20 min，5% B）；体积流量 0.3 mL/min；柱温 40 $^{\circ}\text{C}$ ；进样量 2 μL 。

2.2.2 质谱 电喷雾离子源（ESI）；正负离子扫描；多反应监测（MRM）模式；雾化气体积流量 3 L/min；干燥气、加热气体积流量 10 L/min；接口温度 300 $^{\circ}\text{C}$ ；去溶剂管温度 250 $^{\circ}\text{C}$ ；加热块温度 400 $^{\circ}\text{C}$ ；碰撞诱导解离电压 39 psi（1 psi = 6.895 kPa），其他参数见表 2。

2.3 方法学考察

2.3.1 系统适用性考察 取空白溶剂（80% 甲醇）及对照品、供试品溶液各 2 μL ，在“2.2”项条件下进样测定，结果见图 1。由此可知，供试品溶液中各黄酮保留时间与对照品溶液中的一致，空白无干扰，表明该方法系统适用性良好。

2.3.2 线性关系考察 精密吸取“2.1.2”项下对照品溶液适量，甲醇逐级稀释至 400、1 000、1 250、2 000、4 000、10 000、20 000 倍，在“2.2”项条件下进样测定。以对照品质量浓度为横坐标（*X*），峰面积为纵坐标（*Y*）进行回归，并以信噪比 10 : 1 为定量限，3 : 1 为检测限，结果见表 3，可知各黄酮在各自范围内线性关系良好。

表 1 龙眼肉信息

Tab. 1 Information of *Longan Arillus*

编号	产地	类别	收集时间	编号	产地	类别	收集时间
S1	广西玉林	鲜肉晒干	2023 年 5 月	S27	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月
S2	广西玉林	鲜肉晒干	2023 年 5 月	S28	越南	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S3	广西玉林	鲜肉晒干	2023 年 5 月	S29	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月
S4	广西玉林	鲜肉晒干	2023 年 5 月	S30	广西玉林	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S5	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S32	广东揭阳	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S7	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S33	广东高州	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S8	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S34	广东茂名	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S9	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S35	广东茂名	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S10	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S36	广东高州	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S11	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S37	广东揭阳	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S12	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S38	广东肇庆	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S13	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S39	广东茂名	晒后剥肉	2023 年 5 月
S14	福建南安	晒后剥肉	2023 年 7 月	S40	越南	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S15	福建南安	晒后剥肉	2023 年 7 月	S41	福建莆田	鲜肉晒干	2023 年 7 月
S16	福建南安	晒后剥肉	2023 年 7 月	S42	福建莆田	鲜肉晒干	2023 年 7 月
S17	广西贵港	晒后剥肉	2023 年 7 月	S43	福建南安	鲜肉晒干	2023 年 7 月
S18	广西贵港	晒后剥肉	2023 年 7 月	S44	泰国	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S19	广西贵港	晒后剥肉	2023 年 7 月	S45	泰国	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S20	福建南安	晒后剥肉	2023 年 7 月	S46	越南	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S21	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S47	广东高州	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S22	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S48	越南	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S23	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S49	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月
S24	越南	鲜肉晒干	2023 年 5 月	S50	泰国	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S25	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月	S51	越南	鲜肉晒干	2023 年 5 月
S26	广西贵港	鲜肉晒干	2023 年 7 月				

表 2 各黄酮质谱参数

Tab. 2 Mass spectrometry parameters for various flavonoids

黄酮	离子模式	离子对 m/z	预杆电压(Q1)/V	碰撞能量/V	预杆电压(Q3)/V
山柰酚-7- <i>O</i> -新橘皮糖苷	[M+H] ⁺	595. 65~287. 10	-22	-40	-30
地奥司明	[M-H] ⁻	607. 35~284. 30	30	45	20
红景天素	[M-H] ⁻	609. 20~301. 10	28	26	21
毛里求斯排草素	[M-H] ⁻	739. 25~284. 05	20	44	30
山柰酚-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -吡喃阿拉伯糖苷	[M-H] ⁻	417. 10~284. 10	19	24	19
水仙苷	[M-H] ⁻	623. 35~315. 10	30	31	12
野漆树苷	[M-H] ⁻	577. 20~269. 15	28	34	18
芦丁	[M-H] ⁻	609. 20~300. 00	22	38	21
番石榴苷	[M-H] ⁻	433. 30~300. 10	11	24	21

表 3 各黄酮线性关系

Tab. 3 Linear relationships of various flavonoids

黄酮	回归方程	R^2	线性范围/(ng·mL ⁻¹)	定量限/(ng·mL ⁻¹)	检测限/(ng·mL ⁻¹)
山柰酚-7- <i>O</i> -新橘皮糖苷	$Y=471.840X+2\ 038.23$	0.998 7	9.950~497.5	10.00	3.000
地奥司明	$Y=93.200\ 7X-389.746$	0.999 7	9.650~482.5	11.38	3.350
红景天素	$Y=1\ 082.36X-13\ 047.8$	0.999 3	10.05~502.5	10.00	3.000
毛里求斯排草素	$Y=1\ 125.09X-4\ 769.00$	0.999 8	9.700~485.0	10.00	3.000
山柰酚-3- <i>O</i> - α - <i>L</i> -吡喃阿拉伯糖苷	$Y=1\ 598.74X-10\ 333.2$	0.999 4	10.20~510.0	10.00	3.000
水仙苷	$Y=1\ 217.60X-5\ 189.95$	0.999 8	10.30~515.0	10.00	3.000
野漆树苷	$Y=1\ 942.42X-6\ 979.42$	0.999 9	10.40~520.0	10.00	3.000
芦丁	$Y=766.131X-2\ 465.08$	0.999 9	10.05~502.5	10.00	3.000
番石榴苷	$Y=1\ 109.25X-4\ 572.80$	0.999 5	10.25~512.5	8.770	2.935

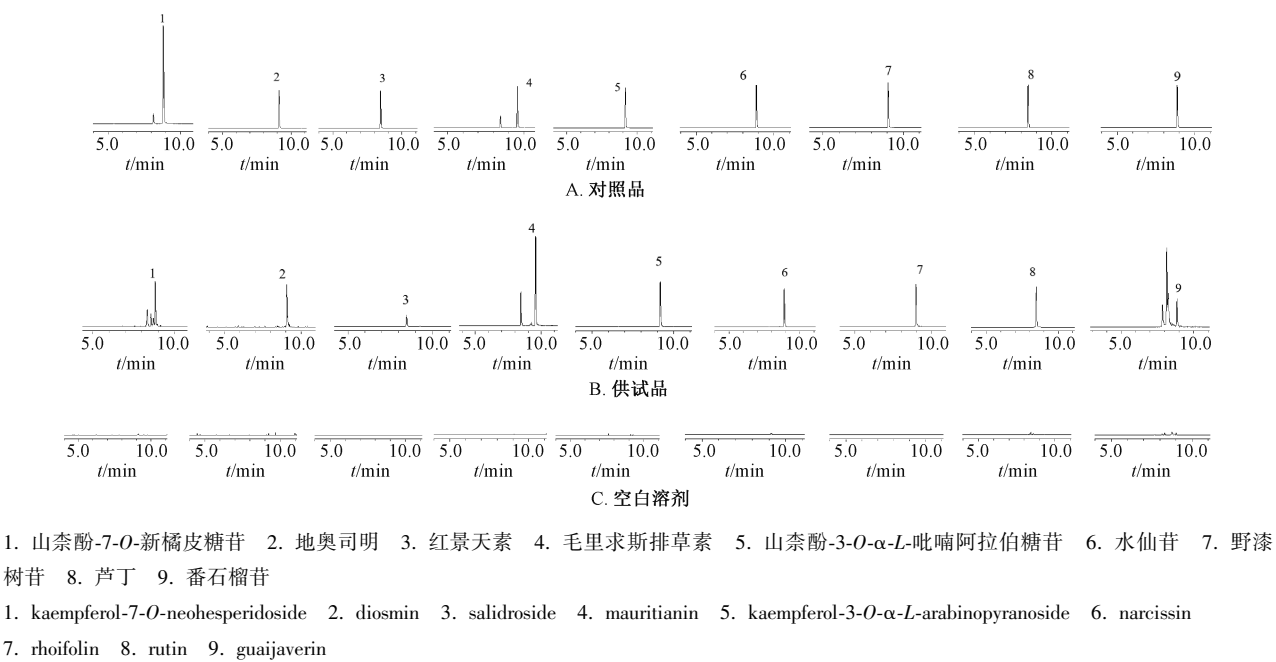


图 1 各黄酮 MRM 提取离子流色谱图

Fig. 1 MRM extraction ion current chromatograms of various flavonoids

2.3.3 精密度试验 取“2.1.2”项下对照品溶液适量，在“2.2”项条件下进样测定 6 次，测得山柰酚-7-O-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素、毛里求斯排草素、山柰酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷、野漆树苷、芦丁、番石榴苷峰面积 RSD 分别为 2.25%、1.90%、2.26%、1.47%、1.46%、2.85%、2.59%、1.55%、3.56%，表明仪器精密度良好。

2.3.4 稳定性试验 精密吸取同一份供试品溶液（S25），于 0、2、4、8、12、18、24、48 h 在“2.2”项条件下进样测定，测得山柰酚-7-O-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素、毛里求斯排草素、山柰酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷、野漆树苷、芦丁、番石榴苷峰面积 RSD 分别为 3.62%、2.95%、4.29%、3.73%、4.02%、4.15%、2.87%、3.45%、3.33%，表明溶液在 48 h 内稳定性良好。

2.3.5 重复性试验 取药材粉末（S25）2.00 g，按“2.1.1”项下方法平行制备 6 份供试品溶液，在“2.2”项条件下进样测定，测得山柰酚-7-O-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素、毛里求斯排草素、山柰酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷、野漆树苷、芦丁、番石榴苷含量 RSD 分别为 2.69%、0.97%、2.26%、0.21%、0.66%、0.25%、0.67%、0.14%、1.42%，表明该方法重复性良好。

2.3.6 加样回收率试验 精密称取各黄酮含量已知的药材粉末（S25）9 份，每份 1 g，每 3 份为 1 组，

分别按 50%、100%、150% 水平精密加入对照品溶液，按“2.1”项下方法制备供试品溶液，在“2.2”项条件下进样测定，计算回收率。结果，山柰酚-7-O-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素、毛里求斯排草素、山柰酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷、野漆树苷、芦丁、番石榴苷平均加样回收率分别为 101.24%、107.42%、93.34%、104.30%、102.53%、100.22%、98.54%、100.16%、93.39%，RSD 分别为 2.58%、4.60%、6.32%、7.49%、4.69%、3.02%、2.78%、2.93%、3.96%。

2.4 样品含量测定 取 51 批药材，按“2.1”项下方法制备供试品溶液，在“2.2”项条件下进样测定，计算含量，结果见表 4。

2.5 化学计量学

2.5.1 聚类分析 将“2.4”项下数据导入 Origin 2021 软件，采用组间连接的聚类方法，以平方欧氏距离为测度指标进行分析，Heat mapper 软件绘制热图，见图 2。由此可知，51 批药材聚为 3 类，S1~S8、S23、S26、S30、S33、S38 为Ⅰ类，各黄酮含量较高；S9~S20、S24、S27~S29、S31、S32、S34~S37、S39~S51 为Ⅱ类，各黄酮含量较低；S21、S22、S25 为Ⅲ类，各黄酮含量整体上最高，均高于 59.780 μg/g。

表 5 显示，福建、越南、泰国产药材均在Ⅱ类中，说明当地品种黄酮含量偏低；广西、广东产药材分布在不同聚类中，未呈现显著的地域性特征；

表 4 各黄酮含量测定结果 (µg/g)

Tab. 4 Results for content determination of various flavonoids (µg/g)

编号	山柰酚-7-O-新橘皮糖苷	地奥司明	红景天素	毛里求斯排草素	山柰酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷	水仙苷	野漆树苷	芦丁	番石榴苷
S1	N	3. 653	N	19. 964	0. 414	3. 064	0. 815	11. 609	N
S2	N	1. 815	0. 250	16. 114	0. 429	2. 875	0. 491	12. 698	0. 372
S3	N	1. 097	N	20. 080	0. 402	3. 357	0. 986	13. 723	0. 275
S4	N	0. 605	N	26. 106	0. 544	3. 940	0. 997	15. 498	0. 389
S5	N	1. 820	N	24. 488	0. 545	3. 189	0. 925	14. 212	0. 296
S6	N	0. 813	N	20. 770	0. 490	2. 765	0. 792	11. 641	0. 241
S7	N	1. 608	N	19. 196	0. 530	3. 153	0. 934	13. 068	0. 475
S8	N	0. 363	N	17. 021	0. 379	2. 832	0. 512	11. 311	N
S9	ND	0. 989	N	15. 360	N	0. 428	0. 439	1. 292	ND
S10	1. 462	ND	N	10. 286	N	3. 385	0. 252	11. 008	0. 277
S11	0. 805	ND	N	0. 654	N	3. 909	N	9. 793	N
S12	0. 469	ND	N	4. 440	N	2. 235	N	4. 509	0. 272
S13	ND	N	N	15. 122	N	0. 508	0. 420	2. 005	N
S14	ND	ND	N	N	N	1. 472	N	0. 870	N
S15	ND	ND	N	N	N	0. 709	N	0. 248	ND
S16	ND	N	N	4. 610	N	N	0. 502	1. 194	0. 293
S17	ND	N	N	6. 610	N	N	0. 380	0. 923	N
S18	ND	N	N	4. 491	N	N	0. 350	0. 280	N
S19	ND	N	N	0. 648	0. 334	3. 421	N	8. 132	0. 628
S20	ND	N	N	2. 861	N	N	0. 353	0. 386	N
S21	ND	0. 564	N	36. 415	0. 728	5. 488	1. 052	25. 064	0. 506
S22	N	ND	N	34. 601	1. 093	6. 849	1. 241	26. 661	0. 636
S23	N	0. 529	N	21. 323	0. 493	2. 405	0. 770	13. 888	0. 261
S24	0. 950	ND	N	0. 635	N	4. 115	N	9. 809	N
S25	3. 272	0. 306	N	26. 541	0. 750	5. 375	0. 810	22. 306	0. 420
S26	N	0. 292	N	25. 089	0. 497	3. 559	1. 015	16. 301	0. 290
S27	N	1. 265	N	23. 012	N	1. 263	0. 723	5. 294	N
S28	0. 572	N	N	0. 293	N	3. 351	N	6. 192	N
S29	ND	1. 095	N	8. 396	N	N	0. 302	0. 655	N
S30	ND	N	N	14. 861	0. 415	6. 268	0. 653	13. 391	0. 372
S31	ND	ND	0. 263	18. 262	N	0. 448	0. 476	1. 638	ND
S32	ND	ND	N	0. 604	N	4. 980	N	11. 267	0. 520
S33	N	0. 306	N	19. 454	0. 357	2. 841	0. 813	13. 091	0. 246
S34	ND	ND	N	N	ND	N	N	N	ND
S35	ND	N	N	0. 544	N	3. 029	N	6. 659	0. 276
S36	0. 669	ND	N	N	N	1. 795	N	3. 154	N
S37	N	ND	N	11. 538	N	0. 388	0. 393	1. 447	ND
S38	N	0. 385	N	25. 963	0. 549	4. 874	1. 362	14. 139	0. 330
S39	ND	ND	N	0. 548	N	1. 887	N	4. 262	N
S40	ND	N	N	0. 568	N	3. 637	N	7. 719	0. 244
S41	ND	N	N	0. 406	N	1. 929	N	3. 753	N
S42	ND	ND	N	0. 441	N	2. 570	N	4. 052	N
S43	ND	ND	N	6. 730	N	0. 299	0. 270	0. 902	ND
S44	N	N	N	8. 780	N	0. 339	N	0. 997	ND
S45	N	N	N	11. 449	N	0. 549	0. 494	1. 360	ND
S46	1. 576	N	N	2. 035	N	6. 038	N	16. 869	0. 546
S47	ND	ND	N	1. 540	N	5. 333	N	7. 814	N
S48	0. 235	ND	N	1. 076	N	N	N	0. 851	N
S49	N	N	N	7. 529	N	N	N	0. 636	ND
S50	ND	N	N	7. 267	N	N	0. 328	0. 593	ND
S51	ND	ND	N	0. 707	N	3. 321	N	8. 014	0. 252

注：N 表示低于检测限，ND 表示未检出。

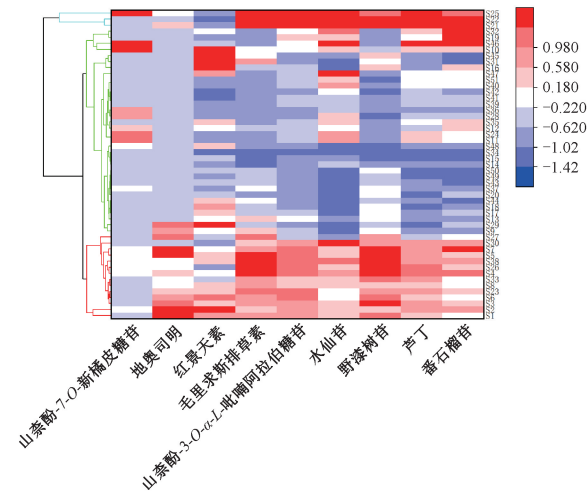


图 2 51 批龙眼肉中各黄酮含量聚类分析热图

Fig. 2 Cluster analysis heatmap for contents of various flavonoids in 51 batches of *Longan Arillus*

表 5 51 批龙眼肉聚类分析结果

Tab. 5 Results for cluster analysis of 51 batches of *Longan Arillus*

类别	批次/批	产地	加工类别	编号
I	12	广西贵港、广西玉林、广东高州、广东肇庆	鲜肉晒干	S1~S8,S23,S26,S30,S33,S38
II	35	福建南安、越南、福建莆田、广东高州、广东揭阳、广东茂名、泰国、广西贵港	晒后剥肉、鲜肉晒干	S9~S20,S24,S27~S29,S31,S32,S34~S37,S39~S51
III	2	广西贵港	鲜肉晒干	S21,S22,S25

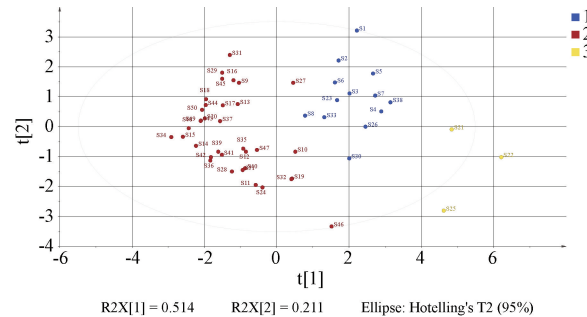


图 3 51 批龙眼肉 PCA 得分散点图

Fig. 3 PCA score scatter plot for 51 batches of *Longan Arillus*

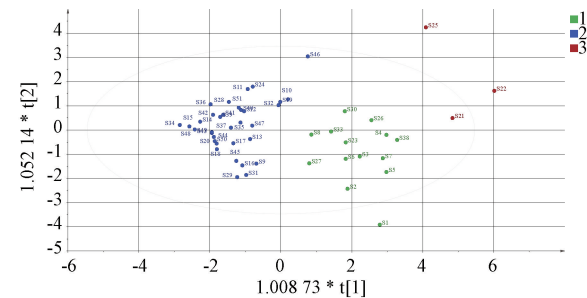


图 4 51 批龙眼肉 OPLS-DA 得分散点图

Fig. 4 OPLS-DA score scatter plot for 51 batches of *Longan Arillus*

晒后剥肉的加工品集中在Ⅱ类中，而鲜肉晒干的加工品分散在不同聚类中，表明这 2 种加工方式能得到较好地区分；晒后剥肉药材中黄酮含量普遍偏低，鲜肉晒干者批次差异较大。

2.5.2 主成分分析(PCA) 将“2.4”项下数据导入 SIMCA 14.1 软件进行非监督模式分析，发现主成分 1 (PC1)、主成分 2 (PC2) 贡献率分别为 51.40%、21.10%，累积贡献率达 72.50%，表明两者能有效汇聚药材核心化学信息。得分散点图见图 3，可知 51 批药材聚在 3 个区域，与聚类分析有较高的吻合度。

2.5.3 正交偏最小二乘法判别分析 (OPLS-DA) 在聚类分析基础上，采用 SIMCA 14.1 软件进行监督模式分析，见图 4，可知 R^2X 为 0.798， R^2Y 为 0.652， Q^2 为 0.523，表明模型具有良好的

预测性，与聚类分析有较高的吻合度。再以变量投影重要性值 (VIP 值) >1 为标准，确定贡献值较高的成分为山柰酚-3-O-α-L-吡喃阿拉伯糖苷 (VIP 值为 1.162)、芦丁 (VIP 值为 1.149)、毛里求斯排草素 (VIP 值为 1.087)、野漆树苷 (VIP 值为 1.083)，可作为质量差异成分，见图 5。

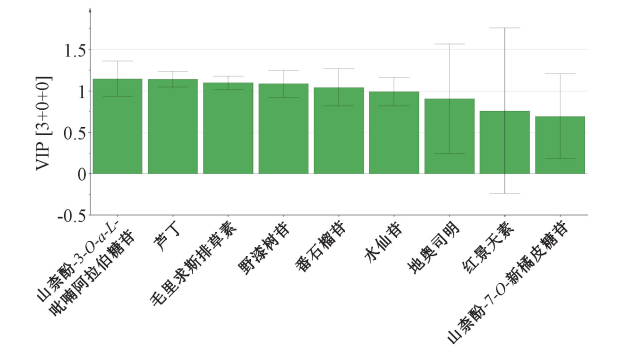


图 5 OPLS-DA VIP 值

Fig. 5 VIP values for OPLS-DA

3 讨论

3.1 提取条件、UPLC-MS/MS 分析条件考察 本实验分别考察了不同提取溶剂 (60% 甲醇、80% 甲醇、甲醇)、提取方式 (超声、加热回流、研磨)、提取时间 (30、45、60 min) 下龙眼肉中各黄酮的

提取效率，最终确定为“2.1.1”项下提取条件。课题组前期采用正负离子扫描模式对各黄酮质谱响应进行探索，发现山柰酚-7-*O*-新橘皮糖苷在正离子模式下响应较好，而其余 8 种黄酮在负离子模式下响应较好。本实验通过优化离子对参数来获得最佳质谱条件，从而实现各黄酮灵敏检测，并且在水相中加入甲酸，能有效改善色谱峰峰形，稳定其保留时间。

3.2 质量评价 龙眼肉作为常见药食两用药材，产地、加工方式等因素都会影响其所含黄酮的含量^[19]，但 2020 年版《中国药典》^[20]中并未对其含量测定指标进行规定。

本实验发现，不同产地药材中各黄酮总含量依次为广西>越南>广东>泰国>福建，其中最高的是广西贵港（S22），最低的是广东茂名（S34）；鲜肉晒干后各黄酮总含量均高于晒后剥肉后，可能是由于高温煮沸所致^[21-22]。另外，基于化学计量学共筛选出 4 种 VIP 值大于 1 的黄酮，分别为毛里求斯排草素、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷、野漆树苷和芦丁，可作为龙眼肉质量差异成分。

4 结论

本实验建立 UPLC-MS/MS 法测定龙眼肉中山柰酚-7-*O*-新橘皮糖苷、地奥司明、红景天素、毛里求斯排草素、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷、水仙苷、野漆树苷、芦丁、番石榴苷的含量，该方法准确可靠，专属性强，并且广西产者中其总含量最高，同时鲜肉晒干后各黄酮含量高于晒后剥肉后，再结合化学计量学，确定毛里求斯排草素、山柰酚-3-*O*- α -*L*-吡喃阿拉伯糖苷、野漆树苷、芦丁作为质量差异成分，可提升该药材质量标准。

参考文献：

[1] 马健锦. 基于糖类组分差异鉴别龙眼肉产地的研究[J]. 黑龙江粮食, 2023, 247(12): 50-52.

[2] 杨楠, 贾晓斌, 张振海, 等. 黄酮类化合物抗肿瘤活性及机制研究进展[J]. 中国中药杂志, 2015, 40(3): 373-381.

[3] 牛改改, 覃媚, 游刚, 等. 龙眼/荔枝组织中活性成分含量与抗氧化性的相关性分析[J]. 食品工业, 2020, 41(2): 344-348.

[4] 林耀盛, 张名位, 张瑞芬, 等. 不同品种龙眼果肉酚类物

质的抗氧化活性比较[J]. 食品科学技术学报, 2016, 34(3): 20-30.

[5] 张晓卫. 龙眼抗肿瘤化学成分及其初步药理作用研究[D]. 西安: 第四军医大学, 2013.

[6] 孙艳涛, 王冰. 2010 版药典收载中药主要有效成分与归经关系探讨[J]. 广东化工, 2015, 42(18): 22-23; 34.

[7] 钟名诚, 饶伟文, 肖聪. HPLC-ELSD 法测定龙眼肉中果糖、葡萄糖、蔗糖的含量[J]. 中国药品标准, 2011, 12(1): 44-48.

[8] 庞纪伟, 帅良, 殷菲胧, 等. 32 个龙眼品种果实有机酸组分及含量特征分析[J]. 中国果树, 2023, 240(10): 66-72.

[9] 汪卓. 龙眼多酚成分鉴定及活性研究[D]. 吉林: 北华大学, 2019.

[10] 张余. 大株红景天化学成分与抗氧化活性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2021.

[11] 王丹, 王文君. 水仙苷的药理活性[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2024, 51(2): 113-120.

[12] 林权, 盖利利, 夏联恒, 等. 蓬子菜的化学成分及药理作用研究进展[J]. 现代中西医结合杂志, 2024, 33(17): 2473-2477.

[13] 陈洪璋, 李伟, 肖苏尧, 等. 桉叶提取物中抗氧化活性物分离纯化、结构鉴定及其活性的研究[J]. 现代食品科技, 2018, 34(4): 94-101; 87.

[14] 刘莹, 郭宏伟, 蓝毓营, 等. 荔枝核抗肿瘤活性成分及作用机制的研究进展[J]. 中南药学, 2020, 18(11): 1874-1878.

[15] 安琬青, 沈彤, 罗雅丹, 等. 菊属植物化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国现代中药, 2025, 27(3): 562-574.

[16] 李运, 王苗, 韩晓霞, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定六神曲中 24 种成分的含量[J]. 中成药, 2024, 46(12): 3897-3905.

[17] 王苗, 周德来, 许晓辉, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定桑白皮中 11 种成分的含量[J]. 中成药, 2024, 46(10): 3207-3212.

[18] 杨帅, 郑林, 迟明艳, 等. UPLC-MS/MS 法同时测定阿胶中 18 种核苷、游离氨基酸的含量[J]. 中成药, 2024, 46(7): 2140-2146.

[19] 徐杰, 李明晓, 苏景, 等. 阳春砂-龙眼生态立体种植模式的研究[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(2): 288-298.

[20] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2020 年版一部[S]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.

[21] 熊乐文, 黄文静, 张龙霏, 等. 干燥方式对金银花酚酸类和黄酮类成分的影响[J]. 中华中医药杂志, 2024, 39(5): 2444-2450.

[22] 牟新, 闫俊芳, 查圣华, 等. 补气血食疗古方中龙眼肉久蒸法的研究[J]. 现代食品, 2022, 28(24): 110-112.