

• 化学成分 •

大麦苗化学成分研究

李梦双, 巴铭钰[#], 黄豆豆^{*}, 孙连娜^{*}

上海中医药大学中药学院, 上海 201203

摘要: 目的 研究大麦苗 *Hordeum vulgare* 的化学成分及降糖活性。方法 采用硅胶、大孔吸附树脂、Sephadex LH-20 葡聚糖凝胶、ODS、半制备 HPLC 等色谱方法进行分离纯化, 根据理化性质及 ESI-MS、NMR 等现代谱学技术进行化合物结构鉴定。通过 α -淀粉酶抑制实验评价化合物降糖活性。**结果** 从大麦苗地上部分 80% 乙醇提取物中分离得到 10 个化合物, 分别鉴定为 6,8,4'-三羟基黄酮-7-C- β -D-吡喃葡萄糖苷 (**1**)、3-C- β -D-glucopyranosyl-1-hydroxy-7-methoxy-xanthone (**2**)、luteolin 7-O- β -glucoside-3'-methyl ether (**3**)、芒柄花黄素 (**4**)、柑橘查耳酮 (**5**)、苯丙氨酸 (**6**)、(7E)-9-hydroxymegastigma-4,7-dien-3-on-9-O- β -D-glucopyranoside (**7**)、4'-glucosyl-6'''-sinapoylsaponarin (**8**)、曲克芦丁 (**9**)、divarioside A (**10**)。化合物 **6** 和 **10** 降糖活性较好, 抑制率分别为 75.40% 和 68.70%。**结论** 化合物 **1** 为新的黄酮类化合物, 命名为大麦苗苷 A; 化合物 **2**~**10** 均为首次从该植物中分离得到。化合物 **6** 和 **10** 具有较好的 α -淀粉酶抑制活性。

关键词: 大麦苗; 降糖活性; 6,8,4'-三羟基黄酮-7-C- β -D-吡喃葡萄糖苷; 大麦苗苷 A; 芒柄花黄素; 柑橘查耳酮; 苯丙氨酸

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2025)12-4165-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2025.12.001

Chemical constituents from seedlings of *Hordeum vulgare*

LI Mengshuang, BA Mingyu, HUANG Doudou, SUN Lianna

School of Pharmacy, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

ABSTRACT: Objective To study the chemical constituents from *Hordeum vulgare* seedlings with their hypoglycemic activities. **Methods** Silica gel, microporous adsorption resin, Sephadex LH-20, ODS, and semi-preparation HPLC were used for isolation and purification, then the structures of obtained compounds were identified by physicochemical properties and modern spectroscopic techniques such as ESI-MS and NMR. The hypoglycemic effects of compounds were examined by α -amylase inhibition test. **Results** A total of ten compounds were isolated from the 80% ethanol extract of the aboveground part of *H. vulgare* seedlings, which were identified as 6,8,4'-trihydroxyflavone-7-C- β -D-glucopyranoside (**1**), 3-C- β -D-glucopyranosyl-1-hydroxy-7-methoxy-xanthone (**2**), luteolin 7-O- β -glucoside-3'-methyl ether (**3**), formononetin (**4**), naringenin chalcone (**5**), phenylalanine (**6**), (7E)-9-hydroxymegastigma-4,7-dien-3-on-9-O- β -D-glucopyranoside (**7**), 4'-glucosyl-6'''-sinapoylsaponarin (**8**), troxerutin (**9**), and divarioside A (**10**). Compounds **6** and **10** had good hypoglycemic activity, with inhibition rates of 75.40% and 68.70%, respectively. **Conclusion** Compound **1** is new flavonoid compound, named damaimiaoside A. Compounds **2**—**10** are isolated from this plant for the first time. Compounds **6** and **10** have good inhibitory activities of α -amylase.

Key words: *Hordeum vulgare* L. seedlings; hypoglycemic effects; 6,8,4'-trihydroxyflavone-7-C- β -D-glucopyranoside; damaimiaoside A; formononetin; naringenin chalcone; phenylalanine

大麦苗是禾本科 (Gramineae) 大麦属 *Hordeum* Linn. 植物大麦 *Hordeum vulgare* L. 的嫩茎叶。明代

李时珍的《本草纲目》中记载: “麦苗, 味辛、寒、无毒。消酒毒、暴热、酒疸、目黄。捣烂绞汁口饮

收稿日期: 2025-04-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (82304659); 上海市科技兴农重点攻关项目 (2017-02-08-00-08-F00074)

作者简介: 李梦双 (1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向为中药药效物质基础。E-mail: 1026371582@qq.com

[#]共同第一作者: 巴铭钰 (2002—), 女, 硕士研究生, 研究方向为中药药效物质基础。E-mail: 2017264925@qq.com

^{*}通信作者: 孙连娜, 女, 副教授。E-mail: sssnmr@163.com

黄豆豆, 男, 讲师。E-mail: hdd890920@163.com

之, 又解虫毒, 除烦闷, 解时疾狂热, 退胸膈热, 利小肠”^[1]。现代药理研究表明大麦苗有降血糖、抗氧化、抗炎、降低胆固醇、抗肿瘤、抗溃疡等重要功效^[2-6]。研究表明大麦苗在降糖有较显著的活性, 鲜瑶等^[7]以 2 型糖尿病患者 80 例为研究对象并对其进行降血糖的临床研究, 结果显示, 大麦苗对血糖有很好的调节作用, 可以明显降低患者血糖浓度。目前有关大麦苗的化学成分研究较少。因此, 本研究对大麦苗的化学成分进行分离纯化, 从中分离得到 10 个化合物 (结构见图 1), 分别鉴定为 1 个黄酮类新化合物: 6,8,4'-三羟基黄酮-7-C- β -D-吡喃葡萄糖苷 (6,8,4'-trihydroxyflavone-7-C- β -D-glucopyranoside, **1**); 7 个黄酮类化合物: 3-C- β -D-glucopyranosyl-1-hydroxy-7-methoxy-xanthone (**2**),

luteolin 7-O- β -glucoside-3'-methyl ether (**3**)、芒柄花黄素 (formononetin, **4**)、柑橘查耳酮 (naringenin chalcone, **5**)、4'-glucosyl-6'''-sinapoylsaponarin (**8**)、曲克芦丁 (troxerutin, **9**)、divarioside A (**10**); 1 个生物碱类化合物: 苯丙氨酸 (phenylalanine, **6**); 1 个倍半萜化合物: (7E)-9-hydroxymegastigma-4,7-dien-3-on-9-O- β -D-glucopyranoside (**7**)。其中, 化合物 **1** 为新化合物, 命名为大麦苗苷 A, 化合物 **2**~**10** 均为首次从该植物中分离得到。研究表明, 大麦苗降血糖和抗氧化能力较强^[8-9], 为进一步研究大麦苗中化合物的降糖活性, 本实验对分离得到的 10 个化合物进行体外 α -淀粉酶活性评估。结果显示, 化合物 **6** 和 **10** 具有较好的 α -淀粉酶抑制活性。

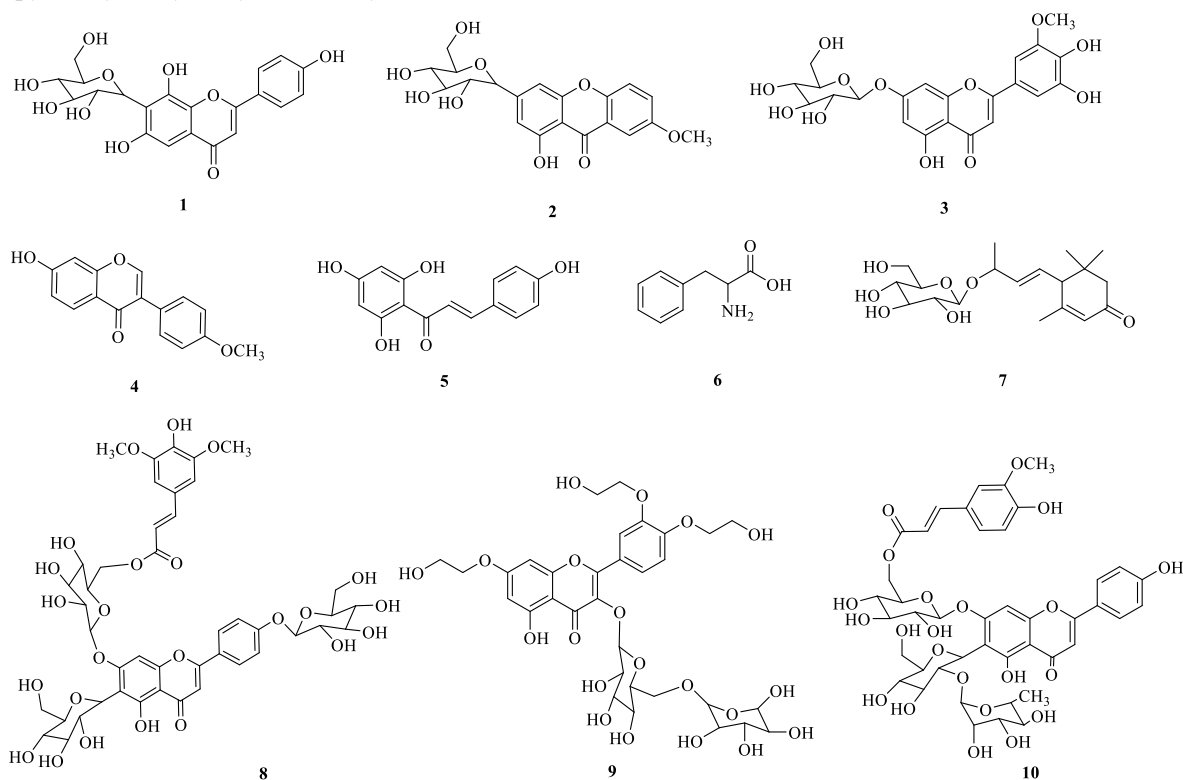


图 1 化合物 1~10 的化学结构

Fig. 1 Chemical structures of compounds 1—10

1 仪器与材料

柱色谱硅胶 (200~300 目); 薄层色谱硅胶 HSGF254 (烟台江友硅胶开发公司); 反向硅胶板 Silica gel 60RP-18 F₂₅₄ (德国 Merck 公司); C₁₈ 反向硅胶填料 (GEL ODS-AQ-HG, 日本 YMC Group); Sephadex LH-20 凝胶 (瑞典 GE healthcare 公司); MCI gel-CHP-20P、D101 大孔树脂 (日本三菱化学公司); Agilent 1260 半制备高效液相色谱仪 [安捷

伦科技 (中国) 有限公司, DAD 检测器, 波长设置为 320、280、210 nm 同时检测, 色谱柱填料为 ODS, 250 mm×10 mm, 5 μ m]; Agilent 6530B 超高效液相串联飞行时间质谱仪 [安捷伦科技 (中国) 有限公司]; Bruker AVANCE III 核磁共振仪 [布鲁克 (北京) 科技有限公司]; 乙醇、正丁醇、醋酸乙酯、石油醚、甲醇、乙腈、冰醋酸、二氯甲烷 (分析纯, 上海超聪化工有限公司); 甲醇、乙腈 (色谱级, 赛

默飞世尔科技有限公司); UV1901 紫外分光光度计(上海棱光技术有限公司); ResearchPlus 移液枪; SY-360H 超声仪(上海诚献仪器设备有限公司); Milli-Q 超纯水净化仪(美国密理博公司)。阿卡波糖(批号 BJ37719, 质量分数>98%, 拜耳医药保健有限公司); α -淀粉酶(Sigma 公司, 批号 102684207)。Spectramax i3x 多功能酶标仪(美谷分子仪器有限公司); 淀粉、碘酸钾等(分析纯, 国药集团药业股份有限公司)。

大麦苗于 2018 年 3 月采集于上海市农业科学院, 由刘成洪教授鉴定为禾本科大麦属植物大麦 *H. vulgare* L. 的嫩茎叶, 其标本(HV20180318)存于上海中医药大学创新楼。

2 提取与分离

取大麦苗 10 kg, 常温下用 40 L 80%乙醇浸泡 48 h, 150 L 80%乙醇渗漉提取。提取液减压浓缩至无醇味, 用石油醚、醋酸乙酯、正丁醇依次萃取。石油醚部位、正丁醇部位和醋酸乙酯部位各得到浸膏 267、150、70 g。

正丁醇部位浸膏(150 g)经 MCI 柱色谱, 依次用不同体积浓度(0、10%、30%、50%、70%、90%、100%)的乙醇-水系统洗脱, 得到 14 个流分 Fr_A1~Fr_A14。

Fr_A1 经 ODS 反相柱色谱, 以乙腈-水(1:9→1:0)洗脱, 得到 13 个流分 Fr_A1-1~Fr_A1-13。Fr_A1-3 反复经 LH-20 葡聚糖凝胶柱色谱, 以 40%甲醇-水洗脱富集, 得到化合物 10(12 mg)。

Fr_A3 经 ODS 反相柱色谱, 以乙腈-水(1:9→1:0)洗脱, 得到 8 个流分 Fr_A3-1~Fr_A3-8。Fr_A3-2 反复经 LH-20 葡聚糖凝胶柱色谱以 80%甲醇-水系统等度洗脱后得到化合物 9(2 mg)。

Fr_A5 经 ODS 反相柱色谱以乙腈: 水系统梯度洗脱(1:9→1:0)得到 11 个组分(Fr_A5-1~Fr_A5-11)。Fr_A5-8 中析出化合物 8(2 mg)。将 Fr_A5-4~Fr_A5-9 合并, 经 LH-20 葡聚糖凝胶柱色谱以 80%甲醇-水系统等度洗脱, 得到 9 个组分(Fr_A5-4-1~Fr_A5-4-9)。将 Fr_A5-4-6 经 ODS 反相柱以乙腈: 水系统梯度洗脱(1:9→1:0)得到 13 个组分(Fr_A5-4-6-1~Fr_A5-4-6-13)。Fr_A5-4-6-7 经半制备柱色谱利用 18%的乙腈-水系统以 4.7 mL/min 等度洗脱, 得到化合物 2(1 mg, t_R =23.9 min)。将 Fr_A5-8 反复经 LH-20 葡聚糖凝胶柱色谱以 80%甲醇-水系统等度洗脱后得到化合物 3(2 mg)。

Fr_A8 经 ODS 反相硅胶柱色谱以乙腈: 水系统梯度洗脱(1:9→1:0)点半合并得到 Fr_A8-1~Fr_A8-5。Fr_A8-1 经 LH-20 葡聚糖凝胶纯甲醇洗脱得到 5 个组分(Fr_A8-1-1~Fr_A8-1-5)。Fr_A8-1-2 经半制备柱色谱(0~10 min, 35%甲醇-水; 10~30 min: 40%甲醇-水, 体积流量 4 mL/min), 得到化合物 6(30 mg, t_R =16.8 min)。Fr_A8-3 经 ODS 反相柱色谱, 乙腈-水(1:9→1:0)梯度洗脱, 得到 11 个组分(Fr_A8-3-1~Fr_A8-3-11)。Fr_A8-3-4 经半制备柱色谱 40%甲醇等度洗脱得到化合物 1(1 mg, t_R =17.2 min)。Fr_A8-3-7 经半制备柱色谱, 30%甲醇等度洗脱得到化合物 7(40 mg, t_R =19.3 min)。

醋酸乙酯部位(70 g), 经 MCI 柱色谱, 依次用不同体积分数的乙醇-水(0、10%、30%、50%、70%、90%、100%)系统洗脱, 得到 14 个流分 Fr_B1~Fr_B8。Fr_B4 经 ODS 反相柱色谱以乙腈-水(1:9→1:0)系统梯度洗脱, 得到 7 个流分(Fr_B4-1~Fr_B4-7)。Fr_B4-4 经半制备柱色谱, 以 25%的乙腈-水系统等度洗脱, 得到化合物 4(2 mg, t_R =25.1 min)。Fr_B4-6 经 LH-20 葡聚糖凝胶柱色谱, 以甲醇等度洗脱后得到 5 个流分(Fr_B4-6-1~Fr_B4-6-5)。将 Fr_B4-6-4 经半制备柱色谱, 24%乙腈-水等度洗脱, 得到化合物 5(1 mg, t_R =23.3 min)。

3 α -淀粉酶降糖活性评价

本实验采用 600 μ g/mL 阿卡波糖为阳性对照, 蒸馏水溶液为空白对照组, 另设 6 个样品组。用 96 孔细胞培养板, 每组 6 个复孔, 3 个复孔为有 α -淀粉酶组, 另 3 个复孔为无 α -淀粉酶组。按以下步骤进行: (1) 每组先往 6 个复孔分别加入 25 μ L 样品溶液(终质量浓度为 600 μ g/mL)、空白对照组溶液、阳性对照组溶液, 37 $^{\circ}$ C 温孵 10 min; (2) 每组 6 个复孔的前 3 个加入 12.5 μ L α -淀粉酶溶液, 后 3 个孔加 12.5 μ L 蒸馏水, 37 $^{\circ}$ C 温孵 10 min; (3) 每组各复孔加入 12.5 μ L 淀粉溶液, 37 $^{\circ}$ C 温孵 10 min; 再分别于各复孔加入 100 μ L 显色试剂碘酸钾溶液终止反应; (4) 在 630 nm 波长下测定各组吸光度(A), A 值反映 α -淀粉酶水解淀粉的量, 直接反映 α -淀粉酶的活性, 按公式计算各组的 α -淀粉酶抑制率, 实验数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示($n=3$)。

$$\text{抑制率} = 1 - (A_{\text{样品不加酶}} - A_{\text{样品加酶}}) / (A_{\text{空白对照不加酶}} - A_{\text{空白对照加酶}})$$

4 结果

4.1 结构鉴定

化合物 1: 亮黄色无定型粉末, ESI-MS m/z :

431.096 3 [M-H]⁻ (计算值为 431.098 4), 结合 ¹³C-NMR 数据推断其分子式为推测分子式为 C₂₁H₂₀O₁₀, 不饱和度为 12。[α]_D²⁵ -2.00 (c 0.050, MeOH)。UV λ_{max}^{MeOH} (nm): 198, 214, 270, 340。IR ν_{max}^{KBr} (cm⁻¹): 2 922, 1 508, 1 489, 1 356, 1 250, 1 180; 表明化合物 **1** 中存在苯环, 羟基; ¹H-NMR (600 MHz, CD₃OD) 数据 (表 1) 显示存在 1 组对位取代的苯环氢信号 δ_H 7.80 (2H, d, *J* = 8.9 Hz), 6.91 (2H, d, *J* = 8.9 Hz)、2 个芳氢单峰信号 δ_H 6.55 (1H, s), 6.46 (1H, s)、1 个异头氢 δ_H 4.90 (1H, d, *J* = 10.0 Hz) 及 δ_H 4.50~3.20 之间的多个氢信号, 推测有含有 1 组 β 构型葡萄糖片段; ¹³C-NMR (150 MHz, CD₃OD) 数据 (表 1) 显示共有 21 个碳信号。其中, δ_C 183.9 为 1 个羰基碳信号, δ_C 166.1、165.4、162.8、162.0、158.7 为 5 个连氧碳信号, δ_C 129.4、117.0 为 4 个 CH 信号, 证实有对位取代苯环即 B 环的存在, δ_C 82.6~62.9 中 5 个 CH 和 1 个 CH₂ 的碳信号证实存在 1 组葡萄糖。HMBC 谱 (图 2) 中, δ_C 6.46 (H-5) 和 δ_C 109.4 (C-7), 165.4 (C-6) 相关, 且葡萄糖端基

表 1 化合物 **1** 的 ¹H-NMR 和 ¹³C-NMR 数据 (600/150 MHz, CD₃OD)

Table 1 ¹H-NMR and ¹³C-NMR data of compound **1** (600/150 MHz, CD₃OD)

碳位	δ _C	δ _H
1		
2	166.1	
3	103.8	6.55 (1H, s)
4	183.9	
5	95.4	6.46 (1H, s)
6	165.4	
7	109.3	
8	162.0	
9	158.7	
10	105.0	
1'	123.1	
2' 6'	129.4	7.80 (2H, d, <i>J</i> = 8.9 Hz)
3' 5'	117.0	6.91 (2H, d, <i>J</i> = 8.9 Hz)
4'	162.8	
Glc-1'	75.3	4.90 (1H, d, <i>J</i> = 10.0 Hz)
2'	72.6	3.48 (1H, m)
3'	80.2	3.48 (1H, m)
4'	71.8	3.43 (1H, m)
5'	82.6	4.12 (1H, m)
6'	62.9	3.88 (1H, dd, <i>J</i> = 2.3, 12.1 Hz) 3.75 (1H, dd, <i>J</i> = 5.5, 12.1 Hz)

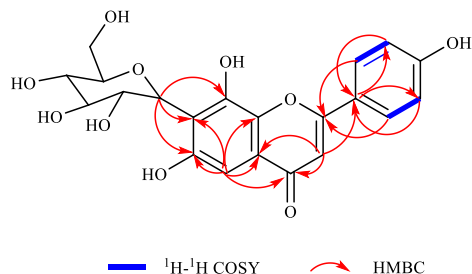


图 2 化合物 **1** 的结构及关键 ¹H-¹H COSY、HMBC 相关
Fig. 2 Structure and Key ¹H-¹H COSY, HMBC correlations of compound **1**

氢 δ_H 4.90 和 δ_C 109.4 (C-7), 165.4 (C-6), 162.0 (C-8) 相关, 提示葡萄糖连在黄酮的 7 位, 且 C-6、C-8 均被羟基取代。因此, 确定化合物 **1** 的结构为 6,8,4'-三羟基黄酮-7-*C*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷, 基于上述分析及 Sci-Finder 检索, 确定化合物 **1** 为新化合物, 并命名为大麦苗昔 A。

化合物 **2**: 黄色粉末, ESI-MS *m/z*: 403.1 [M-H]⁻; 化学式为 C₂₀H₂₀O₉。¹H-NMR (600 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 13.57 (1H, s, 1-OH), 7.35 (1H, s, H-8), 7.03 (1H, s, H-6), 6.54 (1H, s, H-5), 6.51 (1H, s, H-2), 4.59 (1H, d, *J* = 9.8 Hz, glc-H-1'), 3.90 (1H, s, OCH₃), 3.17~3.68 (5H, m, glc-H-2'~6'); ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 182.3 (C-9), 163.8 (C-3), 161.0 (C-1), 156.7 (C-4a), 151.2 (C-10a), 148.5 (C-7), 121.8 (C-8a), 120.8 (C-6), 116.2 (C-5), 110.6 (C-8), 109.3 (C-9a), 103.5 (C-2), 94.2 (C-4), 81.9 (C-5'), 79.4 (C-3'), 73.5 (C-1'), 71.0 (C-2'), 70.7 (C-4'), 61.9 (C-6'), 56.4 (OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[10], 故鉴定化合物 **2** 为 3-*C*-β-*D*-glucopyranosyl-1-hydroxy-7-methoxy-xanthone。

化合物 **3**: 黄色粉末, ESI-MS *m/z*: 459.1 [M-H]⁻; 化学式为 C₂₃H₂₄O₉。¹H-NMR (600 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 7.58 (1H, d, *J* = 9.0 Hz, H-6'), 7.56 (1H, d, *J* = 1.4 Hz, H-2'), 6.92 (3H, m, H-3, 8, 5'), 6.44 (1H, s, H-6), 5.05 (1H, d, *J* = 7.8 Hz, glc-H-1'), 3.89 (3H, s, OCH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO-*d*₆) δ: 182.3 (C-4), 164.8 (C-2), 163.3 (C-7), 161.5 (C-5), 157.4 (C-9), 148.8 (C-3', 4'), 121.2 (C-1', 6'), 116.5 (C-5'), 110.6 (C-2'), 105.8 (C-10), 103.4 (C-3), 100.5 (C-1''), 99.9 (C-6), 95.4 (C-8), 77.7 (C-3''), 76.9 (C-5''), 73.6 (C-2''), 70.0 (C-4''), 61.1 (C-6''), 56.3 (OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[11], 故鉴定化合物 **3** 为 luteolin 7-*O*-β-glucoside-3'-methyl ether。

化合物 **4**: 白色颗粒, ESI-MS m/z : 267.1 $[M-H]^-$; 化学式为 $C_{16}H_{12}O_4$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 8.34 (1H, s, H-2), 7.98 (1H, d, J = 8.4 Hz, H-5), 6.95 (1H, dd, J = 8.4, 2.2 Hz, H-6), 6.88 (1H, d, J = 2.2 Hz, H-8), 7.52 (2H, d, J = 8.6 Hz, H-2', 6'), 6.99 (2H, d, J = 8.6 Hz, H-3', 5'), 3.72 (3H, s, OCH₃); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 175.0 (C-4), 163.0 (C-7), 159.4 (C-4'), 157.9 (C-9), 153.6 (C-2), 130.5 (C-2', 6'), 127.7 (C-5), 124.7 (C-1'), 123.6 (C-3), 117.0 (C-10), 115.6 (C-6), 114.0 (C-3', 5'), 102.5 (C-8), 55.6 (4'-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[12], 故鉴定化合物 **4** 为 芒柄花黄素。

化合物 **5**: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 271.1 $[M-H]^-$; 化学式为 $C_{15}H_{12}O_5$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.89 (1H, d, J = 15.5 Hz, H- α), 7.66 (1H, d, J = 15.5 Hz, H- β), 7.52 (2H, d, J = 8.7 Hz, H-2, 6), 6.84 (2H, d, J = 8.7 Hz, H-3, 5), 5.85 (2H, brs, H-3', 5'); ^{13}C -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 192.2 (C-C=O), 165.2 (C-4'), 164.9 (C-2', 6'), 160.3 (C-4), 142.8 (C- α), 130.8 (C-2, 6), 126.6 (C-1), 124.3 (C- β), 116.5 (C-3, 5), 104.7 (C-1'), 95.4 (C-3', 5')。以上数据与文献报道基本一致^[13], 故鉴定化合物 **5** 为 柑橘查耳酮。

化合物 **6**: 白色固体, ESI-MS m/z : 164 $[M-H]^-$; 化学式为 $C_9H_{11}NO_2$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.25~7.36 (5H, m, H-2~6), 3.52 (1H, dd, J = 14.4, 4.0 Hz, H-2'), 3.32 (1H, d, J = 4.0 Hz, H-3'a), 3.16 (1H, d, J = 14.4 Hz, H-3'b); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 173.7 (C-1'), 137.3 (C-1), 130.4 (C-3, 5), 129.9 (C-2, 6), 128.4 (C-4), 57.6 (C-2'), 38.3 (C-3')。以上数据与苯丙氨酸对照品的核磁数据基本一致, 故鉴定化合物 **6** 为 苯丙氨酸。

化合物 **7**: 白色无定型粉末, ESI-MS m/z : 369 $[M-H]^-$; 化学式为 $C_{19}H_{30}O_7$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 1.96, 2.36 (2H, d, J = 16.4 Hz, H-2), 5.79 (1H, s, H-4), 2.61 (1H, d, J = 8.8 Hz, H-6), 5.57 (1H, dd, J = 15.2, 6.4 Hz, H-8), 5.68 (1H, dd, J = 15.6, 9.2 Hz, H-7), 4.29 (1H, m, H-9), 1.19 (3H, d, J = 6.0 Hz, H-10), 0.93 (3H, s, H-11), 0.91 (3H, s, H-12), 1.85 (3H, s, H-13), 4.18 (1H, d, J = 8.0 Hz, glc-H-1); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 35.6 (C-1), 47.4 (C-2), 197.8 (C-3), 125.0 (C-4), 161.8 (C-5), 54.6 (C-6), 129.5 (C-7), 135.2 (C-8), 72.2 (C-9), 21.8 (C-10), 27.5 (C-11), 26.5 (C-12), 22.9 (C-13), 99.6 (C-1'), 73.3 (C-2'), 77.0

(C-3'), 70.1 (C-4'), 77.1 (C-5'), 61.1 (C-6')。以上数据与文献报道基本一致^[14], 故鉴定化合物 **7** 为 (7*E*)-9-hydroxy-megastigma-4,7-dien-3-on-9-*O*- β -*D*-glucopyranoside。

化合物 **8**: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 961.3 $[M-H]^-$; 化学式为 $C_{44}H_{50}O_{24}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 13.53 (1H, s, 5-OH), 10.35 (1H, s, 4'-OH), 9.49 (1H, s, 4'''-OH), 7.89 (2H, d, J = 8.4 Hz, H-2', 6'), 7.53 (1H, d, J = 15.6 Hz, sinapoyl H-7), 7.16 (2H, d, J = 1.8 Hz, sinapoyl H-3', 5'), 5.07 (1H, d, J = 6.6 Hz, H-7-*O*-glc-1), 4.74 (2H, m, H-1-*O*-glc, H-1-C-glc), 3.69 (6H, s, sinapoyl OMe $\times$ 2); ^{13}C -NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 182.5 (C-4), 167.0 (sinapoyl C-9), 164.6 (C-2), 162.7 (C-7), 161.7 (C-4'), 159.8 (C-5), 156.8 (C-9), 149.7 (sinapoyl C-3, 5), 148.2 (sinapoyl C-7), 145.9 (sinapoyl C-4), 128.8 (C-2', 6'), 125.8 (sinapoyl C-1), 123.3 (C-1'), 116.3 (C-3', 5'), 115.7 (sinapoyl C-8), 114.4 (C-6), 111.5 (sinapoyl C-2, 6), 111.0 (C-10), 105.3 (C-3), 103.4 (C-1'''), 101.2 (C-1'''), 94.0 (C-8), 81.1 (C-5''), 79.2 (C-3''), 76.0 (C-5'''), 74.2 (C-3'''), 74.0 (C-5'''), 73.0 (C-1'', 2'''), 71.2 (C-2''), 70.3 (C-2''), 69.8 (C-4'', 4''', 4'''), 63.8 (C-6'''), 60.7 (C-6''), 55.9 (2 $\times$ OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[15], 故鉴定化合物 **8** 为 4'-glucosyl-6'''-sinapoylsaponarin。

化合物 **9**: 淡黄色粉末, ESI-MS m/z : 741.2 $[M-H]^-$; 化学式为 $C_{33}H_{42}O_{19}$ 。 1H -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 7.85 (1H, d, J = 2.1 Hz, H-2'), 7.71 (1H, dd, J = 8.8, 2.1 Hz, H-5'), 7.13 (1H, d, J = 8.8 Hz, H-6'), 6.75 (1H, d, J = 2.2 Hz, H-6), 6.39 (1H, d, J = 2.2 Hz, H-8), 5.43 (1H, d, J = 7.2 Hz, H-1'), 5.13 (1H, brs, H-1'''), 4.10~3.10 (25H, m, H-2''~6'', 2'''~5''', 3 $\times$ -OCH₂, 3 $\times$ -CH₂OH), 0.98 (3H, d, J = 6.1 Hz, H-6'''); ^{13}C -NMR (600 MHz, DMSO- d_6) δ : 177.9 (C-4), 165.1 (C-7), 161.2 (C-5), 157.0 (C-2), 156.3 (C-9), 151.2 (C-4'), 147.9 (C-5'), 134.1 (C-3), 122.9 (C-1'), 122.8 (C-2'), 114.7 (C-3'), 113.1 (C-6'), 105.5 (C-10), 101.7 (C-1''), 101.4 (C-7''), 98.8 (C-6), 93.3 (C-8), 76.8 (C-5''), 76.4 (C-3''), 74.5 (C-2''), 72.1 (C-8''), 71.0 (C-9''), 70.9 (C-4''), 70.7 (C-11''), 70.6 (C-10''), 68.7 (-OCH₂), 67.6 (C-6''), 59.7 (-CH₂OH), 18.1 (C-12'')。以上数据与文献报道基本一致^[16], 故鉴定化合物 **9** 为 曲克芦丁。

化合物 **10**: 黄色粉末, ESI-MS m/z : 915.8 $[M-H]^-$; 化学式为 $C_{43}H_{48}O_{22}$ 。 1H -NMR (600 MHz,

DMSO- d_6) δ : 7.92 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-2', 6'), 7.12 (2H, d, $J = 8.4$ Hz, H-3', 5'), 6.88 (1H, s, H-8), 4.67 (1H, d, $J = 9.6$ Hz, H-1''), 4.32 (1H, m, H-2''), 3.28 (1H, m, H-3''), 3.32 (1H, m, H-4''), 3.19 (1H, m, H-5''), 3.79 (1H, m, H-6''a), 3.34 (1H, m, H-6''b), 5.00 (1H, brs, H-1'''), 3.88 (1H, m, H-2'''), 3.15 (1H, m, H-3'''), 3.02 (1H, m, H-4'''), 2.98 (1H, m, H-5'''), 0.67 (3H, d, $J = 5.6$ Hz, H-6'''), 5.07 (1H, d, $J = 6.90$ Hz, H-1'''), 3.32 (1H, m, H-2''), 3.18 (1H, m, H-3''), 3.16 (1H, m, H-4''), 3.05 (1H, m, H-5''), 3.64 (1H, m, H-6''a), 3.55 (1H, m, H-6''b), 6.93 (1H, d, $J = 1.8$ Hz, H-2'''), 6.56 (1H, d, $J = 7.8$ Hz, H-5'''), 6.72 (1H, dd, $J = 1.8, 7.8$ Hz, H-6'''), 7.08 (1H, d, $J = 14.8$ Hz, H-7'''), 6.17 (1H, d, $J = 14.8$ Hz, H-8'''), 3.56 (3H, s, 3''''-OCH₃); ¹³C-NMR (150 MHz, DMSO- d_6) δ : 163.5 (C-2), 104.0 (C-3), 182.1 (C-4), 159.4 (C-5), 111.0 (C-6), 162.4 (C-7), 93.6 (C-8), 156.5 (C-9), 105.0 (C-10), 123.0 (C-1'), 128.1 (C-2', 6'), 116.4 (C-3', 5'), 160.3 (C-4'), 72.6 (C-1''), 80.7 (C-2''), 78.8 (C-3''), 69.7 (C-4''), 81.5 (C-5''), 60.8 (C-6''), 99.8 (C-1'''), 70.8 (C-2'''), 69.9 (C-3'''), 73.2 (C-4'''), 69.4 (C-5'''), 18.6 (C-6'''), 100.7 (C-1'''), 70.3 (C-2'''), 77.2 (C-3'''), 70.3 (C-4'''), 73.7 (C-5'''), 125.3 (C-1'''), 110.6 (C-2'''), 147.8 (C-3'''), 149.3 (C-4'''), 115.4 (C-5'''), 123.5 (C-6'''), 145.5 (C-7'''), 114.0 (C-8'''), 166.6 (C-9'''), 55.6 (3''''-OCH₃)。以上数据与文献报道基本一致^[17], 故鉴定化合物 **10** 为 divarioside A。

4.2 α -淀粉酶活性降糖结果

对化合物 **6**、**7**、**10** 进行 α -淀粉酶活性测试结果显示 (表 2), 化合物 **6** 对 α -淀粉酶的抑制效果最好, 降糖活性明显; 化合物 **10** 抑制率较好, 有一定降糖效果; 化合物 **7** 降糖效果不显著。

表 2 化合物对 α -淀粉酶的抑制能力结果 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)
Table 2 *In vitro* α -amylase inhibition activity of compounds
($\bar{x} \pm s, n = 3$)

化合物	抑制率/%
6	75.40 $\pm$ 0.27
7	52.38 $\pm$ 2.59
10	68.70 $\pm$ 1.57
阿卡波糖	100

5 讨论

临床研究表明, 大麦苗具有显著的降糖活性。本实验共从大麦苗中首次分离得到 11 个化合物, 其中 **1** 为新化合物, 分离得到的主要为黄酮类化合

物。较多实验已证明大麦苗具有降糖等多种药理活性, 但目前关于大麦苗化学成分分离鉴定的文献较少, 本实验可为该植物后续药效物质基础研究提供一定的科学依据。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 明·李时珍. 本草纲目: 校点本 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1982: 1455.
- [2] 肖颜颜, 王晓洁, 戴小曼, 等. 富硒大麦苗对小鼠免疫功能的调节 [J]. 食品科学, 2009, 30(23): 401-405.
- [3] 杜蓉, 王晓洁, 许清, 等. 富锗大麦苗体内外抗肿瘤作用 [J]. 食品科学, 2010, 31(23): 371-374.
- [4] 乐芳华, 裴静波, 江月仙. 麦绿素对肝损伤保护作用的实验研究 [J]. 海峡药学, 2010, 22(2): 35-37.
- [5] 毛孙忠, 范小芳, 吴小脉, 等. 麦绿素对实验性高脂血症大鼠血脂及 MDA、SOD、ET-1、NO 的影响 [J]. 食品科学, 2007, 28(1): 306-308.
- [6] Ben-Arye E, Goldin E, Wengrower D, et al. Wheat grass juice in the treatment of active distal ulcerative colitis: A randomized double-blind placebo-controlled trial [J]. *Scand J Gastroenterol*, 2002, 37(4): 444-449.
- [7] 鲜瑶, 张雷, 宋戈, 等. 大麦苗粉营养保健功能的研究进展 [J]. 中国食物与营养, 2016, 22(11): 73-76.
- [8] 王晓洁, 杨立红, 史亚丽, 等. 利用小鼠实验观察大麦苗生物保健效应 [J]. 食品科学, 2006, 27(12): 750-753.
- [9] 綦文涛, 陈文若, 陈银基, 等. 大麦功能活性物质含量与抗氧化活性的关系 [J]. 中国食品学报, 2018, 18(11): 232-239.
- [10] Tian X, Xu X Z, Zhan H, et al. Two new O- and C-glycosylxanthones from *Gentiana tizuensis* Franch [J]. *Indian J Chem*, 2003, 42: 950-952.
- [11] El-Ansari M A, Aboutabl E A, Farrag A R H, et al. Phytochemical and pharmacological studies on *Leonotis leonurus* [J]. *Pharm Biol*, 2009, 47(9): 894-902.
- [12] 韦建华, 谭红声, 卢澄生, 等. 壮药两粤黄檀化学成分研究 (I) [J]. 中草药, 2017, 48(11): 2159-2163.
- [13] 唐雨, 张瑜, 袁久志, 等. 松花粉化学成分分离与鉴定 [J]. 沈阳药科大学学报, 2011, 28(6): 429-432.
- [14] Li Y F, Hu L H, Lou F C, et al. PTP1B inhibitors from *Ardisia japonica* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2005, 7(1): 13-18.
- [15] Ohkawa M, Kinjo J, Hagiwara Y, et al. Three new anti-oxidative saponarin analogs from young green barley leaves [J]. *Chem Pharm Bull*, 1998, 46(12): 1887-1890.
- [16] 李军, 徐本明, 刘珂. 曲克芦丁对照品的制备液相色谱法分离 [J]. 中国医药工业杂志, 2004, 35(5): 29-31.
- [17] Olennikov D N, Chirikova N K. New C, O-Glycosylflavones from *Melandrium divaricatum* [J]. *Chem Nat Compd*, 2019, 55(6): 1032-1038.

[责任编辑 王文倩]