

## ФЕНОЛНИ СЪЕДИНЕНИЯ В ЯДЛИВИ РАСТЕНИЯ

Глория Георгиева<sup>1</sup>, Диана Добрева<sup>2</sup>, Веселина Панайотова<sup>2</sup>, Албена Мерджанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Медицински университет - Варна, Факултет по фармация, студент

<sup>2</sup>Медицински университет - Варна, Факултет по фармация, Катедра „Химия“

## PHENOLIC COMPOUNDS IN EDIBLE PLANTS

Gloriya Georgieva<sup>1</sup>, Diana Dobрева<sup>2</sup>, Veselina Panayotova<sup>2</sup>, Albena Merdzhanova<sup>2</sup>

Student, Faculty of Pharmacy, Medical University of Varna,

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Faculty of Pharmacy, Medical University of Varna

### РЕЗЮМЕ

През последните години значително нараства интересът към изследването на химичния състав на ядливи растения, особено на съдържанието им на биологично активни съединения с лечебно-протективен потенциал. Такива растения традиционно се използват както в европейската, така и в азиатската култура за подобряване на аромата и вкуса, както и за обогатяване на хранителната стойност на ястията. Ядливите растения се консумират както в сурово състояние като салати, добавки, подправки, гарнитюри, така и след термична обработка.

Важна характеристика на ядивните растения е голямото разнообразие на естествени биологично активни вещества - включително флавоноиди и фенолни киселини, антоцианини и др., които се съдържат в листата или други техни части. Полифенолите са голяма група вторични растителни метаболити. Най-често срещаните фенолни съединения в растителната храна са фенолните киселини и флавоноидите.

Известно е, че приемът на фенолни съединения влияе позитивно върху човешкото здраве. Тази група вещества се характеризира с доказани противовъзпалителни, противоалергични и противовирусни свойства, както и с потенциал за превенция на някои сърдечно-съдови заболявания, хипертония, диабет и др. Тези свойства се дължат на двойната роля на фенолните съединения - като антиоксиданти и като субстрати.

В България има сравнително малко и ограничена информация за състава на полифенолни киселини и флавоноиди в ядливи растения. Разширяване обхвата на подобна информация би предоставило възможност за информиран избор

### ABSTRACT

In recent years, the scientific interest about chemical composition of edible plants, especially their content of biologically active compounds with health protection potential, has grown considerably. Such plants are traditionally used in both European and Asian cultures - to improve flavor and taste and to enrich the nutritional value of the dishes. Edible plants are consumed in both states - raw (e.g. in salads), additives (e.g. spices, seasoning), and after thermal treatment.

An important characteristic of the edible plants is the wide variety of natural biologically active ingredients - including flavonoids and phenolic acids, anthocyanin, etc. contained in the leaves or other parts. Polyphenols are a large group of secondary plant metabolites. The most common phenolic compounds in plant food are phenolic acids and flavonoids.

It is known that the phenolic compounds uptake affects human health positively. This substance group is characterized by proven anti-inflammatory, anti-allergic and antiviral properties, as well as potential for the certain cardiovascular diseases prevention, hypertension, diabetes and others. These properties are due to the phenolic compounds' dual role - as antioxidants and as substrates.

In Bulgaria there is limited information on the polyphenolic acids' and flavonoids' composition of the edible plants. Expanding the range of such information would provide consumers with an informed choice for healthy life. This would give the opportunity for plant uses in pharmacy (phytotherapy, medicinal cosmetics), inclusion in balanced and healthy diet, as nutritional supplements and functional foods, etc.

**Keywords:** phenolic acids, flavonoids, functional foods

*храна от страна на консуматора, както и употребата им във фармацията (фитотерапия, лечебна козметика), включване в лечебни хранителни режими – като хранителни добавки и компоненти на функционални храни и др.*

**Ключови думи:** фенолни киселини, флавоноиди, функционални храни

## ВЪВЕДЕНИЕ

Ядливите растения са широко разпространени, както като диворастящи в природата, така и отглеждани в градините или вкъщи. Тези растения се консумират както сурови, под форма на салати, подправки, добавки, така и термично обработени. Тяхната употреба е традиция за храни от повечето национални кухни. Те имат способността да подобрят кулинарния аромат и вкус, но също така и да обогатят хранителната стойност на ястията. Съществуват много познати ядливи плодове, зеленчуци и корени на растения, но особен интерес представлява тези с ядливи зелени части.

Важна характеристика на ядливите растения е голямото разнообразие на естествени биологично-активни вещества - включително флавоноиди и фенолни киселини, антоцианини и др., които се съдържат в листата или други техни части (20). Полифенолите са голяма група вторични растителни метаболити. Най-често срещаните фенолни съединения в растителната храна са фенолните киселини и флавоноидите.

През последните години значително нараства интереса към изследването на химичния състав на ядливи растения и по-специално на съдържанието им на биологично активни (БАВ) съединения с лечебно-превантивен потенциал. Според епидемиологични данни, диета богата на растителни храни с високо съдържание на антиоксиданти може да предотврати множество хронични сърдечно-съдови заболявания, диабет (тип 2), хипертония, различни видове рак и др. Храните от растителен произход съдържат значителни количества биологично активни съединения, които осигуряват желани ползи за здравето извън основното хранене. Епидемиологичните данни показват, че диета, богата на плодове и зеленчуци, има положителен ефект върху здравето на човека. През последните десетилетия специално внимание се обръща на годните за консумация растения, особено богатите на вторични ме-

таболити и притежаващи висока антиоксидантна активност фитохимикали.

Съвременни източници съобщават, че зеленолистните ядивни растения и кръстоцветните зеленчуци действат като добър източник на естествени антиоксиданти – с високи нива на каротеноиди, токофероли и аскорбинова киселина. Силата на последните е доказана по отношение на предпазване на човешкото тяло от увреждане от свободни радикали. Освен посочените групи вещества, антиоксидантния ефект на тези растителни храни се дължи до голяма степен и на наличието в тях на фенолни съединения. Последните са пряко свързани с вкусовите и цвetoви характеристики на различните плодове и зеленчуци (8,27). Връзката между антиоксидантните свойства (дължащи се главно на съдържанието на фенолни киселини и флавоноиди в ядливите растения) и благоприятните ефекти за човешкото здраве е доказана в множество изследвания (9,12,23,25). Тези свойства се дължат на двойната роля на фенолните съединения (като антиоксиданти и като субстрати), свързани с окислително-редукционни процеси (например на окислително потъмняване на храни, особено когато те са с високо съдържание на желязо). Добре известна е и химическата активност на полифенолите от гледна точка на техните редуциращи свойства, което предопределя и тяхната способност на акцептори на свободни радикали (31).

В научната литература, най-често се представят данни за общото фенолно, флавоноидно, антоцианинно или каротеноидно съдържание на екстракти (водни, водно-алкохолни или алкохолни) от различни части на редица растения (11,27,28). Много по-малко са изследванията, свързани с определяне на индивидуалния състав на полифенолната и флавоноидна фракция от общите БАВ (20).

В България има сравнително малко изследвания, респективно ограничена информация относно общото полифенолно съдържание и ин-

дивидуалния състав на полифенолни киселини и флавоноиди в ядливи, лечебни растения или такива след култивиране на шамове-продуценти на тези метаболити (33,37,38,40).

### Полифенолни съединения



Фиг. 1. Класификация на полифеноли

През последните години се обръща значително внимание на идентифицирането на естествени антиоксиданти - тези, които са от растителни източници и могат да се използват за директна човешка консумация, с цел промоция на здравето и профилактика на заболявания. Сред фитохимикалите, на които са богати тези растения, фенолните съединения са една от най-важните групи, притежаващи антиоксидантен капацитет (5,8,15,17). „Полифеноли“ е общо наименование, което се използва за обозначаване на голяма група съединения (над 8000). Те са широко разпространени в почти всички растения. Полифеноли са съединения, характеризиращи се с най-малко един ароматен пръстен с прикрепена една или повече хидроксилни групи директно към него. Класификацията им се базира на метаболитния им произход и полифенолите, се дефинират като междинни или крайни продукти на шикимовия „път“ и фенилпропаноидния метаболизъм (37,38). Фенилаланин амиалазата е ключов ензим при тези реакции, катализиращ биосинтезата на феноли от ароматната аминокиселина фенилаланин. Фенолите могат да са прости, нискомолекулни съединения с единичен ароматен пръстен, но също и големи и сложни вещества - танини и полифенолни производни (8,27). Те могат се класифицират въз основа на общия брой и подредането на изграждащите ги въглеродни ато-

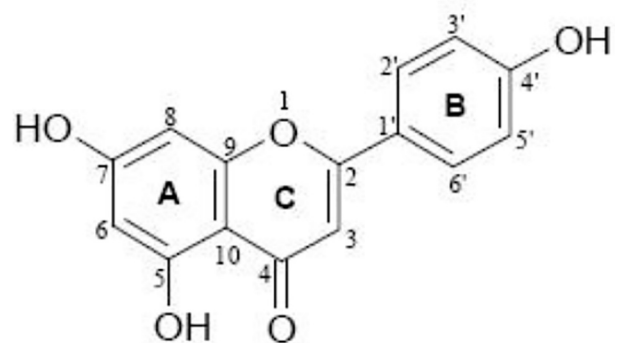
ми като флавоноиди и нефлавоноиди. Флавоноидите са голяма група вещества като флавоноли, флаволи, флаван-3-оли, антоцианидини, флаванони, изофлаволи и др. Нефлавоноиди са фенолните киселини, хидроксицинамати, стилбе-

ни и др. (27). Обикновено тези вещества се срещат свързани със захари и органични киселини.

Полифенолите могат да бъдат разделени в зависимост от основната им химическа структура в най-малко 10 различни класа. Флавоноидите от своя страна са една от най-важните групи и могат да бъдат допълнително разделени на 13 различни класа, като в тях са описани повече от 5000 съединения. Най-широко разпространените фенолни съединения при зеленолистните ядливи растения, респективно най-често срещаните феноли в човешката диета, са фенолните киселини, флавоноидите и танините.

### Флавоноиди

Флавоноидите се характеризират с основния скелет на фенилбензопиренова структура, състоящ се от 2 ароматни пръстена (пръстени А и В),



Фиг. 2. Обща структура на флавоноиди

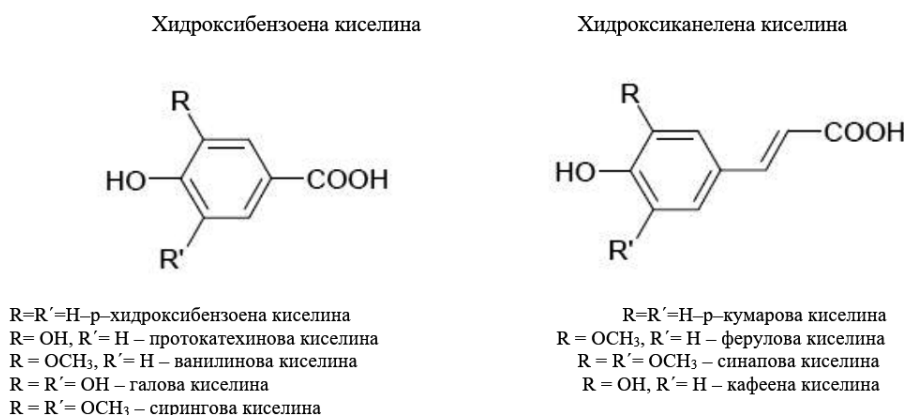
свързани с 3 въглеродни атоми, които обикновено са в оксигениран централен пиренов пръстен (Фиг. 2).

Флавоноидите могат да бъдат подразделени на шест различни класа - флаволи, флавоноли, антоцианини, флаванони, изофлаволи и флаван-3-оли. Те са разпространени във всички членове на растителното царство. Намират се във високи концентрации в епидермиса на листата и плодовете и имат важни и разнообразни роли като вторични метаболити. Участват в процеса на UV защита, на пигментация, на стимулиране на азотфиксиращи нодули и на устойчивост на заболявания (34,35). Флавонолите са най-разпространените съединения от общата група на флавоноидите. Флавоноидите се синтезират чрез фенилпропаноидния път, при трансформиране на фенилаланин в 4-кумароилCoA, чрез който всъщност се достига до биосинтеза на флавоноиди. Основните флавоноиди, на които са богати повечето зеленолистни ядливи растения са осемте съединения - мирцетин, кампферол, кверцетин, рутин, хиперозид, хесперидин, апигенин и лутеолин.

антоцианидини. Тяхното присъствие е особено изразено в плодовете и цветните тъкани на растенията, където те придават червен, син и лилав цвят. Те са естествена съставка и на листата, стъблата, семената и кореновите им системи. В тези части на растенията, в някои плодове и зеленчуци, антоцианините присъстват в значително по-малки количества, поради което и не успяват да придадат интензивен цвят. Благодарение на цветните си характеристики, фенолните съединения могат да привличат животните във връзка с опрашването и разпространение на семената (16,21). Химическата структура на антоцианина определя стабилността, интензитета на цвета и потенциалната биологична активност. Най-често срещаните антоцианини са пеларгонидин, цианидин, делфинидин, пеонидин, петунидин и малвидин.

#### Фенолни киселини

Фенолните киселини се разделят на производни на хидроксibenзоената киселина (галова, ванилова, сириггова, салицилова и 3,4-дихидроксibenзоена киселини) и хидрокси канелената киселини (розмаринова, кафеена, хлорогено-



Фиг. 3. Фенолни киселини

Най-често са под форма на О-гликозиди. Конюгирането се извършва най-често в 3-та позиция на С-пръстена, но замествания могат да се появят и на 5, 7, 4', 3' и 5' позиции. Обикновено те също се ацилират с различни хидроксиаминови киселини (6,36).

Антоцианините са от групата на цветните флавоноиди и са най-важната група растителни пигменти. Те са ценни компоненти на храните и се отразяват благотворно на човешкото здраве, чрез високата си антиоксидантна активност и други полезни биологични свойства. Антоцианините са конюгирани със захарни остатъци

ва, пара-кумарова, синапена, ферулова и канелена киселини) (20,31).

Природните фенолни киселини, се срещат както в свободна, така и в конюгирана форма, обикновено като естери или амиди. Поради структурната си прилика, няколко други полифеноли се считат за аналози на фенолните киселини като капсаицин, розмаринова киселина, джинджерол, госипол, тирозол, хидрокситирозол, елагична киселина, цинарин и салвианолова киселина В (13).

Хидроксиканелените киселини са от вида нефлавоноидни феноли (Фиг. 3). Растенията са



много богати на тези съединения, тъй като в тях те обезпечават както структурни роли, така и химически подходи за защита им. Те могат да съществуват свободно или като компоненти на растителни полимери (клетъчни стени). Производните на канелената киселина присъстват в голяма гама зеленчуци и плодове. При зеленолистните зеленчуци най-често срещаните са р-кумарова, синапова и ферулова киселини, като обикновено са свързани със захарни остатъци или други хидроксиканелени киселини (18,24).

Галовата киселина също е широко разпространена в лечебните растения като пача трева, сена, китайски ревен, къдраво зеле, спанак, както и диетични подправки – мащерка, карамфил и др. Други хидроксibenзоени киселини също се откриват в лечебните билки и редица подправки, плодове, зеленчуци. Например, индийски бобени култури, лимония, амла, харитаки съдържат хидроксibenзоена киселина; касиа, къна, копър, грозде и звезден анасон са богати на протокатехинова киселина; а ванилинова кисели-

от корени на салвия, което обяснява употребата му като билково лекарство и антиоксидант от хиляди години в Китай. Има девет активни фенолни хидроксилни групи, които спомагат за освобождаването на активен водород за блокиране на реакции на липидна пероксидация (8). Розмариновата киселина е антиоксидантно фенолно съединение, което се среща в много подправки като мента, сладък босилек, риган, розмарин, градински чай и мащерка (22). Джинджеролът е фенолно вещество, чийто много добър източник е джинджифила, което обяснява пикантния вкус на последния (30).

#### Биологична активност на полифеноли

Полифенолите проявяват своя положителен ефект върху човешкото здраве чрез няколко механизма – предпазване от свободни радикали, защита и регенериране на други налични в храните антиоксиданти (витамин Е), хелираща способност към прооксидантни метали. Те притежават също имуномодулаторно действие, противоракова и антибактериална активност (26).



Фиг. 4. Здравословни ефекти на полифенолите

на се среща в резене, индийска петуня и живен (3,4,19,36).

Феруловата, кафеената и р-кумаровата киселини присъстват в много лечебни билки и подправки, плодове, зеленчуци и зърнени храни (19). Пшеничните трици са добър източник на ферулови киселини. Червените плодове (боровинка, къпина, малина, ягода, червена малина, сладка череша, вишни, касис, касис и червено касис) са богати на хидроксиканелени киселини (кафеена, ферулова, р-кумарова киселина) и р-хидроксibenзоена, които определят тяхната антиоксидантна активност (32,34,36). Салвианолова киселина В е в основата на водния екстракт

През последните години фенолните съединения са изследвани интензивно, поради разнообразието от положителните им ефекти върху човешкото здраве. Тези полезни свойства включват противовъзпалителна активност, ензимно инхибиране, антимикуробна активност, противоалергично действие, антитуморна активност, но най-мощно е действието им като антиоксиданти (9,12,26). Антиоксидантната активност на фенолните съединения е свързана с тяхната химическа структура, която им придава силни редукционни свойства. Те могат да играят важна роля в адсорбирането и неутрализирането на реактивните кислородни видове (ROS), как-

то и при разлагането на пероксидите. ROS, получени при окислителните процеси, са важна част от механизмите за защита срещу инфекция, но прекомерното генериране на свободни радикали може да увреди тъканите (26). Когато съществува дисбаланс между ROS и антиоксидантните защитни механизми се появява риск от попадане в състояние на оксидативен стрес. Доказано е, че той е пряко свързан с проява на заболявания като рак, стареене, атеросклероза, възпаление и невродегенеративни заболявания като болестта на Паркинсон и болестта на Алцхаймер (25,29). Поради това антиоксидантните фенолни съединения се считат за надеждни защитни агенти, които намаляват оксидативните увреждания от ROS в човешкото тяло, в следствие на което се забавя прогресирането на много хронични заболявания.

Антиоксидантната способност на флавоноидите и фенолните киселини е свързана пряко с броя и позицията на хидроксилните групи в молекулата - увеличаването на броя на хидроксилните групи води до по-висока антиоксидантна активност. Съединения с три хидроксилни групи във фениловия пръстен на фенолни киселини или в пръстена на флавоноидите имат висока антиоксидантна активност. Загубата на една хидроксилна група намалява незначително активността, докато загубата на две хидроксилни групи намалява значително активността. Освен това, гликозилирането води до по-ниска антиоксидантна активност за някои флавоноиди като кверцетин, добавянето на захарна част намалява активността на агликона, а добавянето на втора такава част драстично понижава активността, вероятно поради пространствени пречения (10).

Много изследвания доказват антиоксидантното действие на определени флавоноиди и екстракти, съдържащи високи количества от тези съединения. Флавоноидите могат както да инхибират, така и да индуцират различни ензимни системи в бозайниците. Някои от тези ензими участват във процеси, регулиращи клетъчното делене и пролиферация, агрегацията на тромбоцитите, детоксикацията и възпалителния и имунен отговор (1,3,29).

Свободните радикали се произвеждат естествено в организма чрез метаболитните реакции. За да се предпази организма от тяхното вредно действие, ензимните антиоксидантни защитни системи се активират. Те включват оксидоредуктази като супероксид дисмутази (SOD), пероксидази (POD), каталаза (CAT) и глутатион пероксидаза (GPx). Освен това в организмите се на-

мират не-ензимни антиоксидантни системи, като редуцирания глутатион (GSH), аскорбинова киселина,  $\alpha$ -токоферол,  $\beta$ -каротен и полифеноли. Това обяснява нарастващото търсене на храни, характеризиращи се с високо съдържание на антиоксиданти и с високо хранително качество. Може да доведе до желано увеличение на потреблението на определени плодове и зеленчуци. Така например, консумацията на червени вина, характеризиращи се с високи нива от полифеноли, се свързва с ниската честота на сърдечни заболявания.

Позитивното въздействие на флавоноидите върху различните етапи на раковия процес, върху стимулирането на имунната система и върху хомеостазата в клетъчните системи е широко изследвано и описано (2,29). Флавоноидите участват в широк набор от биологични функции. Кверцетинът, който е основен представител на флавонолите, проявява способност за предотвратяване окислението на LDL. Тези свойства се дължат на дихидроксилирания В-пръстен, ненаситения С-пръстен и оксо-групата в С-пръстена. Поради това кверцетин доказано може да подпомогне лечение на някои видове рак, атеросклероза и хронични възпаления (1,27,29). Някои флавоноиди, производни на кверцетин, са описани в литературата като инхибитори на ацетилхолинестераза (15). Кампферолът също е с доказан силен антиоксидантен потенциал. Някои кампферолови производни се ацилират с кофеинова киселина. Наличието на О-дихидрокси структура придава висок потенциал на тяхната дезактивираща способност на ROS (Braca et al., 2003). Научни групи са доказали потискащо клетъчната пролиферация на рака на червата синергично действие на кверцетин и кампферол (1).

Други фенолни съединения каквито са синаповите естери и проантоцианидините (кондензирани танини) се считат за нежелани съединения в хранителната диета. Тяхното присъствие в храните има антинуитритивен ефект. Доказано е, че те са причината за потъмняването и горчивия вкус в храните богати на тях (например рапично масло и брашно). Проантоцианидините са способни да образуват разтворими и неразтворими комплекси с протеини, полизахариди и други макромолекули в храната, като по този начин намаляват тяхната бионаличност (6).

В България в МУ-Варна и МУ-Пловдив са извършени систематични изследвания върху антиоксидантната активност и общото фенолно съдържание на водно-етанолови екстракти от български лечебни растения (38, 39). Обектите на из-

следване са много разнообразни и включват глурхарче, хмел, мечо грозде, мента, лавандула, жълт кантарион, риган, глог, къпина, липа, живовляк, пирински чай, валериана, маточина, сератула и др. Сравнително малко и ограничени са изследванията, насочени към систематично изследване на индивидуалния състав на полифенолни киселини и флавоноиди в лечебни растения или такива след култивиране на щамове-продуценти на тези метаболити (34,37,40).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фенолните съединения са широко разпространени в природата и в частност в многобройни ядивни и лечебни растения - плодове, зеленчуци, подправки, зърнени храни и др. Различните фенолни съединения проявяват редица полезни биологични активни свойства, които допринасят за ефекта им върху инхибирането на карциногенезата. Данни от клинични изследвания показват, че профилактиката с богата на фенолни фитохимикали диета е лесно приложим вариант за контрола на редица заболявания. Поради това, информация за съдържанието на тези съединения в широко разпространени ядливи растения у нас е от голямо значение. Необходимо е разпространяване и популяризиране на доказаните ползи за здравето при консумирането им. Ядливите растения стават все по-популярни в човешката диета, и у нас главно заради подобряване на органолептичните свойства на различни ястия и храни. Налични са данни за общото фенолно съдържание и антиоксидантна активност на редица български ядливи и лечебни растения. Трудно е да се оценят обаче на кои специфични фенолни антиоксиданти се дължат наблюдаваните положителни ефекти. Поради това е необходимо да се разшири кръгът от изследвани видове растения относно индивидуалният им полифенолен състав.

### ЛИТЕРАТУРА

- Ackland ML, Van de Waarsenburg S, Jones R. Synergistic antiproliferative action of the flavonols quercetin and kaempferol in cultured human cancer cell lines. *In Vivo*. 2005; 19:69-76.
- Aron PM, Kennedy JA. Flavan-3-ols: Nature, occurrence and biological activity. *Mol. Nutr. Food Res*. 2008; 52:79-104.
- Ayaz FA, Hayirlioglu-Ayaz S, Alpay-Karaoglu S, Gruz J, Valentova K, Ulrichova J, Strnad M. Phenolic acid contents of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) extracts and their antioxidant and antibacterial activities. *Food Chem*. 2008; 107:19-25.
- Braca A, Fico G, Morelli I, De Simone F, Tomè F, De Tommasi N. Antioxidant and free radical scavenging activity of flavonol glycosides from different *Aconitum* species. *J. Ethnopharmacol*. 2003; 86:63-67
- Brown PN, Chan M, Paley L, Betz JM. Determination of Major Phenolic Compounds in *Echinacea* spp. Raw Materials and Finished Products by High-Performance Liquid Chromatography with Ultraviolet Detection: Single-Laboratory Validation Matrix Extension. *Journal of AOAC International*. 2011; 94:1400-1410.
- Cartea ME, Francisco M, Soengas P, Velasco P. Phenolic Compounds in Brassica Vegetables. *Molecules*. 2011; 16:251-280.
- Caruso MC, Galgano F, Pecora M, Tolve R, Verrastro M, Favati F. Improvement of Analytical Methods for the Determination of Polyphenolic Bioactive Compounds in Berry Fruits, *Journal of Chemistry*. 2015.
- Crozier A, Jaganath IB, Clifford MN. Phenols, polyphenols and tannins: An overview. In *Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet*; Eds. Blackwell: Oxford, UK, 2006:1-24.
- Fратиани F, Pepe R, Nazzaro F. Polyphenol Composition, Antioxidant, Antimicrobial and Quorum Quenching Activity of the "Carciofo di Montoro" (*Cynara cardunculus* var. *scolymus*) Global Artichoke of the Campania Region, Southern Italy. *Food and Nutrition Sciences*. 2014; 5:2053-2062.
- Fukumoto LR, Mazza G. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem*. 2000; 48:3597-3604.
- Garcia-Viguera C, Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. *J. Sci. Food Agric*. 2002; 82:1293-1297.
- Habauzit V, Morand C. Evidence for a protective effect of polyphenols-containing

- foods on cardiovascular health: an update for clinicians. *Therapeutic advances in chronic disease*. 2011.
13. Han XZ, Shen T, Lou HX. Dietary polyphenols and their biological significance. *Int J Mol Sci*. 2007; 8:950–988.
  14. Ivanov I, Vrancheva R, Petkova N, Aneva I, Denev P, Georgiev V, Pavlov A. Comparative study of polyphenols' content of two different populations of *Fumaria officinalis* and *Fumaria thuretii*, Scientific works, "Food sciences and engineering and technologies-2013", Plovdiv, 2013; 638-642.
  15. Jung M, Park M. Acetylcholinesterase inhibition by flavonoids from *agrifonia pilosa*. *Molecules*. 2007; 12:2130-2139.
  16. Konczak I, Zhang W. Anthocyanins—More Than Nature's Colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2004; 5:239–240.
  17. Khoddami A, Wilkes MA, Roberts TH. Techniques for Analysis of Plant Phenolic Compounds. *Molecules*. 2013; 18:2328-2375.
  18. Lin LZ, Harnly JM. Phenolic Component Profiles of Mustard Greens, Yu Choy, and 15 Other Brassica Vegetables. *J. Agric. Food Chem*. 2010; 58:6850-6857.
  19. Lo Scalzo R, Genna A, Branca F, Chedin M, Chassaigne H. Anthocyanin composition of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) and cabbage (*B. oleracea* L. var. *capitata*) and its stability in relation to thermal treatments. *Food Chem*. 2008; 107:136-144.
  20. Loizzo M R, Pugliese A, Bonesi M, Tenuta M C, Menichini F, Xiao J, Tundis R., Edible Flowers: A Rich Source of Phytochemicals with Antioxidant and Hypoglycemic Properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016 ;64:2467-2474.
  21. Lila MA, Anthocyanins and Human Health: An In Vitro Investigative Approach. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2004; 5:306–313.
  22. Mullen W, Marks SC, Crozier A. Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks. *J. Agric. Food Chem*. 2007; 55:3148-3157.
  23. Ninfani P, Bacchiocca M, Antonnella A, Biagiotti E, Di Gioacchino A, Piccoli G, Stocchi V, Brandi G. Characterization and biological activity of the main flavonoids from Swiss Chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*). *Phytomedicine*. 2007; 2:216-221.
  24. Olsen H, Aaby K, Borge GIA. Characterization and Quantification of Flavonoids and Hydroxycinnamic Acids in Curly Kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* var. *sabellica*) by HPLC-DAD-ESI-MSn. *J. Agric. Food Chem*. 2009; 57:2816-2825.
  25. Pandey KB, and Rizvi SI. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2009; 5:270-278.
  26. Paula-Freire, Lyvia IG. Comparison of the chemical composition and biological effects of the roots, branches and leaves of *Heteropterys tomentosa*. *Journal of ethnopharmacology*. 2013; 2:647-652.
  27. Pereira DM, Valentao P, Pereira JA, Andrade PB. Phenolics: From Chemistry to Biology. *Molecules*. 2009; 14:2202-2211.
  28. Petrova I, Petkova N, Ivanov I. Five edible flowers –valuable source of antioxidants for human nutrition. *IJPPR*. 2016; 8:604-610.
  29. Puengphian C, Sirichote A., [6]-gingerol content and bioactive properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extracts from supercritical CO<sub>2</sub> extraction, *As. J. Food Ag-Ind*. 2008; 1:29-36.
  30. Yao LH, Jiang YM, Shi J, Tomás-Barberán FA, Datta N, Singanusong R, Chen SS. Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods Hum Nutr*. 2004; 59:113-22.
  31. Podsedek A, Vallejo F, Tomas-Barberan FA. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *Lwt-Food Sci. Technol*. 2007; 40:1-11.
  32. Robbins R, Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *J. Agric. Food Chem*. 2003; 51:2866–2887.
  33. Kumar S, Pandey AK. Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *The Scientific World Journal*. 2013; <http://dx.doi.org/10.1155/2013/162750>
  34. Slavov I, Mihaylova D, Dimitrova-Dyulgerova I. Phenolic acids, flavonoid profile and antioxidant activity of *Cardus*



- thoermeri W einm. Extract. Oxidation communications. 2014; 37:247-253.
35. Xiao ZP, Peng ZY, Peng MJ, Yan WB, Ouyang YZ, Zhu HL. Flavonoids health benefits and their molecular mechanism. Mini Rev Med Chem. 2011; 11:169-77.
36. Yokozawa T, Kim HY, Cho EJ, Choi JS, Chung HY. Antioxidant Effects of isorhamnetin 3,7-Di-O- $\beta$ -d-glucopyranoside isolated from mustard leaf (*Brassica juncea*) in Rats with Streptozotocin-Induced Diabetes. J. Agric. Food. Chem. 2002; 50:5490-5495.
37. Запрянова Р. 2015, Изохинолинови алкалоиди и съпътстващи биологично активни вещества от български видове от рода *Fumaria*, Автореферат, Пловдив, 55 стр.
38. Киселова-Къневар ЙД. 2011, Проучване на антиоксидантната активност на български лечебни растения, Автореферат, МУ-Варна
39. Кацарова М. 2017, Химичен състав, антиоксидантен потенциал и биологична активност на растения с анксиолитично действие, Автореферат, МУ-Пловдив
40. Марчев А. 2014, Биологично активни вещества от редки български видове *Salvia* и техни *in vitro* култури, Автореферат, София, БАН, 55

Адрес за кореспонденция:  
Diana A. Dobрева  
84 Tzar Osvoboditel St., 9000 Varna  
Department of Chemistry  
Faculty of Pharmacy  
Medical University of Varna  
e-mail: didobreva@gmail.com  
diana@mu-varna.bg