DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20260316003
引用格式: 张珊珊, 赵琪. 超高效液相色谱法同时测定降尿酸类保健食品中 18 种非法添加化学成分[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(11): 186–192.
ZHANG SS, ZHAO Q. Simultaneous determination of 18 kinds of illegally added chemical components in uric-acid-lowering health food by ultra performance liquid chromatography [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(11): 186–192. (in Chinese with English abstract).

超高效液相色谱法同时测定降尿酸类保健食品中 18 种非法添加化学成分

张珊珊, 赵 琪*
(苏州市药品检验检测研究中心, 苏州 215000)

摘 要: 目的 建立超高效液相色谱法同时测定降尿酸类保健食品中的 18 种非法添加化学成分的检测方法。**方法** 样品采用甲醇(含 0.1%甲酸)超声提取, 经 Phenomenex Luna ®Omega C_{18} 色谱柱 (2.1 mm×100 mm, 1.6 μm)色谱柱分离, 以甲醇(A)-乙腈(B)-0.2%甲酸水溶液(C)为流动相进行梯度洗脱, 经过二极管阵列检测器检测。**结果** 该方法有效区分了水杨酸和阿司匹林, 并且 18 种降尿酸药物线性关系良好, 相关系数均大于等于 0.9995; 检出限为 2.0~112.8 mg/kg, 平均回收率为 98.5%~110.6%, 相对标准偏差为 0.2%~4.4%。应用该方法对 35 批样品进行筛查, 共有 4 批检出, 其中 2 批检测出双氯芬酸, 1 批检测出吡罗昔康, 1 批检测出醋酸泼尼松。**结论** 该方法操作简便, 具有良好的选择性、灵敏度及准确度, 能够用于降尿酸类保健食品中非法添加药物的测定。
关键词: 降尿酸; 保健食品; 非法添加; 超高效液相色谱法

Simultaneous determination of 18 kinds of illegally added chemical components in uric-acid-lowering health food by ultra performance liquid chromatography

ZHANG Shan-Shan, ZHAO Qi*
(*Suzhou Institute for Drug Control*, *Suzhou* 215000, *China*)

ABSTRACT: Objective To established a method for the simultaneous determination of 18 kinds of illegally added chemical components in uric-acid-lowering health food by ultra performance liquid chromatography. **Methods** The samples were extracted by methanol (with 0.1% formic acid) ultrasonic extraction, the separation was executed on an Phenomenex Luna ®Omega C_{18} column (2.1 mm×100 mm, 1.6 μm), using methanol (A)-acetonitrile (B)-0.2% formic acid aqueous solution (C) as the mobile phase for gradient elution, and detected by diode array detector. **Results** This method effectively distinguishes between salicylic acid and aspirin and the results showed that the 18 kinds of

收稿日期: 2026-03-16
基金项目: 国家市场监督管理总局科技计划项目(2024MK044)
第一作者: 张珊珊(1993—), 女, 硕士, 主管中药师, 主要研究方向为保健食品非法添加检验检测。E-mail: zss1303@163.com
***通信作者:** 赵琪(1987—), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为保健食品非法添加检验检测。E-mail: ladyamy@126.com

uric-acid-lowering components had good linearity in the linear range with the correlation coefficients greater than or equal to 0.9995; the limits of detection ranged from 2.0–112.8 mg/kg, the average recoveries ranged from 98.5%–110.6%, and the relative standard deviations ranged from 0.2%–4.4%. The method was applied to screen 35 batches of samples, 4 batches of unlabeled components were detected, 2 batch detected diclofenac, 1 batch detected piroxicam and 1 batch detected prednisone acetate. **Conclusion**　The method is easy to operate, has good selectivity, sensitivity and accuracy, and can be used for the determi nation of illegally added drugs of uric-acid-lowering components in health food.

KEY WORDS: uric-acid-lowering; health food; illegally addition; ultra performance liquid chromatography

0　引　言

高尿酸血症是一种由嘌呤代谢异常引起的代谢异常综合征, 许多证据表明, 高尿酸血症和痛风是慢性肾病、高血压等疾病的独立危险因素之一[1−2]。由于现代人们生活条件的提高以及不良生活习惯的增加, 使得患有因机体嘌呤代谢紊乱而引起的高尿酸血症和痛风的患者日益增多[3], 相关调查研究显示当前我国已有约 1.77 亿高尿酸血症患者, 其中 18~35 岁的年轻人占近六成[4], 对于降尿酸类保健食品的需求也日益增长。在此背景下, 不法商家为达到牟利的目的, 在相关产品中非法添加化学成分的风险也逐步增加[5−9], 因此对相关产品的监管具有重要现实意义和必要性。

目前关于降尿酸类保健食品相关的报道相对较少, 相关检测方法也多包含解热镇痛功效[10−15], 已报道的文献检测方法多以液相色谱法及液相色谱-质谱法检测为主[16−20], 在实际检验中发现常有阿司匹林检出, 由于阿司匹林的化学性质不稳定, 易降解为水杨酸[21−22], 且在质谱条件下针对阿司匹林和水杨酸没有明显的区分[23−27], 故当样品中添加有水杨酸作为防腐剂[28−29]的情况时, 会对仅采用质谱检测时的检验结果产生误导, 影响结果的准确性, 因此有必要建立一种针对降尿酸类化合物非法添加, 能准确区分阿司匹林和水杨酸且普适性广、准确性高、结果快速的检测方法

查阅比较《中国高尿酸血症与痛风诊疗指南(2019)》和《痛风抗炎治疗指南 2025 版》[1−2]发现降尿酸治疗用药和解热镇痛类药物在使用上存在一定重合, 因此依据两个指南选择了其中治疗一线用药(别嘌呤醇、秋水仙碱、丙磺舒、非布司他及苯溴马隆)以及国家药品补充检验方法(批准件编号 2009025)(下简称补充检验方法 2009025)[30]中规定的 13 种化合物, 共计挑选了有较大添加风险的 18 种化合物, 采用具有检测快速且准确优点的超高效液相色谱法为检测手段, 避免了水杨酸和阿司匹林在检测中可能产生混淆这一干扰因素。因此, 本研究建立了一种基于超高效液相色谱法检测保健食品中 18 种降尿酸类非法化学成分的分析方法, 以期能够为相关监管部门在日常监督降尿酸类保健食品中是否有非法添加化学成分提供一种科学且准确的判断依据。

1　材料与方法

1.1　材料、试剂与仪器

18 种化合物相关信息见表 1, 来源均为中国食品药品检定研究院; 本研究所用样品购自于网络平台及个人送样。

甲醇、乙腈(质谱纯, 美国 Thermo Fisher Scientific 公司); 甲酸(质谱纯, 德国 Merck 公司)。

Waters ACQUITY H-class 超高效液相色谱仪配二极管阵列检测器、ACQUITY UPLC BEH C_{18} 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm)、ACQUITY UPLC HSS T3 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.8 μm)(美国 Waters 公司); XS205DU 型电子天平[精度 0.1 mg, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; Biofuge primo R 型高速离心机[赛默飞世尔(中国)有限公司]; SK8210HP 型超声波清洗器(上海科导超声仪器有限公司); MilliQ 超纯水仪(美国 Millipore 公司); 0.22 μm 有机相针式滤器(国药集团化学试剂有限公司); Agilent Poroshell 120 Bonus-RP (100 mm×4.6 mm, 2.7 μm)(美国 Agilent 公司); Phenomenex Luna ®Omega C_{18} 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.6 μm)(美国 Phenomenex 公司)。

1.2　实验方法

1.2.1　色谱条件

色谱柱: Phenomenex Luna ®Omega C_{18} 色谱柱 (100 mm×2.1 mm, 1.6 μm); 流速 0.3 mL/min; 柱温: 40 ℃; 进样体积: 1 μL; 检测波长: 250 nm; 样品室温度: 8 ℃。流动相: 甲醇(A)-乙腈(B)-0.2%甲酸水溶液(C), 洗脱梯度程序: 0~13.0 min, 2.5% A-2.5% B-95% C→35% A-35% B-30% C; 13.0~13.5 min, 70% A-30% C; 13.5~22.0 min, 75% A-25% C。

1.2.2　混合标准储备溶液的制备

分别精密称取别嘌呤醇、阿司匹林、保泰松、布洛芬对照品 20 mg, 其余对照品 10 mg 置于不同 10 mL 棕色容量瓶中用甲醇溶解并稀释至刻度(其中阿司匹林配制用含 0.1%甲酸的甲醇), 混匀, 即得质量浓度分别为 1 mg/mL 和 2 mg/mL 的单标储备液。使用时按需分别吸取 18 种单标储备溶液适量混合, 用甲醇(含 0.1%甲酸)稀释成混合标准储备溶液。

表 1 18 种标准品信息

Table 1 Information on 18 kinds of standard substances

序号	名称	批号	纯度/%	序号	名称	批号	纯度/%
1	别嘌呤醇	140869-202301	99.6	10	醋酸泼尼松	100012-202108	99.7
2	对乙酰氨基酚	100018-202312	100.0	11	萘普生	100198-202407	99.7
3	氨基比林	100503-202404	99.8	12	丙磺舒	101113-201101	99.5
4	甲氧苄啶	100031-202207	99.8	13	保泰松	100481-202303	99.8
5	阿司匹林	100113-202407	99.8	14	双氯芬酸	100334-201803	100.0
6	秋水仙碱	101176-202104	90.5	15	吲哚美辛	100258-202105	99.9
7	氢化可的松	100152-202409	99.7	16	布洛芬	100179-202308	99.9
8	吡罗昔康	100177-201704	99.5	17	非布司他	101278-202405	99.9
9	地塞米松	100129-201907	99.8	18	苯溴马隆	100677-202403	99.9

1.2.3 供试品溶液的制备

精密称取各剂型样品约 0.5 g[片剂: 研细, 混合均匀作为供试样品; 凝胶剂(系指凝胶状态的样品剂型): 直接吸取后称重置于 20 mL 棕色容量瓶中, 加入甲醇(含 0.1%甲酸)适量, 涡旋振荡混匀后超声 20 min, 冷却至室温后用甲醇(含 0.1%甲酸)定容至刻度, 混匀置于 13000 r/min 离心 10 min, 取上清液过 0.22 μm 有机滤膜, 即得供试品溶液(可根据检出情况进行适当稀释进样)。

1.3 数据处理

使用 WPS Office 2026 进行数据处理及制表。

2 结果与分析

2.1 色谱柱优化

18 种化合物性质差异较大, 其中别嘌呤醇、对乙酰氨基酚极性较大, 出峰时间较早, 易受溶剂峰影响, 另有几组化合物的出峰时间极为接近(如非布司他、布洛芬和吲哚美辛, 氨基比林与对乙酰氨基酚, 醋酸泼尼松和丙磺舒), 对于色谱柱的分离效率具有较高要求, 因此参考相关文献[10–15]选择了 Agilent Poroshell 120 Bonus-RP (100 mm×4.6 mm, 2.7 μm) (A)、ACQUITY UPLC BEH C_{18} (100 mm×2.1 mm, 1.7 μm) (B)、Phenomenex Luna ®Omega C_{18} (100 mm×2.1 mm, 1.6 μm) (C)和 ACQUITY UPLC HSS T3 (100 mm×2.1 mm, 1.8 μm) (D) 4 种色谱柱来考察对目标化合物的分离情况。结果显示分别测试不同流动相体系和分离条件时, 发现色谱柱 A 对于除甲氧苄啶外 17 种化合物峰形最佳, 但对于非布司他和吲哚美辛难以分离, 色谱柱 C 在优化洗脱条件后, 虽然个别组分峰形未达到最佳, 但对于 18 种组分能够有效分离(分离度均大于 1.5), 最终考虑综合分离效果及峰形选用色谱柱 C 进行后续的相关实验。

2.2 流动相的选择

本研究考察了不同浓度甲酸铵、乙酸铵、甲酸、磷酸、三乙胺配合甲醇或乙腈等不同流动相体系及不同初始比例对 18 种化合物的色谱峰形、出峰时间、分离度及信号强度的影响。结果发现以纯乙腈作为有机相时各组分峰形最好, 但是甲醇(A)-乙腈(B)-0.2%甲酸水溶液(C), 初始洗脱比例为 2.5% A-2.5% B-95% C 时对于各组分的分离效果和峰形综合结果最优, 色谱图见图 1。

2.3 方法学考察

2.3.1 线性范围及检出限

分别精密吸取 1.2.2 项下混合标准储备溶液适量, 用甲醇(含 0.1%甲酸)逐级稀释, 即得标准曲线系列溶液。将标准曲线系列溶液依次进样分析, 以各化合物的峰面积为纵坐标(Y), 质量浓度为横坐标(X, mg/L), 进行线性拟合, 建立标准曲线, 计算回归方程。

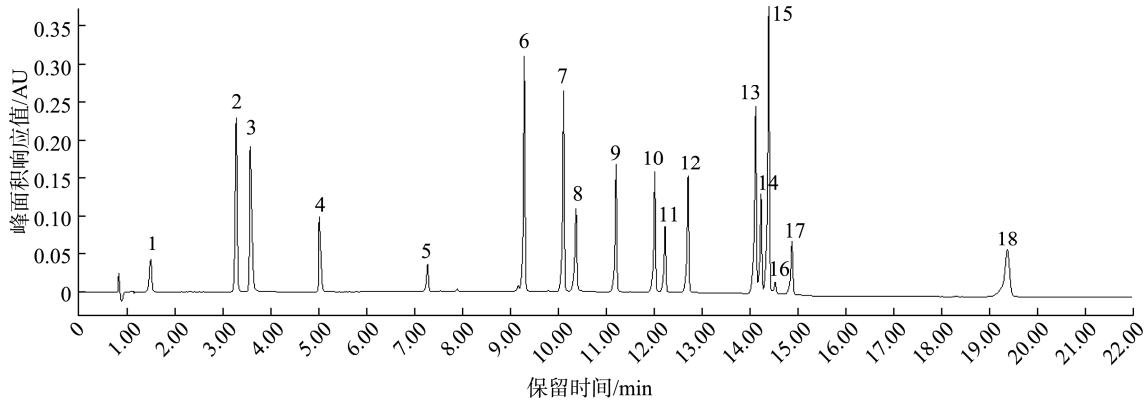
取不含上述 18 种组分的各剂型阴性样品等质量混合作为空白基质样品。在空白基质中加入适量 1.2.2 项下混合标准储备溶液, 按 1.2.3 项下供试品制备方法操作, 以 3 倍信噪比计算检出限(limit of detection, LOD)和 10 倍信噪比确定定量限(limit of quantitation, LOQ)。18 种组分线性方程、线性范围、LOD 结果见表 2。由表 2 可以看出, 各化合物的线性关系良好, LODs 为 2.03~112.81 mg/kg, LOQs 为 6.75~376.02 mg/kg。说明本方法针对不同基质样品均具有较高的灵敏度。

2.3.2 回收率和精密度

以检测结果阴性的片剂和凝胶剂两种类型的样品为基质, 进行 2 个浓度水平的加标回收率实验, 每个浓度水平配制 6 份, 按 1.2.3 样品处理, 进样测定。分别计算该样品溶液中各组分峰面积与同浓度的对照品溶液比值, 以评价该方法的回收率与精密度。结果显示各组分平均加标回收率为 98.5%~110.6%, 相对标准偏差(relative standard deviations, RSD)为 0.2%~4.4%, 各组回收率良好(表 3)。实验结果显示本方法具有较高的准确度和精密度, 能够满足不同基质的检测需求。

2.3.3 稳定性

取 50 mg/L(以别嘌呤醇计)18 种混合对照品溶液置于



注: 1~18 分别对应表 2 化合物。

图 1　18 种化合物色谱图

Fig.1　Chromatogram of 18 kinds of components

表 2　18 种组分的保留时间、线性范围、回归方程、相关系数、LODs 和 LOQs

Table 2　Retention times, linear ranges, regression equations, coefficients of correlation and LODs and LOQs of 18 kinds of components

编号	化合物名称	保留时间/min	线性范围/(mg/L)	回归方程	相关系数(r)	LODs/(mg/kg)	LOQs/(mg/kg)
1	别嘌呤醇	1.592	2~100	Y=1705.9X–148.97	0.9998	31.80	106.01
2	对乙酰氨基酚	3.364	1~50	Y=11185X+2376.5	0.9997	3.43	11.44
3	氨基比林	3.622	1~50	Y=11179X+571.47	0.9997	4.22	14.08
4	甲氧苄啶	4.878	1~50	Y=4413.1X+966.55	0.9997	6.03	20.10
5	阿司匹林	7.296	2~100	Y=1007.1X+190.83	0.9995	33.93	113.12
6	秋水仙碱	9.288	1~50	Y=15623X+2096.7	0.9998	2.03	6.75
7	氢化可的松	10.147	1~50	Y=10224X+2178	0.9997	3.30	11.01
8	吡罗昔康	10.415	1~50	Y=6414.4X–355.89	0.9999	6.96	23.21
9	地塞米松	11.230	1~50	Y=7209.5X+1253.2	0.9997	4.82	16.06
10	醋酸泼尼松	12.022	1~50	Y=7464.3X+1066.2	0.9997	4.72	15.73
11	萘普生	12.296	1~50	Y=4040.2X+1330.6	0.9997	8.86	29.54
12	丙磺舒	12.722	1~50	Y=6497.5X+3835.3	0.9997	5.59	18.65
13	保泰松	14.141	2~100	Y=6627.5X+607.82	0.9996	6.05	20.15
14	双氯芬酸	14.201	1~50	Y=7032.1X+63.78	0.9995	5.45	18.15
15	吲哚美辛	14.399	2~100	Y=9224.4X+2531.9	0.9997	3.86	12.86
16	布洛芬	14.501	2~100	Y=315.95X–191.99	0.9996	112.81	376.02
17	非布司他	14.840	1~50	Y=4094.2X+1065.5	0.9996	10.31	34.35
18	苯溴马隆	19.312	1~50	Y=7396.7X–1023	0.9998	14.55	48.51

自动进样器中, 分别在配制后 0、2、6、12、24 h 进样测定, 计算各组分的峰面积相对标准偏差, 结果显示在本实验条件下, 各组分 24 h 内峰面积相对稳定性良好, 能够满足较长检验时间较长的考验。

2.3.4　实际样品测定

用所建立的方法对 35 批样品进行测定。结果显示: 其中 4 批检出有非法添加成分, 2 批检测出双氯芬酸(1843.6 mg/kg、1093.6 mg/kg), 1 批检测出吡罗昔康(925.8 mg/kg), 1 批检测出醋酸泼尼松(504.8 mg/kg)。

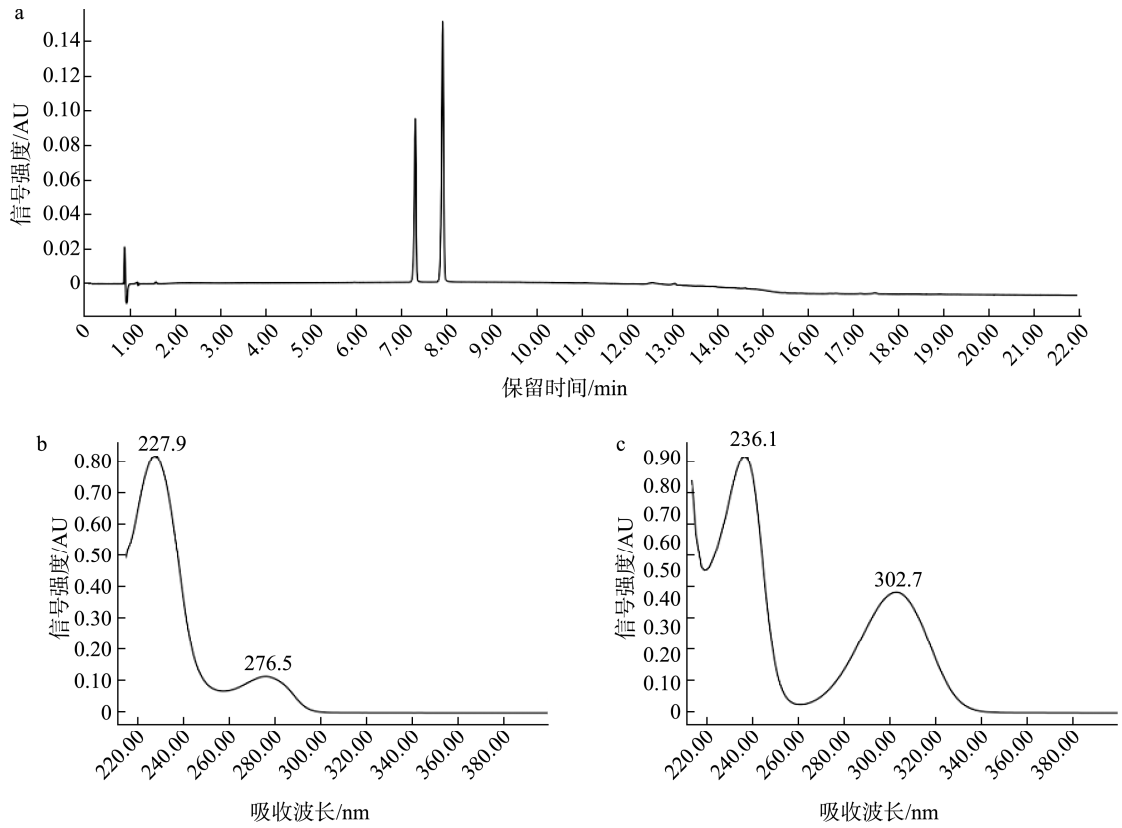
2.4　讨　论

高效液相色谱法使用成本较质谱法更低, 应用范围较广, 耐用性较强, 在结合紫外光谱比对的情况下, 通常能够较为快速的识别出常见的非法添加成分, 并且可以有效的避免假阳性的结果出现。本研究过程中发现, 常为防腐剂或抗氧化剂在制剂中添加的水杨酸, 其作为阿司匹林的主要降解产物在质谱中表现常与阿司匹林一致(负离子模式, 母离子 m/z=137.0, 子离子 m/z=93.0, 65.0)(补充检验方法 2009025), 而在紫外光谱结合液相色谱检测中, 二者光谱吸收表现具有明显区别(光谱比较见图 2), 在将流动相和溶解溶剂修改为含 0.1%甲酸的甲醇后, 溶剂的 pH 降低能抑制阿司匹林降解生成水杨酸, 减少水杨酸对阿司匹林检出的干扰, 对比质谱检测, 紫外光谱结合液相色谱更能直观准确的鉴别区分阿司匹林和水杨酸。因此本研究依据中国高尿酸血症与痛风诊疗指南(2019)》和《痛风抗炎

表 3 精密度与回收率(*n*=6)

Table 3 Precisions and recoveries (*n*=6)

序号	名称	加标质量浓度/(μg/mL)	片剂		凝胶剂		序号	名称	加标质量浓度/(μg/mL)	片剂		凝胶剂	
			回收率/%	RSDs/%	回收率/%	RSDs/%				回收率/%	RSDs/%	回收率/%	RSDs/%
1	别嘌呤醇	5	105.6	0.4	104.8	1.4	10	醋酸泼尼松	5	103.1	1.2	103.7	1.8
		20	101.7	0.5	101.2	2.1			20	101.5	0.3	99.2	3.0
2	对乙酰氨基酚	5	102.9	1.3	103.3	1.8	11	萘普生	5	102.8	1.0	103.1	1.9
		20	101.4	0.5	101.7	2.0			20	101.5	0.3	98.6	1.9
3	氨基比林	5	103.5	1.3	103.8	1.6	12	丙磺舒	5	109.0	1.0	110.6	2.6
		20	101.0	0.4	99.7	2.0			20	103.4	0.6	102.9	1.9
4	甲氧苄啶	5	103.5	0.8	104.1	1.9	13	保泰松	5	104.1	0.9	104.2	1.9
		20	101.6	0.4	101.7	1.9			20	101.4	0.3	101.0	2.0
5	阿司匹林	5	109.1	0.8	107.6	1.0	14	双氯芬酸	5	105.5	1.1	106.1	2.0
		20	103.9	0.9	105.4	1.9			20	105.5	1.1	106.1	2.0
6	秋水仙碱	5	106.3	1.1	106.7	2.7	15	吲哚美辛	5	103.4	1.1	103.7	1.8
		20	104.8	0.5	104.5	1.9			20	101.4	0.3	101.9	1.9
7	氢化可的松	5	102.5	1.3	103.4	1.7	16	布洛芬	5	100.1	1.5	106.7	1.3
		20	101.6	0.3	101.9	1.9			20	98.5	1.7	102.6	2.1
8	吡罗昔康	5	103.8	0.8	104.6	1.9	17	非布司他	5	101.9	0.2	104.6	2.1
		20	100.2	0.3	100.5	1.9			20	101.0	2.3	104.7	4.4
9	地塞米松	5	104.1	1.3	104.7	1.7	18	苯溴马隆	5	107.5	1.6	106.4	2.9
		20	101.8	0.4	100.7	2.6			20	102.1	0.2	101.5	1.5



注: a. 2 种化合物液相色谱图; b. 阿司匹林; c. 水杨酸。

图 2 2 种化合物液相色谱图和紫外光谱吸收图

Fig.2 Liquid chromatograms and ultraviolet spectrum absorption spectra of 2 kinds of compounds

治疗指南 2025 版》及补充检验方法 2009025 在结合样品检测情况, 最终选择用紫外光谱结合超高压液相色谱法对具有添加风险及添加频率较高的 18 种化合物建立检测方法。同时由于本研究采用甲醇(A)-乙腈(B)-0.2%甲酸水溶液(C)作为流动相体系, 亦可直接用于液相色谱-质谱法的检测。

此外在稳定性测试过程中发现在同样测定条件, 升高进样室温度后阿司匹林及布洛芬峰面积出现明显的下降趋势, 24 h 内纯甲醇配制混合标准溶液与甲醇(含 0.1%甲酸)配制的混合标准溶液中阿司匹林的峰面积相比较亦呈现出明显的下降趋势(RSDs%分别为 14.0%、3.9%), 说明溶液 pH 与温度也是影响组分稳定的重要因素, 因此测定过程中需要将进样室温度控制在 8 ℃以下且使用甲醇(含 0.1%甲酸)进行溶液的提取及配制。

3　结　论

伴随患高尿酸血症人数不断增长, 降尿酸类保健食品市场快速增长, 因此建立一种针对保健食品中降尿酸类非法添加化学成分的检测方法十分必要。本研究基于超高效液相色谱法建立了一种同时测定降尿酸类保健食品中的 18 种非法添加化学成分的测定方法, 18 种组分在线性范围内关系良好, LODs 为 2.0~112.8 mg/kg, 平均回收率 98.5%~110.6%, RSDs 为 0.2%~4.4%, 应用本研究对 35 批样品进行测定, 其中 4 批检出有非法添加成分的检出, 其中 2 批检测出双氯芬酸, 1 批检测出吡罗昔康, 1 批检测出醋酸泼尼松。本研究操作简单, 通过优化实验条件, 达成了主成分的有效分离同时避免了可能存在的干扰, 保证了结果的准确可靠, 且测定的 18 种化学成分的选择涵盖了具有较大添加风险的成分, 能够为相关监管部门在日常监督降尿酸类保健食品中是否有非法添加化学成分提供一种科学且客观的判断依据, 提供一定的技术支持。

参考文献

[1] 中华医学会内分泌学分会. 中国高尿酸血症与痛风诊疗指南(2019)[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2020, 36(1): 1–13.
Chinese Society of Endocrinology, Chinese Medical Association. Guideline for the diagnosis and management of hyperuricemia and gout in China (2019) [J]. Chinese Journal of Endocrinology and Metabolism, 2020, 36(1): 1–13.

[2] 中华预防医学会风湿病预防专业委员会, 朱小霞, 段利华, 等. 痛风抗炎症治疗指南(2025 版)[J]. 中国预防医学杂志, 2025, 26(11): 1302–1328.
Professional Committee for Rheumatism Prevention and Control, Chinese Preventive Medicine Association, ZHU XX, DUAN LH, *et al*. Guideline for anti-inflammatory treatment of gout (2025) [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2025, 26(11): 1302–1328.

[3] 郑健虎, 郭紫嫣, 孙旭东, 等. 1990—2021 年中国痛风疾病负担趋势及年龄-时期-队列模型分析[J]. 天津医药, 2025, 53(12): 1250–1257.
ZHENG JH, GUO ZY, SUN XD, *et al*. Analysis of the trends of gout disease burden in China from 1990 to 2021 and age-period-cohort model [J]. Tianjin Medical Journal, 2025, 53(12): 1250–1257.

[4] 陈一竹. 是到该重视“后浪”健康的时候了! [J]. 人人健康, 2021(19): 1
CHEN YZ. It is time to pay attention to the health of ‘Houlang’! [J]. Health for Everyone, 2021(19): 1.

[5] 贾婧怡, 李玮, 张烨, 等. 保健食品中非法添加药物事件及检测技术[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(11): 3558–3570.
JIA JY, LI W, ZHANG Y, *et al*. Illegal drug addition events and determination technologies in health supplements [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2020, 11(11): 3558–3570.

[6] 尹佳, 黎星, 张涛, 等. 网购凉茶中非法添加抗风湿类药物状况分析及对策探讨[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(18): 4964–4970.
YIN J, LI X, ZHANG T, *et al*. Status analysis and countermeasure discussion of illegal addition of anti-rheumatic drugs in the herbal teas purchased online [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2018, 9(18): 4964–4970.

[7] 孙树光, 帕孜丽亚·托乎提. 非法添加衍生物型食品犯罪的认定困境及体系化应对[J]. 食品科学, 2026, 47(3): 406–414.
SUN SG, PAZILIYA THT. The identification dilemma and systematic response to the crime of illegally adding derivative foods [J]. Food Science, 2026, 47(3): 406–414.

[8] 李晟. 食品中非法添加药品现状、原因及对策[J]. 食品安全导刊, 2025, 19(27): 187–189.
LI S. The current situation, causes, and countermeasures of illegal addition of drugs in food [J]. Journal of Food Safety Guide, 2025, 19(27): 187–189.

[9] 赵琪, 贾昌平, 张超, 等. 保健食品及药食同源食品中非法添加化学成分检验标准现状及趋势分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(19): 298–306.
ZHAO Q, JIA CP, ZHANG C, *et al*. Analysis of the current status and trends of inspection standards for illegally chemical components added in health food and medicine food homology [J]. Jour nal of Food Safety & Quality, 2025, 16(19): 298–306.

[10] 赵猛, 崔雪, 刘益庆, 等. 二维液相色谱-质谱联用法测定中成药及保健品中非法添加四种抗痛风类药物成分[J]. 药学与临床研究, 2024, 32(6): 493–496.
ZHAO M, CUI X, LIU YQ, *et al*. Determination of four anti-gout drugs in traditional Chinese medicines and health-care produ cts by 2D-LC-MS/MS [J]. Pharmaceutical and Clinical Research, 2024, 32(6): 493–496.

[11] 崔雪, 李娜, 季秀美, 等. UPLC-MS/MS 法测定中成药和保健食品中萘丁美酮等抗痛风类化学成分[J]. 中南药学, 2024, 22(10): 2742–2746.
CUI X, LI N, JI XM, *et al*. Determination of anti-gout components nabumetone in traditional Chinese patent medicine and health-care food by UPLC-MS/MS [J]. Central South Pharmacy, 2024, 22(10): 2742–2746.

[12] 蔡霞, 邱蕴绮, 汪瑾彦, 等. HPLC-MS/MS 同时测定尿酸调节类中药及含中草药食品中 22 种 非法添加药物[J]. 中国现代应用药学, 2023, 40(10): 1377–1382.
CAI X, QIU YQ, WANG JY, *et al*. Simultaneous determination of 22 illegally drugs added in uric acid regulating traditional Chinese medicine and Chinese herbal food by HPLC-MS/MS [J]. Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy, 2023, 40(10): 1377–1382.

[13] 綦艳, 邓幸飞, 许庆鹏, 等. 高效液相色谱-串联质谱法测定不同基质调节尿酸类功能性食品中 21 种急慢性痛风药物的含量[J]. 理化检验-化学分册, 2023, 59(3): 274–282.
QI Y, DENG XF, XU QP, *et al*. Determination of 21 acute and chronic gout drugs in regulating uric acid fuctional food with different matrices by

high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis), 2023, 59(3): 274–282.

[14] 张秋炎, 罗辉泰, 黄晓兰, 等. 液相色谱-串联质谱法同时测定中成药与保健食品中非法添加的 9 种尿酸调节类药物[J]. 分析测试学报, 2018, 37(9): 989–994.
ZHANG QY, LUO HT, HUANG XL, *et al*. Determination of nine uric acid regulation drugs illegally added in Chinese traditional patent medicine and health-care food by liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2018, 37(9): 989–994.

[15] 勇艳华, 李鹏, 边海涛, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定痛风类中成药中 17 种非法添加物[J]. 中国卫生检验杂志, 2019, 29(22): 2711–2714.
YONG YH, LI P, BIAN HT, *et al*. LC-MS/MS determination of 17 illegal additions in gout Chine se patent medicines [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2019, 29(22): 2711–2714.

[16] 田甜, 覃艳淑, 赵德恩, 等. 食品和保健食品中非法添加药物的筛查探究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(3): 1200–1208.
TIAN T, QIN YS, ZHAO DEN, *et al*. Research of screening of illegal added drugs in food and health food [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(3): 1200–1208.

[17] 缪丹旎, 张宾, 周勇, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法检测茶制品中非法添加 13 种抗风湿类药物[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(11): 3557–3563.
MIAO DN, ZHANG B, ZHOU Y, *et al*. Determination of 13 kinds of anti-rheumatic drugs illegally added illegally in tea products by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2019, 10(11): 3557–3563.

[18] 赵琪, 钱叶飞, 贾昌平, 等. UPLC-DAD 快速筛查抗风湿类保健食品及中成药中非法添加的 19 个化学物质[J]. 药物分析杂志, 2019, 39(12): 2171–2177.
ZHAO Q, QIAN YF, JIA CP, *et al*. Rapid determination of illegally added chemical drugs in anti-rheumatic Chinese traditional patent medicine and health foods by UPLC-DAD [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2019, 39(12): 2171–2177.

[19] 何睿偲, 黄艳婷, 雷毅, 等. HPLC 法快速筛查抗风湿类中成药或保健食品中 21 种非法添加化学成分[J]. 分析测试学报, 2016, 35(11): 1486–1490.
HE RS, HUANG YT, LEI Y, *et al*. Rapid determination of 21 adulterants in anti-rheumatic chinese patent drugs or dietary supplements by HPLC [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2016, 35(11): 1486–1490.

[20] 苏燕, 陈永利, 余晓琴, 等. 超高效液相色谱-静电场轨道阱高分辨质谱法快速筛查酒中 390 种非法添加物[J]. 理化检验-化学分册, 2026, 62(4): 488–508.
SU Y, CHEN YL, YU XQ, *et al*. Rapid screening of 390 illegal added drugs in alcohol by ultra-high performance liquid chromatography -electrostatic field orbitrap high resolutio n mass spectrometry [J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analys), 2026, 62(4): 488–508.

[21] 任娅婷, 嵇增云, 王艳楠, 等. 高效液相色谱法测定阿司匹林原料药中水杨酸含量的方法验证[J]. 实验室检测, 2025, 3(18): 41–43.
REN YT, JI ZY, WANG YN, *et al*. Validation of a high-performance liquid chromatography method for determining the salicylic acid content in aspirin active pharmaceutical ingredients [J]. Laboratory Testing, 2025, 3(18): 41–43.

[22] 吴佳飞, 吴兴月, 何可星, 等. 阿司匹林中水杨酸的检测方法综述[J]. 山东化工, 2024, 53(15): 172–174, 191.
WU JF, WU XY, HE KX, *et al*. Review on methods for the detection of salicylic acid in aspirin [J]. Shandong Chemical Industry, 2024, 53(15): 172–174, 191.

[23] 黄晓姗, 李沁, 刘岩庭, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定抗骨增生片中 41 种消炎止痛类化合物的含量[J]. 理化检验-化学分册, 2024, 60(12): 1246–1251.
HUANG XS, LI Q, LIU YT, *et al*. Simultaneous determination of 41 anti-inflammatory and analgesic compounds in kangguzengsheng tablets by ultra-high performance liquid chro matography-tandem mass spectrometry [J]. Physical Testing and Chemical Analysis (Part B: Chemical Analysis), 2024, 60(12): 1246–1251.

[24] 梁少东, 刘莉丽, 伍国怡, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定凉茶中 3 种非法添加的解热镇痛药物[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(10): 3965–3969.
LIANG SD, LIU LL, WU GY, *et al*. Determination of 3 kinds of illegally added antipyretic and analgesic drugs in herbal tea by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2021, 12(10): 3965–3969.

[25] 左甜甜, 张琳琳, 金红宇, 等. UPLC-MS/MS 检测益心酮片中 37 个非法添加解热镇痛类化合物[J]. 药物分析杂志, 2021, 41(10): 1739–1747.
ZUO TT, ZHANG LL, JIN HY, *et al*. Detection of 37 compounds illegally added in Yixintong tablets by ultra-high performance liquid chromatography-tand em mass spectrometry [J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2021, 41(10): 1739–1747.

[26] 吴姣娇, 涂晓琴, 赵薇, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法检出化妆品中 25 种美白成分[J]. 香料香精化妆品, 2025(5): 94–98, 116.
WU JJ, TU XQ, ZHAO W, *et al*. Determination of 25 whitening ingredients in cosmetics by ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Flavour Fragrance Cosmetics, 2025(5): 94–98, 116.

[27] 杨针, 黎姝蔓. 超高效液相色谱-串联质谱法检测蒸馏酒中的 3 种非法添加物质的方法学验证结果[J]. 现代食品, 2022, 28(22): 177–181.
YANG Z, LI SM. Results of methodological validation of ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry for the detection of three illegally added substances in distilled alcoholic drink [J]. Modern Food, 2022, 28(22): 177–181.

[28] 王子睿. 基于复合基底增强拉曼光谱检测常见防腐剂的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2022.
WANG ZR. Detection of common preservatives by enhanced Raman spectroscopy based on composite substrate [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2022.

[29] 胡飞杰, 李宁, 苏晓濛, 等. 水杨酸检测方法研究进展[J]. 山西化工, 2021, 41(6): 32–34, 39.
HU FJ, LI N, SU XM, *et al*. Research progress on detection methods of salicylic acid [J]. Shanxi Chemical Industry, 2021, 41(6): 32–34, 39.

[30] 国家食品药品监督管理局药品检验补充检验方法和检验项目批准件(2009025)[Z]. 2009.
State food and drug administration drug inspection supplementary inspection methods and inspection project approval (2009025) [Z]. 2009.

(责任编辑: 蔡世佳 韩晓红)