



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВЕТИ КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ” БИТОЛА
ТЕХНОЛОШКО - ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ ВЕЛЕС**



**ТРЕТ ЦИКЛУС СТУДИИ НА СТУДИСКАТА ПРОГРАМА
ИНОВАТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ХРАНА И НУТРИЦИОНИЗАМ**

**САМОСТОЕН ДОКТОРСКИ ПРОЕКТ ГОДИШНА
КОНФЕРЕНЦИЈА, 2025 (летна сесија)**

НАСЛОВ

**РЕЛАЦИЈА ПОМЕЃУ МЕТОДОТ НА ПРИГОТВУВАЊЕ НА ХРАНА И НИВНИОТ
АНТИ- НУТРИТИВЕН СТАТУС КАЈ СЕЛЕКТИРАНИ ЗЕЛЕНИ ЗЕЛЕНЧУЦИ ОД
ТЕРИТОРИЈАТА НА КОСОВО**

(докторски проект)

Кандидат:

Арбноре Битичи, индекс бр.32d

Ментор:

Проф. д-р Анка Трајковска Петкоска

Велес, Септември 2025 г

СОДРЖИНА

АПСТРАКТ	4
1. ВОВЕД.....	5
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА.....	6
2.1. Зелен зеленчук.....	6
2.1.1. Спанаќ (<i>Spinacia oleracea</i> L.).....	6
2.1.2. Зелен пипер (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	7
2.1.3. Магнонос (<i>Petroselinum crispum</i>).....	7
2.1.4. Зелена зелка (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>capitata</i>).....	8
2.1.5. Броколи (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>).....	9
2.2. Антинутриенти во зелениот зеленчук.....	9
2.2.1. Танини.....	10
2.2.2. Оксалати.....	10
2.2.3. Фитати.....	11
2.2.4. Цијаногени гликозиди.....	11
2.3. Ефекти на техниките за готвење врз анти-нутритивниот квалитет на зелениот зеленчук.....	12
2.3.1. Готвење со варење.....	12
2.3.2. Готвење со пржење.....	13
2.3.3. Готвење во микробранова печка.....	13
3. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ.....	14
3.1. Материјали.....	14
3.1.1. Подготовка на примероци.....	15
3.2. Методи за готвење.....	15
3.3. Одредување на антинутриенти во зелениот зеленчук	15
3.3.1. Одредување на танини во зелен зеленчук	15
3.3.2. Одредување на фитати во зелен зеленчук.....	15
3.3.3. Одредување на цијаногени гликозиди во зелен зеленчук.....	16
3.3.4. Одредување на оксалат во зелен зеленчук.....	16
3.4. Статистичка анализа.....	16
4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА.....	16
4.1. Влијанието на методите на готвење врз антинутриентите.....	16
5. ЗАКЛУЧОК.....	19
6. Користена литература.....	20

Релација помеѓу методот на приготвување на храна и нивниот анти- нутритивен статус кај селектирани зелени зеленчуци од територијата на Косово

Арбноре Битичи

“Св. Климент Охридски” – Битола, Р.С. Македонија
arbnore.bitici@uklo.edu.mk

Анка Трајковска Петкоска

“Св. Климент Охридски” – Битола, Р.С. Македонија
 0000-0002-9258-7966
anka.trajkovska@uklo.edu.mk

АПСТРАКТ

Зелениот зеленчук е одличен извор на витамини, минерали, влакна и други хранливи материи, особено кај популациите кои консумираат диети базирани на растителна храна. Ваквата диета може да помогне во спречување на дебелината, срцевите заболувања, висок крвен притисок и когнитивен пад, меѓу останатите здравствени проблеми. Во оваа студија, пет зелени зеленчуци: спанаќ (*Spinacia oleracea* L.), зелен пипер (*Capsicum annuum* L.), магдонос (*Petroselinum crispum*), зелена зелка (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), броколи (*Brassica oleracea* var. *italica*) кои вообичаено се консумираат на територијата во Косово беа подложени на анализа на влијанието на методите за процесирање на храна - варење, пржење и готвење во микробранова печка врз содржината на антинутритиенти. Генерално, варениот зеленчук губи антинутриенти (танини, оксалати, фитати, цијаногени гликозиди), во споредба со составот на зеленчукот во свежа состојба. Резултатите покажаа високи концентрации на оксалати и фитати во спанаќот и зелката, и значителни нивоа на танини и цијаногени гликозиди во брокулата.

Процесот на варење ја намали содржината на антинутриенти во сите зеленчуци за разлика од другите начина на готвење за 50,2% - 70,2%. Оксалатот, цијаногените гликозиди, фитатот, танините беа значително намалени кај целиот варен зеленчук. Од друга страна, методот на пржење го зголемил составот на антинутриенти во анализираниот зеленчук, а методот на третман во микробранова печка имал умерен ефект врз нивно намалувањето. Со оваа студија се согледуваат најчесто користените методи за преработка на зеленчук кои ја подобруваат биорасположивоста на микронутриентите, а намалуваат количината на антинутриенти. Студијата ќе послужи за истакнување на важноста на подготовката на зеленчукот со цел максимизирање на нутритивната, а минимизирање на содржината на антинутриенти.

Клучни зборови: Зелен зеленчук, Антинутриенти, Варење, Пржење, Готвење во микробранова печка

1. ВОВЕД

Храната со биоактивни компоненти што имаат нутритивен потенцијал стана сè попопуларна во исхраната на потрошувачите во последниве години (Sharma et al.2024). Зеленчукот, еден од природните оброци поврзан со многу здрави компоненти, им се препорачува на потрошувачите да го вклучат во нивниот здрав начин на живот (Samtiya et al.2021). Луѓето користат зеленчук, кој е дел од свежата исхрана или од диета заснована на растително потекло; истите може да се конзумираат како сурови, варени или преработени (Salim et al, 2023). Консумирањето зеленчук е поврзано со здравствени придобивки поради неговите имунорегулаторни и антиоксидантни својства, кои помагаат во спречување на воспалителни, алергиски, атерогени, микробни, тромботични, кардиоваскуларни, рак и дијабетес (Devirgiliis et al.2024; Tiwari & Dubey, 2025). Антинутриентите што растенијата ги произведуваат за да се одбранат од околината вклучуваат лектини, глукозинолати, фитати, оксалати, танини и сапонини, меѓу другите (Petroski & Minich, 2020).

Растителните супстанции познати како антинутриенти долго време се сметаа за штетни за здравјето поради нивната способност да ја намалат биорасположивоста на виталните хранливи материи од храната и да ја попречат функцијата на дигестивните ензими. Но, во последниве години, се покажа дека овие таканаречени антинутриенти имаат и позитивни ефекти и способност за лекување на голем број болести (L'opez-Moreno et al.2022; Salim et al., 2023). Но, секако постојат техники за процесирање на храната, кои кога би се примениле го подобруваат вкусот, сварливоста и биорасположивоста на нутриентите во зеленчукот (Razzak et al.2023). Притоа, зеленчукот претрпува физички, хемиски и/или нутритивни промени како резултат на процесирањето/готвењето. Пропустливоста на клеточниот сид на храната е исто така зголемена, екстракцијата на фитохемикалии е зголемена, а хранливите материи се намалени (Maqbool et al.2021). Забележано е дека готвењето на зеленчук резултира со значителна загуба на витамини и фитохемикалии, што варира во зависност од начинот на процесирање на храната/ техниката на готвење.

Варењето, готвењето во микробранова печка, готвењето на пареа, скарата, пржењето и печењето, ферментација, се некои од техниките на готвење што го менуваат нутритивниот состав и структурата на зеленчукот (Duraiswamy et al., 2023; Singh et al., 2023). За да се зголеми нутритивниот профил, биоактивниот потенцијал, антинутритивната способност и сензорната прифатливост на различни зеленчуци, се користат техники на готвење, помеѓу кои најчесто користени се: готвење во рерна, пржење на воздух, варење, готвење на пареа, микробранова обработка и готвење во вакуум (Khalid et al.2023). Како што порасна интересот за конзумирање, но и за фитохемискиот, биоактивниот и антинутритивниот состав на зеленчукот, така порасна и интересот и за нови техники за приготвување на храна/зеленчук, покрај оние секојдневните/домашните начини на приготвување на истата (варење, пржење на воздух и готвење во микробранова печка) (Mehmood & Zeb, 2020; Das et al., 2022).

Целта на ова истражување е да се испитаат ефектите од конвенционалните методи на варење, пржење и загревање во микробранова печка врз антинутритивниот состав на селектирани типови на зеленчук и тоа: спанаќ, брокула, зелена пиперка, магнонос и зелена зелка.



Слика бр. 1: Суров зелен зеленчук користен во оваа студија

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

2.1. Зелен зеленчук

Во рамките на оваа студија, опфатени се 5 различни зелени зеленчуци (Сл.1) кои вообичаено се консумираат во исхраната на територија на Р. Косово и пошироко во регионот и тоа: спанаќ (*Spinacia oleracea* L.), зелен пипер (*Capsicum annuum* L.), магдонос (*Petroselinum crispum*), зелена зелка (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*), и броколи (*Brassica oleracea* var. *italica*).

2.1.1. Спанаќ (*Spinacia oleracea* L.)

Спанаќот на глобално ниво се смета за еден од најпосакуваните зеленчуци, поради неговиот вкус и богатството со хранливи материи. Недостатокот на есенцијални хранливи материи и витамини ширум светот доведува до високи стапки на физиолошки нарушувања, вклучувајќи застој во растот и проблеми со коските, потоа покажуваат антиоксидативно, антиканцерогено дејство, дејство против дебелеење, антиинфламаторно дејство, итн. (Chokkara Sri Lasya, 2022). Затоа, потребна е храна богата со хранливи материи како додаток за правилен раст и развој на децата и на возрасните.

И покрај овие придобивки, спанаќот содржи и значителни нивоа на природно присутни соединенија познати како антинутриенти, кои можат да влијаат на биорасположивоста на есенцијалните хранливи материи во човечкото тело (L'opez-Moreno et al., 2022). Најраспространетите антинутриенти што се наоѓаат во спанаќот вклучуваат оксалати, фитати, танини и лектини. Меѓу нив, оксалната киселина е од особена важност поради нејзината способност да формира нерастворливи комплекси со калциум и магнезиум од исхраната, со што се намалува нивната цревна апсорпција и потенцијално придонесува за формирање на бубрежни камења (Yilmaz Tuncel et al., 2025). Фитатите

хелираат двовалентни минерали како железо и цинк, нарушувајќи ја нивната апсорпција, особено кај популациите кои во голема мера се потпираат на растителна исхрана (Gibson et al. 2018).

Иако овие соединенија често се сметаат за штетни, важно е да се напомене дека антинутриентите, исто така, покажуваат потенцијални здравствени ефекти, вклучувајќи антиоксидантни, антиканцерогени и за намалување на холестеролот кога се консумираат умерено (Salim et al., 2023). Затоа, разбирањето на составот и концентрацијата на антинутриенти во спанакот е клучно за разбирање на соодветни стратегии за преработка на храна за ублажување на нивните негативни ефекти, а воедно и зачувување на хранливата вредност (Samtiya et al. 2021).

2.1.2. Зелен пипер (*Capsicum annuum* L.)

Capsicum annuum е годишна или двегодишна билка. Родот *Capsicum* припаѓа на фамилијата Solanaceae, подфамилијата Solanoiclaeae, племето Solaneae. Неговиот животен циклус се состои од четири фази: расад, вегетација, цветни и плодни (Anaya-Esparza et al., 2021). Зелената пиперка (*Capsicum annuum* L.), попозната како пиперка, е популарен зеленчук кој широко се консумира поради неговата крчкава текстура, благ вкус и висока хранлива вредност. Тоа е богат извор на диететски влакна, витамини (особено витамин Ц, β -каротен и витамин В6), минерали (вклучувајќи калиум и магнезиум) и биоактивни соединенија со антиоксидантни и антиинфламаторни својства (Singh et al., 2023). Поради широката кулинарска употреба и здравствените придобивки, зелената пиперка се смета за вредна компонента во човековата исхрана.

Сепак, покрај својот нутритивен профил, зелената пиперка содржи голем број антинутритивни фактори, вклучувајќи фитати, оксалати, танини и лектини, кои можат да влијаат на биорасположивоста на есенцијалните хранливи материи или да предизвикаат негативни физиолошки ефекти кога се присутни во високи концентрации (Pорова & Mihaylova, 2019). Иако традиционално се етикетираат како штетни, антинутриентите сега се повеќе се препознаваат поради нивните потенцијални својства што го подобруваат здравјето, како што се антиоксидантните, антидијабетичните и антиканцерогените ефекти кога се консумираат во умерени количини (Nath et al., 2022). Затоа, евалуацијата на антинутритивниот состав на зелената пиперка е од суштинско значење не само за разбирање на нејзините нутритивни ограничувања, туку и за истражување на нејзините потенцијални функционални придобивки. Оваа проценка може да помогне и во одредувањето на соодветни методи на преработка на истата заради ублажување на несаканите ефекти и оптимизирање на придонесот на зеленчукот во исхраната на луѓето.

2.1.3. Магдонос (*Petroselinum crispum*)

Магдоносот (*Petroselinum crispum* Mill.) е високо ценет не само од гастрономска гледна точка, туку и како функционална храна со корисни ефекти врз здравјето (Ganea et al., 2024). Листовите од магдонос, богати со ефективни антиоксиданси, и се користат во различни прехранбени продукти (Ganea et al., 2024). Деталната фитохемиска анализа спроведена на листовите од магдонос открива присуство на различни хемиски групи, вклучувајќи катехински танини, галски танини, флавоноиди, сапонозиди, муцилажи, кумарини, редуцирачки агенси и О-хетерозиди. Овие наоди ги потврдуваат антиоксидантните својства на магдоносот, што го прави соодветен кандидат за вклучување

во исхраната (Gnintoungbe et al., 2023). Статусот на магносот познат и како народен лек зарадинеговите хранливи и лековити својства, поттична истражување и на неговиот потенцијал како функционална храна и природен лек (Ganea et al., 2024).

И покрај неговите признати здравствени придобивки, магносот, како и многу лиснати зеленчуци, содржи неколку антинутритивни фактори кои можат да влијаат на апсорпцијата на хранливи материи или да предизвикаат непожелни физиолошки ефекти кога се консумираат прекумерно (Petroski & Minich, 2020). Главните антинутриенти што се наоѓаат во магносот вклучуваат оксалати, фитати, танини, лектини и сапонини. Оксалатите се познати по тоа што ги хелираат минералите како што се калциумот и магнезиумот, формирајќи нерастворливи комплекси кои ја намалуваат биорасположивоста на минералите и можат да придонесат за формирање на бубрежни камења (Zayed et al., 2025). Фитатите, исто така, се мешаат во апсорпцијата на двовалентни минерали, особено цинк и железо, што е загрижувачко кај популациите со исхрана базирана на растенија (Gibson et al., 2018). Танините, полифенолни соединенија со адстрингентни својства, можат да ги инхибираат дигестивните ензими и сварливоста на протеините (Cosme et al., 2025). Иако овие соединенија се сметаат за антинутритивни, многу од нив покажуваат и позитивни биолошки ефекти, како што се антиоксидантни, антимикробни и антиканцерогени својства (L'opez-Moreno et al., 2022).

2.1.4. Зелена зелка (*Brassica oleracea L. var. capitata*)

Зелена зелка (*Brassica oleracea L. var. capitata*), припаѓа на семејството Cruciferae, е еден од најважните зеленчуци кои се одгледуваат во светот (Yue et al., 2024). Различните сорти на зелка се разликуваат по содржината на минерали, хранливи материи и антиоксиданти. Затоа, познавањето на разликите помеѓу главните сорти на зелка е од суштинско значење за одржување на урамнотежена исхрана. Зелената зелка е многу фаворизирана според нутриционистите поради изобилството на растворливи шеќери, растворливи протеини и витамини, како и високите нивоа на нетрофични биоактивни соединенија. Со развојот на природните фитохемикалии како потенцијални хемопревентивни агенси, се проширија истражувањата за користењето на зеленчукот како потенцијални извори на природни хемотерапии (Yue et al., 2024). На пример, витаминот C, флавоноидите, фенолите и глукозинолатите во зелката се вклучени во одбраната од оксидативниот стрес кај луѓето (Narvaez & Segura-Campos, 2021). Сепак, како и многу зелени зеленчуци, зелката содржи и неколку антинутритивни фактори - природно присутни соединенија кои можат да влијаат на апсорпцијата или искористувањето на хранливите материи (Salim et al., 2023). Главните антинутриенти во зелената зелка вклучуваат оксалати, фитати, танини, лектини и глукозинолати. Дополнително, глукозинолатите од зелката, иако познати по нивните производи за разградување кои го заштитуваат ракот (на пр, изотиоцијанати), може да покажат гоитрогени ефекти кај лица со недостаток на јод кога се консумираат во големи количини (Galanty et al., 2024). Со оглед на оваа двојна улога на антинутриентите како потенцијални инхибитори на апсорпцијата на хранливи материи и придонесувачи за својства што го подобруваат здравјето, од суштинско значење е да се процени нивното присуство во зеленчукот што често се консумира (Singh et al., 2023) како што е зелената зелка. Анализирањето на антинутритивниот состав на зелената зелка помага во дизајнирањето на ефикасни методи за преработка и подготовка на зелката за да се минимизираат нивните несакани ефекти, а воедно да се максимизира хранливата и функционалната вредност.

2.1.5. Броколи (*Brassica oleracea* var. *italica*)

Броколите (*Brassica oleracea* var. *italica*), често се сметаат за нутриционистичка моќ во овој зеленчук поради бројните здравствени придобивки и густината на хранливи материи. Брокулата е одличен извор на витамини С, К и А. Исто така, содржи неколку важни минерали, како што се калиум, калциум и железо. Брокулата содржи неколку антиоксиданси, вклучувајќи витамини С и Е, β -каротин и разни флавоноиди (Booth, 2021). Таа е добар извор на диететски влакна, кои го помагаат варењето, промовираат чувство на ситост и придонесуваат за здрав дигестивен систем (Kim et al., 2022). Високото ниво на витамин А и други антиоксиданси во брокулата го поддржуваат здравјето на очите и може да помогне во спречување на макуларна дегенерација и катаракта поврзана со возраста (Favela-González et al., 2020). Исто така, таа содржи и витамин К, кој е неопходен за здравјето на коските. Брокулата е нискокалорична, но богата со растителни влакна, што ја прави заситена храна која може да помогне во контролата на тежината и да промовира здрав метаболизам (Farha, 2023). Понатаму, овие соединенија придонесуваат за антиоксидативниот, антиинфламаторниот и антиканцерогениот потенцијал на брокулата, што ја поддржува нејзината класификација како функционална храна (Andrés et al., 2025).

Сепак, покрај своите корисни состојки, брокулата содржи и неколку антинутритивни фактори, вклучувајќи фитати, оксалати, танини, лектини и глукозинолати. Овие соединенија можат да ја ограничат апсорпцијата на хранливи материи или да предизвикаат несакани ефекти кога се консумираат во големи количини (Arsov et al., 2024). Дополнително, глукозинолатите, соединенија што содржат сулфур специфични за овој тип на зелечуци, може да имаат гоитрогени ефекти под одредени услови, особено кога се консумираат сурови и во големи количини (Baldelli et al., 2025). И покрај овие загрижености, многу антинутриенти покажуваат и корисни фармаколошки ефекти, како што се антиоксидантни, антиканцерогени и својства за намалување на холестеролот. Затоа, улогата на антинутриентите во здравјето на луѓето е комплексна и зависи од контекстот на нивната употреба (Salim et al., 2023). Разбирањето на составот и концентрацијата на антинутриенти во брокулата е клучно за проценка на нејзиното нутритивно влијание и за развој на методи за подготовка или преработка што ги минимизираат негативните ефекти, а воедно ги подобруваат здравствените придобивки.

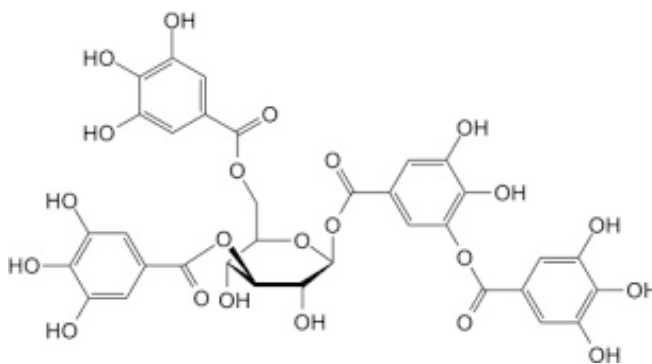
2.2. Антинутриенти во зелениот зеленчук

Поради брзиот раст на населението ширум светот како и промените во навиките во исхраната на луѓето, придонесуваат за масовно неурамнотежена т.е. неодржлива иднина за планетата. Усвојувањето на навиките во исхраната базирани на храна од растително потекло или добиени од нив, е предложено како ефикасна стратегија во спречувањето на неколку хронични заболувања, главно оние поврзани со зголемен оксидативен стрес (Olaya et al., 2019). Консумирањето храна од растително потекло, која вклучува не само консумирање овошје и зеленчук, туку и јаткасти плодови, семиња, масла, интегрални житарки, мешунки и грав, покажува корисни ефекти врз телесната тежина, гликемиската контрола, липидниот профил, воспалителниот одговор и кардиоваскуларните заболувања кај човекот (Toh et al., 2020). Всушност, консумирањето овошје и зеленчук е поврзано со намален ризик од смртност од сите причини (Olaya et al., 2019) и исто така е сугерирано дека овие придобивки делумно се должат на разните биоактивни соединенија главно присутни во храната од растително потекло, како што се фитохемикалите и диететските влакна (Kim & Je, 2016).

Сепак, растенијата поседуваат и група супстанции познати како антинутриенти со потенцијално штетно дејство (Alatorre-Cruz et al., 2018). Антинутриенти како што се лектини, глукозинолати, фитати, оксалати, танини или сапонини, меѓу другите, се појавуваат како резултат на одбранбените механизми со кои растенијата се штитат од околната средина. Антинутриентите се соединенија кои традиционално се сметаат за штетни за здравјето на човекот поради нивниот потенцијал да ја ограничат биорасположивоста на есенцијалните хранливи материи (Phan et al., 2018). Поради оваа причина, се проучувани во контекст на различни методи на преработка и готвење на храната за да се намали нивната количина (Nugraehedi et al., 2015). Сепак, во последниве години, овие таканаречени антинутриенти станаа познати и по нивниот корисен ефект и терапевтски потенцијал кај неколку болести (Petroski & Minich, 2020). Некои од анти-нутриентите што најчесто се наоѓаат во лиснатиот зеленчук се оксалати, танини, фитати и цијаногени гликозиди, кои подолу ќе бидат разгледани накратко.

2.2.1. Танини

Танините се широко распространети кај многу видови растенија и се секундарни фенолни соединенија на растенијата. Поголемиот дел од видовите во растителното царство содржат танини, кои служат како одбрана од предатори. Танините исто така играат улога во регулирањето на растот и развојот на растенијата, а воедно имаат и заштитна функција од ултравиолетово зрачење (Ozogul et al., 2025).



Слика бр. 2: Хемиска структура на танини

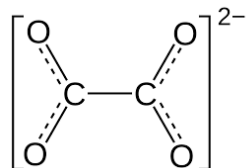
Танините се најзастапени во кората, стеблата, семето, корените, лушпата, пупките и листовите на растенијата. Тие служат и како инсектициди и се клучна компонента на одбранбените системи на растенијата (Hussain et al., 2020). Танините најчесто се наоѓаат и во разни прехранбени производи и пијалоци од растително потекло (Cosme et al., 2025).

Фенолната структура на танините (Сл. 2) овозможува и потенцијална корист и во прехранбената, нутритивната и фармацевтската индустрија (Melo et al., 2023). Тие покажуваат високо ниво на биолошка активност; во неодамнешните истражувања се потврдени голем број предности како што се антиоксидантни, антиканцерогени, антиалергиски и антимикробни својства (Ozogul et al. 2025). Покрај тоа, употребата на танини додадени во филмови и обвивки, антимикробни и антиоксидантни агенси може да го подобрат квалитетот на храната (Fraga-Corral et al., 2021).

2.2.2. Оксалати

Оксалатот е хемиско соединение (Сл. 3) кое може да формира растворливи и нерастворливи соли во вода, присутен во широк спектар на храна, а растителните производи, особено зелениот лиснат зеленчук, се главни извори на оксалати во исхраната (Salgado et al., 2023).

Кај растенијата, игра важна улога во различни функции како што се хомеостазата на калциум; регулација на рН вредноста; раст, развој и заштита на растенијата; фотосинтеза; и детоксикација на тешки метали (Petroski & Minich, 2020).

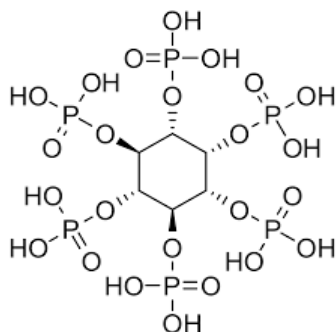


Слика бр. 3: Хемиска структура на оксалати

Имајќи го предвид здравјето на луѓето, оксалатите долго време претставуваат проблем поради нивните антинутритивни ефекти и потенцијална нефротоксичност (Salgado et al., 2023). Како антинутриенти, оксалатите ја ограничуваат биорасположивоста на некои хранливи материи бидејќи можат да се врзат за минерали, намалувајќи ја нивната апсорпција и употреба (Natesh et al., 2017). Потенцијално токсичните растворливи оксалати се доставуваат до бубрезите и таму можат да формираат кристали на калциум оксалат, што може да доведе до хипероксалурија и формирање на бубрежни камења, исто така познато како нефролитијаза или уролитијаза (Wang et al., 2021). Во посериозни случаи, пријавена е системска оксалоза, феномен во кој кристалите на калциум оксалат се таложат во разни органи, ткива и коски, кога бубрежната функција се намалува и во крвотокот постои вишок оксалат (Fogo et al., 2017).

2.2.3. Фитати

Фитатите или мио-инозитол хексафосфат или IP6 се уште еден таков „анти-хранлив елемент“ што се наоѓа во житарките, мешунките, јаткастите плодови и семките. Фитатите се состојат од прстен со 6 јаглеродни атоми естерифицирани со фосфатна група (Сл.4), која е дефосфорилирана од фитази во помали фосфорни естри на фитати (IP1-IP5) (L'opez-Moreno et al., 2022). Фитинската киселина е супстанца што се наоѓа во многу видови растителна храна, како што се житарки, мешунки (вклучувајќи кикирики и соја), јаткасти плодови и семиња. Таа е форма на складирање на фосфор, како и во формирањето на структурни елементи како што се клеточните мембрани (Nissar et al., 2017).

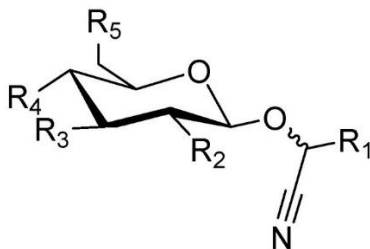


Слика бр. 4: Хемиска структура на фитати

Најчесто, фитинска киселина има лоша репутација заради нејзината способност да се врзува за есенцијални минерали како што се железо, цинк, калциум и магнезиум во дигестивниот тракт и да ја инхибира нивната апсорпција од страна на телото (Gupta et al., 2015). Но, сепак неодамнешните студии покажуваат дека и покрај тоа што таа е демонизирана поради нејзината способност да ја намали апсорпцијата на минерали, фитинската киселина, всушност има некои потенцијално корисни својства. Позитивната страна на фитинската киселина може да дејствува како антиоксиданс, покажува антиканцерогени својства и може да има позитивно влијание врз холестеролот и шеќерот во крвта на човекот (Pujol et al., 2023). Методите на подготовка на храната можат да ја намалат содржината на фитинска киселина во храната, а прилагодувањето на времето на оброците како и изборот на храна може да помогне за подобра апсорпција на минерали (Nissar et al., 2017).

2.2.4. Цијаногени гликозиди

Цијаногените гликозиди (CN) се деривати на аминокиселини и група на секундарни метаболити присутни кај повеќе од 2500 растителни видови (Yulvianti & Zidorn, 2021). Хемиски, цијаногените гликозиди се гликозиди на α -хидроксинитрили (Сл.5). Цијаногените гликозиди се предмет на многу истражувања поради познатата токсична природа на цијановодородот (HCN) (Tahir et al., 2024). Глиукозинолатите (GSL) и цијаногените гликозиди (CG) исполнуваат функции во одбраната на растенијата и се смета дека се антиканцерогени агенсии. Општо земено, растенијата што содржат GSL не произведуваат CG, и обратно, растенијата што содржат CG не синтетизираат GSL. Цијаногените гликозиди (CG) се уште еден пример за NCC, познати како гликозиди на α -хидроксинитрили. CG и GSL имаат слични карактеристики (Ruhaizat-Ooi et al., 2022).



Слика бр. 5: Хемиска структура на цијаногени гликозиди

Прво, KG се произведуваат и од аминокиселини, вклучувајќи L-валин, L-изолеуцин, L-леуцин, L-фенилаланин или L-тирозин (Ветер, 2017). Второ, KG не предизвикуваат токсични ефекти во нивната недопрена форма, туку ќе произведат биоактивно соединение, како што е токсичен цијанид (на пр., водород цијанид) при оштетување на ткивото поради активноста на ензим за варење, што резултира со симптоми поврзани со труење со цијанид кога се консумираат во големи количини (Warin et al., 2009). Голтањето на водород цијанид може да доведе до интоксикација и можна смрт доколку се консумира во високи концентрации. Овој механизам ги штити растенијата од потенцијални закани (на пр., инсекти и животни) и го обезбедува преживувањето на растенијата (Ganjewala et al., 2010). Сепак, додека GSL се наоѓаат експлицитно во Brassica и други сродни семејства, CG се една од најобемните класи на секундарни растителни метаболити пронајдени кај повеќе од 2600 растителни видови, при што 112 CG се карактеризирани (Yulvianti & Zidorn, 2021).

2.3. Ефекти на техниките за готвење врз анти-нутритивниот квалитет на зелениот зеленчук

Термичката обработка е досега најефикасниот метод за намалување на антинутритивните фактори присутни во зелениот лиснат зеленчук. Готвењето и бланширањето помагаат во отстранувањето на антихранливите материи преку кинење на клеточниот сид на растението, проследено со истекување на растворливите соединенија во медиумот за бланширање (Natesh et al., 2017). Зелениот зеленчук како спанаќ, магнонос, брокула, зелени пиперки и зелена зелка содржат антинутриенти, кои се природни соединенија кои се мешаат во апсорпцијата на есенцијалните хранливи материи. Иако не се штетни во умерени количини, прекумерниот внес може да ја ограничи биорасположивоста на железото, калциумот, цинкот и протеините (Petroski & Minich, 2020). Готвењето, особено варењето, готвењето на пареа и бланширањето, може значително да ги намали овие антинутриенти и да го подобри квалитетот на исхраната (Natesh et al., 2017).

2.3.1. Готвење со варење

Варењето е ефикасна техника на термичка обработка која значително ја намалува содржината на антинутриенти во зелениот зеленчук како што се спанаќот, магноносот, брокулата, зелените пиперки и зелената зелка. Овој метод првенствено ги таргетира растворливите во вода и термолабилните антинутриенти, вклучувајќи оксалати, фитати, танини, цијаногени гликозиди и лектини (Natesh et al., 2017). Експерименталните податоци покажуваат дека вриењето може да ја намали содржината на оксалат, танини, фитати, цијаногени гликозиди и целосно денатурирање на лектините (Das et al., 2022).

Но притоа, третманот вклучува и излачување на растворливи соединенија во врелата вода и термичка деградација на антинутриенти базирани на протеини или се ензимски активирани (Bheemaih Balyatanda et al., 2024). Иако вриењето ефикасно ја зголемува биорасположивоста на минералите како што се калциумот и железото, тоа може да доведе и до губење на термолабилни хранливи материи како што се витаминот C и фолатот (Lee et al., 2017). Покрај тоа, варењето го подобрува нутритивниот квалитет и безбедноста на зелениот зеленчук со намалување на антинутриентното оптоварување, особено кога водата за готвење се исфрла. Сепак, се препорачува внимателна оптимизација на времето на готвење за да се избалансира отстранувањето на антинутриентите но задржување на микронутриентите (Samtiya et al., 2020).

2.4.2. Готвење со пржење

Пржењето може да ги намали некои антинутриенти во зелениот зеленчук, особено танините, лектините и цијаногените гликозиди, преку термичка деградација, но генерално е помалку ефикасно од варењето. Покрај тоа, пржењето може да го намали целокупниот нутритивен квалитет поради апсорпцијата на масло и потенцијалното формирање на штетни соединенија (на пр., акриламид) (Das et al., 2022). За разлика од варењето или готвењето на пареа, пржењето не користи вода, што влијае на тоа како се однесуваат антинутриентите за време на готвењето (Fitriani et al., 2021). Пржењето има ограничен ефект врз вкупната содржина на оксалат. Растворливите оксалати може да се распадат на високи температури, но повеќето оксалати се стабилни на топлина, особено во отсуство на вода; пржењето не дозволува истекување на истите во водата за готвење, па затоа и вкупното намалување на оксалатот е обично мало (Maqbool et al., 2021).

Зеленчукот со висока содржина на оксалат, како што е спанаќот, го задржува поголемиот дел од содржината на оксалат по пржењето, што може да продолжи да влијае на биорасположивоста на калциумот и железото (Das et al., 2022). Фитинската киселина е делумно чувствителна на топлина. За време на пржењето, се јавува одредена деградација поради високите температури, но ефектот е помалку изразен отколку при готвењето со вриење. Фитатите се растворливи во вода, според тоа при вриење може да се намалат само 10-25%. Печењето умерено ги намалува фитатите, но не доволно за значително да ја подобри минералната биорасположивост во споредба со методите на готвење во влажна состојба (Abera et al., 2023).

Танините се многу чувствителни на топлина (Abera et al., 2023). Црвенилото често резултира со термичко распаѓање и полимеризација, што ја намалува нивната антихранлива активност. Маслото во фритезата може да помогне во разградувањето на танино-протеинските комплекси, зголемувајќи ја биорасположивоста на нутриентите од храната (Fitriani et al., 2021). Пржењето е ефикасно во намалувањето на танините (30-60%), подобрувајќи ја сварливоста и вкусот на протеините (Abera et al., 2023). Високата температура за време на пржењето предизвикува термичко распаѓање на гликозидните врски во цијаногените гликозиди, помагајќи во ослободувањето и испарувањето на цијанидот (Feng et al., 2003). Сепак, без вода за заробување или отстранување на цијанидот, може да остане одредена резидуална токсичност ако храната не е целосно зготвена. Пржењето може да ги намали цијаногените гликозиди за 40-70%, но вриењето е поефикасно поради истекување на растворливи цијанидни соединенија (Sheikh et al., 2021).

2.4.3. Готвење во микробранова печка

Готвењето во микробранова печка се користи сè повеќе поради неговата брзина, енергетска ефикасност и зачувување на хранливите материи. Нејонизирачкото електромагнетно зрачење се користи за возбудување на молекулите на водата, кои создаваат внатрешна топлина. Овој внатрешен механизам на загревање влијае на тоа како антинутриентите се разградуваат, модифицираат или задржуваат во зелениот зеленчук (Waseem et al., 2022). Фитатите имаат умерена чувствителност на топлина. Фитинската киселина почнува да се разградува на повисоки температури ($>100^{\circ}\text{C}$), а извесна разградба може да се случи и во микробранови печки. Намалувањето главно се должи на термичко раскинување на фосфатните врски во инозитолниот прстен. Вообичаено намалувањето е ~10–40%, во зависност од моќноста и времето (Gupta et al., 2015). Оксалатите се термички

стабилни, особено нерастворливата форма (на пример, калциум оксалат). Готвењето во микробранова печка може малку да ги намали растворливите оксалати преку делумна деградација (Maqbool et al., 2021).

Танините се многу нестабилни на топлина, па дури и краткото изложување на микробранови води до значителна денатурација или полимеризација. За разлика од вриењето, каде што танините се исцедуваат во водата, микробрановата редукција се случува преку термичко уништување на хидроксилните и ароматичните групи. 30-50% од танините се намалуваат во зависност од интензитетот на микробрановиот третман и времетраењето (Maqbool et al., 2021). Цијаногените гликозиди се чувствителни на топлина и можат да се разградат во микробранови печки. Сепак, микробрановите печки може да не испаруваат или да не го отстрануваат цијанидниот гас ефикасно, особено без истекување на воздух или вода. Исто така, краткото време на готвење може да резултира со нецелосна детоксикација. Сепак, микробрановиот третман е помалку ефикасен од вриењето како начин на процесирање на храната (Sheikh et al., 2021).

3. МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

3.1. Материјали

Вкупно 50 примероци (по 10 примероци за секој вид на зеленчук) свеж, култивиран и најчесто консумиран зелен зеленчук во Р. Косово беше испитуван во рамките на оваа студија. За оваа цел, се испитуваше спанаќ (*Spinacia oleracea* L.), зелен пипер (*Capsicum annum* L.), магдонос (*Petroselinum crispum*), зелен зелка (*Brassica oleracea* var. *capitata*) и брокула (*Brassica oleracea* var. *italica*) (Табела 1), купени на локалниот пазар во Приштина, Косово, во периодот мај-јуни 2024 година. Сите примероци беа спакувани посебно во полиетиленски кеси и однесени во лабораторија (Лабораторија на Факултетот за науки за храна при Универзитетот за бизнис и технологија УБТ- Приштина) за прелиминарен третман и анализа.

Бр.	Заедничко име	Научното име
1	Спанаќ	<i>Spinacia oleracea</i> L.
2	Зелен пипер	<i>Capsicum annum</i> L.
3	Магдонос	<i>Petroselinum crispum</i>
4	Зелена зелка	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitate</i>
5	Брокула	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>

Табела 1: Суров зелен зеленчук користен во оваа студија

3.1.1. Подготовка на примероци

Примероците од зелен зеленчук беа темелно исчистени под проточна вода, потоа исплакнати со дестилирана вода и се поставуваат на суви филтер-хартии за да се отстрани влажноста од површината на зеленчукот. Потоа зелениот зеленчук беше исечкан на ситни

парчиња (големина на примерокот од 2 cm x 2 cm) и истите се поделија на четири еднакви делови, од кои едниот дел (суров) служеше како контролен примерок, а другите три дела беа подложени на три различни начини на готвење, имено со, (i) вриење, (ii) пржење и (iii) готвење во микробранова печка.

3.2. Методи за готвење

Сите примероци кои беа користени за тестирање на ефектот од готвењето беа анализирани во рок од 15 часа од нивната подготовка. Времето на обработка, количината на вода додадена во готвењето и масата на употребениот примерок се дадени во Табела 2. По секој третман, примероците беа исцедени од вода и сушени на собна температура. Сите хемикалии користени во оваа студија беа со аналитичка чистота и купени од Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, US).

Третман	Време (мин.)	Вода (mL)	Количина на примерок (g)
Суров (свеж)	-	-	200
Варени	10	150	200
Пржени	6	-	200
Микробранова печка	2	5	200

Табела 2: Време на третман (мин), количина на вода (mL) и примерок (g)

3.3. Определување на антинутриенти во зелениот зеленчук

3.3.1. Определување на танини во зелен зеленчук

За одредување на танини беше користен методот на Kumar et al. (2023), со некои модификации. На примерокот со маса од 1 грам се додаваат 75 mL дестилирана вода, се хомогенизира и се остава 30 минути, а потоа конечниот волумен се зголемува со дестилирана вода на 100 mL. Примерокот беше центрифугиран 20 минути на 492 x. Потоа беа додадени 5 mL раствор на Фолин-Денис разреден со 100 mL дестилирана вода и 10 mL раствор на Na₂CO₃. По 30 минути одстојување на смесата, апсорпцијата беше измерена на 700 nm со помош на UV-VIS GENESYSTM10S спектрофотометар. Количината на танин беше пресметана како еквивалент на танинска киселина (TAE).

3.3.2. Определување на фитати во зелен зеленчук

Методот што го користеле Pokharel et al. (2024) со некои модификации беше користен за одредување на фитати во примерокот. Накратко, 0,5 грама од примерокот беше ставен во конусна колба од 250 mL. Потоа беа додадени 100 mL 20% HCl и смесата беше филтрирана по 3 часа мирување. 50 mL од филтратот беше ставен во Ерленмаєрова колба и титриран со стандарден раствор на FeCl₃ што содржи 0,00195 g железо на 1 mL користејќи NH₄SCN со концентрација од 0,3% како индикатор.

3.3.3. Определување на цијаногени гликозиди во зелен зеленчук

Определување на содржината на цијанид во зелениот зеленчук со методот Leandro da Silva Pereira et al. (2023) со некои модификации. Секој дестилат беше поделен на

аликвоти од 5 mL и ставен во епрувети. Во секоја епрувета беа додадени пет милилитри од 0,5% алкален раствор на пикрат. 5 mL дестилирана вода и 5 mL алкален раствор на пикрат (0,5%) беа додадени во трета епрувета, која служеше како слепа проба за реагенсот. Откако беа протресени и запечатени, епруветите беа ставени во водена бања на 70°C во тек на 10 минути. На 490 nm, беа измерени неговите апсорбации. Резултатите беа изразени како цијаногени гликозиди mg/100 g.

3.3.4. Определување на оксалат во зелен зеленчук

Оксалатите во зелениот зеленчук беа определени со методот опишан од Maqbool et al. (2021) со некои модификации. Накратко, примерок од 1 грам зелен зеленчук беше третиран со 75 mL 3M H₂SO₄ и континуирано мешан еден час, а потоа филтриран. 25 mL од филтратот беше ставен во Ерленмаерова колба и титриран со 0,05M раствор од калиум перманганат додека не се појави розова боја. Резултатите беа претставени како mg/100 g оксалат.

3.4. Статистичка анализа

Резултатите се анализирали со користење на софтверот OriginPro 9.0 (OriginLab Corporation) и изразени како средна $\pm$ стандардна девијација (SD).

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

4.1. Влијанието на методите на готвење врз антинутриентите

4.1.1. Танини

Готвењето зеленчук со конвенционално вриење, пржење и загревање во микробранова печка значително ($p < 0,05$) ја намали содржината на танини во споредба со свежиот зеленчук (Табела 3). Содржината на танини во свежиот зеленчук се движи од 2,01 до 10,34 mg/100 g. Највисока содржина на танини е забележана кај магноносот (10,34 mg/100 g), по што следуваат спанакот (9,20 mg/100 g), брокулата (3,11 mg/100 g), зелената зелка (2,91 mg/100 g) и зелената пиперка (2,10 mg/100 g). Содржината на танини во зеленчукот зготвен со конвенционално вриење беше значително намалена и до 50%, пржењето ја намали количината на танини во примероците од зготвен зеленчук, но помалку од традиционалното вриење и готвењето во микробранова печка (Табела 4).

Намалената содржина на танини кај одбран варен зеленчук беше забележана како 9,02 mg/100 g за спанаќ, 1,34 mg/100 g за зелена пиперка, 5,35 mg/100 g за магнонос, 1,76 mg/100 g за зелена зелка и 1,65 mg/100 g за брокула. Од друга страна, при пржење и загревање во микробранова печка, соодветно, се забележани 8,56 mg/100 g и 7,67 mg/100 g за спанаќ, 2,0 mg/100 g и 1,54 mg/100 g за зелена пиперка, 8,34 mg/100 g и 7,34 mg/100 g за магнонос, 2,46 mg/100 g и 2,02 mg/100 g за зелена зелка и 2,51 mg/100 g и 2,13 mg/100 g за брокула. Термичкото разградување на танините за време на процесот на готвење може да биде исто така причина за намалувањето на танините во варениот зеленчук (Maqbool et al., 2021). Слични резултати кај зеленчукот се објавени и од Managa et al. (2020) и Maqbool et al. (2021).

4.1.2. Фитати

Резултатите за содржината на фитати во зелениот зеленчук избран во оваа студија, суров, пржен и загреван во микробранова печка за секој тип на зеленчук, се прикажани во Табела 3. Содржината на фитати во непреработениот зеленчук се движеше од 2,91 mg/100 g до 22,42 mg/100 g. Просечната количина на фитати во овие зелени зеленчуци беше 22,42 mg/100 g во спанакот, 12,30 mg/100 g во зелената пиперка, 10,34 mg/100 g во магносот, 2,91 mg/100 g во зелената зелка и 3,11 mg/100 g во брокулата. Конвенционалното варење значително ја намали количината на фитат во зелениот зеленчук ($p \leq 0,05$). Од друга страна, имаше значителна загуба на фитати поради готвење во микробранова печка ($p \leq 0,05$). Додека поблаги загуби на фитати се пронајдени при пржење на зелен зеленчук во мешалка ($p \geq 0,05$). Конвенционалното вриење и готвењето во микробранова печка ја намалија количината на фитати во сите зелени зеленчуци за 38% до 50% (Табела 4

Резултатите од Managa et al. (2020) открија значително намалување на фитатите по вриење ($p < 0,05$) кај листовите од кинеска зелка и ноќна аромија. По вриењето, готвењето во микробранова печка се покажало како најуспешна техника за намалување на фитатите во листовите од кинеска зелка. Бидејќи се термостабилни, фитатите претрпуваат термичка инактивација на температури повисоки од 60°C; на 95°C, 40% од нивната активност сè уште била присутна (Managa et al., 2020). Развојот на нерастворливи комплекси помеѓу протеините или минералите за време на загревањето може да биде причина за намалување на концентрацијата на фитати; овие соединенија потоа може да преминат во водата кога се вари или се загрева во микробранова печка (Wang et al., 2004).

4.1.3. Цијаногени гликозиди

Цијаногените гликозиди (CG) се природно присутни соединенија кои се наоѓаат во одредени растенија, вклучувајќи и некои зеленчуци, кои можат да ослободат токсичен цијанид кога се метаболизираат. Овие соединенија служат како одбранбен механизам за растенијата од тревопасни животни (Harun & Mohamed-Hussein, 2024). Нивоата на цијаногени гликозиди во зеленчукот може да бидат под влијание на методите на готвење, што може или да ја намали или да ја зголеми нивната потенцијална токсичност. Варењето и бланширањето се најефикасните методи за намалување на цијаногените гликозиди во зеленчукот. Овие методи помагаат да се исфрлат токсините од водата. Цијаногените гликозиди се растворливи во вода, а вриењето или бланширањето во големи количини на вода може да го олесни отстранувањето на овие соединенија. Процесот на загревање, исто така, помага да се разгради гликозидната врска што ги поврзува цијаногените соединенија со нивните молекули на шеќер, правејќи ги помалку штетни. Готвењето во микробранова печка може да ја намали и содржината на цијаногени гликозиди, иако може да не биде толку ефикасно како варењето или бланширањето (Sheikh et al., 2021).

Процесот користи топлина за разградување на соединенијата, но бидејќи зеленчукот често се загрева во микробранова печка во мала количина вода или без вода, ефектот на истекување на овие соединенија во водата е помалку изразен. Намалувањето на цијаногените гликозиди за време на микробрановата печка е често поограничено во

споредба со другите методи, а ризикот од токсичност може да остане поголем ако зеленчукот не се готви доволно долго време. Цијанидот има способност да ја инхибира цитохром оксидазата [терминална оксидаза] на електронскиот транспортен синџир и во неоргански форми, како што е HCN на NaCN, и во органски форми, како што се цијаногените гликозиди (Pelaboye et al., 2013). Оваа студија покажала дека содржината на цијаногени гликозиди во суровиот зелен зеленчук се движи помеѓу 0,77 mg/kg и 10,51 mg/kg. Конвенционалното вриење резултирало со намалување од 65,00% на нивоата на цијаногени гликозиди кај зелениот зеленчук, а намалување од 59,00% и 50,00% на цијаногените гликозиди било забележано кога зелениот зеленчук бил загреван во микробранова печка и пржен, соодветно. Резултатите од оваа студија се во согласност со резултатите објавени од Oguma et al. (2021) каде што третманот на спанакот со варење драстично го намали количеството на цијаногени гликозиди за 75 % вриење, 50 % на намалување при пржење и 65 % загревање во микробранова печка (Табела 4).

4.1.4. Оксалати

Во споредба со свежиот зеленчук, техниките на готвење како што се варење, пржење во мешалка и готвење во микробранова печка покажаа намалување на количината на оксалат кај неколку избрани зеленчуци (Табела 3). Зелената пиперка имаше најниски нивоа на оксалат (0,16 mg/100 g), додека спанакот имаше највисоки (573 mg/100 g), проследено од магдонос (265 mg/100 g), брокула (13,5 mg/100 g) и келј (8,61 mg/100 g). Готвењето на одбран зеленчук со конвенционално вриење значително ја намали содржината на оксалат во зготвениот зеленчук. Намалувањето на содржината на оксалат со варење се движеше од 573 до 193 mg/100 g за спанаќ, 265 до 87,44 mg/100 g за магдонос, 13,5 до 4,58 mg/100 g за брокула, 8,61 до 2,34 mg/100 g за зелена зелка и 0,16 до 0,036 mg/100 g за зелена пиперка. Методот на готвење со пржење на зеленчукот, исто така, ја намали содржината на оксалат во зелениот зеленчук. Намалување на содржината на оксалат е забележано кај спанакот 319 mg/100 g, 165 mg/100 g за магдоносот, 7,83 mg/100 g за брокулата, 5,48 mg/100 g за келјот и 0,113 mg/100 g за зелената пиперка.

Методот на готвење во микробранова печка, исто така, ја намали содржината на оксалат од: 287 mg/100 g кај спанакот, 0,081 mg/100 g кај зелената пиперка, 142 mg/100 g кај магдоносот, 3,86 mg/100 g кај зелената зелка и 5,97 mg/100 g кај брокулата. Во споредба со суровиот зеленчук, техниките на готвење генерално ја намалуваат количината на оксалат во зеленчукот; сепак, варењето и пржењето покажаа значително поголеми намалувања отколку загревањето во микробранова печка. Истекувањето на растворлив оксалат од оштетените ткива во водата за време на готвењето може да биде причина за значителното намалување на концентрацијата на оксалат кај неколку зеленчуци (Catherwood et al., 2007). Намалувањето на содржината на оксалат во варениот зеленчук е забележано и од Hemmige et al. (2017); Maqbool et al. (2021). Термичката обработка ја намалува количината на оксалати во зелениот зеленчук како што е за 70 % вриење, 65 % на намалување при пржење и 50 % загревање во микробранова печка (Табела 4).

Примероци	Третман	Танини (mg/100g)	Фитати (mg/100g)	Цијаногени гликозиди (mg/kg)	Оксалати (mg/100g)
Спанаќ	Контрола (Свежо)	9.02±0.55	22.42±0.75	0.77±0.02	573±5.55
	Варени	5.08±0.25	8.24±0.35	0.20±0.01	193±2.50
	Пржени	8.56±0.35	14.12±0.55	0.34±0.02	254±2.55
	Микробранова печка	7.67±0.25	10.31±0.55	0.29±0.02	286±2.55
Зелена пиперка	Контрола (Свежо)	2.10±0.10	12.30±0.55	8.91±0.35	0.16±0.01
	Варени	1.34±0.10	5.86±0.35	2.11±0.10	0.036±0.01
	Пржени	2.00±0.10	8.77±0.35	3.47±0.10	0.047±0.01
	Микробранова печка	1.54±0.10	6.74±0.35	2.81±0.10	0.079±0.01
Магдонос	Контрола (Свежо)	10.34±0.55	19.11±0.55	0.78±0.02	265±2.55
	Варени	5.35±0.35	8.78 ±0.35	0.20±0.02	87.44±2.10
	Пржени	8.34±0.35	11.82±0.35	0.37±0.02	100±2.50
	Микробранова печка	7.34±0.35	9.64±0.35	0.29±0.02	123±2.50
Зелена зелка	Контрола (Свежо)	2.91±0.35	23.05±0.81	10.51±0.55	8.61±0.35
	Варени	1.76±0.25	8.12±0.55	2.22±0.25	2.34±0.25
	Пржени	2.46±0.35	11.55±0.55	3.62±0.25	3.13±0.25
	Микробранова печка	2.02±0.25	10.56±0.55	2.56±0.25	4.75±0.45
Брокула	Контрола (Свежо)	3.11±0.35	23.05±0.55	10.11±0.55	13.5±0.55
	Варени	1.65±0.25	8.12±0.55	2.32±0.25	4.58±0.35
	Пржени	2.51±0.25	11.55±0.56	3.14±0.25	5.67±0.35
	Микробранова печка	2.13±0.25	10.36±0.81	2.56±0.25	7.53±0.50

¹Податоците се претставени како просечна вредност ± стандардна девијација од три повторувања

Табела 3: Влијание на третманите за процесирање на зеленчукот врз содржината на антинутриенти

Примероци	Третман	Танини (%)	Фитати (%)	Цијаногени гликозиди (%)	Оксалати (%)
Спанаќ	Варени	43.68	63.25	74.03	66.32
	Пржени	5.10	37.02	55.84	55.67
	Микробранова печка	14.97	54.01	62.34	50.09
Зелена пиперка	Варени	36.19	52.36	76.32	77.50
	Пржени	4.76	28.70	61.05	70.62
	Микробранова печка	26.67	45.12	68.45	50.63
Магдонос	Варени	48.26	54.06	74.36	67.01
	Пржени	19.36	38.15	52.56	62.26
	Микробранова печка	28.96	49.56	62.82	53.58
Зелена зелка	Варени	39.52	64.76	78.88	72.81
	Пржени	15.46	49.87	65.54	63.63
	Микробранова печка	30.58	54.19	75.64	44.83
Брокула	Варени	46.94	64.78	77.05	66.07
	Пржени	19.29	49.89	68.94	58.00
	Микробранова печка	31.51	55.05	74.68	44.22

Табела 4: Влијание на процентно намалувањет на антинутриенти третманите за процесирање на зеленчукот

5. ЗАКЛУЧОК

Наодите од оваа студија покажуваат дека содржината на антихранливи материи кај пет одбрани зелени зеленчуци се менува за време на вообичаените практики на готвење на зеленчукот, како што се конвенционалното варење, пржењето и загревањето во микробранова печка. Сите методи на готвење што се користеа во оваа студија, како што се конвенционалното варење, пржењето и загревањето во микробранова печка, ја намалија количината на антинутриенти (танини, фитати, цијаногени гликозиди, оксалат) во сите избрани зелени зеленчуци. Конвенционалното варење имаше најголем ефект во намалувањето на антинутриентите во испитуваните типови на зеленчук во споредба со пржењето и загревањето во микробранова печка. Од друга страна, методот на пржење најмалку го намали антинутритивниот состав на анализираниот зелен зеленчук, додека методот на третман со микробранова печка имаше умерен ефект врз намалувањето на антинутриентите. Со оглед на широката употреба на зелен зеленчук во исхраната на луѓето од овој регион, како и во медитеранската исхрана, анализата на содржината на антинутриенти во овие намирници добива особено значење за подобро разбирање на нивното влијание врз јавното здравје. Оваа анализа е неопходна за да се избалансираат

нyтpитивните пpидoбивки co пoтeнцијалните ризици штo мoжaт дa пpoизлeзaт oд гoлeмaтa кoнсyмaцијa нa aнтинyтpиeнти, oсoбeнo кaј рaнливите гpyпи кaкo штo сe дeцaтa, бpeмeнитe жeни и пocтapитe лицa. Рeзyлтaтитe oд cтyдијaвa мoжaт дa сe кoриcтaт зa дaвaњe пpeпopaки зa мeтoдитe зa пoдгoтoвкa нa хpaнa co цeл дa сe зaчyвa хpaнливaтa вpeднocт и здpaвcтвeнитe пpидoбивки oд пpoчyвaниoт зeлeн зeлeнчyк кaкo и дa сe нaмaлaт aнтинyтpиeнтитe вo пpoчyвaниoт зeлeн зeлeнчyк.

6. Кoриcтeнa литepaтyрa

- Abera S., Yohannes W. & Chandravanshi B.S. (2023). Effect of Processing Methods on Antinutritional Factors (Oxalate, Phytate, and Tannin) and Their Interaction with Minerals (Calcium, Iron, and Zinc) in Red, White, and Black Kidney Beans. *Int J Anal Chem.* 6762027. <https://doi.org/10.1155/2023/6762027>
- Alatorre-Cruz J. M., Pita-L´opez W., L´opez-Reyes R. G., Ferriz-Martínez R. A., Cervantes-Jim´enez R., de Jesús Guerrero Carrillo M., Vargas P. J. A., L´opez- Herrera G., Rodríguez-M´endez A. J., Zamora-Arroyo A., Guti´errez-S´anchez H., de Souza T. R., Blanco-Labra A., & García-Gasca T. (2018). Effects of intragastrically- administered Tepary bean lectins on digestive and immune organs: Preclinical evaluation. *Toxicology Reports* (5), 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2017.12.008>
- Anaya-Esparza L.M., Mora Z.V., Vázquez-Paulino O., Ascencio F. & Villarruel-López A. (2021) Bell Peppers (*Capsicum annum* L.) Losses and Wastes: Source for Food and Pharmaceutical Applications. *Molecules.* 26(17):5341. <https://doi.org/10.3390/molecules26175341>
- Andrés C. M. C., Pérez de la Lastra J. M., Munguira E. B., Juan C. A. & Pérez-Lebeña, E. (2025). The Multifaceted Health Benefits of Broccoli—A Review of Glucosinolates, Phenolics and Antimicrobial Peptides. *Molecules*, 30(11), 2262. <https://doi.org/10.3390/molecules30112262>
- Arsov A., Tsigoriyna L., Batovska D., Armenova N., Mu W., Zhang W., Petrov K., & Petrova P. (2024). Bacterial Degradation of Antinutrients in Foods: The Genomic Insight. *Foods*, 13(15), 2408. <https://doi.org/10.3390/foods13152408>
- Baldelli S., Lombardo M., D’Amato A., Karav S., Tripodi G. & Aiello G. (2025). Glucosinolates in Human Health: Metabolic Pathways, Bioavailability, and Potential in Chronic Disease Prevention. *Foods*, 14(6), 912. <https://doi.org/10.3390/foods14060912>
- Bheemaiah Balyatanda S., Gowda N.A.N., Subbiah J., Chakraborty S., Prasad P.V.V. & Siliveru K. (2024). Physiochemical, Bio, Thermal, and Non-Thermal Processing of Major and Minor Millets: A Comprehensive Review on Antinutritional and Antioxidant Properties. *Foods*, 13(22):3684. <https://doi.org/10.3390/foods13223684>
- Booth S. Health Benefits of Broccoli (2021). [(accessed on 1 May 2023)]. Available online: <https://www.webmd.com/food-recipes/health-benefits-broccoli>
- Catherwood D.J., Savage G.P., Mason S.M., Scheffer J.J.C. & Douglasc J.A. (2007). Oxalate content of cormels Japanese taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) and the effect of cooking. *J. Food Compost Anal.* 20:147–151. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.12.012>
- Chokkara Sri Lasya (2022). Spinach and its health benefits: A review. *The Pharma Innovation Journal.* 11(8S): 1232-1239.
- Cosme F., Aires A., Pinto T., Oliveira I., Vilela A., & Gonçalves B. (2025). A Comprehensive Review of Bioactive Tannins in Foods and Beverages: Functional Properties, Health Benefits, and Sensory Qualities. *Molecules*, 30(4), 800. <https://doi.org/10.3390/molecules30040800>
- Das G., Sharma A. & Sarkar K.P. (2022). Conventional and emerging processing techniques for the post-harvest reduction of antinutrients in edible legumes. *Applied Food Research*, 100112. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100112>

- Devirgiliis C., Guberti E., Mistura L. & Raffo A. (2024). Effect of Fruit and Vegetable Consumption on Human Health: An Update of the Literature. *Foods*, 13(19), 3149. <https://doi.org/10.3390/foods13193149>
- Duraiswamy A., Sneha A. N.M., Jebakani K. S., Selvaraj S., Pramitha J. L., Selvaraj R., Petchiammal K. I., Kather Sheriff S., Thinakaran J., Rathinamoorthy S., Kumar P. R. (2023). Genetic manipulation of anti nutritional factors in major crops for a sustainable diet in future. *Front. Plant Sci.* 13:1070398. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1070398>
- Farha A. (2023). Broccoli for Weight Loss—Here's How It Can Help. 2023. [(accessed on 1 May 2023)]. Available online: <https://www.healthifyme.com/blog/broccoli-for-weight-loss/>
- Favela-González K.M., Hernández-Almanza A.Y. & De la Fuente-Salcido N.M. (2020). The value of bioactive compounds of cruciferous vegetables (Brassica) as antimicrobials and antioxidants: A review. *J. Food Biochem.* 44: e13414. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13414>
- Feng D., Shen Y. & Chavez E.R. (2003). Effectiveness of different processing methods in reducing hydrogen cyanide content of flaxseed. *J. Sci. Food Agric.* 83:836–841.
- Fitriani A., Santoso U. & Supriyadi S. (2021). Conventional Processing Affects Nutritional and Antinutritional Components and In Vitro Protein Digestibility in Kabau (*Archidendron bubalinum*). *Int J Food Sci.* 3057805. <https://doi.org/10.1155/2021/3057805>
- Fogo A.B., Lusco M.A., Najafian B. & Alpers C.E. (2017). AJKD Atlas of Renal Pathology: Oxalosis. *Am. J. Kidney Dis.* 69 :e13–e14. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2017.01.006>
- Fraga-Corral M., Otero P., Cassani L., Echave J., Garcia-Oliveira P., Carpena M., Chamorro F., Lourenço-Lopes C., Prieto M.A. & Simal-Gandara J. (2021). Traditional Applications of Tannin Rich Extracts Supported by Scientific Data: Chemical Composition, Bioavailability and Bioaccessibility. *Foods*, 10(2):251. <https://doi.org/10.3390/foods10020251>
- Galanty A., Grudzińska M., Paździora W., Służały P. & Paśko P. (2024). Do Brassica Vegetables Affect Thyroid Function?-A Comprehensive Systematic Review. *Int J Mol Sci.* 25(7):3988. <https://doi.org/10.3390/ijms25073988>
- Ganea M., Vicaș, L. G., Gligor, O., Sarac, I., Onisan, E., Nagy, C., Moisa, C., & Ghitea, T. C. (2024). Exploring the Therapeutic Efficacy of Parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) as a Functional Food: Implications in Immunological Tolerability, Reduction of Muscle Cramps, and Treatment of Dermatitis. *Molecules*, 29(3). <https://doi.org/10.3390/molecules29030608>
- Ganjewala D., Kumar S., Devi S.A. & Ambika K. (2010). Advances in cyanogenic glycosides biosynthesis and analyses in plants: A review. *Acta Biol. Szeged.* 54, 1–14.
- Gibson R.S., Raboy V. & King J.C. (2018). Implications of phytate in plant-based foods for iron and zinc bioavailability, setting dietary requirements, and formulating programs and policies. *Nutr Rev.* 76(11):793-804. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuy028>
- Gnintoungbe G.S., Medehouenou T.C.M., Adoukpe F., Akpovi C. & Loko F. (2023). Phytochemical Screening, Antioxidant Activity and Safety of *Petroselinum crispum* (Mill.) AW Hill Apiaceae Leaves Grown in Benin. *Open J. Appl. Sci.* 13:36–50. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2023.131004>
- Gupta R.K., Gangoliya S.S. & Singh N.K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *J Food Sci Technol.* 52(2):676-84. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0978-y>
- Harun S. & Mohamed-Hussein A. (2024). Glucosinolates and Cyanogenic Glycosides, Biosynthesis and Mechanism of Action Leading to Plant Defense. In: Mérillon, JM., Ramawat, K.G. (eds) *Plant Specialized Metabolites. Reference Series in Phytochemistry.* Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30037-0_53-1
- Hemmige N.H., Abbey L. & Asiedu S.K. (2017). An overview of nutritional and antinutritional factors in green leafy vegetables. *Int J Hortic Sci.* 1(2):00011. <https://doi.org/10.15406/hij.2017.01.00011>
- Hussain T., Singh S., Danish M., Pervez R., Hussain K. & Husain R. (2020). Natural metabolites: an eco-friendly approach to manage plant diseases and for better agriculture farming. *Natural Bioactive Products in Sustainable Agriculture*, 1-13. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3024-1_1

- Ilelaboye N.O.A. & Amoo I.A. & Pikuda O. O. (2013). Effect of cooking methods on mineral and anti nutrient composition of some green leafy vegetables. Archives of Applied Science Research, 5 (3), 254-260. (<http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>)
- Khalid W., Ikram A., Nadeem M. T., Arshad M. S., Rodrigues O., Pagnossa J. P., Al-Farga A., Madalitso Chamba M. V., El-Saber Batiha G. & Koraqi H. (2023). Effects of Traditional and Novel Cooking Processes on the Nutritional and Bioactive Profile of Brassica oleracea (Kale). Journal of Food Processing and Preservation, 2023(1), 2827547. <https://doi.org/10.1155/2023/2827547>
- Kim Y., & Je Y. (2016). Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies. Archives of Cardiovascular Diseases, 109(1), 39–54. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2015.09.005>
- Kim J.S., Cuong D.M., Bae Y.B. & Somi K.C. (2022). Antioxidant and antiproliferative activities of solvent fractions of broccoli (Brassica oleracea L.) sprout. Appl. Biol. Chem. 65:34. <https://doi.org/10.1186/s13765-022-00700-2>
- Kumar A., Gupta K., Aminul Islam Apu Md., Shyam Abrol G. & Tomer V. (2023). Effect of household processing on nutritional and antinutritional composition, mineral-mineral ratios, and functional properties of Colocasia leaves. Heliyon, 9, 6, e17137. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17137>
- L'opez-Moreno M., Garcés-Rimón M. & Miguel M. (2022). Antinutrients: Lectins, goitrogens, phytates and oxalates, friends or foe? Journal of Functional Foods, 89, 104938. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2022.104938>
- Leandro da Silva Pereira M., de Souza P.C.R., de Medeiros F.V.J., de Brito Q.G. & Schwarz A. (2023). Determination of cyanide in whole seeds and brans of linseed (*Linum usitatissimum* Linn) by molecular spectrophotometry. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 59: e23059. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902023e23059>
- Lee S., Choi Y., Jeong H.S., Lee J. & Sung J. (2017). Effect of different cooking methods on the content of vitamins and true retention in selected vegetables. Food Sci Biotechnol. 27(2):333-342. <https://doi.org/10.1007/s10068-017-0281-1>
- Liu R.H. (2013). Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. Advances in Nutrition 4(3):384S-92S. <https://doi.org/10.3945/an.112.003517>
- Managa M.G., Shai J., Thi Phan A.D., Sultanbawa Y. & Sivakumar D. (2020). Impact of Household Cooking Techniques on African Nightshade and Chinese Cabbage on Phenolic Compounds, Antinutrients, in vitro Antioxidant, and β -Glucosidase Activity. Front. Nutr. 7:580550. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.580550>
- Maqbool N., Sofi S. A., Makroo H. A., Mir S. A., Majid D. & Dar B. (2021). Cooking methods affect eating quality, bio-functional components, antinutritional compounds and sensory attributes of selected vegetables. Italian Journal of Food Science, 33(SP1), 150-162. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v33iSP1.2092>
- Mehmood A., & Zeb A. (2020). Effects of different cooking techniques on bioactive contents of leafy vegetables. International Journal of Gastronomy and Food Science, 22, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100246>
- Melo L.F.M., Aquino-Martins V.G.Q., Silva A.P.D., Oliveira Rocha H.A. & Scortecchi K.C. (2023). Biological and pharmacological aspects of tannins and potential biotechnological applications. Food Chem. 414:135645. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135645>
- Natesh H.N., Abbey L. & Asiedu S.K. (2017). An Overview of Nutritional and Anti Nutritional Factors in Green Leafy Vegetables. Hortic. Int. J. 1:58–65. <https://doi.org/10.15406/hij.2017.01.00011>
- Nath H., Samtiya M. & Dhewa T. (2022). Beneficial attributes and adverse effects of major plant-based foods anti-nutrients on health: A review. Human Nutrition & Metabolism, 200147. <https://doi.org/10.1016/j.hnm.2022.200147>
- Nissar J., Ahad T., Naik H.R. & Hussain S.Z. (2015). A review phytic acid: As antinutrient or nutraceutical. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2017; 6(6): 1554-1560.

- Nugrahedhi P. Y., Verkerk R., Widianarko B. & Dekker M. (2015). A mechanistic perspective on process-induced changes in glucosinolate content in Brassica vegetables: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(6), 823–838. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.688076>
- Olaya B., Essau C. A., Victoria Moneta M., Lara E., Miret M., Martin-Maria N., Moreno-Agostino D., Luis Ayuso-Mateos J., Abduljabbar A. S. & Maria Haro J. (2019). Fruit and Vegetable Consumption and Potential Moderators Associated with All-Cause Mortality in a Representative Sample of Spanish Older Adults. *NUTRIENTS*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/nu11081794>
- Oruma Y.U., Abraham O.J., Odiba P.A., Egwemi I.O., Okwutachi A.M., Aye, G.A. & Yahaya A. (2021). The Effect of Cooking on the Goitrogenic (cyanogenic glycosides and glucosinolates) Content of Pumpkin Leaves (*Telfairia occidentalis*) and Spinach Leaves (*Spinacia olairaceae*). *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences (DUJOPAS)*. 7 No. 3b. <https://dx.doi.org/10.4314/dujopas.v7i3b.15>
- Ozogul Y., Ucar Y., Tadesse E.E., Rathod N., Kulawik P., Trif M., Esatbeyoglu T. & Ozogul F. (2025). Tannins for food preservation and human health: A review of current knowledge. *Applied Food Research*, 100738. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100738>
- Petroski W. & Minich D.M. (2020). Is There Such a Thing as “Anti-Nutrients”? A Narrative Review of Perceived Problematic Plant Compounds. *Nutrients*, 12:2929. <https://doi.org/10.3390/nu12102929>
- Phan M. A. T., Paterson J., Bucknall M., & Arcot J. (2018). Interactions between phytochemicals from fruits and vegetables: Effects on bioactivities and bioavailability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(8), 1310–1329. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1254595>
- Pokharel U., Adhikari N., Gautam N., Poudel R., Timsina P., Dangal A. & Giuffrè A. M. (2024). Effects of Different Processing Methods on the Antinutritional Factors Present in Mungbean (*Vigna radiata* L.). *Analytica*, 5(3), 414-429. <https://doi.org/10.3390/analytica5030026>
- Popova A. & Mihaylova D. (2019). Antinutrients in Plant-based Foods: A Review *The Open Biotechnology Journal*, 13, 68-76 <https://doi.org/10.2174/1874070701913010068>
- Pujol A., Sanchis P., Grases F., Masmiquel L. (2023). Phytate Intake, Health and Disease: "Let Thy Food Be Thy Medicine and Medicine Be Thy Food". *Antioxidants (Basel)*, 12(1):146. <https://doi.org/10.3390/antiox12010146>
- Razzak A., Mahjabin T., Khan M.R.M., Hossain M., Sadia U. & Zzaman W. (2023). Effect of cooking methods on the nutritional quality of selected vegetables at Sylhet City. *Heliyon*. 9(11):e21709. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21709>
- Ruhaizat-Ooi I.-H., Zainal-Abidin R.-A., Ab Ghani N. S., Afiqah-Aleng N., Bunawan H., Mohd-Assaad N., Mohamed-Hussein Z.-A., & Harun S. (2022). Understanding the Complex Functional Interplay between Glucosinolates and Cyanogenic Glycosides in Carica papaya. *Agronomy*, 12(10), 2508. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102508>
- Salgado N., Silva M.A., Figueira M.E, Costa H.S. & Albuquerque T.G. (2023). Oxalate in Foods: Extraction Conditions, Analytical Methods, Occurrence, and Health Implications. *Foods*, 12(17):3201. <https://doi.org/10.3390/foods12173201>
- Salim R., Nehvi I.B., Mir R.A., Tyagi A., Ali S. & Bhat O.M. (2023). A review on anti-nutritional factors: unraveling the natural gateways to human health. *Front Nutr*. 10:1215873. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1215873>
- Samtiya M., Aluko R.E., Dhewa T. & Moreno-Rojas J.M. (2021). Potential Health Benefits of Plant Food-Derived Bioactive Components: An Overview. *Foods*. 10(4):839. <https://doi.org/10.3390/foods10040839>
- Sharma A., Rani J., Kaur P., Dwivedi S.K. & Sharma M. (2024). Potential Food Nutraceutical Ingredients. In: Rajakumari R., Thomas S. (eds) *Handbook of Nutraceuticals*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69677-1_2-1
- Sheikh M.A., Saini C.S. & Sharma H.K. (2021). Synergistic effect of microwave heating and hydrothermal treatment on cyanogenic glycosides and bioactive compounds of plum (*Prunus domestica* L.) kernels: An analytical approach. *Curr Res Food Sci*. 5:65-72. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.12.007>

- Singh P., Pandey K.V., Sultan Z., Singh R. & Dar H.A. (2023). Classification, benefits, and applications of various anti-nutritional factors present in edible crops. *Journal of Agriculture and Food Research*. 14, 100902. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100902>
- Tahir F., Ali E., Hassan S.A., Bhat Z.F., Walayat N., Nawaz A. & Aadil R.M. (2024). Cyanogenic glucosides in plant-based foods: Occurrence, detection methods, and detoxification strategies – A comprehensive review. *Microchemical Journal*, 199, 110065. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.110065>
- Tiwari D. & Dubey D. K. (2025). Adverse effects of antinutrients on human health: a systematic review. *International Journal of Scientific Reports*, 11(2), 73–79. <https://doi.org/10.18203/issn.2454-2156.IntJSciRep20250058>
- Toh D. W. K., Koh E. S. & Kim J. E. (2020). Incorporating healthy dietary changes in addition to an increase in fruit and vegetable intake further improves the status of cardiovascular disease risk factors: A systematic review, meta-regression, and meta- analysis of randomized controlled trials. *Nutrition Reviews*, 78(7), 532–545. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz104>
- Vetter J. (2017). Plant Cyanogenic Glycosides. In *Plant Toxins*; Carlini, C.R., Ligabue-Braun, R., Gopalakrishnakone, P., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 287–317. ISBN 978-94-007-6464-4.
- Wang X.Y., Meng F.G. & Zhou H.M. (2004). Unfolding and inactivation during thermal denaturation of an enzyme that exhibits phytase and acid phosphatase activities. *Int J Biochem Cell Biol*. 36:447–59. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2003.07.001>
- Wang Z., Zhang Y., Zhang J., Deng Q. & Liang H. (2021). Recent Advances on the Mechanisms of Kidney Stone Formation (Review) *Int. J. Mol. Med*. 48:149. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2021.4982>
- Warin R., Chambers W.H., Potter D.M. & Singh S.V. (2009). Prevention of mammary carcinogenesis in MMTV-neu mice by cruciferous vegetable constituent benzyl isothiocyanate. *Cancer Res*. 69, 9473–9480.
- Waseem M., Akhtar S., Qamar M., Saeed W., Ismail T. & Esatbeyoglu T. (2022). Effect of Thermal and Non-Thermal Processing on Nutritional, Functional, Safety Characteristics and Sensory Quality of White Cabbage Powder. *Foods*.11(23):3802. <https://doi.org/10.3390/foods11233802>
- Yılmaz Tuncel N., Polat Kaya H., Andaç A. E., Korkmaz F. & Tuncel N.B. (2025). A Comprehensive Review of Antinutrients in Plant-Based Foods and Their Key Ingredients. *Nutr Bull*. 50(2):171-205. <https://doi.org/10.1111/nbu.12732>
- Yue Z., Zhang G., Wang J., Wang J., Luo S., Zhang B., Li Z. & Liu Z. (2024). Comparative study of the quality indices, antioxidant substances, and mineral elements in different forms of cabbage. *BMC Plant Biology*, 24(1):187. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04857-4>
- Yulvianti M. & Zidorn C. (2021). Chemical Diversity of Plant Cyanogenic Glycosides: An Overview of Reported Natural Products. *Molecules*, 26(3):719. <https://doi.org/10.3390/molecules26030719>
- Zayed A., Adly G.M. & Farag M.A. (2025). Management Strategies for the Anti-nutrient Oxalic Acid in Foods: A Comprehensive Overview of Its Dietary Sources, Roles, Metabolism, and Processing. *Food Bioprocess Technol* 18, 4280–4300. <https://doi.org/10.1007/s11947-024-03726-0>