·综述·

乌拉尔甘草化学成分研究进展△

刘刚[1]，吴燕[2]，刘育辰[1*]，李雪峰[1]，杨婉珠[1]
1. 贵州中医药大学，贵州　贵阳　550025；
2. 贵州中医药大学 第二附属医院，贵州　贵阳　550003

［摘要］ 甘草为我国传统中药，其来源为乌拉尔甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.、胀果甘草 *G. inflata* Bat.、光果甘草 *G. glabra* L. 的干燥根及根茎，其中乌拉尔甘草是临床的主流品种。乌拉尔甘草中主要含有黄酮、三萜、苯丙素、多糖等类化学成分。查找中国知网、PubMed 等数据库的相关文献，对乌拉尔甘草的化学成分进行整理、分析和归纳总结，为其化学成分的进一步研究及相关质量评价体系的建立提供参考。

［关键词］ 乌拉尔甘草；化学成分；黄酮类；三萜类；苯丙素类；多糖类；研究进展
［中图分类号］ R282　［文献标识码］ A　［文章编号］ 1673-4890(2021)11-2006-11
doi：10. 13313/j. issn. 1673-4890. 20201003001

Chemical Constituents in *Glycyrrhiza uralensis*: A Review

LIU Gang[1], WU Yan[2], LIU YU-chen[1*], LI Xue-feng[1], YANG Wan-zhu[1]
1. *Guizhou University of Traditional Chinese Medicine*, *Guiyang* 550025, *China*;
2. *The Second Affiliated Hospital of Guizhou University of Traditional Chinese Medicine*, *Guiyang* 550003, *China*

[**Abstract**] Chinese medicinal Glycyrrhizae Radix et Rhizome is the dried roots and rhizomes of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch., *G. inflata* Bat., or *G. glabra* L., and particularly that derived from *G. uralensis* enjoys popularity in clinical practice. In this study, articles on the chemical constituents of *G. uralensis* were retrieved from China National Knowledge Infrastructure and PubMed, and then the constituents were analyzed and summarized. It was found that this medicinal plant mainly contained flavonoids, triterpenoids, phenylpropanoids, and polysaccharides. The result is expected to serve as a reference for further study of the chemical constituents and establishment of a scientific quality evaluation system.

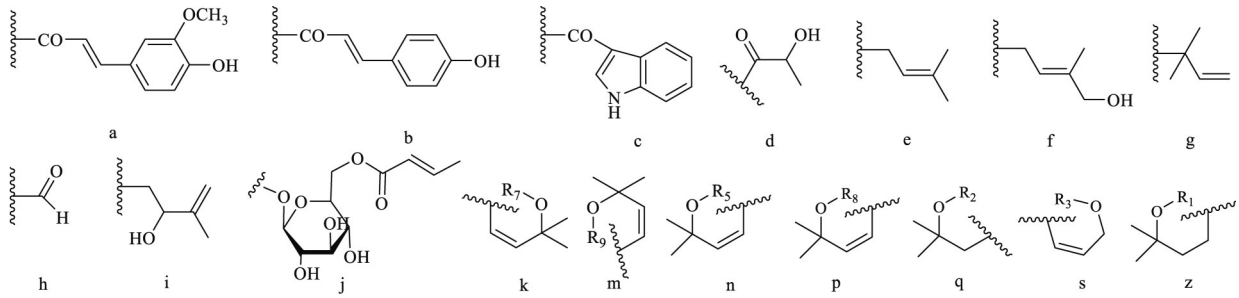
[**Keywords**] *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.; chemical constituents; flavonoids; triterpenoids; phenylpropanoids; polysaccharides; research progress

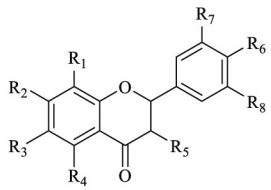
甘草为豆科植物乌拉尔甘草 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch.、胀果甘草 *G. inflata* Bat.、光果甘草 *G. glabra* L. 的干燥根及根茎，具有补脾益气、清热解毒、祛痰止咳、缓急止痛、调和诸药的功效[1-2]。甘草药性温和，素有“十方九草”的美誉，《神农本草经》中将其列为上品，其道地产区主要集中在宁夏、甘肃、青海、内蒙古等地区[3-4]。目前临床上使用的甘草以栽培甘草为主，而栽培的甘草中又以乌拉尔甘草为主流品种。研究表明，人工栽培甘草的最佳采收期为3年生的秋季采收[5]。乌拉尔甘草主要含有黄酮、三萜、苯丙素、多糖等类成分。迄今为止，已从乌拉尔甘草中分离得到244个化合物，其中黄酮类化合物143个、三萜类化合物44个、苯丙素类化合物36个、其他类化合物21个。本文对乌拉尔甘草的化学成分进行全面的总结归纳，以期为乌拉尔甘草化学成分研究及质量评价体系的建立提供参考。

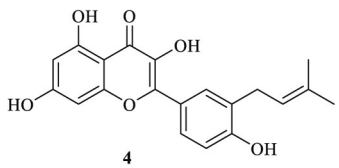
1　黄酮类成分

黄酮类成分是乌拉尔甘草中的主要成分之一，目前从乌拉尔甘草（包括根和根茎、叶和地上部分）中分离得143个黄酮类化合物，具体化合物及结构见图1和表1。

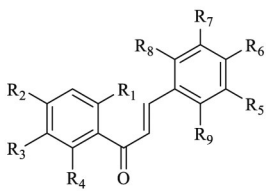
△［基金项目］ 国家自然科学基金项目（81473308）
*［通信作者］ 刘育辰，教授，博士，研究方向：中药及民族药资源分类鉴定与质量控制；E-mail：lyc8564732@163.com



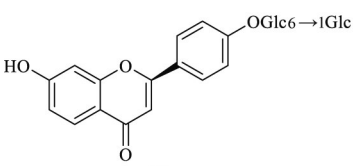




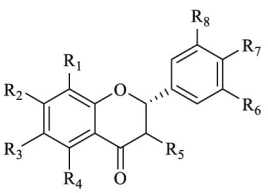
4



1：R_1=R_3=R_4=R_7=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_6=*O*Glc2→1Api5-a
2：R_1=R_3=R_4=R_7=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_6=*O*Glc2→1Api5-b
3：R_1=R_3=R_4=R_7=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_6=*O*Glc2→1Api3acetyl
5：R_1=R_3=R_8=H，R_2=OGlc，R_4=R_5=R_6=R_7=OH
6：R_1=R_3=R_7=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_5=H_2，R_8=e
7：R_1=R_3=R_4=R_7=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_6=*O*Glc6-d
8：R_1=R_3=R_8=H，R_2=R_4=OH，R_5=ORha2→1Ara，R_6=R_7=OCH_3
9：R_1=R_3=R_8=H，R_2=OGlc，R_4=R_5=R_6=OH，R_7=OCH_3
10：R_1=R_3=H，R_2=R_4=R_6=R_7=OH，R_5=H_2，R_8=e
11：R_1=R_8=H，R_2=R_4=R_6=R_7=OH，R_3=e，R_5=H_2
12：R_1=e，R_2=R_4=R_6=R_7=OH，R_3=R_8=H，R_5=H_2
13：R_1=f，R_2=R_4=R_6=R_8=OH，R_3=R_7=H，R_5=H_2
14：R_1=e，R_2=R_4=R_6=OH，R_3=R_7=R_8=H，R_5=H_2
15：R_1=R_7=e，R_2=R_4=R_6=R_8=OH，R_3=H，R_5=H_2

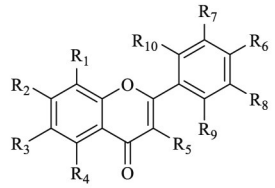


35

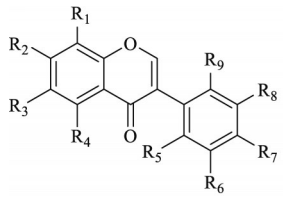


16：R_1=R_6=e，R_2=R_7=OH，R_3=R_4=R_8=H，R_5=H_2
17：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=R_7=OH，R_5=H_2
18：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=*O*Glc
19：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=*O*Glc6acetyl
20：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=*O*Glc2→1Api
21：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=*O*Glc2→1Api5-a
22：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=*O*Glc2→1Api5-b
23：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=*O*Glc2→1Api5-c
24：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OGlc，R_5=H_2，R_7=OCH_3
25：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OGlc，R_5=H_2，R_7=OGlc2→1Api
26：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OGlc，R_5=H_2，R_7=OGlc
27：R_1=R_3=R_6=R_7=R_8=H，R_2=R_4=OH，R_5=H_2
28：R_1=e，R_3=R_6=R_7=R_8=H，R_2=R_4=OH，R_5=H_2
29：R_1=R_3=R_6=H，R_2=R_4=R_8=OH，R_5=H_2，R_7=i
30：R_1=R_4=H，R_2=R_3=R_7=R_8=OH，R_5=H_2，R_6=e
31：R_1=R_4=R_8=H，R_2=R_3=R_7=OH，R_5=H_2，R_6=e
32：R_1=R_3=R_6=R_7=R_8=H，R_2=R_4=R_5=OH
33：R_1=R_6=R_7=H，R_2=R_4=R_8=OH，R_3=e，R_5=H_2
34：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=*O*Glc6→1Glc
36：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=H，R_2=OH，R_5=H_2，R_7=j

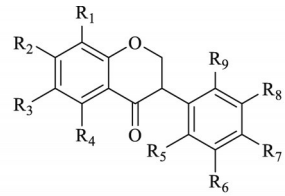
37：R_1=R_4=R_7=R_8=H，R_2=R_3=R_5=R_6=OH，R_9=OCH_3
38：R_1=R_3=R_4=R_5=R_8=H，R_2=R_6=OH，R_7=i，R_9=OCH_3
39：R_1=R_3=R_4=R_5=R_9=H，R_2=R_6=R_7=OH，R_8=OCH_3
40：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_2=R_4=R_6=OH
41：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_2=R_4=OH，R_6=*O*Glc
42：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_2=R_6=OH，R_4=OCH_3
43：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_2=R_4=OH，R_6=*O*Glc2→1Api
44：R_1=R_3=R_4=R_5=R_7=R_9=H，R_2=R_6=OH，R_8=OCH_3
45：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_7=R_6=OH，R_2=*O*Glc2→1Api
46：R_1=R_4=R_7=R_8=H，R_2=R_3=R_5=R_6=OH，R_9=OCH_3
47：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_2=OGlc，R_4=R_6=OH
48：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_2=R_4=OH，R_6=*O*Glc2→1Api5-a
49：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=H，R_2=R_4=OH，R_6=*O*Glc2→1Api5-b
50：R_1=R_3=R_4=R_6=R_8=R_9=H，R_2=R_7=OCH_3，R_5=OH



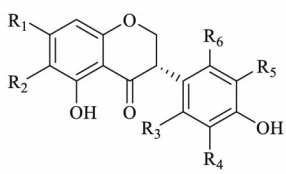
51：R_1=R_3=R_4=R_5=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_6=OH
52：R_1=R_4=R_5=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_6=OH，R_3=e
53：R_1=R_5=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=R_7=OH，R_3=R_8=e
54：R_1=R_3=R_5=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_8=OCH_3
55：R_1=R_3=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=R_7=OH，R_5=*O*Glc6→1Rha
56：R_1=R_3=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_5=*O*Glc6→1Rha，R_8=OCH_3
57：R_1=R_3=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_5=*O*Glc6→1Rha
58：R_1=R_3=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_5=*O*Glc
59：R_1=R_3=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_5=R_6=OH
60：R_1=R_3=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_5=OCH_3
61：R_1=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_3=e，R_5=OCH_3
62：R_1=R_3=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=R_8=OH，R_5=*O*Glc
63：R_1=R_3=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=OH
64：R_1=R_3=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_5=R_6=R_8=OH，R_4=*O*Glc
65：R_1=R_3=R_4=R_5=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_6=R_8=OH
66：R_1=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_5=R_6=OH，R_3=e
67：R_1=R_3=R_6=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_5=OH
68：R_2=R_4=R_5=R_6=R_9=R_{10}=H，R_1=R_8=OH，R_3=*O*Rha
69：R_1=R_3=Glc，R_2=R_4=R_6=OH，R_5=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H
70：R_1=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_5=R_6=OH，R_3=e，R_7=OCH_3
71：R_1=R_2=R_8=R_{10}=H，R_3=R_4=R_6=R_7=OH，R_5=OCH_3，R_9=e
72：R_1=R_3=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_5=R_6=R_7=OH，R_8=e
73：R_1=R_4=R_8=R_9=H，R_2=R_3=R_5=R_6=R_7=OH，R_{10}=e
74：R_1=R_3=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=R_7=OH，R_5=OCH_3，R_8=e
75：R_1=R_5=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=R_8=OH，R_3=e
76：R_1=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_5=R_6=R_8=OH，R_3=e
77：R_1=R_5=R_7=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_3=R_8=e
78：R_1=R_3=R_5=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH
79：R_1=R_3=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_5=OCH_3
80：R_1=R_3=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_4=R_6=OH，R_2=R_5=OCH_3
81：R_1=R_7=R_8=R_9=R_{10}=H，R_2=R_5=OCH_3，R_3=e，R_4=R_6=OH



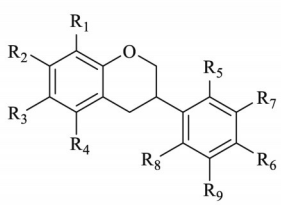
82：R_1=R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=R_4=R_7=OH
83：R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=j，R_7=OH
84：R_1=e，R_3=R_5=R_6=H，R_2=R_4=R_7=R_9=OH，R_8=prenyl
85：R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=OH，R_7=OCH_3
86：R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=*O*Glc，R_7=OCH_3
87：R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=OCH_3，R_7=OGlc
88：R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=*O*Glc2→1Api，R_7=OCH_3
89：R_1=R_3=R_4=R_8=H，R_2=R_9=OH，R_5=R_7=OCH_3，R_6=e
90：R_1=R_5=R_6=R_8=H，R_2=OCH_3，R_3=e，R_4=R_7=R_9=OH
91：R_1=R_3=R_5=R_6=R_9=H，R_2=R_4=R_7=R_8=OH
92：R_1=R_3=e，R_2=R_4=R_7=R_8=OH，R_5=R_6=R_9=H
93：R_1=R_3=e，R_2=R_4=R_7=OH，R_5=R_6=R_8=R_9=H
94：R_1=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=R_4=OH，R_3=e，R_7=OCH_3
95：R_1=R_5=R_6=R_9=H，R_2=R_4=R_8=OH，R_3=e，R_7=OCH_3
96：R_1=f，R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=R_4=R_7=OH
97：R_1=f，R_3=R_5=R_6=R_9=H，R_2=R_4=R_8=OH，R_7=OCH_3
98：R_1=e，R_3=R_5=R_6=R_9=H，R_2=R_4=R_7=R_8=OH
99：R_1=e，R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=R_4=OH，R_7=OCH_3
100：R_1=R_6=R_8=R_9=H，R_2=R_4=R_5=OH，R_3=e，R_7=OCH_3
101：R_1=R_5=R_6=R_8=R_9=H，R_2=OCH_3，R_3=e，R_4=R_7=OH
102：R_1=e，R_2=R_4=R_7=OH，R_3=R_5=R_6=R_8=R_9=H
103：R_1=R_5=R_9=H，R_2=R_4=R_8=OH，R_3=e，R_6=k
104：R_1=R_3=R_5=R_6=H，R_2=R_4=R_7=OH，R_8=m
105：R_1=R_8=R_9=H，R_2=OCH_3，R_4=R_5=R_7=OH，R_3=R_6=e
106：R_1=R_3=e，R_2=R_4=R_7=OH，R_8=R_9=H，R_6=n
107：R_1=R_3=R_5=R_9=H，R_2=R_4=R_8=OH，R_6=k
108：R_1=R_3=R_5=R_6=R_9=H，R_2=R_4=R_9=OH，R_8=k
109：R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=H，R_2=R_9=OH，R_8=k
110：R_1=R_3=R_5=R_9=H，R_2=R_4=R_6=R_7=OH，R_8=e
111：R_1=R_3=R_5=R_9=H，R_2=R_6=R_7=OH，R_4=OCH_3，R_8=e
112：R_1=R_3=R_5=R_9=H，R_2=R_4=R_6=OH，R_8=k
113：R_1=R_5=R_9=H，R_2=R_4=R_7=R_8=OH，R_3=R_6=e
114：R_1=R_3=R_5=R_6=R_9=H，R_2=R_4=R_8=OH，R_7=OCH_3
115：R_1=R_7=OCH_3，R_2=OH，R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=R_9=H
116：R_1=R_3=R_4=R_5=R_6=R_8=H，R_2=R_9=OH，R_7=OCH_3



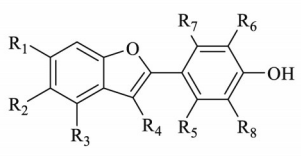
117：R_1=R_8=R_9=H，R_2=R_4=R_5=R_7=OH，R_3=R_6=e
118：R_1=R_3=R_5=R_6=H，R_2=R_4=R_9=OH，R_8=k



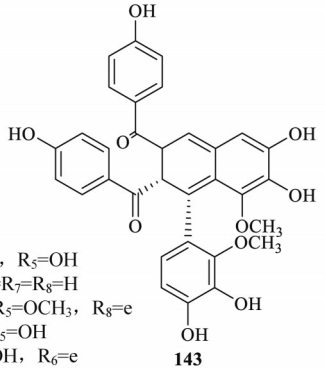
119：R_1=R_6=OH，R_2=R_3=R_4=H，R_5=e
120：R_1=R_6=OH，R_2=R_3=R_4=H，R_5=e
121：R_1=OCH_3，R_2=e，R_2=OH，R_4=R_5=R_6=H



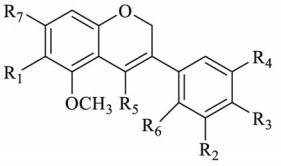
122：R_1=R_3=R_4=R_5=R_7=R_9=H，R_2=*O*Glc，R_6=OCH_3，R_8=OH
123：R_1=R_3=R_4=R_5=R_7=R_9=H，R_2=R_8=OH，R_6=OCH_3
124：R_1=R_5=R_7=H，R_2=R_6=R_8=OH，R_3=R_9=e，R_4=OCH_3
125：R_1=R_5=R_7=H，R_2=R_4=OCH_3，R_6=R_8=OH，R_3=R_9=e
126：R_1=R_5=R_7=R_8=H，R_2=R_4=OCH_3，R_6=R_9=OH，R_3=e
127：R_1=R_5=R_7=R_8=H，R_2=R_6=R_9=OH，R_3=e，R_4=OCH_3
128：R_1=R_3=R_8=R_9=H，R_2=R_6=OH，R_7=n，R_4=OCH_3
129：R_1=h，R_2=R_8=OH，R_3=R_5=R_7=H，R_4=R_6=OCH_3，R_9=e
130：R_1=h，R_2=R_6=R_8=OH，R_3=R_5=R_7=H，R_4=OCH_3，R_9=e
131：R_1=h，R_2=R_6=OH，R_3=R_5=R_7=H，R_4=OCH_3，R_9=p
132：R_1=R_5=R_7=H，R_3=q，R_6=R_8=OH，R_4=OCH_3，R_9=e
133：R_1=R_5=R_7=H，R_2=R_4=OCH_3，R_3=e，R_6=OH，R_9=p
134：R_1=R_5=R_7=H，R_3=q，R_4=OCH_3，R_6=OH，R_9=p
135：R_1=R_3=R_4=R_7=R_8=R_9=H，R_2=R_6=OH，R_5=OCH_3



138：R_1=R_3=OCH_3，R_2=e，R_4=R_6=R_7=R_8=H，R_5=OH
139：R_1=R_5=OH，R_2=e，R_3=OCH_3，R_4=R_6=R_7=R_8=H
140：R_1=R_7=OH，R_2=R_3=R_6=H，R_4=CH_3，R_5=OCH_3，R_8=e
141：R_2=z，R_3=OCH_3，R_4=R_6=R_7=R_8=H，R_5=OH
142：R_1=R_2=OCH_3，R_3=R_5=R_7=R_8=H，R_4=OH，R_6=e



143



136：R_1=e，R_2=R_4=R_5=H，R_3=R_6=R_7=OH
137：R_1=e，R_2=R_4=R_5=H，R_3=R_6=OH，R_7=OCH_3

注：～～～～～ 表示与母核的链接位置；Glc. *β*-*D*-葡萄糖基；Rha. *α*-*L*-鼠李糖基；Api. *β*-*D*-芹糖基；Ara. *β*-*L*-阿拉伯糖。

图 1　乌拉尔甘草中黄酮类化合物结构

表 1　乌拉尔甘草中黄酮类化合物

序号	化合物名称	参考文献	序号	化合物名称	参考文献
1	licorice-glycoside C1	[6]	**37**	licochalcone	[29]
2	licorice-glycoside D1	[6]	**38**	甘草查耳酮甲（licochalcone A）	[18]
3	liquiritigenin-4′-*O*-[*β* -*D*-(3-*O*-acetyl)-apiofuranosyl-(1→2)]-*β*-*D*-glucopyranoside	[7]	**39**	甘草查耳酮乙（licochalcone B）	[8]
4	异甘草黄酮醇（isolicoflavonol）	[8]	**40**	异甘草素（isoliquirtigenin）	[30]
5	5,7,3′,4′-四羟基-7-葡萄糖基-二氢黄酮醇（5,7,3′,4′-tetrahydroxy-7-gluflavanones）	[9]	**41**	异甘草苷（isoliquiritin）	[31]
6	3′-prenylnaringenin	[10]	**42**	2′-甲基-异甘草素（2′-methoxyisoliquirtigenin）	[21]
7	7-hydroxyl-4′-*O*-*β*-*D*-(6″-*O*-*α*-hydroxylpropionyl) glucopyranosyldihydroflavone	[11]	**43**	异甘草素-葡萄糖芹糖（isoliquiritin-apioside）	[32]
8	5,7-二羟基-3′,4′-二甲氧基二氢黄酮醇-3-*O*-阿拉伯糖基-鼠李糖苷（5, 7-dihydroxyl-3′, 4′-dimethoxyl-3-arabinosyl-rhamnosyl-flavononol）*	[12]	**44**	刺甘草查耳酮（echinatin）	[18]
9	3,4′,5-三羟基-3′-甲氧基二氢黄酮醇-7-*O*-葡萄糖苷（3,4′,5-trhydroxyl-3′-methyoxyl-7-*O*-glucosyl-flavononol）*	[12]	**45**	licraside	[23]
10	乌拉尔宁（uralenin）*	[13]	**46**	tetrahydroxymethoxychalcone	[6]
11	6-dimethylallyleriodictyol(6-prenyleriodictyol)*	[14]	**47**	新异甘草苷（neoisoliquiritin）	[22]
12	8-prenyleriodicictyol*	[14-15]	**48**	licorice-glycoside A	[22]
13	licoleafol*	[14]	**49**	licorice-glycoside B	[22]
14	sophoraflavanone B*	[14]	**50**	3,4′-dimethoxy-5-hydroxychalone	[33]
15	gancaonin E*	[16]	**51**	4′,7-二羟基黄酮（4′,7-dihydroxyflavone）*	[18]
16	glabrol	[17]	**52**	甘草黄酮A（licoflavone A）*	[18]
17	甘草素（liquiritigenin）	[18-21]	**53**	6,5′-二异戊烯基木犀草（6,5′-diprenylluteolin）*	[18]
18	甘草苷（liquiritin）	[22-23]	**54**	金圣草素（chrysoeriol）*	[18]
19	6″-乙酰基甘草苷（6″-*O*-acetylliquiritin）	[24]	**55**	芦丁（rutin）*	[34]
20	甘草素-4′-芹糖苷[liquiritigenin-4′-apiosyl-(1→2) glucoside]	[18]	**56**	异鼠李素-3-*O*-芸香苷（narcissin）*	[34]
21	licorice-glycoside C2	[6]	**57**	山柰酚-3-*O*-芸香苷（nicotiflorin）*	[34]
22	licorice-glycoside D2	[6]	**58**	山柰酚-3-*O*-葡萄糖苷（kaempferol-3-*O*-glucoside）*	[34]
23	licorice-glycoside E	[6]	**59**	山柰酚（kaempferol）	[10]
24	4′-methylglucoliquiritigenin	[23]	**60**	kaempferol-3-*O*-methyl ether	[10]
25	glucoliquiritin-4′-apioside	[23]	**61**	topazolin	[10]
26	甘草素-7,4′-二葡萄糖苷（liquiritigenin-7,4′-diglucoside）	[22]	**62**	槲皮素-3-*O*-葡萄糖苷（quercetin3-*O*-glucoside）*	[18]
27	pinocembrin*	[25-26]	**63**	槲皮素（quercetin）*	[35-36]
28	光甘草定（glabranin）*	[26]	**64**	虎耳草苷（saxifragin）	[37]
29	羟基甘草黄烷酮（hydroxyglycyrrhizin flavanone）*	[27]	**65**	3′,4′,7-三羟基黄酮（3′,4′,7-tryhydroxy-flavone）	[6]
30	sigmoidin B*	[27]	**66**	licoflavonol	[38]
31	licoflavanone*	[27]	**67**	高粱姜苏（galangin）*	[26]
32	短叶松素（pinobanksin）*	[27]	**68**	8,5′-二羟基-3′-*α*-鼠李糖黄酮（8,5′-dihydroxy-3′-*α*-rhamnosyl-flavone）*	[26-27]
33	6-异戊烯基柚皮素（6-prenylnaringenin）*	[27]	**69**	洋芹素-6,8-*C*-二葡萄糖苷（vicenin-2）*	[12,15]
34	(2*S*)-甘草素-4′-*O*-*β*-*D*-葡萄糖-(1→6)-*O*-*β*-*D*-葡萄糖[(2S)-liquiritigenin-4′-*O*-*β*-*D*-glucopyranosyl-(1→6)-*O*-*β*-*D*-glucopyranoside]	[28]	**70**	甘草宁-P-3′-甲醚（gancaonin-P-3′-methylether）*	[15]
35	(2*R*)-甘草素-4′-*O*-*β*-*D*-葡萄糖基-(1→6)-*O*-*β*-*D*-葡萄糖苷[(2*R*)-liquiritigenin-4′-*O*-*β*-*D*-glucopyranosyl-(1→6)-*O*-*β*-*D*-glucopyranoside]	[28]	**71**	乌拉尔素（uralene）*	[35-36]
36	crotoliquiritin	[29]	**72**	乌拉尔醇（uralenol）*	[13]

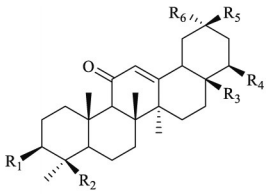
续表1

序号	化合物名称	参考文献	序号	化合物名称	参考文献
73	新乌拉尔醇（neouralenol）*	[13]	**109**	glabrone	[18]
74	乌拉尔醇-3-甲醚（uraienol-3-methylether）*	[35-36]	**110**	licoisoflavone A	[30]
75	gancaonin O*	[39]	**111**	glisoflavone	[30]
76	gancaonin P*	[39]	**112**	cycloglycyrrhisoflavone	[30]
77	gancaonin Q*	[40]	**113**	isoangustone A	[38]
78	apigenin	[30]	**114**	红车轴草素（pratensein）	[27]
79	isokaempferide	[30]	**115**	8-甲雷杜辛（8-methylretusin）	[41]
80	华良姜素（kumatakenin）	[21,39]	**116**	2′-羟基刺芒柄花素（2′-hydroxyformononetin）	[46]
81	3,7-二甲基甘草黄酮醇（3,7-dimethyl licoflavonol）	[41]	**117**	glisoflavanone	[10]
82	染料木素（genistein）*	[27]	**118**	licoisoflavanone	[17]
83	ammopiptanoside A	[29]	**119**	dihydrolicoisoflavone A	[8]
84	2′-hydroxyisolupalbigenimn	[41]	**120**	glyasperin B	[19]
85	芒柄花素（formononetin）*	[16-17]	**121**	kanzonol G	[47]
86	芒柄花苷（ononin）	[21]	**122**	vestitol glucoside	[6]
87	异芒柄花苷（isoononin）	[22]	**123**	vestitol	[8]
88	黄甘草苷 glycyroside	[6]	**124**	licoricidin	[44]
89	甘草利酮（licoricone）	[42]	**125**	licorisoflavan A	[47]
90	7-*O*-methylluteone	[10]	**126**	glyasperin D	[47]
91	orobol	[7]	**127**	glyasperin C	[21]
92	6,8-diprenylorobol	[8]	**128**	gancaonol C	[21]
93	6,8-diisoprenyl-5,7,4′-tri-hydroxyisoflavone	[43-44]	**129**	kanzonol M	[48]
94	gancaonin A*	[16]	**130**	kanzonol N	[48]
95	gancaonin B*	[16]	**131**	kanzonol O	[48]
96	gancaonin C	[16]	**132**	kanzonol H	[47]
97	gancaonin D	[16]	**133**	kanzonol I	[47]
98	gancaonin L*	[39]	**134**	kanzonol J	[47]
99	gancaonin M*	[39]	**135**	异驴食草酚（isovestitol ）	[41]
100	gancaonin N*	[39]	**136**	dehydroglyasperin C	[19]
101	gancaonin G	[43]	**137**	dehydroglyasperin D	[19]
102	lupiwighteone*	[8,16]	**138**	gancaonin I	[38]
103	gancaonin H	[23]	**139**	licocoumarone	[30]
104	allolicoisoflavone B	[10]	**140**	glycybenzofuran	[30]
105	kanzonol K	[45]	**141**	cyclolicocoumarone	[30]
106	kanzonol L	[45]	**142**	甘草新木脂素（liconeolignan）	[49]
107	semilicoisoflavone B	[38]	**143**	甘草双查耳酮（licobichalcone）	[18]
108	licoisoflavone B	[17]			

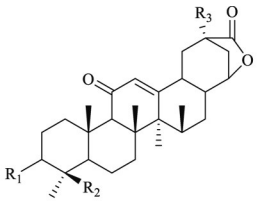
注：*表示从甘草的非药用部位（甘草叶子或地上部分）分离得到的化合物；下同。

2　三萜类化合物

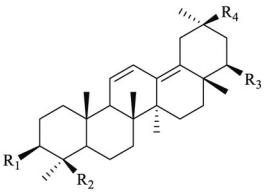
乌拉尔甘草中主要的三萜皂苷是甘草酸，其钾、钙盐为甘草甜素，是其甜味成分。此外，乌拉尔甘草中还含有甘草皂苷 A3、B2、C2[50]、D3、E2、F3、G2、H2、J2、K2[51]、L3[31]等三萜皂苷及甘草次酸[31]、甘草次酸甲酯、24-羟基甘草次酸甲酯、甘草内酯、3β,2,4-二羟基齐墩果-11,13（18）-二烯-30羧酸甲酯[52]等三萜皂苷元。截至目前，还未在乌拉尔甘草的地上部分中发现皂苷类成分。从乌拉尔甘草中分离得到的三萜皂苷均为3β-羟基齐墩果烷型化合物的衍生物。大多数C_{11}上有酮基，C_{12}与C_{13}之间有双键，形成α，β不饱和酮的结构。羧基多连在C_{30}上，个别也有连在C_{27}、C_{28}和C_{29}上，C_{30}上的羧基易与C_{22}形成内酯环。C_{18}-H构型大多数是β构型，少数为α构型。甘草中的苷类多为双糖苷，少数为三糖苷，没有单糖苷。具体化合物及结构见图2和表2。



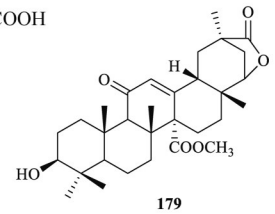
144：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
145：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A 6 methyl，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
146：R_1=*O*Glu A 2→1 Api，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
147：R_1=*O*Glu A 2→1 Ara，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
148：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=CH_2OH
149：R_1=*O*Glu A 3→1 Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
150：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOGlc
153：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=CH_2OH，R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
154：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=CH_3，R_4=R_5=H，R_6=COOH
157：R_1=OH，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=$COOCH_3$
158：R_1=OH，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
159：R_1=OH，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=$COOCH_3$，R_5=COOH
160：R_1=$COOCH_3$，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
161：R_1=OH，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
162：R_1= =O，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH
163：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=$COOCH_3$，R_5=CHO
164：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_6=CH_3，R_4=$COOCH_3$，R_5=COOH
165：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_5=$COOR_4$
167：R_1=OH，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_5=$COOR_4$
168：R_1=OH，R_2=CH_2OH，R_3=R_6=CH_3，R_5=$COOR_4$
172：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=OH，R_5=CH_2OH
175：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=CH_2OH，R_3=R_6=CH_3，R_4=$COOCH_3$，R_5=COOH
180：R_1=R_4=H，R_2=R_3=CH_3，R_5=$COOCH_3$，R_6=OH
181：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=R_3=CH_3，R_4=H，R_5=COOH，R_6=CH_2OH
184：R_1=COOH，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=H，R_5=COOH



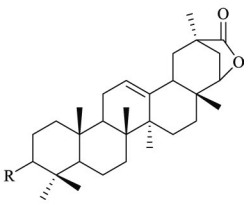
169：R_1=COOH，R_2=R_3=CH_3
170：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A 6methyl，R_2=CH_2OH，R_3=CH_3
171：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A，R_2=CH_2OH，R_3=CH_3
173：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A，R_2=CH_2OH，R_3=COOH
174：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A，R_2=CH_3，R_3=CH_2OH



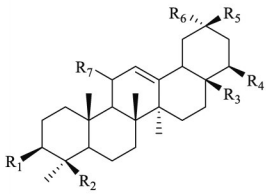
176：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A，R_2=CH_3，R_3=R_4=H
177：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A，R_2=CH_2OH，R_3=H，R_4=COOH
178：R_1=R_3=H，R_2=CH_2OH，R_4=$COOCH_3$



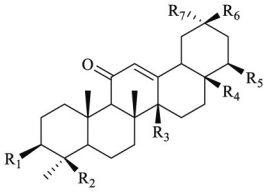
179



166：R=*O*Glu A 2→1 Glu A 2→1 Rha



151：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A 2→1Glu A，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=R_7=H，R_5=COOH
152：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A 2→1Rha，R_2=R_3=R_6=CH_3，R_4=$COOCH_3$，R_5=COOH，R_7=H
155：R_1=*O*Glu A 2→1 Glu A，R_2=CH_2OH，R_3=R_6=CH_3，R_4=R_7=H，R_5=COOH
156：R_1=*O*Glu A 2→1 Ara 2→1 Rha，R_2=CH_2OH，R_3=R_6=CH_3，R_4=$OCOCH_3$，R_5=COOH，R_7=H



182：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A 2→1Glu A，R_2=R_3=R_7=CH_3，R_4=H，R_5=$OOCH_3$，R_6=CH_3OH
183：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A 2→1Rha，R_2=R_3=R_4=R_7=CH_3，R_5=$COOCH_3$，R_6=CHO
185：R_1=Glc，R_2=R_4=R_7=CH_3，R_3=R_5=H，R_6=COOH
186：R_1=OH，R_2=R_3=R_6=R_7=CH_3，R_4=COOH，R_5=H
187：R_1=*O*Glu A2→1 Glu A，R_2=R_4=R_7=CH_3，R_3=R_5=H，R_6=COOH

图 2　乌拉尔甘草中三萜类化合物结构

3　苯丙素类化合物

乌拉尔甘草中分离得到的苯丙素类化合物有 36 个，包括香豆素和木脂素类。有报道表明，甘草香豆素是乌拉尔甘草中的特有成分[62]，但也有文献报道，在胀果甘草中检测到甘草香豆素，其质量分数为 0.017% ~ 0.188%[63]，究竟甘草香豆素是否是乌拉尔甘草中的特有成分需要进一步研究。乌拉尔甘草中苯丙素类化合物及结构见表 3 和图 3。

表 2　乌拉尔甘草中三萜类化合物

序号	化合物名称	参考文献	序号	化合物名称	参考文献
144	甘草酸（glycyrrhizin）	[50]	**166**	licorice-saponin F3	[51]
145	glycyrrhizin methyl ester	[53]	**167**	甘草内酯（glabrolide）	[52]
146	apioglycyrrhizin	[31]	**168**	24-羟基甘草次酸内酯（24-hydroxy glabrolide）	[52]
147	araboglycyrrhizin	[31]	**169**	3*β*-甲酰基甘草内酯（3*β*-formylglabrolide）	[24]
148	3*β*-*O*-[*β*-*D*-glucuronopyranosyl-(1→2)-*β*-*D*-glucuronopyranosyl]-glycyrretol	[54]	**170**	3-*O*- [*β* -*D*- (6-methyl)glucuronopyranosyl (1→2) - *β* -*D*-glucuronopyranosyl]-24-hydroxy-glabrolide）	[25]
149	甘草皂苷乙（uralsaponinB）	[55]	**171**	3-*O*-[*β*-*D*-glucuronopy-ranosyl (1→2)-*D*-glucuronopyranosyl]-24-hydroxy-glabrolide}	[53]
150	licorice-saponin A3	[50]	**172**	uralsaponin C	[53]
151	licorice-saponin B2	[50]	**173**	uralsaponin D	[53]
152	licorice-saponin D3	[51]	**174**	uralsaponin E	[53]
153	licorice-saponin G2	[51]	**175**	uralsaponin F	[53]
154	licorice-saponin H2	[51]	**176**	licorice-saponin C2	[50]
155	licorice-saponin J2	[51]	**177**	licorice-saponin K2	[51]
156	licorice-saponin L3	[31]	**178**	3*β*,2,4-二羟基齐墩果-11,13(18)-二烯-30羧酸甲酯	[52]
157	甘草次酸甲酯（methyl glyeyrrhetate）	[52]	**179**	甘乌内酯（glyuranolide）	[56]
158	24羟基甘草次酸甲酯（methyl24-hydroxyglyoyrrhetate）	[52]	**180**	18*α*-羟基甘草次酸甲酯（methyl-18-hydroxyglyoyrrhetate）	[57]
159	22*β*-乙酰基光甘草酸（22*β*-acetylglabric acid）	[24]	**181**	18*α*-甘草酸（18*α*-glycyrrhizin）	[31]
160	3*β*-乙酰基甘草次酸（3*β*-acetylglycyrrhetic acid）	[24]	**182**	22*β*-乙酰基乌拉尔甘草皂苷C（22*β*-acetyl-uralsaponin C）	[58]
161	甘草次酸（glycyrrhetic acid）	[31]	**183**	22*β*-乙酰基甘草醛（22*β*-acetoxyl-glycyrrhaldehyde）	[32]
162	3-氧化甘草次酸	[24]	**184**	3-羰基甘草次酸（3-oxo-glycyrrhetinic acid ）	[59]
163	22*β*-乙酰基甘草醛（22*β*-acetoxyl-glycyrrhaldehyde）	[32]	**185**	单葡萄糖醛酸基甘草次酸（glycyrrhetic acid monoglucuronide）	[60]
164	22*β*-乙酰基甘草（22*β*-acetoxyl-glycyrrhizin）	[32]	**186**	齐敦果酸（oleamolic acid）	[61]
165	licorice-saponin E2	[25]	**187**	macedonside E	[58]

表 3　乌拉尔甘草中苯丙素类化合物

序号	化合物名称	参考文献	序号	化合物名称	参考文献
188	glycyrrhizol A	[43]	**206**	异甘草香豆素（isoglycycoumarin）	[30]
189	glycyrrhizol B	[43]	**207**	甘草香豆素（glycycoumarin）	[64]
190	1-methoxyficifolinol	[47]	**208**	scopoletin*	[16]
191	美迪紫檀素-3-*O*-葡萄糖苷（medicarprin-*O*-glucoside）	[18]	**209**	kanzonol Q	[48]
192	medicarpin	[38]	**210**	6,7-二羟基香豆素（6,7-dihydoxy coumarin）	[18]
193	1-*O*-methoxyphaseollidin	[38]	**211**	gancaonin R*	[14]
194	kanzonol F	[47]	**212**	uralstillbene*	[14]
195	kanzonol P	[48]	**213**	gancaonin S*	[40]
196	甘草醇（glycyrol）	[23]	**214**	gancaonin T*	[40]
197	5-*O*-methylglycryol	[43]	**215**	槐香豆素C（sophoracoumestan C）	[59]
198	glycyrrhisoflavone	[23]	**216**	红花岩黄芪香豆雌酚B（hedysarimcoumestan B）	[61]
199	异甘草醇（isoglycyrol）	[23]	**217**	红花岩黄芪香豆雌酚E（hedysarimcoumestan E）	[61]
200	licopyranocoumarin	[43]	**218**	7,2′,4′-三羟基-5-甲氧基-3-芳香豆素（7,2′,4′-trihydroxy-5-methoxy-3-arylcoumarin）	[61]
201	gancaonol A	[23]	**219**	咖啡酸二十二酯（docosyl caffeate）	[61]
202	gancaonol B	[23]	**220**	trifoliol	[59]
203	licofuranocoumarin	[6]	**221**	glycyuralin Q	[59]
204	isotrifoliol	[10]	**222**	glycyuralin R	[59]
205	新甘草酚（neoglycyrol）	[20]	**223**	liquiritcoumarin	[29]

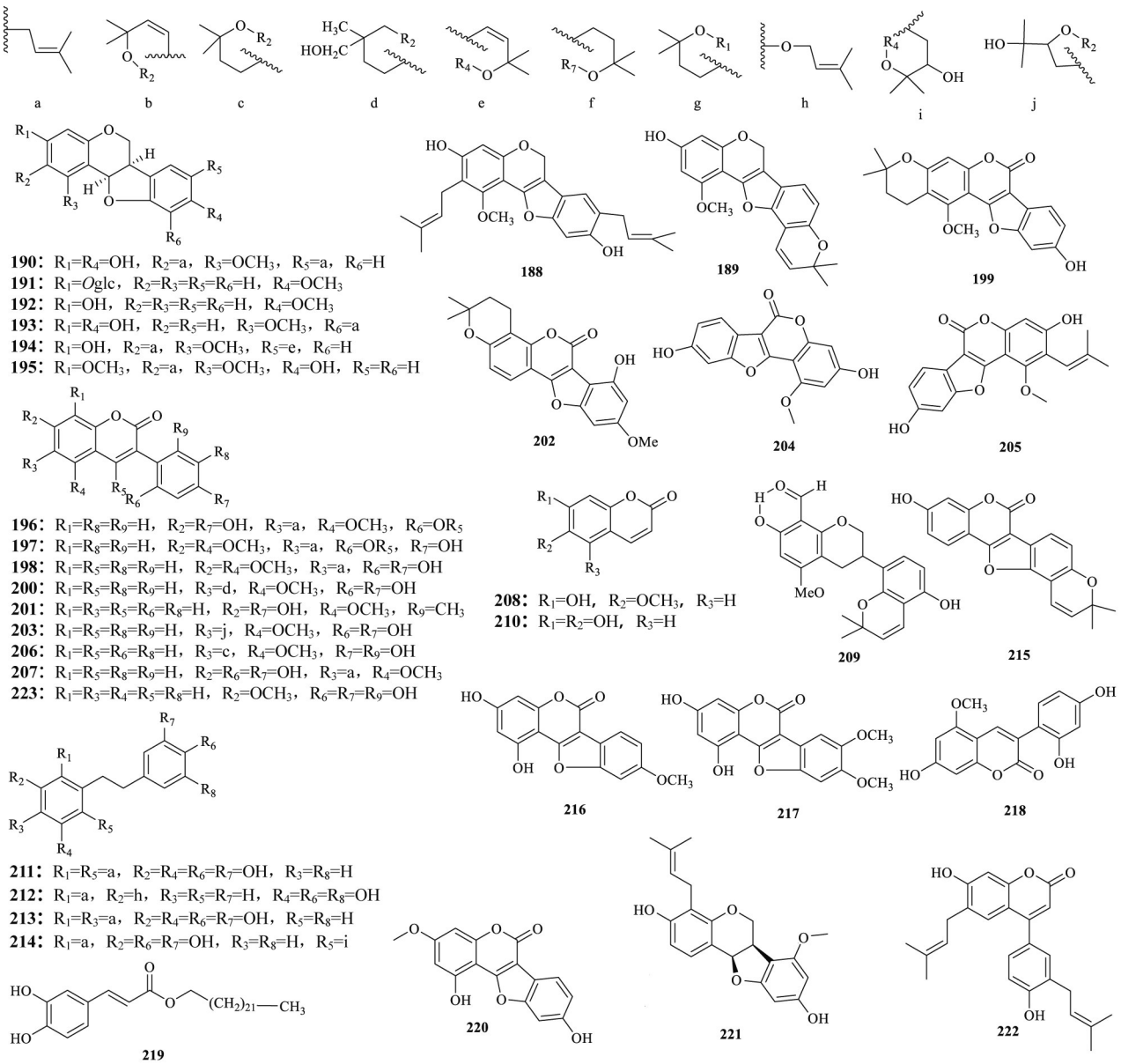


图3　乌拉尔甘草中苯丙素类化合物结构

4　其他成分

甘草中还含有多糖、脂肪酸和生物碱等类成分，见表4。

5　结语与展望

乌拉尔甘草作为甘草药材的主要来源，黄酮类和三萜类成分是其主要成分。截至目前，已从乌拉尔甘草中分离得到143个黄酮类化合物，其中苷类有37个，苷元有106个，从中可以看出甘草中含黄酮苷元较多，个数是苷类的近3倍。根和根茎中主要含有异黄酮和二氢黄酮（醇），其次是异黄烷和黄酮（醇），根和根茎中黄酮类化合物数量（99个）占黄酮总数的69%；叶子和地上部分共分离得到44个黄酮类化合物，其中绝大多数是苷元类化合物，只有少量的苷类化合物。三萜类化合物是乌拉尔甘草另一类主要成分，经统计，从甘草中分离得到三萜类化合物44个。研究发现，只是在乌拉尔甘草根和根茎中发现三萜类成分，而地上部分尚未发现。此外，乌拉尔甘草中还含有苯丙素类、多糖类成分。

虽然乌拉尔甘草的化学成分研究已开展多年，

表 4　乌拉尔甘草中的其他成分

序号	化合物名称	参考文献	序号	化合物名称	参考文献
224	十一烷酸-2-对羟基苯基乙酯[undecanoic acid 2-(4-hydroxyphenyl)ethyl ester]*	[18]	**235**	β-谷甾醇（β-sitosterol）	[20]
225	l-二十二烷酸-2,3-异亚丙基甘油酯[docosanoic acid(2,2-dimethyl-1,3-dixolan-4-yl)methyl ester]*	[18]	**236**	桦木酸甲酯（betulinic acid methyl ester）	[44]
226	对羟基苯甲酸（*p*-hydroxybenic acid）*	[18]	**237**	正二十三烷（tricosane）	[20]
227	l-二十二烷酸甘油酯（docosanoic acid 2,3-dihydroxypropyl esster）*	[18]	**238**	正二十六烷（hexacosane）	[20]
228	l-二十四烷酸甘油酯（tetracosanoic acid 2,3-dihydroxypropyl esster）*	[18]	**239**	正二十七烷（heptacosane）	[20]
229	l-(22-羟基二十二烷酸)甘油酯（docosanoic acid 22-hydroxy-2,3-dihydroxypropyl esster）*	[18]	**240**	5,6,7,8-tetrahydro-2,4-dimethylquinoline	[65]
230	1-(24-羟基二十四烷酸)甘油酯（tetracosanoic acid 24-hydroxy-2,3-dihydroxypropyl esster）*	[18]	**241**	5,6,7,8-tetrahydro-4-methylquinoline	[65]
231	棕榈酸（hexadecanoic acid）*	[18]	**242**	licoriphenone	[46]
232	乌拉尔新苷（uralenneoside）*	[34]	**243**	11-hydroxy-9(*Z*),12(*Z*)-octadecadienoic acid	[46]
233	阿魏酸（ferulic acid）	[9]	**244**	11-hydroxy-9(*E*),12(*E*)-octadecadienoic acid	[46]
234	α, α′-dihydro-3, 5, 3′-trihydroxy-4′-methoxy-5′-isopentenyl-stilbene	[27]			

但是与其功效的关联性研究还不够，还需要进一步深入研究。随着甘草在医药、食品、日用品等领域的广泛应用，对甘草的需求急剧增加，其野生资源量也在锐减，因此，建立规范的甘草种植基地，提高甘草的质量，增加供给是理想的出路之一。此外，对甘草药渣和地上部分的充分利用研究也为解决其资源紧缺问题提供了可行的研究方向。

参考文献

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:88.

[2] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志:第42卷[M]. 北京:科学出版社,2004:42,167.

[3] 杨豆,张卫波. 甘草化学成分及药理作用研究[J]. 湖南饲料,2017(3):21-23.

[4] 刘洋洋,刘春生,曾斌芳,等. 甘草种质资源研究进展[J]. 中草药,2013,44(24):3593-3598.

[5] 叶菊,邱黛玉,曾擎义,等. 不同采收期各品种甘草产量和有效成分的比较[J]. 中成药,2016,38(5):1088-1092.

[6] HATANO T, TAKAGI M, ITO H, et al. Acylated flavonoid glycosides and accompanying phenolics from licorice[J]. Phytochemistry, 1998, 47(2): 287-293.

[7] 殷生章. 一个新的二氢黄酮甙[J]. 中国药科大学学报, 1999, 30(1): 19-20.

[8] FUKAI T, MARUMO A, KAITOU K, et al. Anti-*Helicobacter pylori* flavonoids from licorice extract[J]. Life Sci, 2002, 71(12): 1449-1463.

[9] 吴汉夔,赵芸,牟新利,等. 新疆甘草化学成分研究[J]. 天然产物研究与开发,2006,18(3):415-417.

[10] HATANO T, AGA Y, SHINTANI Y, et al. Minor flavonoids from licorice[J]. Phytochemistry, 2000, 55(8): 959-963.

[11] LIU H X, LIN W H, YANG J S. A new dihydroflavone glycoside from *Glycyrrhiza uralensis*[J]. Chin Chem Lett, 2004, 15(8): 925-926.

[12] 李树殿,富力,鲁岐,等. 乌拉尔甘草叶中黄酮类化学成分研究[J]. 吉林农业大学学报,1996,18(2):32-34.

[13] 贾世山,马超美,王建民. 甘草叶中黄酮类成分的化学研究[J]. 药学学报,1990,25(10):758-762.

[14] HAYASHI H, ZHANG S L, NAKAIZUMI T, et al. Field survey of *Glycyrrhiza* plants in central Asia (2). Characterization of phenolics and their variation in the leaves of *Glycyrrhiza* plants collected in Kazakhstan[J]. Chem Pharm Bull, 2003, 51(10): 1147-1152.

[15] 贾世山,刘冬,王红勤,等. 甘草叶中甘草宁P-3′-甲醚的分离和鉴定[J]. 药学学报,1993,28(8):623-625.

[16] NOMURA T, FUKAI T, WANG Q H. Four new prenylated flavonoids from aerial parts of *Glycyrrhiza uralensis*[J]. Heterocycles, 1989, 29(7): 1369.

[17] SAITOH T, NOGUCHI H, SHIBATA S. A new isoflavone and the corresponding isoflavanone of licorice root[J]. Chem Pharm Bull, 1978, 26(1): 144-147.

[18] 白虹. 栽培乌拉尔甘草和直立白薇的化学成分研究[D]. 沈阳:沈阳药科大学,2005.

[19] MIMAKI Y, AL E. Phenolics with PPAR-γ ligand-binding activity obtained from licorice (*Glycyrrhiza uralensis* roots) and ameliorative effects of glycyrin on genetically

diabetic KK-A^{y} mice [J]. Chem Inform, 2004, doi: 10.1002/chin.200414234.

[20] 王彩兰,张如意,韩永生,等. 乌拉尔甘草中新香豆素的化学研究[J]. 药学学报,1991,26(2):147-151.

[21] RYU Y B, KIM J H, PARK S J, et al. Inhibition of neuraminidase activity by polyphenol compounds isolated from the roots of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Bioorg Med Chem Lett,2010,20(3):971-974.

[22] 张海军,刘援,张如意. 乌拉尔甘草中黄酮甙类成分的研究[J]. 药学学报,1994,29(6):471-474.

[23] SHUL′S E E, PETROVA T N, SHAKIROV M M, et al. Flavonoids of roots of *Glycyrrhiza uralensis* growing in Siberia[J]. Chem Nat Compd,2000,36(4):362-368.

[24] 沈凤嘉,胡金锋,虞亚川,等. 乌拉尔甘草化学成分的研究[J]. 高等学校化学学报,1995,16(4):572-574.

[25] 朱绪民,邸迎彤,彭树林,等. 乌拉尔甘草中的化学成分[J]. 中草药,2003,34(3):198-201.

[26] YULDASHEV M P. Flavonoids of the epigeal part of *Glycyrrhiza uralensis*[J]. Chem Nat Compd,1998,34(4):508-509.

[27] 周彪,万传星. 甘草地上部分化学成分研究[J]. 中草药,2016,47(1):21-25.

[28] 刘圆圆,杨桠楠,王尉,等. 乌拉尔甘草中两个新的二氢黄酮苷类成分[J]. 药学学报,2017,52(6):948-951.

[29] WANG M M, YANG W J, LIU X Q, et al. Two new compounds with Nrf2 inducing activity from *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Nat Prod Res, 2020, doi: 10.1080/14786419.2020.1715398.

[30] LI S, LI W, WANG Y, et al. Prenylflavonoids from *Glycyrrhiza uralensis* and their protein tyrosine phosphatase-1B inhibitory activities [J]. Bioorg Med Chem Lett,2010,20(18):5398-5401.

[31] KITAGAWA I, HORI K, UCHIDA E, et al. Saponin and sapogenol. L. on the constituents of the roots of *Glycyrrhiza uralensis* Fischer from Xinjiang, China. chemical structures of licorice-saponin L3 and isoliquiritin apioside[J]. Chem Pharm Bull,1993,41(9):1567-1572.

[32] 张慧,王世盛,李伟,等. 乌拉尔甘草中的一个新三萜皂苷成分[J]. 世界科学技术—中医药现代化,2009,11(2):253-256.

[33] LI G, ZHANG H, FAN Y, et al. Migration behavior and separation of active components in *Glycyrrhiza uralensis* Fisch and its commercial extract by micellar electrokinetic capillary chromatography[J]. J Chromatogr A,1999,863(1):105-114.

[34] 贾世山,马超美,李英和,等. 甘草叶中酚酸和黄酮甙类成分的分离鉴定[J]. 药学学报,1992,27(6):441-444.

[35] JIA S S, LIU D, ZHANG X P, et al. Two new isopenyl plavonoids from the leaves of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. [J]. Chin Chem Lett,1992,3(3):189-190.

[36] 贾世山,刘冬,郑秀萍,等. 甘草叶中两个新异戊烯基黄酮类化合物[J]. 药学学报,1993,28(1):28-31.

[37] 潘燕. 乌拉尔甘草中虎耳草甙的分离和鉴定[J]. 中国中药杂志,1999,24(5):295.

[38] TSUDA Y, KIKUCHI F, CHEN X. Four new phenolic constituents from licorice (root of *Glycyrrhiza* sp.) [J]. Heterocycles,1990,31(4):629.

[39] NOMURA T, FUKAI T, WANG Q H, et al. Structure of five new prenylated flavonoids L, M, N, O, and P from aerial parts of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Heterocycles, 1990,31(2):373.

[40] FUKAI T, WANG Q H, NOMURA T. Six prenylated phenols from *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Phytochemistry, 1991,30(4):1245-1250.

[41] 王青,苗文娟,向诚,等. 乌拉尔甘草化学成分研究[J]. 中草药,2012,43(10):1886-1890.

[42] KANEDA M, SAITOH T, IITAKA Y, et al. Chemical studies on the oriental plant drugs. XXXVI. structure of licoricone, a new isoflavone from licorice root[J]. Chem Pharm Bull,1973,21(6):1338-1341.

[43] HE J, CHEN L, HEBER D, et al. Antibacterial compounds from *Glycyrrhiza uralensis* [J]. J Nat Prod, 2006,69(1):121-124.

[44] 杨莉,陈海霞,高文远,等. 甘草抗肿瘤活性成分的研究[J]. 天然产物研究与开发,2009,21(3):438-440.

[45] FUKAI T, NISHIZAWA J, NOMURA T. Variations in the chemical shift of the 5-hydroxyl proton of isoflavones; two isoflavones from licorice [J]. Phytochemistry, 1994, 36(1):225-228.

[46] FAN J R, DONG Z Y, KUANG Y, et al. Chemical constituents of the aerial parts of *Glycyrrhiza uralensis* and their inhibitory activities against PTP1B and α-glucosidas [J]. J Chin Pharm Sci, 2020, 29(5):305-313.

[47] NOMURA T, FUKAI T, NISHIZAWA J, et al. Five new isoprenoid-substitued flavonoids, kanzonols F-J, from *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Heterocycles, 1993, 36(11):2565.

[48] NOMURA T, FUKAI T, NISHIZAWA J, et al. Five new isoprenoid-substituted flavonoids, kanzonols M - P and R, from two *Glycyrrhiza* species[J]. Heterocycles, 1994, 38(5):1089.

[49] 畅行若,徐清河,朱大元,等. 甘草新木脂素的分离与化学结构[J]. 药学学报,1983,18(1):45-50.

[50] KITAGAWA I, HORI K, TANIYAMA T, et al. Saponin and sapogenol. XLVII. on the constituents of the roots of *Glycyrrhiza uralensis* Fischer from northeastern China. (1). licorice-saponins A3, B2, and C2[J]. Chem Pharm Bull,1993,41(1):43-49.

[51] KITAGAWA I, HORI K, SAKAGAMI M, et al. Saponin and sapogenol. XLVIII. on the constituents of the roots of *Glycyrrhiza uralensis* Fischer from northeastern China. (2). licorice-saponins D3, E2, F3, G2, H2, J2, and K2[J]. Chem Pharm Bull,1993,41(8):1337-1345.

[52] 舒永华,赵玉英,张如意. 甘草中三萜皂甙元的分离和结构鉴定[J]. 药学学报,1985,20(3):193-197.

[53] ZHENG Y F, QI L W, CUI X B, et al. Oleanane-type triterpene glucuronides from the roots of *Glycyrrhiza uralensis*[J]. Planta Med,2010,76(13):1457-1463.

[54] LI-YANG J W, NAKAJIMA J I, KIMURA N, et al. Oleanane-type triterpene glycosides from *Glycyrrhiza uralensis*[J]. Nat Prod Commun,2007,2(3):243-248.

[55] 张如意,张建华,汪茂田. 乌拉尔甘草中皂甙的研究[J]. 药学学报,1986,21(7):510-515.

[56] 贾琦,王邠,舒永华,等. 乌拉尔甘草三萜:甘乌内酯的化学结构[J]. 药学学报,1989,24(5):348-352.

[57] 舒永华,张如意,赵玉英,等. 甘草中新三萜皂甙元的分离和结构鉴定[J]. 药学学报,1987,22(7):512-514.

[58] 冷晶,朱云祥,陈璐琳,等. 甘草中2个新三萜皂苷[J]. 中草药,2015,46(11):1576-1582.

[59] 路静静,曹家庆,李巍,等. 甘草废渣中1个新的香豆素类化合物[J]. 中草药,2015,46(2):174-177.

[60] 陶伟伟,段金廒,杨念云,等. 乌拉尔甘草皂苷类成分研究[J]. 中草药,2013,44(12):1552-1557.

[61] 刘育辰,陈有根,王丹,等. 甘草化学成分研究[J]. 药物分析杂志,2011,31(7):1251-1255.

[62] KONDO K, MAO S B, NAKAMURA R, et al. Constituent properties of licorices derived from *Glycyrrhiza uralensis*, *G. glabra*, or *G. inflata* identified by genetic information[J]. Biol Pharm Bull,2007,30(7):1271-1277.

[63] 曾路,楼之岑,张如意. 国产甘草的质量评价[J]. 药学学报,1991,26(10):788-793.

[64] 朱大元,宋国强,蒋福祥,等. 甘草化学成分的研究:异甘草黄酮醇及甘草香豆素的结构[J]. 化学学报,1984,42(10):1080-1084.

[65] HAN Y N, CHUNG M S, KIM T H, et al. Two tetrahydroquinoline alkaloids from *Glycyrrhiza uralensis* [J]. Arch Pharmacal Res, 1990, 13(1):101-102.

（收稿日期：2020-10-03　编辑：田苗）