



Хувилангын зүйл ургамлуудын фенилэтаноид гликозидуудын химийн бүтэц, биолог, фармакологийн идэвх

Э.Нямсүрэн, Г.Одонтуяа*

Шинжлэх ухааны академи, Хими, химийн технологийн хүрээлэн, Улаанбаатар 13330, Монгол улс

*E-mail: odontuyag@mas.ac.mn

Хүлээн авсан: 09.11.2019

Хяналтанд: 10.11.2019

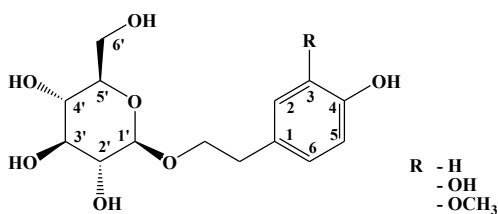
Хэвлэлтэнд авсан: 06.12.2019

Хураангуй: Бид энэхүү тойм өгүүлэлдээ Хувилангын (*Pedicularis* L.) төрөлд хамаарах ургамлуудын өвөрмөц бүрэлдэхүүн болох фенилэтаноид гликозидийн молекулын бүтцийн онцлог, тэдгээрийн биолог, фармакологийн идэвхийн судалгааны дүнг нэгтгэн бичлээ. Өнөөг хүртэл Хувилангын зүйл ургамлуудаас 40 фенилэтаноид гликозидийг ялгаж, бүтэц байгууламжийг тогтоосон байна. Бид тэдгээр бодисын молекулын бүтцэд дүн шинжилгээ хийж 4' байрлал дахь халагч бүлэгт үндэслэн 4 бүлэгт ангилав. Фенилэтаноид гликозид зонхилон агуулагддаг ханд нь исэлдэлтийн эсрэг, бактер, хорт хавдрын эсийн өсөлтийг дарангуйлах идэвхтэй, ядралт багасгах, булчингийн үйл ажиллагааг дэмжих, элэг, тархийг гэмтэхээс хамгаалах үйлдэл үзүүлж байгаа нь *in vitro* ба *in vivo* туршилт судалгааны дүн харуулж байна. Исэлдэлтийг дарангуйлах үйлдэл бол фенилэтаноид гликозидуудын гол биологийн идэвх юм.

Түлхүүр үг: Хувиланга, фенилэтаноид гликозид, каффейны хүчил, исэлдэлт дарангуйлах идэвх.

ОРШИЛ

Хувилангын зүйл ургамлуудыг ардын эмчилгээнд нүд балрах, ходоод хөөж мушгих, хүчтэй өвдөх, хоолой сөөх, ухаан дэмийрэх, толгой эргэх, зогсож үл чадах зэрэг шинж тэмдэгтэй махны хороос үүдэлтэй өвчинд хэрэглэж иржээ [1]. Химийн бүрэлдэхүүний судалгаа 1963 оноос буюу Оросын эрдэмтэн Убаев нар *Pedicularis olgae* Regel. зүйлээс пиридиний уламжлалын алкалоидыг анх ялгаснаар эхэлсэн байна [2]. Түүнээс хойш 48 зүйл ургамлаас 263 бага молекулт нэгдэл ялгагдаж, бүтэц нь тогтоогджээ [3]. Эдгээрийн ихэнх нь ус, метанол, бутанол зэрэг туйлт уусгагчид хандлагддаг, тэр дундаа молекулдаа сахар агуулсан нэгдлүүд элбэг байдаг. Ийм бүлэг нэгдлүүдийн нэг бол фенилэтаноид гликозид юм.



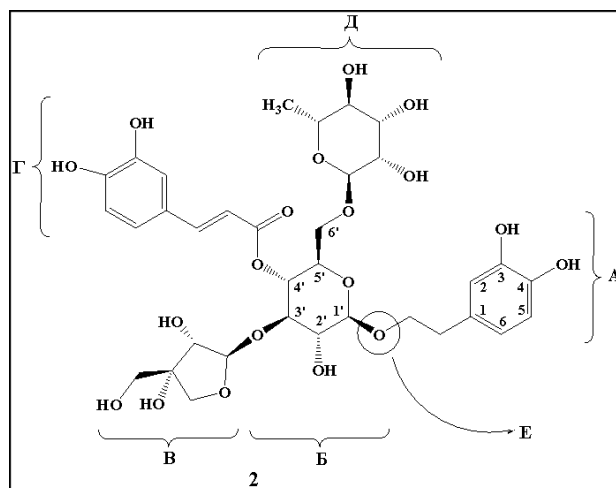
1

Зураг 1. 1 - Фенилэтаноид гликозидийн үндсэн бүтэц. 2- Фенилэтаноид гликозидийн ерөнхий бүтэц (Педикулариозид А): А- гидроксифенилэтаноид, Б- β-глюкопираноз, В- сахарын хэсэг (апиоз), Г- органик хүчил (каффейны хүчил), Д- сахарын хэсэг (рамноз), Е- гликозидийн холбоо

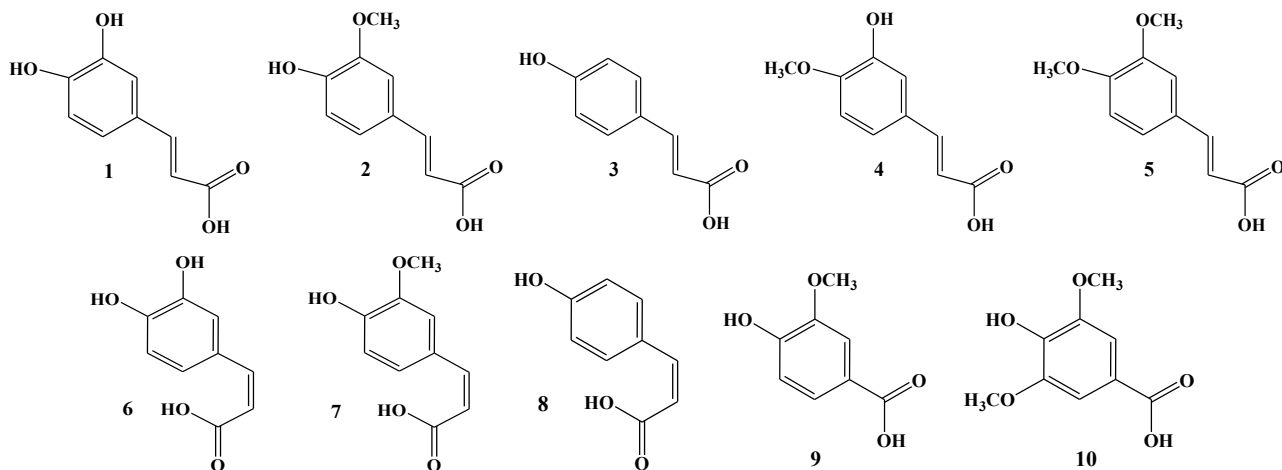
Хувилангын зүйлүүд бол фенилэтаноид гликозидоор (ФЭГ) баялаг ургамалд тооцогддог ба эдгээр бүлэг нэгдэл нь исэлдэлт дарангуйлах өндөр идэвхтэй, нян, хорт хавдрын эсийн өсөлтийг дарангуйлах, үрэвсэл намдаах, элэг, булчин, тархины үйл ажиллагааг хамгаалах, дэмжих зэрэг биолог, фармакологийн олон үйлдэлтэй нь тогтоогджээ [4,5]. Өнөөг хүртэл нийт 40 фенилэтаноид гликозидийг ялгаж бүтэц байгууламжийг тогтоосон байна.

Фенилэтаноид гликозидуудын ерөнхий бүтэц

ФЭГ-ийн үндсэн бүтцийг хоорондоо гликозидийн холбоогоор холбогдсон гидроксифенилэтаноид ба β-глюкопираноз бүрдүүлдэг (Зураг 1-1). Глюкопиранозын 4', 6' байрлалд каффейны,



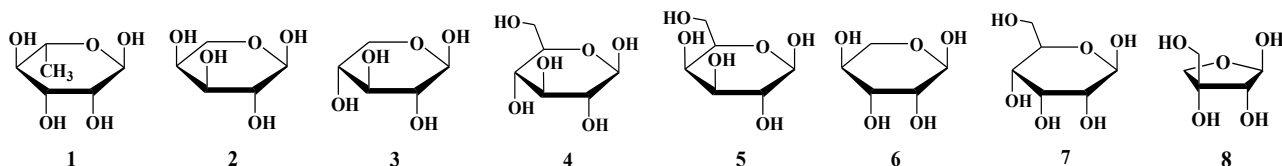
2



Зураг 2. Органик хүчлүүд: 1- каффейны хүчил, 2- ферулын хүчил, 3- кумарын хүчил, 4- изоферулын хүчил, 5- диметилкаффейны хүчил, 6- цис-каффейны хүчил, 7- цис-ферулын хүчил, 8- цис-кумарын хүчил, 9- ванилын хүчил, 10- сингиллийн хүчил

ферулын, кумарын, ванилын, сингиллийн зэрэг органик хүчил нийлмэл эфирийн холбоогоор (Зураг 2), 3' ба 6' байрлалд рамноз, арабиноз, ксилоз, глюкоз, галактоз, апиоз сахарууд ди, три-сахар үүсгэн холбогдсоноор (Зураг 3) бүтцийн олон янз бүлгийг үүсгэдэг (Зураг 1-2) [6].

Хувилангын зүйлүүд дэх фенилэтанойд гликозидуудын химийн бүтцийн онцлог: Хувилангын зүйл ургамлуудаас ялгасан 40 ФЭГ-ийн глюкопиранозын 3' ба 6' байрлалд холбогдсон



Зураг 3. Сахарын хэсэг: 1- рамноз, 2- арабиноз, 3- ксилоз, 4- глюкоз, 5- галактоз, 6- луксоз, 7- аллопираноз, 8- апиоз

сахарын 80% нь рамноз, 4' ба 6' байрлалд холбогдсон органик хүчлийн 50 гаруй хувь нь ферулын, 40% нь каффейны хүчил байна. Эдгээр бодисын молекулын бүтцэд дүн шинжилгээ хийж дараах 4 бүлэгт хуваах боломжтой гэж үзлээ.

А. Глюкопиранозын 4' байрлалын гидроксил бүлэг нь ферулын хүчлээр халагдсан фенилэтанойд гликозидууд (Зураг 4-А, Хүснэгт 1).

Б. Глюкопиранозын 4' байрлалын гидроксил бүлэг нь каффейны хүчлээр халагдсан фенилэтанойд гликозидууд (Зураг 4-Б, Хүснэгт 2). Педикулариозид

Г ба вербаскозидийн халагч бүлгүүд ижил боловч үндсэн бүтцийг бүрдүүлэгч сахараараа ялгаатай юм. Педикулариозид Г бодисын сахар нь галактопираноз бол вербаскозидийнх глюкопираноз юм.

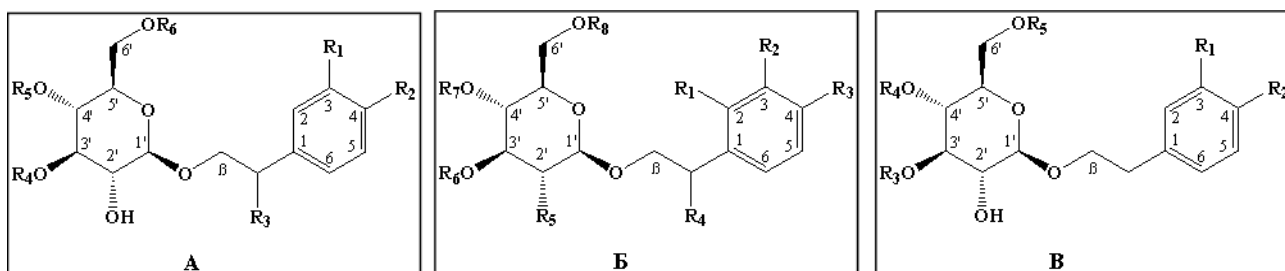
В. Глюкопиранозын 4' байрлалын гидроксил бүлэг нь халагдаагүй боловч 6' байрлалд халагч бүлэгтэй фенилэтанойд гликозидууд (Зураг 4-В, Хүснэгт 3).

Г. Глюкопиранозын 4' байрлалын гидроксил бүлэг нь кумарын хүчил, арабиноз, ацетил бүлгээр халагдсан фенилэтанойд гликозидууд (Зураг 4-В, Хүснэгт 4).

Судалгааны дүнд вербаскозидыг хамгийн олон буюу Хувилангын 23 зүйлээс, мартинозидыг 13, лейкосцептозид А-г 10, эхинакозидийг 7, изомартинозид болон педикулариозид А-г 6 зүйлээс тус тус ялгаж тодорхойлсон ба эдгээр ФЭГ-ийг Хувилангын зүйл ургамлуудад өргөн тархалттай, голлох бодис гэдгийг илтгэж байна.

Хувилангын зүйл ургамлуудаас ялгасан фенилэтанойд гликозидийн биологийн идэвх

Фенилэтанойд нь глюкопиранозтой холбогдсоноор



Зураг 4. ФЭГ-ийн үндсэн бүтэц

Хүснэгт 1. Глюкопиранозын 4' байрлалдаа ферулын хүчилтэй фенилэтанонид гликозидууд

№	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	Нэр
1	OCH ₃	ОН	Н	апиоз	ферулын хүчил	рамноз	Педикуларозид Н
2	ОН	OCH ₃	Н	апиоз	ферулын хүчил	рамноз	Педикуларозид N
3	ОН	ОН	Н	апиоз	ферулын хүчил	рамноз	Педикуларозид М
4	ОН	OCH ₃	Н	рамноз	ферулын хүчил	Н	Мартинозид
5	ОН	OCH ₃	Н	2'''-О-ацетил рамноз	ферулын хүчил	Н	2'''-О-ацетилмартинозид
6	ОН	OCH ₃	Н	2'''-3'''-О-ди ацетил-рамноз	ферулын хүчил	Н	2'''-3'''-О-ди ацетил- мартинозид буюу Клероденозид А
7	ОН	ОН	Н	рамноз	ферулын хүчил	Н	Леукосцептозид А
8	ОН	OCH ₃	Н	рамноз	ферулын хүчил	апиоз	Леукосцептозид В
9	ОН	OCH ₃	Н	глюкоз	ферулын хүчил	рамноз	Артселарозид В
10	ОН	OCH ₃	Н	рамноз	ферулын хүчил	галактоз	Жионозид В ₁
11	ОН	ОН	Н	рамноз	ферулын хүчил	глюкоз	Виедеманнозид С
12	ОН	OCH ₃	Н	Н	цис-ферулын хүчил	Н	Цис-мартинозид
13	OCH ₃	ОН	Н	апиоз	цис-ферулын хүчил	рамноз	Цис-педикуларозид Н
14	ОН	ОН	Н	рамноз	цис-ферулын хүчил	Н	Цис-леукосцептозид А
15	OCH ₃	ОН	ОН	рамноз	ферулын хүчил	Н	Цистанозид D
16	ОН	ОН	Н	рамноз	ферулын хүчил	апиоз	Алиссонозид 4-гидрокси- фенилпропенил-α-L- рамнопуранозил-(1→3)-4 -О- ферулил-β-D- глюкопуранозид
17	Н	ОН	Н	рамноз	ферулын хүчил	Н	

гидрофиль шинж чанартай болох боловч төрөл бүрийн уусгагчийн ханданд хийсэн судалгаагаар ФЭГ нь 40-60%-ийн метанол, *n*-бутанолын ханданд илүү их агуулагддаг байна [5]. Мөн Gao нар *n*-бутанолын ханд нь иридоид гликозид, ФЭГ ихтэй, усан ханданд полисахар, усанд уусдаг идээлэгч бодис их агуулагддаг гэжээ [7]. Иймээс метанол болон *n*-бутанолын хандны биологийн идэвхийг

тодорхойлогч гол бодисуудын нэг бол ФЭГ гэж үзэх үндэслэлтэй юм.

Исэлдэлтийг дарангуйлах идэвх: Khodaie нар *P.sibthorpii* ба *P.wilhelmsiana* ургамлуудын гексан, дихлорметан, 10-100%-ийн метанолын хандуудын исэлдэлтийг дарангуйлах идэвхийг DPPH радикалыг зайлуулах аргаар судалсны дүнд дээрх ургамлуудын метанолын ханд нь илүү идэвхтэй RC₅₀ (чөлөөт

Хүснэгт 2. Глюкопиранозын 4' байрлалдаа каффейны хүчилтэй фенилэтанонид гликозидууд

№	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	Нэр
1	Н	ОН	ОН	Н	ОН	апиоз	каффейны хүчил	рамноз	Педикулариозид А
2	Н	ОН	ОН	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	Н	Педикулариозид G
3	Н	ОН	ОН	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	Н	Вербаскозид
4	Н	ОН	ОН	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	глюкоз	Эхинакозид
5	Н	ОН	ОН	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	апиоз	Форситозид В
6	Н	ОН	OCH ₃	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	Н	Жионозид D
7	Н	ОН	ОН	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	арабиноз	Ангарозид А
8	Н	OCH ₃	OCH ₃	Н	ОН	рамноз	диметил- каффейны хүчил	Н	Перметилсвербаскозид
9	Н	ОН	ОН	ОН	ОН	рамноз	каффейны хүчил	глюкоз	Цистанбулозид CI
10	Н	OCH ₃	ОН	ОН	ОН	рамноз	каффейны хүчил	Н	Цистанозид С
11	Н	ОН	ОН	ОН	ОН	рамноз	каффейны хүчил	ОН	Кампнеозид II
12	ОН	ОН	ОН	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	ОН	ФЭГ-1
13	ОН	ОН	ОН	Н	ОН	рамноз	каффейны хүчил	каффейн ы хүчил	ФЭГ-2
14	Н	ОН	ОН	Н	аце тил	рамноз	каффейны хүчил	ОН	2''-О- ацетил- вербаскозид

Тайлбар: **ФЭГ-1:** 1-(2,3,4-тригидроксифенил) этил-3-О-рамноз-4-[(2E)-3-(3,4-дигидроксифенил)-2-пропеноат]-глюкопиранозид
ФЭГ-2: 1-(2,3,4- тригидроксифенил) этил-3-О-рамноз-4-[(2E)-3-(3,4- дигидроксифенил)-2-пропеноат]-6-[(2E)-3-(3,4-дигидроксифенил)-2-пропеноат]- глюкопиранозид

Хүснэгт 3. Глюкопиранозын 4' байрлал дахь гидроксил бүлэг нь халагдаагүй фенилэтанойд гликозидууд

№	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Нэр
1	ОН	ОН	рамноз	ОН	каффейны хүчил	Изо-вербаскозид
2	ОН	ОН	рамноз	ОН	цис-каффейны хүчил	Цис-изо-вербаскозид
3	ОН	ОН	рамноз	ОН	Н	Декаффоиллактозид
4	ОН	ОСН ₃	рамноз	ОН	ферулын хүчил	Изо-мартинозид
5	ОН	ОСН ₃	рамноз	ОН	цис-ферулын хүчил	Цис-изо-мартинозид
6	ОН	ОН	ксилоз	ОН	Н	Артселарозид А

радикалыг 50% дарангуйлах тун), 0.033 ба 0.159 мг/мл гэж тодорхойлжээ [8]. Ялангуяа 40 %-ийн метанолын ханднууд нь хамгийн сайн (RC₅₀, 0.012 мг/мл⁻¹ ба 0.017 мг/мл⁻¹) идэвх үзүүлжээ. Фитохимийн судалгаагаар 40 %-ийн метанолын хандад зонхилон агуулагдаж буй бүрэлдэхүүн нь ФЭГ ба идэвх үзүүлэгч гол бодис нь вербаскозид гэж таамагласан байдаг [9]. Мөн *P.longiflora* ургамлаас ялгасан ФЭГ-ийн исэлдэлтийг дарангуйлах идэвхийг DPPH радикалыг зайлуулах аргаар судалж алиссонозидийн EC₅₀ (хамгийн өндөр идэвх үзүүлж буй тунгийн 50%), 7.59 мкМ, леукоцептозид А 11.26 мкМ, изовербаскозид 14.65 мкМ, леукоцептозид В 13.05 мкМ, вербаскозид 7.01 мкМ идэвхтэй гэж тодорхойлжээ [10]. Хятадын эрдэмтэн Li нар исэлдэлтийг дарангуйлах болон хелат үүсгэх идэвхээрээ вербаскозид, изовербаскозид нь

P.wilhelmsiana ургамлын 60%-ийн метанолын ханд нь 200 мг/мл тундаа *P.aeruginosa*-г 14.4 мм, *S.aureus*-г 14.1 мм, *S.epidermidis*-г 23.0 мм хүрээ үүсгэн тус тус дарангуйлжээ [15]. Мөн *P.flava* ургамлын этанолын ханд нь 100 мкг/мл тундаа *S.aureus* бактерийн өсөлтийг 13.7 мм хүрээ үүсгэн дарангуйлж байв [16]. Эндээс *Хувилангын* өөр өөр зүйлийн метанол, этанолын туйлт ханд нь бактерийн эсрэг идэвхтэй байна.

Булчингийн ядралтыг багасгаж, ажиллах чадварыг нэмэгдүүлэх үйлдэл: Chu нар *P.densispica* ургамлын 30%, 50%-ийн метанолын хандуудыг нэгтгэн Өндөр Мэдрэмжит Шингэний Хроматографаар (ӨМШХ) шинжилж 6 ФЭГ-ийг тодорхойлсон ба энэхүү хандны хүчилтөрөгчийн дутагдал болон хөдөлгөөний ачаалал даах чадварыг хир нэмэгдүүлж байгааг туршилтын амьтанд

Хүснэгт 4. Глюкопиранозын 4' байрлалдаа кумарын хүчил, арабиноз, ацетил бүлэгтэй фенилэтанойд гликозидууд

№	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Нэр
1	ОН	ОСН ₃	рамноз	кумарын хүчил	галактоз	Цистантубулозид В ₁
2	ОСН ₃	ОН	2'''-О-ацетилрамноз	ацетил	ферулын хүчил	Педикуларозид Е
3	ОСН ₃	ОН	2'''-О-ацетилрамноз	арабиноз	ферулын хүчил	Педикуларозид I

перметилвербаскозидоос харьцангуй сайн байгааг тогтоосон ба энэ нь 3, 4, 3'', 4'' байрлал дахь 2 орто-дигидроксил бүлгээс шалтгаалдаг гэж үзжээ [11]. Дээрх туршилт, судалгаанаас гадна Zheng нар вербаскозид ба изовербаскозид 10.3 мкМ, эхинакозид 10.9 мкМ, педикуларозид А 10.4 мкМ, цистанозид D 12.1 мкМ, перметилвербаскозид 11.6 мкМ тундаа линолын хүчлийн автоисэлдэлтийг дарангуйлдаг [12], Gao нар аллоксанаар чихрийн шижин үүсгэсэн хулганад *P.decora* ургамлын *n*-бутанол болон усан хандыг 15 г/кг тунгаар өгөхөд липидийн пероксиджилтийг бууруулж байгааг тус тус тогтоожээ [13].

Бактерийн өсөлтийг дарангуйлах идэвх: *P.sibthorbii* ургамлын гексан, дихлорметан, 10-100%-ийн метанолын ханднуудын бактерийн өсөлтийг дарангуйлах идэвхийг агар диффузын аргаар судалж, 60%-ийн метанолын ханд нь 200 мг/мл тундаа Грам сөрөг *Pseudomonas aeruginosa*-г 15 мм, Грам эерэг *Staphylococcus aureus*-г 15.5 мм, *Staphylococcus epidermidis*-г 24.5 мм хүрээ үүсгэн хамгийн сайн идэвхтэй болохыг тогтоожээ [14]. Харин

судалжээ. Ургамлын ханднаас 10, 20, 40 мг/кг тунгаар, хяналтыг 180 мг/кг тунгаар 7 хоногийн турш өгсний дараа хулганы усанд сэлэх чадвар хяналтын бүлгийнх 193.5 секунд байхад 10 мг/кг тунд 194.5 секунд, 20 мг/кг тунд 204.3 секунд, 40 мг/кг тунд 283.7 секунд буюу хүчилтөрөгч тэсвэрлэх чадвар 53-92 секундээр уртассан байна [17]. Уг ургамлын этанол, петролейний эфир, этилацетат, *n*-бутанол, усан хандны булчингийн ядралт бууруулах идэвхийг туршилтын хулганад судалсны дүнд *n*-бутанол ба усан ханд нь идэвхтэй болохыг тогтоожээ. *n*-Бутанолын ханднаас ялгасан 15 бодисын 8 нь ФЭГ байсан учир дээрх идэвхийг үзүүлэгч гол бүрэлдэхүүн гэж дүгнэжээ [18]. Харин вербаскозид, мартинозидын мэлхийний хөлийн булчингийн ядралтыг багасгаж, агших чадварыг сайжруулах идэвхийг *in vivo* аргаар шалгахад вербаскозид 20 мкМ тундаа сайн, мартинозид 80 мкМ тундаа бага зэрэг идэвхтэй байв [19].

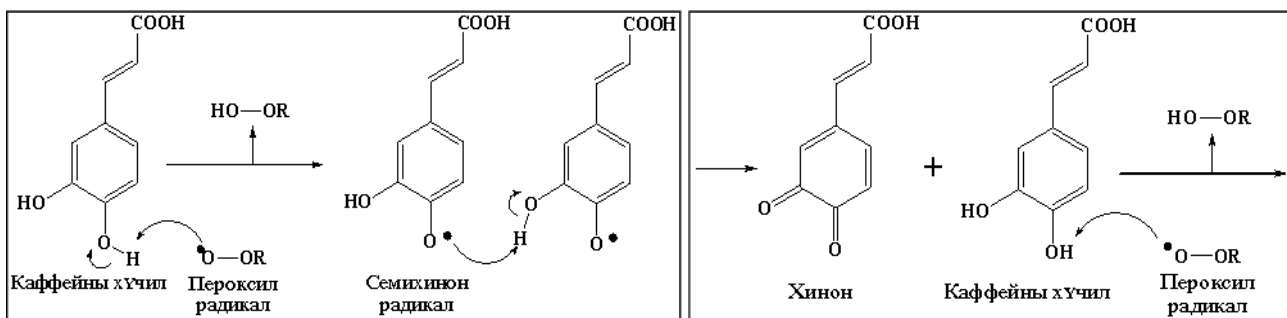
Хорт хавдрын эсийн өсөлтийг дарангуйлах идэвх: Zhang нар *P.cansuensis* ургамлаас ялгасан 6 ФЭГ-ийн хорт хавдрын эсэд нөлөөлөх судалгааг Hela болон

элэгний хорт хавдрын Нер-6 эсийн шугаманд туршин судалжээ. Эдгээрээс 1-(2,3,4-гидроксибензил)-этил-3-О-рамноз-4-[(2E)-3-(3,4-дигидроксибензил)-2-пропеноат]-глюкопиранозидын хамгийн бага дарангуйлах тун (MIC) нь Hela эсэд 12 мкг/мл, Нер-6 эсэд 17 мкг/мл бол 1-(2,3,4-тригидроксибензил)-этил-3-О-рамноз-4-[(2E)-3-(3,4-дигидроксибензил)-2-пропеноат]-6-[(2E)-3-(3,4-дигидроксибензил)-2-пропеноат]-глюкопиранозидын Hela эсэд 9 мкг/мл, Нер-6 эсэд 20 мкг/мл байж өндөр идэвх үзүүлсэн байна [20]. Мөн *P.striata* ургамлаас ялгасан педикуларозид G бодисын хорт хавдрын эсрэг идэвхийг тахианы үр хөврөл болон хүний хүйн эс дээр туршсан байна. Судалгааны үр дүнд педикуларозид G нь 400 мкМ тундаа тахианы үр хөврөлийн эсийн өсөлтийг 39.7%, хүний хүйн эсийн өсөлтийг 35.7% дарангуйлсан бол дээрх эсүүдийн тархалтыг 66.7% ба 54.7%-аар тус тус дарангуйлжээ [21]. *Хувилангын* зүйл ургамлуудад зонхилон агуулагддаг изовербаскозид, вербаскозид, эхинакозид, педикулариозид А, цистанозид Д, перметилвербаскозидийн элэгний хорт хавдрын эс

мартинозид, эхинакозид, леукоцептозид А гэсэн ФЭГ-ууд нь ДНХ-ийн гэмтлийг засварлах үйлдэлтэйг тогтоосон байдаг [25].

Фенилэтаноид гликозидийн бүтэц байгууламж ба идэвхийн хамаарал

Фенилэтаноид гликозидийн үнэт чанар, эрүүл мэнд, гоо сайхны ач холбогдлыг илэрхийлэх гол шинж нь түүний исэлдэлтийг дарангуйлах үйлдэл бөгөөд зарим бодисын хувьд флавоноидоос ч илүү идэвхтэй нь судалгаагаар тогтоогджээ [26]. Wang нар *P.alashanica* Maxim, *P.striata* Pall ургамлуудаас ялгасан ФЭГ-ийн гидроксил радикал, супероксид анионыг зайлуулах идэвхийг судалсны дүнд 3, 4, 3'', 4'' байрлалд 2 орто-дигидрокси бүлэгтэй вербаскозид, педикулариозид А-ийн SC₅₀ (супероксид анионы 50%-ийг зайлуулах тун) нь 0.063 мкМ, 0.132 мкМ хамгийн сайн, 3, 4, 4'' байрлалд 3 гидроксил бүлэгтэй леукоцептозид А, педикуларозид М-ийнх 0.161 мкМ, 0.294 мкМ дунд, харин 3, 4'' байрлалд 2 гидроксил бүлэгтэй мартинозид, педикуларозид N-ийнх 1.07 мкМ, 1.18



Зураг 6. Каффейны хүчлийн чөлөөт радикал зайлуулах механизм [28].

(SMMC-7721), уушгины хорт хавдрын эс (L432), ходоодны хорт хавдрын эсэд (MGV-803) үзүүлэх нөлөөг судалсан үр дүн байна. Хамгийн сайн идэвхтэй изовербаскозидийн IC₅₀ тун нь элэгний хорт хавдрын эсэд 94.0 мг/Л, уушгины хорт хавдрын эсэд 95.6 мг/Л, ходоодны хорт хавдрын эсэд 91.5 мг/Л болохыг тус тус тодорхойлжээ [22].

Бусад идэвх: Изовербаскозид, вербаскозид, педикулариозид А, эхинакозид нь 3 мкМ концентрацдаа цусны улаан эсийг гемолизоос хамгаалах өндөр идэвхтэй ба энэ идэвх нь бодисын бүтэц дэх 3, 4, 3'', 4'' байрлалын 2 орто-дигидрокси бүлгээс хамаардаг гэж дүгнэжээ [23]. Мөн Zhou нар Вистар үүлтрийн харханд хэт өндрөөс (дгд 7500 м) үүдэлтэй мэдрэлийн эмгэгт *P.muscicola*-ийн усан ханд хэрхэн нөлөөлж буйг судлах зорилгоор 50 мг/кг, 200 мг/кг, 400 мг/кг тунгаар 7 хоногийн турш өгсний дүнд хүчилтөрөгчийн дутагдлаас үүдэлтэй исэлдэлтийн стрессийг бууруулж, тархины үйл ажиллагааг сайжруулсан үр дүн гарчээ. Уг усан хандыг ӨМШХ-аар шинжилж зонхилох нэгдэл нь вербаскозид болохыг тодорхойлжээ [24]. Мөн вербаскозид, педикуларозид А ба N, цистанозид С,

мкМ маш бага идэвх үзүүлж буйг тогтоожээ. Энэхүү үр дүнд үндэслэн исэлдэлтийг дарангуйлах идэвх нь фенолын гидроксил бүлгийн тоо ба байршлаас хамаарч байгааг тэмдэглэжээ [27]. Исэлдэлтийг дарангуйлах өндөр идэвхтэй вербаскозид, педикуларозид А нь молекулдаа каффейны хүчлийг агуулдаг бөгөөд уг хүчлийн орто-дигидрокси бүлэг нь устөрөгчийн донор болж идэвх үзүүлдэг гэж тайлбарладаг.

Каффейны хүчил дэх гидроксил бүлгийн устөрөгчийн атом чөлөөт радикалын донор болсноор өөрөө семихинон радикал болох боловч ароматик цагиргийн резонансын нөлөөгөөр тогтвортой байж чаддаг. Улмаар 2 семихиноны нэг нь гидроксил бүлгийн Н-ийн атомаа нөгөөдөө өгснөөр шинээр орто-хинон ба каффейны хүчил үүсдэг. Ингэснээр 2 каффейны хүчил чөлөөт радикалтай урвалд орсны дүнд дахин нэг каффейны хүчил үүсдэг (Зураг 6) [28]. Иймд молекулдаа каффейны хүчил агуулсан ФЭГ нь исэлдэлтийг дарангуйлах үйлдэлтэй. Түүнчлэн орто-дигидроксибензилэтаноид ч протоны донор болох механизмаар исэлдэлтийг дарангуйлах идэвхтэй.

ДҮГНЭЛТ

Өнөөг хүртэл *Хувилангын* зүйл ургамлуудаас 40 фенилэтаноид гликозид ялгагдаж, молекулын бүтэц нь тогтоогдсон байгаа нь нийт ялгасан хоёрдогч метаболитын 15% болж байна. Эдгээр фенилэтаноид гликозидийн 90 орчим хувь нь глюкопиранозын 3' байрлалдаа рамноз, 4' байрлалдаа ферулын эсвэл каффейны хүчилтэй холбогдсоноороо онцлог юм. Мөн вербаскозид, мартинозид, леукоцептозид А, эхинакозид, изомартинозид, педикулариозид А бодисууд нь *Хувилангын* зүйл ургамлуудад хамгийн их тархсан, голлох ФЭГ юм.

Нийт 12 зүйл ургамлын туйлт ханд, тэдгээрээс ялгасан 16 ФЭГ-ийн исэлдэлт, бактер, хорт хавдрын эсийн өсөлтийг дарангуйлах, булчингийн ядралт багасгах, цусны улаан эсийг гемолизоос хамгаалах, тархины эс болон ДНХ-г гэмтэхээс хамгаалах туршилт судалгааг *in vitro* ба *in vivo* нөхцөлд хийжээ. Судалсан бодисуудаас вербаскозид, изовербаскозид, педикулариозид А, эхинакозид нь дээрх биолог, фармакологийн харьцангуй сайн идэвх үзүүлсэн байна. Эдгээр бодис нь бүгд молекулынхаа 3, 4, 3'', 4' байрлалд 2 орто-дигидроксил бүлэгтэй буюу 4' байрлалын гидроксил бүлэг нь каффейны хүчлээр халагдсан байгаа нь тэдгээрийн молекулын бүтэц дэх биолог, фармакологийн идэвх үзүүлж буй гол түлхүүр хэсэг гэж үзэж болох юм.

Хувилангын зүйл ургамлуудыг уламжлалт анагаах ухаанд “сарнисан хорыг хурааж, махны хорыг арилгах чадалтай” гэж тодотгосон бөгөөд энэхүү сарнисан хор, махны хоронд исэлдэлтээс үүсэх чөлөөт радикал хамааралтай эсэх, хорыг хурааж, хорыг арилгах чадалд нь ФЭГ-ийн идэвх холбоотой эсэхийг тодруулбал сонирхолтой юм. Иймд *Хувилангын* зүйл ургамлуудын исэлдэлтийг дарангуйлах идэвхийг олон аргаар судлан, харьцуулан дүгнэж, тэдгээрийн ардын эмнэлэгт хэрэглэдэг уламжлалыг шинжлэх ухааны үндэслэлтэй тайлбарлах нь зүйтэй юм.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

1. Ц. Мөнхтуяа, М. Амбага, Б. Саранцэцэг. (2002) *Уламжлалт эмийн зарим түүхий эд*. Боловсрол Соёл Шинжлэх Ухааны яам, “Монос” Анагаах Ухааны Дээд Сургууль, Улаанбаатар, х.90-91.
2. К. Ubaev, P.K. Yuldashev, S.Y. Yunusov. (1963) *Pedicularis olgae* alkaloids. *Uzbeksk Khim. Zh.* 7. p.33-36.
3. C. Frezzaa, A. Venditti, C. Toniolo et al. (2019) *Pedicularis* L. genus: systematics, botany, phytochemistry, chemotaxonomy, ethnopharmacology and other. *Plants (Basel)*. 8(9). p. 306.
4. M.X. Li, X.R. He, R. Tao et al. (2014) Phytochemistry and pharmacology of the genus *Pedicularis* used in traditional Chinese medicine. *Am. J. Chin. Med.* 42(5). p.1071-1098.
5. M.I. Yattoo, U. Dimri, A. Gopalakrishnan et al. (2017) Beneficial health applications and medicinal

- values of *Pedicularis* plants:A review. *Bio. Pharmacoth.* 95. p. 1301-1313.
6. Z. Xue, B. Yang. (2016) Phenylethanoid glycosides: research advances in their phytochemistry, pharmacological activity and pharmacokinetics. *Molecules*. 21. p. 991-1016.
7. M. Gao, Y. Li, J. Yang, Y. Wang. (2011) Effects of n-butanol and water fractions from *Pedicularis decora* Franch on oxidative stress in mice induced by a single bout of swimming exercise. *J. Med. Plan. Res.* 6(39). p.5186-5195.
8. L. Khodaie, A. Delazar, F. Lotfipour, H. Nazemiyeh. (2012) Antioxidant and antimicrobial activity of *Pedicularis sibthorpii* Boiss. and *Pedicularis wilhelmsiana* Fisch ex. *Advanced Pharm. Bull.* 2. p.89-92.
9. L. Khodaie, S. Bamdad, A. Delazar, H. Nazemiyeh. (2012) Antioxidant, total phenol and flavonoid contents of two *Pedicularis* L. species from eastern Azerbaijan, Iran. *Bio. Impacts.* 2. p.47-53.
10. Y. Lan, X. Chi, G. Zhou, X. Zhao. (2018) Antioxidants from *Pedicularis longiflora* var. *tubiformis* (Klotzsch) P.C. Tsoong. *Rec. Nat. Prod.* 12(4). p.332-339.
11. J. Li, R.C. Ge, R.L. Zheng et al. (1997) Antioxidative and chelating activities of phenylpropanoid glycosides from *Pedicularis striata*. *Acta Pharmacol. Sin.* 18. p.77-80.
12. R.L. Zheng, P.F. Wang, J. Li et al. (1993) Inhibition of the autoxidation of linoleic acid by phenylpropanoid glycosides from *Pedicularis* in micelles. *Chem. Phys. Lipids* 65. p.151-154.
13. M. Gao, Y. Li, J. Yang. (2011) Protective effect of *Pedicularis decora* Franch root extracts on oxidative stress and hepatic injury in alloxan-induced diabetic mice. *J. Med. Plan. Res.* 5(24). p.5848-5856.
14. L. Khodaie, A. Delazar, F. Lotfipour. (2012) Phytochemistry and bioactivity of *Pedicularis sibthorpii* growing in Iran. *Brazil. J. Pharmacog.*, 22 (6). p.1268-1275.
15. L. Khodaie, A. Delazar, H. Nazemiyeh. (2019) Biological activities and phytochemical study of *Pedicularis wilhelmsiana* Fisch Ex. From Iran. *Iranian J. Pharmaceu. Res.* 18(1). p. 339-347.
16. G. Enkhmaa, E. Sarnaizul, T. Ouyntsetseg. (2008) Antimicrobial activity of Mongolian medicinal plants. *Nat. Prod. Sci.* 13(1). p. 32-36.
17. H. Chu, Z. Zhang, D. Chen et al. (2017) Content determination of phenylpropanoids and enhancing exercise ability of effective fractions in *Pedicularis densispica*. *Phcog. Mag.* 13. p. 230-235.
18. H.B. Chu, G.Z. Zeng, M.J. Zhu et al. (2011) Chemical constituents of *Pedicularis densispica* Franch. *Z. Naturforsch.* 66. p. 641-646.
19. F. Liao, R.L. Zheng, J.J. Gao. (1999) Retardation of skeletal muscle fatigue by the two phenylpropanoid glycosides: verbascoside and martynoside from *Pedicularis plicata* Maxim. *Phytoth. Res.* 13. p. 621-623.
20. B. Zhang, K. Shi, Z. Liao et al. (2011) Phenylpropanoid glycosides and triterpenoid of *Pedicularis kansuensis* Maxim. *Fitoterapia*, 82. p. 854-860.
21. P. Mu, X. Gao, Z.J. Jia, R.L. Zheng. (2008) Natural antioxidant pedicularioside G inhibits angiogenesis and tumourigenesis *in vitro* and *in vivo*. *Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.* 102. p. 30-34.
22. J. Li, Y. Zheng, R.L. Zheng et al. (1995) Antitumor

- effects of phenylpropanoid glycosides. *Chin. J. Chin. Mater. Med.* 30(5). p. 269-271.
23. J.W. Li, Z.M. Liu, Z.J. Jia. (1992) Protection of phenylpropanoid glycosides from *Pedicularis* against oxidative hemolysis in vitro. *Planta Med.* 59. p. 314-319.
24. B. Zhou, M. Li, X. Cao et al. (2016) Phenylethanoid glycosides of *Pedicularis muscicola* Maxim ameliorates high altitude-induced memory impairment. *Physiol. Behav.* 157. p. 39-46.
25. R. Zheng, Z. Jia, J. Li et al. (2011) Fast repair of DNA radicals in the earliest stage of carcinogenesis suppresses hallmarks of cancer. *RSC Adv.* 1. p. 1610-1619.
26. G.K. Izabela, K.K. Anna. (2018) Determination of the phenolic profile and antioxidant properties of *Salvia viridis* L. Shoots: A comparison of aqueous and hydroethanolic extracts. *Molecules.* 23. p. 1468-1486.
27. P. Wang, J. Kung, Z. Zheng et al. (1996) Scavenging effects of phenylpropanoid glycosides from *Pedicularis* on superoxide anion and hydroxyl radical by the Spin trapping method (95) 02255-4. *Biochem. Pharm.* 51. p. 687-691.
28. K.M.M. Espindola, R.G. Ferreira et al. (2019) Chemical and pharmacological aspects of caffeic acid and its activity in hepatocarcinoma. *Frontiers on Onc.* 9. p.541.

Chemical structures of phenylethanoid glycosides from *Pedicularis* species, their biological and pharmacological activities

E.Nyamsuren, G.Odontuya*

Institute of Chemistry and Chemical Technology, Mongolian Academy of Sciences, Ulaanbaatar 13330, Mongolia

*E-mail: odontuyag@mas.ac.mn

Хүлээн авсан: 09.11.2019

Хяналтанд: 10.11.2019

Хэвлэлтэнд авсан: 06.12.2019

Abstract: In this review, we summarized the molecular structure specification of a unique component named as phenylethanoid glycosides from the genus *Pedicularis* L. and their biological and pharmacological activities. Until now, 40 phenylethanoid glycosides have been isolated and identified from the genus *Pedicularis* L. We classified the compounds into 4 main groups based on the functional group located at the 4' position. According to the results of *in vitro* and *in vivo* studies, the extract containing phenylethanoid glycosides possesses antioxidative, antibacterial, anti-tumor and anti-fatigue activities as well as the increase in physical ability, hepatoprotection and other effects. The antioxidant effect is the main biological activity of phenylethanoid glycosides.

Keywords: *Pedicularis, phenylethanoid glycosides, caffeic acid, anti-oxidative activity.*

© The Author(s). 2019 **Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

DOI: <https://doi.org/10.5564/bicct.v0i7.1274>