МИНИСТЕРСТВО НА ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО

НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ И АНАЛИЗИ

Гинка Милчева Паунова - Николова

МИНЕРАЛИ И МИКРОЕЛЕМЕНТИ В ХРАНИ НА БЪЛГАРСКИЯ ПАЗАР

ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен „ДОКТОР”

НАУЧНА СПЕЦИАЛНОСТ „ХИГИЕНА”

Научен ръководител:

Доц. Росица Георгиева, дм

София, 2026 г.

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

AAC	Атомноабсорбционна спектрометрия
БДС	Български държавен стандарт
ЛМИ	Лабораторен метод на изпитване
ETAAS	Електротермична атомноабсорбционна спектрометрия
FAAS	Пламъкова атомноабсорбционна спектрометрия
AES	Атомно-емисионна спектрометрия
ICP MS	Индуктивно свързана плазма – мас спектрометрия
ICP OES	Индуктивно свързана плазма – оптична емисионна спектрометрия
ICP-DRC-MS	Динамична реакционна клетка за масспектрометрия с индуктивно свързана плазма
ICP-SFMS	Двойно фокусиращ (електрически и магнитен) ICP-MS, наричан също секторно поле
LA-ICP-MS	Лазерна аблационна индуктивно свързана плазмена масова спектрометрия
LOD	Граница на откриване
LOQ	Граница на количествено определяне
MW	Микровълнова система за разграждане
RSTD	Относително стандартно отклонение
SD	Стандартно отклонение
CRM	Сертифициран референтен материал
СЗО	Световна здравна организация
DALYs	Години на живот, коригирани с увреждания, скрит глад
FBDG	Диетични насоки на база храни

СЪДЪРЖАНИЕ

№	Наименование на раздела	Стр.
I.	Въведение	4
II.	Литературен обзор	6
II.1.	Най-важни минерали и микроелементи в храните и ролята им за функционирането на човешкия организъм	7
II.2.	Бионаличност и абсорбция на минералите и микроелементите	23
II.3.	Здравословна хранителна пирамида	25
II.4.	Методи за определяне минерали и микроелементи в храни	28
III.	Цел и задачи	34
IV.	Материали и методи	35
IV.1.	Изследвани проби храни	35
IV.2.	Апаратура, реактиви, сертифицирани референтни материали	35
IV.3.	Методи за подготовка и анализ на пробите храни	36
V.	Резултати и обсъждане	40
V.1.	Валидиране и верифициране на методите за определяне	40
V.2.	Проучване на съдържанието на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в най-често консумирани храни на българския пазар	48
V.3.	Сравнение на изследваните групи храни по минерали и микроелементи	93
VI.	Изводи	104
VII.	Приноси	108
VIII.	Литература	109
IX.	Списък на публикации във връзка с дисертацията	133
X.	Списък на участия в научни прояви във връзка с дисертацията	134

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Храненето е основен жизнен процес, чрез който организмите получават и използват **хранителни вещества.**

Витамините и минералите са основни хранителни вещества и са известни още като микронутренти. Те са необходими в много по-малки количества в храната на човека, отколкото други хранителни вещества като въглехидрати, протеини и мазнини; не се синтезират в организма, затова трябва да се набавят от храната. Наричат се есенциални микронутриенти и са от съществено значение за храненето. Има някои изключения, като например витамин D, който може да се произвежда в кожата, когато е изложена на слънчева светлина [National Research Council 1989, British Nutrition Foundation 2023].

Микронутриентите са важни съставки за доброто здраве и нормалното функциониране на човешкия организъм. Ролята им е многостранна: като компоненти на костите и зъбите, поддържане на сърдечния ритъм в нормални граници, мускулната маса, повлияват за доброто състояние на нервната система, играят важна роля при клетъчния метаболизъм, а също така са структурна част на много ензими. [Gharibzahedi et al. 2017].

Минералите са от изключително значение за човешкото тяло и се съдържат в относително по-големи количества (необходими са повече от 100 mg на ден от даден елемент). Седемте основни минерала са калций, магнезий, фосфор, натрий, калий, сяра и хлор. Вещества, които са също съществено важни, но са необходими в количества по-малки от 100 mg на ден [Al-Fartusie et al. 2017], се наричат микроелементи. Това са желязо, мед, йод, манган, цинк, молибден, селен и хром [British Nutrition Foundation 2023].

Освен полезните минерали и микроелементи в човешкия организъм има и т.нар. токсични елементи, които предизвикват сериозни здравословни проблеми и затова трябва да се избягват. Към тази група спадат живак, кадмий, арсен, алуминий, олово [National Academies Press (US) 1989].

Нивата на микроелементите варират значително при различните популации в зависимост от състава на храната. Разлики в съдържанието на селен, цинк, мед, желязо, хром и йод се наблюдават както в развитите, така и в развиващите се страни, до голяма степен поради недохранването и зависимостта от местното хранене. Този недостиг, а в някои

случаи излишък, на основни микроелементи може да доведе до дисбаланс в глюкозната хомеостаза и инсулинова резистентност [Dubey et al. 2020].

Редовното постъпление на микронутриенти чрез консумация на храна, помага за добро здраве, баланс на течностите, правилно въздействие на хранителните съставки, поддържане на добро кръвообращение и добра функция на екзокринните (потни, мастни, слюнчени) и ендокринните (хипоталамус, хипофизна, епифиза, щитовидна, околощитовидни, надбъбречни, полови) жлези в човешкия организъм. Най-важното равновесие, което трябва да поддържа здравото човешко тяло, е киселинно-алкалният баланс.

II. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Минералите представляват 4-5% от телесното тегло [Özcan 2004] или 2,8 kg при жените и 3,5 kg при мъжете. Около 50% от това тегло се пада на калция и още 25% на фосфора. По-голямата част от фосфора в тялото се намира в костния материал (приблизително 85%), а останалите 15% се разпределят в меките тъкани с около 1% в извънклетъчната течност [Vorland et al. 2017].

Другите пет необходими минерала - магнезий, натрий, калий, хлор и сяра и 11 микроелемента: желязо, цинк, йод, селен, манган, флуор, молибден, мед, хром, кобалт и бор представляват останалите 25%.

Едно цялостно и регулирано здравословно хранене задоволява нуждите на организма с микронутриенти. Те не се абсорбират и преработват по един и същи начин. Изчислено е, че човешкото тяло преработва около 5 % от общото количество натурални минерали и микроелементи, което се съдържа в храната. По принцип наличността на някои вещества в храните е много ниска: желязо, хром и манган, а на други – висока: натрий, калий, хлор, йод и флуор. Минерали като калций и магнезий имат средна бионаличност. За да е здрав, човешкият организъм има нужда всеки ден да си набавя определени продукти чрез храната. Доста трудно обаче може да се спази това изискване в съвременното ежедневие и съответно много лесно може да се наруши и загуби здравословното равновесие, поради различни причини: природни фактори, физически увреждания, стрес, нездравословно хранене (бързо хранене, прием на твърде много захар и месни продукти), нездравословен начин на живот. Когато здравословното равновесие вече е нарушено, се наблюдават симптоми като чести киселини от храна, хронична умора, демотивация, понижен апетит, кожата се отпуска и става бледа, предразположение към депресия, чувство на слабост.

Животинските храни са източници на повече микроелементи от храните с растителен произход. Това се дължи на факта, че микроелементите в тях се намират в по-големи количества и имат по-голяма бионаличност, а това означава, че се абсорбират по-добре от човешкия организъм. Морските храни са богати източници на почти всички микроелементи. Изключение прави манганът, който се среща много повече в растенията.

Въпреки че всеки от минералите и микроелементите има своя специфична функция, като цяло, те изпълняват три основни функции:

- *пластична* - помагат за изграждане на костната тъкан и зъбите;

- *регулиране на киселинно-алкалния* баланс на телесните течности;
- *превръщане на храната в енергия*, която тялото може да използва.

Общи функции на минералите и микроелементите в човешкото тяло

1. Образуват структурни компоненти на кости, зъби, меки тъкани и мускули (калций, фосфор, магнезий).
2. Регулират дейността на нервите като стимулират свиването на мускулите, необходимо за съсирване на кръвта (калций).
3. Поддържат киселинно-алкалния баланс на телесните течности (натрий и хлор).
4. Контролират водния баланс по пътя на осмозата и пропускливостта на клетъчните мембрани (натрий и калий).
5. Участват в състава на витамини (напр.тиаминът съдържа сяра, цианокобалминът съдържа кобалт), хормони и ензими (напр. йод в тироксина и цинк в инсулина).
6. Активират ензимите, могат да действат като ко-ензими или ко-фактори (напр.калцият активира ензима липаза).
7. Регулират клетъчното окисляване (желязо и манган).

II.1. Най-важни минерали и микроелементи в храните и ролята им за функционирането на човешкия организъм

1. Калций

Разпространение и функции в организма

Около 2% от телесната маса се състои от калций, като 99% от това количество се намира в костите и зъбите [Emkey et al. 2012]. Калцият участва в изграждането на костната маса и предотвратява остеопорозата. Тялото се нуждае от калций, доставен с храната (заедно с витамин D и някои други хранителни вещества, като витамин К), за да развие и поддържа здрави кости и зъби, а в комбинация с магнезий се грижи за правилната сърдечна функция. Препоръчителният дневен прием е 800 mg. Калцият е най-разпространеният двувалентен катион и петият най-разпространен елемент в организма и е от съществено значение за редица жизнени функции [Ali 2023]. Той играе важна роля в много системи, включително

вътреклетъчното сигнализиране и секрецията на хормони, като дава възможност за интегриране и регулиране на метаболитните процеси, за предаването на информация чрез нервната система, за контрол на свиването на мускулите (включително сърцето) и кръвосъсирването [Beto 2015].

Недостиг на калций

Недостигът на калций поради нисък прием се нарича *хипокалциемия*. Най-често хипокалциемията е част от хиповитаминоза D комплекс, поради малко излагане на слънчева светлина и/или недостатъчен прием на витамин D. Недостатъчният прием на калций е свързан с *остеопороза,* която е световен проблем [Charoenngam et al. 2023]. По отношение на постъплението с диетата значителна част от младите жени имат среден прием на калций под долната граница (8% от жените на възраст 19-24 години и 6% от жените на възраст 25-34 години). Адекватният прием на калций е от жизненоважно значение за здравето, особено по време на растеж (в детството, юношеството, бременността) за установяване на пикова костна маса, а също и по време на кърмене. Добавките понякога се препоръчват за хора с риск от остеопороза.

Като пример, витамин D и калций са изброени като две от „хранителните вещества, които са от значение за общественото здраве“в доклада на DGAC (Dietary Guidelines Advisory Committee - Консултативен комитет по диетичните насоки) за 2015 г., поради постоянното недостатъчно потребление в различни демографски групи (етническа принадлежност, възраст и пол) и свързаното с това въздействие върху здравето.

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Прекомерният прием на калций може да доведе до бъбречна недостатъчност и хиперкалциемия. Ефектите от хиперкалциемия са бъбречна или жлъчна формация (образуване на камъни), костна болка, коремна болка, гадене и повръщане, умора, анорексия и панкреатит [Charoenngamet al. 2023].

Постъплението на калций от храни като част от разнообразен хранителен режим е малко вероятно да предизвика някакви нежелани ефекти. Приемането на високи дози хранителни добавки понякога причинява стомашночревни проблеми, подуване на корема, повишен риск от камъни в бъбреците [Jackson et al. 2006, Reid 2014, Straub 2007]. Дългосрочната употреба на калциеви добавки при здрави възрастни, особено жени, може да

не е безопасна, тъй като може да има неблагоприятен ефект върху сърдечносъдовите функции [Bolland et al. 2008, Huo et al. 2023].

Източници на калций в храните

Приемът на калций може да бъде от млечни или немлечни продукти. Проучвания на различни автори показват, че млякото е най-високо класираният хранителен източник на калций (33,2%), витамин D (60,4%) и калий (18,8%). Други основни хранителни източници на калций включват сирене (19,4%), зеленчуци (7%), хляб (6%), плодове (5,4%) [Engel et al. 2018, Debra et al. 2013].

Според Omidvar et al. 2015 основните хранителни източници на калций, допринасящи за общия му дневен прием, са млечни продукти (71,9%, по-специално кисело мляко и прясно мляко), хляб и зърнени храни (10,5%, по-специално хляб), плодове (7,4%, по-специално цитрусови плодове), месо и алтернативни продукти (6,6%, по-специално ядки), както и зеленчуци (4,4%, по-специално зелени листни зеленчуци).

Ако зеленчукът съдържа оксалова или фитинова киселина, тогава калцият може да се абсорбира слабо [Heaney et al. 1989, Weaver et al. 1997]. Например чаша замразен спанак съдържа почти толкова калций, колкото чаша мляко, но само една десета част се абсорбира поради оксаловата киселина.

Богатите на калций млечни продукти, особено твърдо сирене, могат да осигурят на организма 1 g калций от 100 g продукт, докато прясното и кисело мляко осигуряват 100-180 mg от 100 g. Зърнените култури обикновено съдържат около 30 mg на 100 g, но ако са обогатени, количеството може да достигне 180 mg на 100 g. Ядките и семената също са богати на калций, особено бадеми и сусам, и могат да осигурят между 250 и 600 mg от 100 g. Богатите на калций зеленчуци - кейл, броколи и кресон съдържат между 100 и 150 mg от 100 g продукт [US Department of Agriculture 2016].

В САЩ приемът на калций от млечни продукти е 72%, а в Холандия 58%. В Китай Са основно се набавя от зеленчуци (30,2%) и бобови растения (16,7%), а само около 7% от общия прием идва от млечни продукти [Huang et al. 2018, Willemse et al. 2020]. В България при последното представително национално проучване, проведено през 2020 г е установено, че приемът на калций от млечни продукти е 54% [Дулева и др. 2020]

В индустриализираните страни млечните продукти се открояват като източник на калций, които също така допринасят и за приема на фосфор, магнезий, цинк [Auclair et al. 2019].

2. Натрий

Разпространение и функции в организма

Натрият, както и калият, регулират осмотичното налягане в клетките и подържат киселинно-алкалния баланс. Натрият се свързва с функционирането на мускулната система. Той уравновесява и контролира течностите в тялото, запазва силата на мускулната маса и нервните реакции [Strazzullo 2014]. Препоръчителният дневен прием на натрий варира между 1100 и 3300 mg. Натрият е компонент на обикновената сол, известна като натриев хлорид (NaCl). Хората могат да получат достатъчно натрий от ниските количества, присъстващи в много храни, включително прясно месо, риба и зеленчуци, но по-голямата част от натрия се добавя при преработката на храни [Cook et al. 2020].

Съдържанието на натрий в храните е доста променливо и зависи както от източника на храна (напр. животинските храни естествено съдържат повече натрий), така и от нивото на трансформация, на която е подложена самата храна. Храните с естествено ниско съдържание на натрий са плодове, зеленчуци, масла и зърнени храни, като съдържанието им варира от „следи“ до ~20 mg/100 g, с малки изключения [Strazzullo 2014].

Физиологичните изисквания за натрий са <500 mg/ден при повечето здрави индивиди, но средната консумация в САЩ например е над 3200 mg/ден [Farquhar et al. 2015]. За България резултатите сочат че среднодневната консумация на сол, изчислена на база екскреция на Na в случайна порция урина при лица от 15 до 65+ години е 12 g и надхвърля значително препоръчителните нива за дневен прием от 5 g готварска сол [Дулева и др. 2019].

Недостиг на натрий

Дефицитът на натрий води до състояние на дехидратация, което е свързано с намалена обща телесна течност. Това намаляване на общия обем на течността има подчертан ефект върху сърдечносъдовата функция и в резултат на това се ангажират физиологични реакции за защита и възстановяване на обема на течността [Hurley et al. 2015], както и симптоми на отпадналост и мускулни крампи [Mc Cance 1990], психологически увреждания на когнитивната дисфункция и умората; слабост, мускулна болка, нарушена

памет и/или умствена концентрация и безсъние [Adrogué et al. 2022]. Състояние на истинско изчерпване на натрий (и вода) може да възникне само при патологични състояния, като тежка надбъбречна недостатъчност, бъбречно заболяване, обширни изгаряния, хронична диария, неконтролируемо повръщане, екстремно и продължително изпотяване, диабетна кетоацидоза, прекомерен прием на диуретици или непрекъснато стомашно всмукване [Strazzullo 2014].

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Излишъкът от натрий в храната може да повлияе неблагоприятно върху кръвоносните съдове, сърцето, бъбреците и мозъка [Farquhar et al. 2015]. Както при някои други минерали, нивата на натрий в кръвта и тъканите са под хомеостатичен контрол. Бъбреците плътно регулират концентрацията на натрий и могат да отделят натрий в урината, когато доставеното количество е прекомерно.

Високият прием на натрий, заедно със затлъстяването и прекомерната употреба на алкохол, се считат за едни от рисковите фактори за високо кръвно налягане (хипертония), респективно за сърдечносъдови заболявания и инсулт. При лечение на хипертония може да се използва диета с ниско съдържание на сол.

Източници на натрий в храните

Най-високо класираният хранителен източник на натрий е солта, следвана от хляб (8,4%), сирене (8,1%), кренвирши/колбаси и крекери/пуканки/гевреци/чипс (6,1%) [Debra et al. 2013]. Приблизително 70% от натрия в храната се съдържа в преработени храни [Mattes et al. 1991]. Добавеният натрий при приготвянето на самата храна и на масата е по-малко [Henney et al. 2010]. Ресторантите също са по-склонни да предлагат по-солени храни, а през последните десетилетия все повече хора се хранят навън.

Понастоящем съществуват различни стратегии за намаляване на солта, включително малки, поетапни намаления на добавените количества сол, повишено използване на подправки и добавяне на минерални соли, фосфати и подобрители на вкуса **[**Kloss et al. 2015]. Натриевият хлорид може да бъде заменен до 30-40% от калиев хлорид или от органични киселини като лактати, пропионати, сорбати и бензоати, без да се променят характеристиките на продукта [Davidson et al. 2005, Guardia et al. 2006].

3. Калий

Разпространение и функции в организма

Калият контролира съдържанието на течности в клетките, регулира функцията на нервната система, контракциите на мускулите и поддържа нормалното количество йони в човешкото тяло [Palmer 2015]; предпазва сърцето от аритмии и в комбинация с натрий подържа в норма течностите в организма. Калият е важен за секрецията на инсулин, за обмяната на въглехидрати и синтеза на протеини, от съществено значение е за водния и електролитен баланс и нормалното функциониране на клетките, включително нервите [Weaver 2013, Viera et al. 2015].

Препоръчителният дневен прием е между 2000 и 2500 mg.

Недостиг на калий

Дефицитът на калий в кръвта (хипокалиемия) може да бъде резултат от тежко стомашно разстройство. Симптомите включват слабост, умствено объркване и ако е крайно - сърдечна недостатъчност, дори захарен диабет [He et al. 2008, Chatterjee et al. 2012].

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Повишеният прием на калий в храната е свързан с понижаване на кръвното налягане, тъй като той насърчава загубата на натрий в урината. Предполага се, че увеличаването на приема на калий може да компенсира въздействието на част от натрия в храната, като по този начин спомага за защита на сърдечносъдовата система [Dietary Guidelines Advisory Committee on the Dietary Guidelines for Americans 2010]. Високите допълнителни дози калий могат да бъдат вредни, особено ако бъбреците не функционират правилно. Излишъкът на калий може да доведе до дефицит на калций.

Високата консумация на калий от храни е безопасна, тъй като човешкото тяло е в състояние да отдели излишния калий чрез урината [Vallinoto et al. 2022].

Източници на калий в храните

Калият присъства в почти всички храни, но плодовете (особено бананите), зеленчуците (особено зеленолистните), млякото (особено прясното), месото (свинско и телешко), рибата, ядките, семената, картофите, бобовите растения и пълнозърнестите храни са полезни източници [Kumssa et al. 2021].

Концентрациите на калий обикновено са най-високи в плодовете и зеленчуците, но могат да бъдат доста високи и в зърнените култури, зърнените храни, млечните продукти и месото. Осоляването на храни и изхвърлянето на течностти предизвиква промяна в натриево (Na+)-калийевия (K+) обмен и намалява съдържанието на калий в храните. Преработените храни обикновено съдържат по-малко К от суровите храни. Еволюцията на хранителните практики през последните няколко десетилетия се изразява в по-висок прием на полуфабрикати с ниска хранителна плътност, съчетан с намалена консумация на плодове и зеленчуци, което води до хранене с по-ниско съдържание на К и по-високо съдържание на Na [Stone et al. 2016].

4. Магнезий

Разпространение и функции в организма

Магнезият е основен минерал, присъстващ във всички човешки тъкани, особено в костите [Grober et al. 2015]. Той има както физиологични, така и биохимични функции и има важни взаимовръзки с калций, калий и натрий. Необходим е за активиране на много ензими (например ензими, свързани с репликацията на ДНК и синтеза на РНК) и за секреция на паратироиден хормон, които участват в костния метаболизъм [Noronha et al. 2002].
Магнезият е още един важен елемент за добрата функция на сърцето, нервната система и мускулите, регулира действието на клетките и помага за образуването на антитела, използва се за производство на енергия и помага за предотвратяване на депресията и образуване на жлъчните камъни. Когато има липса на магнезий, абсорбцията на калций в тялото не се осъществява [Noël et al. 2008].

Препоръчителен дневен прием: 375mg.

Недостиг на магнезий

Дефицитът на магнезий е свързан с широк спектър от заболявания. Клиничните прояви на хипомагнезиемия (нисък магнезий в кръвта) могат да засегнат всяка система, включително нервна, мускулна, сърдечно-съдова, отделителна и храносмилателна системи [Yu 1999]. Излишъкът от тежки метали поради замърсяване на почвата и липсата на минерали поради ерозия на почвата също може да предразположат към дефицит на микроелементи [Yasui et al. 1991]. Дефицит на магнезий е установен при 84% от жените в постменопауза с остеопороза [DiNicolantonio et al. 2018]. Дефицитът на магнезий може да

причини голямо разнообразие от проблеми като хипокалциемия, хипокалиемия, сърдечни и неврологични прояви. Ниското съдържание на магнезий е свързано с редица хронични заболявания, включително диабет, хипертония, коронарна болест на сърцето и остеопороза [Swaminathan 2003].

Хранителният дефицит е рядък и се характеризира с прогресивна мускулна слабост и невромускулна дисфункция. Леката хипомагнезиемия е често срещана при тежко болни пациенти, алкохолици и такива с нарушения на малабсорбцията.

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Няма доказателства, че големи постъпления на Mg с храната са вредни за хората с нормална бъбречна функция. Редовният прием на големи дози хранителни добавки обаче може да доведе до диария, до повишени нива на магнезий в кръвта и свързани с тях нежелани реакции.

Хипермагнезиемията е по-рядка от хипомагнезиемията и е резултат от нарушена екскреция или увеличен прием. Хипермагнезиемията може да доведе до хипотония и други сърдечно-съдови ефекти, както и до нервно-мускулни прояви [Swaminathan 2003]; да причини парализа на гладката мускулатура, водеща до паралитичен илеус (чревната непроходимост). Други неспецифични прояви на магнезиева интоксикация включват гадене, повръщане и зачервяване на кожата. Хипермагнезиемията може също да повлияе на съсирването на кръвта поради намеса в адхезивността на тромбоцитите, времето на генериране на тромбин и времето на съсирване [Consequences of Hypermagnesaemia 2021].

Източници на магнезий в храните

Магнезият присъства както в растителните, така и в животинските клетки и е минерал в хлорофила (зеленият пигмент в растенията). Богати източници на магнезий са зърнени храни, ядки, зеленчуци с тъмнозелени листа, семената и непреработените зърнени култури. По-ниско съдържание на магнезий се предлага от плодовете, рибата, месото и млечните продукти [Grober et al. 2015].

5. Фосфор

Разпространение и функции в организма

Вездесъщият минерал в природата и вторият най-разпространен минерал в човешкото тяло, фосфорът, представлява ~1% от общото телесно тегло [Calvo et al. 2015]. Основната функция на фосфора, заедно с калция, е в образуването на костния компонент хидроксиапатит. Осемдесет процента от фосфора в организма присъства като калциеви соли в скелета и следователно е от съществено значение за здравата структура на костите и зъбите.

Фосфорът е необходим за правилното развитие на костите и здравословната функция на сърцето, бъбреците и нервната система; дава енергия и жизненост тъй като помага за преработката на мазнините; намалява артритните болки. Фосфорът също е необходим елемент за развитието на мускулатурата и има участие в някои действия на метаболизма, като например транспортирането на глюкоза, образуването на фосфолипиди и метаболизма на аминокиселините.

При възрастните има динамично равновесие между калция и фосфата в непрекъснатото ремоделиране на костите. Останалата част от фосфора в тялото се разпределя във всички клетки. Той е от съществено значение за структурата на клетъчните мембрани (във фосфолипидите), а междуклетъчният фосфор допринася за редица процеси, свързани с енергийния метаболизъм.

В нашето хранене има основно 2 вида фосфор - естествен и добавен, често наричани органичен и неорганичен, и те се държат по различен начин по отношение степента и ефективността на усвояване. Естественият или от органични източници фосфор се усвоява бавно и по-малко ефективно, тъй като зависи от ензимното храносмилане или разграждането, за да се освободи от въглеродния компонент. Обратно, неорганичният фосфор, добавен към храни по време на приготвянето или преработката, е предимно като неорганични соли, които не изискват ензимно храносмилане, бързо се дисоциират в киселата среда на стомаха. За разлика от органичните източници, неорганичните фосфатни соли се абсорбират бързо и ефективно - между 80% и 100%. Абсорбцията на фосфор от органични източници варира от 40% до 60%, като този от животински източници се абсорбира по-пълно от този от растенията [Calvo et al. 2014]. Една от най-често използваните

добавки, съдържащи фосфор, е фосфорната киселина, която бързо се абсорбира и е 100 % бионалична.

Препоръчителният дневен прием на фосфор варира между 800 и 1200 mg.

Недостиг на фосфор

Малко вероятно е фосфорът да е в недостиг, защото е наличен в много храни. Симптомите му включват мускулна слабост, дихателна и сърдечна недостатъчност, както и припадъци и кома. Повишена екскреция на P от тялото може да бъде причинена от бъбречно заболяване, хиповитаминоза D, продължителни диети и гладуване, алкохолизъм, хиперфункция на паращитовидните жлези, увеличен обем на вътреклетъчната течност, прием на определени лекарства (диуретици и кортикостероиди).

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Проучванията при животни показват, че високите нива на фосфора спрямо калция в диетата може да предизвикат вторичен хиперпаратиреоидизъм, което води до костна резорбция, промени в хормоните, регулиращи калция и крехки кости при млади и стари животни [Calvo 1994, Calvo et al. 1996] и хора [Lopez et al. 2013]. Предозиране може да се прояви ако има излишък от витамин D, рязко нарушение на киселинно-алкалния баланс в организма към повишена киселинност - остра ацидоза, хипофункция на щитовидната и паращитовидната жлеза, прием на диуретици и лаксативи. При много високи фосфорни стойности се наблюдават симптоми, подобни на тези при хипокалциемия – мускулни крампи, объркаост и припадъци. Фосфорната киселина в безалкохолната напитка кока кола, консумирана често без храна от милиони хора в света, увеличава възможността за периодично повтарящи се скокове на серумния фосфат и предизвиква появата на сърдечносъдови проблеми. [Calvo et al. 2014].

Източници на фосфор

Фосфорът е наличен в червено месо, млечни продукти, риба, птици, хляб, ориз и овес и обикновено се намира в храни, които съдържат също и калций [Calvo et al. 2014, Calvo et al. 2015].

6. Желязо

Разпространение и функции в организма

Желязото, заедно с протеините, е необходимо за синтез на хемоглобин [Wang 2016] и някои ензими, отговорни за транспортирането на кислород в различни органи на тялото и мускулите. Помага при растежа, повишава защитата при болести и предотвратява умора.

Желязото е от съществено значение за образуването на хемоглобин в червените кръвни клетки - хемоглобинът свързва кислорода и го транспортира в тялото [Underwood et al. 1999]. Желязото също е съществен компонент в много ензимни реакции и има важна роля в имунната система. В допълнение, то е необходимо за диференциацията и растежа на епителната тъкан, за нормален енергиен метаболизъм и за метаболизма на лекарства и чужди вещества, които трябва да бъдат отстранени от тялото [Nazanin et al. 2014].

Препоръчителната дневна доза за жените е 15-18 mg, за мъжете - около 10-15 mg.

Недостиг на желязо

Симптомите, които се наблюдават при дефицит на желязо, са слабост, преумора, затруднено дишане, отпусната кожа, слабо зрение и памет. Недостигът на желязо изчерпва запасите в тялото и това в крайна сметка може да доведе до желязодефицитна анемия [Allen et al. 2006]. По-специално групите на възрастните жени и момичетата-тийнейджъри трябва да консумират подходяща, богата на желязо храна, защото нуждите на техния организъм са по-високи от тези на мъжете на същата възраст. Също така загубата на кръв поради нараняване или обилна менструация увеличава необходимостта от желязо в краткосрочен план.

Понастоящем няма препоръки за увеличаване приема на желязо по време на бременност, тъй като допълнителната потребност трябва да се компенсира от съществуващите запаси на тялото, липсата на менструална загуба на кръв и повишената чревна способност за абсорбиране на майката по време на втория и третия триместър на бременността.

Повече от 2 милиарда души по света страдат от желязодефицитна анемия, което я прави най-често срещаното състояние на хранителен дефицит.

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Както при някои други минерали, при нормални обстоятелства абсорбцията на желязо е строго контролирана, тъй като желязото може да има неблагоприятни ефекти поради способността му да произвежда свободни от кислород радикали. Един на 200 човека със северно-европейски произход е генетично предразположен към хемохроматоза (претоварване с желязо) – първична, или вторична; хората с определени видове анемия или хронично чернодробно заболяване може да се нуждаят от многократно кръвопреливане, което да доведе до натрупване на излишно желязо [Allen et al. 2006].

Източници на желязо

Желязото се намира в две основни форми: хемово желязо (от животински източници) и нехемово желязо (от растителни източници) [Hurrell et al. 2010]. Хемовото желязо е най-бионаличната форма на желязо (месо, птици, риби). Преобладаващата форма на желязо във всички диети обаче е нехемовото желязо, което се намира в зърнените култури, зеленчуците, бобовите растения, ядките и плодовете. Има проучвания, които показват подсилващото въздействие на витамин С в храната върху усвояването на нехемовото желязо [Loganathan et al. 2023]. Черен дроб, червено месо, бобови растения, ядки, сушени плодове, домашни птици, риба, пълнозърнести храни и тъмнозелени листни зеленчуци са всички източници на желязо.

7. Цинк

Разпространение и функции в организма

Цинкът е есенциален елемент, който се намира във всяка клетка на микроорганизмите, растенията и животните. Две са основните причини този не толкова разпространен на Земята метал да е най-широко застъпеният в биологичните системи. Първата е съвършенството на механизмите, регулиращи процесите на постъпване в клетката, разпределението и екскрецията, което го прави на практика нетоксичен. Втората е способността му за стабилно и пластично свързване с макромолекулите, което му позволява да посреща нуждите на протеини и ензими с най-разнородни биологични функции. Поради това цинкът участва в метаболизма на протеините, нуклеиновите киселини, въглехидратите, липидите, контрола на генната транскрипция и др. [Милева 2013]. Той е нужен за генетичната система на мъжа и полезен за кожата, както и е най-добрият минерал срещу акне [Haryanto et al. 2015]. Цинкът засилва усещането за вкус и мирис. Той е полезен за

ноктите, зъбите, черния дроб и косата, помага при терапия на рани и вируси, и най-вече при грип [Maares et al. 2020].

Основната функция на цинка в човешкия метаболизъм е като кофактор за множество ензими. Цинкът играе ключова роля като катализатор в широк спектър от реакции [Rink and Philip 2000]. Той е пряко или косвено включен в основните метаболитни пътища, свързани с метаболизма на протеините, липидите, въглехидратите [Милева 2013] и енергията; от съществено значение е за клетъчното делене и следователно за растежа и възстановяването на тъканите и за нормалното репродуктивно развитие. В допълнение, цинкът е необходим за функционирането на имунната система, като невромодулатор в синаптичните везикули и в структурата и функцията на кожата и следователно играе жизненоважна роля при заздравяването на раните [Frederickson et al. 2005].

Тъй като в човешкото тяло няма специално отделение за съхранение на цинк, цинкът трябва непрекъснато да се попълва чрез хранителен прием [Rink and Philip 2000].

Препоръчителният дневен прием е 10 mg.

Недостиг на цинк

Дефицитът на цинк е много разпространен в развиващите се или бедните страни [Kumssa et al. 2015, Turnlund et al. 1986]. Според Световната здравна организация (СЗО) една трета от световното население е изложено на риск от недостиг на цинк [World Health Organization/Food and Agricultural Organization 2004]. Вегани, вегетарианци [Foster et al. 2015], възрастни хора [Turnlund et al. 1986], хора с акродерматит, ентеропатика или цьолиакия [McClain 1985], както и хора с възпалителни заболявания на червата [Solomons et al. 1977], имат намалена абсорбция на цинк в организма.

Едни от най-изследваните клинични прояви, свързани с недостига на цинк, са увреждането на физическия растеж и развитие, нервно-психическото развитие, имунитет, репродуктивната функция [Brown et al. 2002, Stanfield and Hui 2010, Милева 2013]. Вероятното обяснение за връзката между недостига на цинк и диарията включва увреждане на имунната система и на чревния лигавичен транспорт [Ghishan 1984]. Недостигът на цинк също води до нарушена когнитивна функция, поведенчески проблеми, нарушена памет и невронална атрофия [Brown et al. 2004].

Детското затлъстяване и неговите съпътстващи заболявания като инсулинова резистентност и метаболитен синдром се превръщат в основен здравословен проблем.

Добавянето на цинк може да бъде полезно за контролиране на някои от тези метаболитни аспекти [Kelishadi et al. 2010, Hashemipour et al. 2009].

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Повишеното постъпване на цинк в организма в много високи дози може да повлияе метаболизма на медта и се свързва главно с нарушена медна хомеостаза [Maret et al. 2006].

Източници на цинк

Основни източници на цинк с храната са телешко месо, морски храни като стриди и раци, черен дроб, пшеничен зародиш. Цинкът присъства в много храни и се абсорбира най-лесно от месото, което осигурява около една трета от постъплението му. Също така присъства в млякото, сиренето, яйцата, мидите, пълнозърнестите зърнени храни, ядките и варивата [Roohani et al. 2012]. В зърнените и бобовите култури съдържанието на цинк е ограничено от фитатите, тъй като калцият има склонност да образува неразтворими комплекси с фитинова киселина и цинк [Lopez et al. 2002].

8. Манган

Разпространение и функции в организма

Манганът, заслужил славата на микроелемента „мениджър“, е основно хранително вещество, необходимо за различни метаболитни функции, свързани с нормалното развитие на човека. Той участва в активирането на металоензими, в енергийния метаболизъм, функциите на имунната и нервната системи, функцията на репродуктивните хормони. Участва в антиоксидантните ензими, които предпазват клетките от увреждане като превръщат свободните радикали в по-малко опасни за здравето продукти [Avila et al. 2013]. Микроелементът манган играе съществена роля в регулирането на клетъчната енергия, растежа на костите и съединителната тъкан и съсирването на кръвта. Той е важен кофактор за различни ензими, включително тези, участващи в синтеза и метаболизма на невротрансмитерите [Erikson et al. 2003]. Манганът съдейства за нормалното състояние на костната структура. Необходим е за пълноценното храносмилане и оползотворяване на храната. Подпомага мускулните рефлекси предпазва от остеопороза, подобрява паметта, намалява нервната раздразнителност. Манганът е необходим за образуване на костите и за енергийния метаболизъм. Безспорен е и неговият принос за повишаване капацитета на имунната система. Доказано е, че манганът играе съществена роля в синтеза на интерферон

– специфичен протеин, отделян от клетките в отговор на вирусна интервенция, под чието действие цялата имунна система на организма се вдига „на оръжие”. Съществена е и неговата роля в синтеза на главния хормон на щитовидната жлеза – тироксина. Доказано е, че манганът подпомага образуването на хрущялните тъкани, поради което на страдащите от ставни заболявания горещо се препоръчва да консумират храни, богати на този елемент [Попов 2020, Zenooz et al. 2025].

Дневната препоръчителна доза за прием на манган е 2,0 mg.

Недостиг на Mn

Дефицитът на манган в организма води до болки в очите, лоша памет, световъртеж и дълготрайни проблеми в репродукцията, нарушават се процесите на формиране на костна тъкан в целия скелет, ставите се деформират. Нарушава се репродуктивната функция на яйчниците и тестисите.

Недостигът на Mn при хора включва като симптоми дерматит, забавен растеж на косата и ноктите, намалени нива на серумен холестерол, намалени нива на съсирващи протеини, повишени концентрации на серумен калций и фосфор и повишена активност на алкална фосфатаза [Keen et al. 1994, 2003, Finley et al. 1999, ATSDR 2000].

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Интоксикацията с манган се характеризира със симптоми като тежка умора, слабост, сънливост, главоболие в челно-темпоралната област, болки в долната част на гърба, краката, болки в дясното подбедрие, в подлъжичната област, загуба на апетит, бавни движения, дизурия, импотентност, безсъние, потиснато настроение, сълзливост, силна скованост на движенията, болните губят способността да правят големи крачки. Излишъкът на манган усилва дефицита на магнезий и мед. В последните години, Mn излезе на челно място в екологичните проблеми поради своята невротоксичност [Chen et al. 2018].

Източници на Mn в храните

Особено богати на манган са чай, пълнозърнести зърнени храни, черен ориз, ядки, зелени листни зеленчуци, грах, цвекло [NIH, Manganese 2021].

9. Мед

Разпространение и функции в организма

Медта е компонент на много ензими и е необходима за производството на червени и бели кръвни клетки. Участва в образуването на хемоглобин в човешкото тяло, при което никой друг минерал не може да я замести. Освен ролята си в метаболизма на желязото, необходимостта от Cu се дължи и на участието ѝ в безброй биологични процеси, включително антиоксидантна защита, синтез на невропептиди и имунна функция [Bost et al. 2016].

Тялото се нуждае от мед, за да използва ефективно желязото и се смята, че Cu е важна за растежа на бебетата, развитието на мозъка, имунната система и за силните кости. Медта е част от меланина, който е отговорен за процесите на пигментация на кожата и косата заедно с манагана), а също така е компонент на нервните влакна, участва в окислително-възстановителните процеси на тялото, има противовъзпалителни свойства; образува колаген, който е протеинова рамка за човешките кости, прави кожата гладка, стегната и еластична, предотвратявайки стареенето ѝ и появата на бръчки; предотвратява развитието на остеопороза и фрактури на костите, укрепва стените на кръвоносните съдове и стимулира имунната система, като участва в антиоксидантната защита на човешкото тяло, укрепва дейността на хипофизните хормони, нормализирайки ендокринната система [Osredkar and Sustar 2011].

Дневната препоръчителна доза за прием на мед е 1 mg.

Недостиг на мед

Диетичният дефицит на мед е изключително рядък поради наличието ѝ в храната и високата ефективност на абсорбцията. Въпреки това, рядко генетично заболяване, известно като болест на Menke (меден дефицит), води до невъзможност за абсорбиране на медта и до тежко увреждане на умственото развитие, невъзможност за кератинизиране на косата и скелетни и съдови проблеми. Ацерулоплазминемия (намалена активност на ензима ферооксидаза, водещ до натрупване на желязо) е друга аномалия при метаболизма на мед [Александрова и др. 2014].

Неблагоприятни ефекти от предозиране

Предозиране на този микроелемент може да се получи чрез прием на лекарства, които го съдържат, ако не се спазват препоръчаните дози. Предозирането на медта при хората е рядко. Това състояние е придружено от мускулни болки, депресия, безсъние и честа раздразнителност. Излишъкът от този микроелемент възниква поради метаболитни нарушения и отравяне с токсични вещества, които го съдържат. Високият прием на мед причинява стомашно разстройство, гадене и диария и може да доведе до нараняване и заболяване на тъканите. Медта може да играе роля за увеличаване на растежа на т. н. „белтъчни клъстери“ в мозъка при болестта на Алцхаймер [Brewer 2015]. Например излишният прием на мед предизвиква анемия като пречи на транспорта на желязо и/или на метаболизма [Ralph et al. 2001]. Болестта на Уилсън (натрупване на мед) пък е друго генетично заболяване, което води до невъзможност за отделяне на излишната мед в жлъчката и до натрупване на мед в тялото, особено в черния дроб и мозъка, с последващо патологично увреждане.

Прекомерното изобилие от мед е опасно състояние, характеризиращо се с преждевременно стареене на човешкото тяло, безсъние и постепенно развитие на епилепсия.

Източници на мед в храните

Най-добрите диетични източници на мед включват морска храна (особено черупчести), месо от органи (напр. черен дроб), цели зърна бобови растения (напр. боб и леща за готвене) и шоколад. Ядки, включително фъстъци и пекани, са особено богати на мед, както и зърната като пшеница и ръж и някои плодове, включително лимони и стафиди [Al-Fartusie et al. 2017]. Други източници от храни, които съдържат мед, включват зърнени храни, картофи, грах, червено месо, гъби, някои тъмнозелени листни зеленчуци (като кейл) и плодове (кокосови орехи, папая и ябълки).

II.2. Бионаличност и абсорбция на минералите и микроелементите

Бионаличността на минералите и микроелементите (т.е. колко лесно може да се абсорбират и използват от организма) може да бъде повлияна от различни фактори. Усвоимостта зависи от химическата форма на минерала, други вещества, присъстващи в

хранителния режим, и нуждите на отделния човек (за хранителни вещества като желязо), определени от това каква част от хранителното вещество е вече съхранено в организма.

Като основно правило, нивото на бионаличност е силно зависимо от храносмилането, освобождаването от хранителната матрица, степента на абсорбция на целевата съставка от чревните клетки и нейното транспортирано количество до телесните клетки [Gharibzahedi et al. 2017].

Много се знае например за молекулярните механизми, влияещи върху натрупването на Fe, Zn, Ca, Mg и Se в растенията. Тези знания ще бъдат полезни за разработването на функционални (ДНК-последователност) маркери за конвенционалната селекция и молекулярни цели за генното инженерство, за да се подпомогне развитието на култури с повишена концентрация на минерални вещества [White et al. 2005].

Някои хранителни съставки намаляват усвояемостта на някои минерали и микроелементи. Например фитатите, налични в продукти, получени от пълнозърнести зърнени храни (особено безквасни хлябове), могат да свържат и по този начин да намалят абсорбцията на калций, желязо и цинк [Sharma et al. 2020]. Абсорбцията на йод може да бъде възпрепятствана от нитрати. По същия начин, оксалат, присъстващ в спанак и ревен, свързва всеки наличен калций, което го прави непригоден за абсорбция [Williams et al. 2016]. Също така излишъкът от един минерал може да възпрепятства абсорбцията на друг, например различни изследователи съобщават за неблагоприятния ефект на високата концентрация на Fe върху достъпността и бионаличността на Zn. Причината за това е отрицателното взаимодействие между двата минерала. Това обикновено става проблем само когато приемът на цинк вече е незначителен [Kumar et al. 2022]. Като цяло се съобщава, че прекомерният прием на редица минерали има различни ефекти, вариращи от никакъв ефект (напр. не са докладвани нежелани ефекти за излишък на йоден прием до 2 mg йод/ден) до тежък (напр. излишният флуорид може да предизвика скелетна флуороза) [Joseph et al. 2022, Nosratpour et al. 2018].

За млечните продукти се обсъжда бионаличността на витамини A, B2, B12 и K, калций, фосфор, магнезий, цинк и йод, докато бионаличността на провитамин A, фолиева киселина, витамин C и витамин K, калий, калций, магнезий и желязо се обсъждат за зеленчуци и плодове [Melse-Boonstra 2020]. Оценки на бионаличност например на фосфор, базирани на смилаемостта, показват, че бионаличността на фосфора се увеличава от

растения към животни до хранителни добавки. Противно на очакванията, фосфорът от хранителните добавки изглежда не се усвоява напълно. Очевидното несъответствие между усвояемостта на фосфорните добавки и пропорцията, отделяна в урината, подсказва необходимостта от изследвания на баланса при хората, за да се определи бионаличността на различните източници на фосфор. [St-Jules et al. 2017].

II.3. Здравословна хранителна пирамида

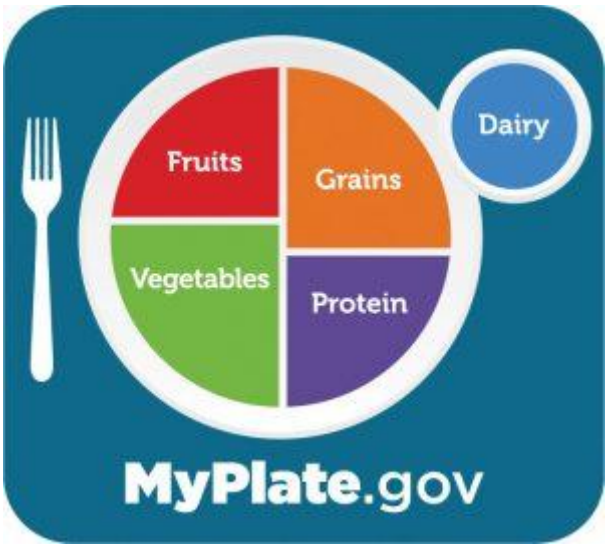
Хранителната пирамида представлява схематично изображение на принципите на здравословното хранене. Изработена от диетолози и специалисти по хранене, тя посочва количествата и видовете храни, необходими ежедневно за поддържане на добро здраве и за предотвратяване или намаляване на риска от развитие на свързани с храненето различни заболявания. С помощта на този „триъгълник“ всеки човек може да успее да има в диетата точното количество хранителни вещества - протеини, мазнини, въглехидрати, витамини и минерали, от които тялото му се нуждае, за да функционира правилно и здравословно.



източник: https://www.pinterest.com/pin/789748484625620176/

Според NATIONAL CENTER FOR HEALTH RESEARCH**,** моделът MyPlate за 2020 г., посочен по-долу, показва чиния, съдържаща пет групи храни (плодове, зеленчуци,

протеини, зърнени храни и млечни продукти). Той е предназначен да помогне да се визуализира каква част от вашата чиния трябва да бъде заета от определена група храни.



Зеленчуците съставляват най-голямата част, следвани от зърнените култури. Заедно плодовете и зеленчуците запълват половината чиния, протеините и зърнените храни запълват другата половина. Може да е изненада, че MyPlate не включва месо като една от 5-те групи храни. Вместо това категорията „протеин“, включва риба, миди, яйца, боб, грах, ядки, семена и соеви продукти, в допълнение към месото. Малък син кръг отстрани на чинията представлява млечни продукти, т.е. има стремеж към цвят и разнообразие.

Ако направим малко обобщение да се върнем в основата на пирамидата, където са групите храни, фаворити в здравословното хранене са зеленчуци, плодове, пълнозърнести храни. Добре е те да се консумират всеки ден, а количествата да бъдат такива, че да поддържат трайно чувство на ситост и да не водят до натрупване на излишни килограми. Солта се съдържа като естествена съставка в редица храни и поради това допълнителното солене е един нездравословен навик, който при добро желание и правилно разбиране, може да се преодолее.

Здравословното хранене е изкуството да се забрави изморителното и често излишно броене на калории и цифри, да се отдели внимание на качеството на храненето с правилен подбор на храни в количества, които съответстват на двигателната активност. Резултатът е нормално тегло, добро здраве и самочувствие.

И все пак човешкият организъм има индивидуалност, и всеки трябва да се съобразява с това!

Напоследък се обръща специално внимание на така наречения „скрит глад“[Weffort et al. 2024], т.е. липса на микроелементи [Rashid et al. 2021]. Дефицитът засяга следните основни елементи: Fe, Zn, Se, I, Cu, Ca и Mg, но главно Fe и Zn [Zhao and Mc Grath 2009].

Според СЗО повече от 2 милиарда души страдат от недостиг на микроелементи. Смята се, че 5 милиарда души страдат от дефицит на желязо [Meenakshi et al. 2010]. Изчислено е, че до 2050 г. човешката популация ще достигне 9,8 милиарда души [Доклад на ООН DESA-EN].

Според някои автори, обогатяването на храната може да помогне на огромна част от населението, което изпитва този хранителен недостиг. Проблемът е от глобално значение, тъй като е свързан с общественото здраве и засяга население от различни социални слоеве. Обсъждат се различни методи за увеличаване на плътността на микроелементите в храните от растителен и животински произход (агротехнически и биотехнологични). Използването на микроелементи, въведени с торове или фуражи във форма, която е с висока бионаличност, трябва да доведе до получаване на растителни и животински продукти, съдържащи по-високи нива на тези съставки [Rawat 2021].

Независимо дали човек следва животинска или вегетарианска диета, ниският прием на микроелементи, причинява сериозни здравословни усложнения. Освен това развиващите се страни са засегнати предимно от свързани с микроелементи хранителни дефицити поради лош начин на живот и неадекватна консумация на висококачествени, богати на хранителни вещества храни [Mishra et al. 2023]. Latent hunger disability-adjusted future life years (DALYs) (години на живот, коригирани с увреждания, скрит глад) се дължат съответно на белтъчно-енергийно недохранване и липса на микроелементи [Sulser et al. 2021].

Затова, допълнителният напредък в други социални измерения, важни за DALY, като образование, здравеопазване, заетост и др., ще позволи постигането на целта „нулев глад“ и устойчиво развитие. Големите предизвикателства за обществото относно премахване на глада и подобряване на планетарното и човешкото здраве прогнозират обмислени инвестиции в селскостопанския сектор, които да компенсират въздействието на климата чрез подходящи хранителни системи [Sulser et al. 2021].

II.4. Методи за определяне минерали и микроелементи в храни

Съществуват методи, описани както в източници с по-общ характер [Георгиева 2009, Цалев и Симеонов 2013], така и в по специализирани обзори [Цалев 2006, Tsalev & Zaprianov 1983, Tsalev 1984]. Важно място сред аналитичните методи заема атомната спектрометрия: преди всичко атомноабсорбционната спектрометрия (AAS) в два от нейните варианти - с графитен (GFAAS) и пламъков (FAAS) атомизатор [Хавезов и Цалев 1980,1991], следвани от масспектрометрията с индуктивно свързана плазма (ICP-MS) [Георгиева 2009] и атомноемисионната спектрометрия с индуктивносвързана плазма (ICP-OES) [Георгиева 2009]. ICP-MS и ICP-OES имат големи предимства: надеждност, висока чувствителност, едновременно или бързо последователно определяне, изключително широк линеен обхват от аналитични концентрации.

Методът ICP-MS (индуктивно свързана плазма – масспектрометрия) е привлекателен с уникалната си чувствителност и много ниски граници на откриване – определяне на концентрации под ng/l, както и възможността за включване на хроматографски детектори за специационен анализ към ICP-MS (напр. HPLC-ICP-MS) [Mayengbam et. al. 2024]. Техниката ICP-MS има многоелементен характер, широк динамичен обхват (8-9 порядъка), бързина на анализа. Реализират се значителни спестявания на обема на пробите, реагентите и времето за анализ. Като недостатък на ICP-MS е наличието на спектрални и неспектрални пречения и високата цена.

Разновидности на ICP-MS, използвани в практиката [Koller & Hosam 2018, Roux et al. 2014]:

а. Масспектрометрия с индуктивно свързана плазма с динамична реакционна клетка (DRC-ICP-MS);
б. Масспектрометрия с индуктивно свързана плазма в секторно поле (SF-ICP-MS);
в. Масспектрометрия с лазерна аблация и индуктивно свързана плазма (LA-ICP-MS);
г. Масспектрометрия с индуктивно свързана плазма с изотопно разреждане (ID-ICP-MS).

Методът ICP-OES (индуктивно свързана плазма - оптична емисионна спектрометрия) е техника, налична в търговската мрежа от 1974 г. и благодарение на нейната надеждност, многоелементен анализ и висока производителност тя е широко прилагана както в рутинните изследвания, така и за по-специфични цели на анализа. ICP-

OES се основава на свойството на атомите и йоните да абсорбират енергия и електроните да преминат от основното във възбудено състояние. В ICP-OES, източникът на тази енергия е топлина от аргонова плазма, която работи при 10 000 K [Bhalodia et al. 2025].

Атомнофлуоресцентна спектрометрия (AFS) е атомна спектрометрия, при която се измерва количествено интензитета на излъчената светлинна енергия от възбудените със светлина (оптично възбуждане) до по-високо енергетично състояние атоми, при връщането им към по-ниско ниво. Методът има по-ограничено приложение от AAS и AES.

Неутронно активационен анализ (NAA) е ядрен метод за елементен анализ. Долната граница на определяне на съдържанието на много от елементите е от порядъка на 10^{-9} g/g и по-ниско, което прави NAA един от най-чувствителните методи за анализ. Той се радва на добро разпространение и годишно в света с помощта на NAA се анализират повече от 100 000 проби, което прави повече от 2 милиона елементоопределения [Кулев 2006]. Основно изискване, за да се осъществи определянето, е наличие на източник на неутрони - ядрен реактор, неутронен генератор или изотопен източник на неутрони.

Диференциалната импулсна аноднокапеща волтаметрия (DPASV), обикновено се използва за определяне на метални йони, има широк линеен динамичен диапазон, ниска граница на откриване и възможност за многоелементен анализ. Допълнително предимство на волтаметрията е простотата на инструментите, които са сравнително евтини и нискогабаритни, изискват ниска електрическа мощност и са преносими, което позволява тяхното използване на място. Например за определяне на концентрацията на As в проби от околната среда се използват AAS и ICP методи. Но за да се разграничат двете му форми As(III) и As(V), различаващи се по токсичност, биологична активност и физиологично действие, се използва DPASV метод [Стойчева и Цветков 2003].

Атомноабсорбционната спектрометрия (AAS) е един от най-подходящите аналитични методи с голяма област на приложение при анализи на хранителни проби (Tsalev & Zaprianov 1983, Tsalev 1984). Методът е надежден, устойчив, рентабилен и добре изучен за количествени измервания [Koller et al. 2018] на химични елементи, който и до днес се използва широко в промишлеността, търговските лаборатории и университетите [Fernandez-Hernandez et al. 2010]. AAS обаче е едноелементна техника и многоелементни определения обикновено се извършват в последователен режим на работа, елемент по елемент, с ограничен линеен обхват на калибриране.

Различават се 3 основни техники на ААС: пламъкова AAS (FAAS), с електротермично атомизиране (ETAAS, GFAAS), AAS с хидридно генериране (HGAAS), както и метод на студените пари за определяне на Hg (CVAAS). Изборът на подходяща техника се определя от химическата природа на аналита и неговото съдържание в пробата, както и от химическия състав на самата проба. FAAS е най-простият и най-широко използваният подход, въпреки че чувствителността му е най-ниска сред всички останали. ETAAS също има отлична приложимост, тъй като има възможност и за директен анализ на твърди проби (slurry) и е с по-висока чувствителност от FAAS; изисква ефективно оптимизиране на температурната програма и избор на химичен модификатор, за да се получат валидни резултати [Ferreira et al. 2018].

Пламъковата AAS (FAAS) има трайно завоювано и активно място като референтен метод за гарантиране на точност и надеждност на аналитичната информация. Методът широко се използва за определяне на елементи в различни среди, вкл. храни, поради своята достъпност, не много висока първоначална инвестиция, относително ниски експлоатационни разходи, устойчивост и сравнително проста пробоподготовка.

Съображения при подготовката на пробите

Има няколко основни правила за всички AAS аналитични методи и някои специфични съображения за отделните AAS техники, които могат да се обобщят както следва:

(1) Подходяща предварителна обработка на пробата, съобразена с техническите изисквания на апарата: пробоподготовка при която има контрол на външно замърсяване и адекватни празни проби; краен разтвор с нисък вискозитет и ниско повърхностно напрежение.

(2) Използване на стандартни разтвори за калибриране, съответстващи на подготвената проба по киселинност, съдържание на спектрохимични буфери, модификатори и др.

(3) Контрол на качеството на анализа във всички етапи на аналитичния процес.

Контрол и осигуряване на качеството на анализите

Проследимостта на резултатите от анализите и оценката на неопределеността играят важна роля в съвременния анализ. Най-важните подходи, използвани в разработване на методите, валидиране/верифицирането им и контрола на качеството на аналитичните определения са използване на подходящи празни проби и проследими сертифицирани рефетентни

материали за калибриране, контрол на дрейфа на чувствителността и на нулевата линия, повторяемост на измерванията (паралелни и празни проби), анализи на сертифицирани сравнителни материали (CRM) по матрица, анализ на проби с добавки, оценка на устйчивост, рутинно използване на контролни карти, редовно участие в междулабораторни сравнителни изпитвания и изпитвания за пригодност (Георгиева 2013).

Заключение

Микронутриентите са необходими за организма в минимални количества, но участват в организирането на широк спектър от биологични процеси, които стимулират нормалния растеж, развитие и функции. Те включват, но не се ограничават до витамини, фитохимикали, минерали и микроелементи като желязо, кобалт, мед, йод, селен, цинк и хром. Тяхната бионаличност обикновено се дефинира като част от дадена доза непроменено хранително вещество, която достига до системната циркулация. За хранителни добавки, билки и други хранителни вещества, при които пътят на постъпване е предполагаемо орален, се смята, че бионаличността определя количеството или частта от погълнатата доза, която се абсорбира [Pressman et al. 2017]. Понастоящем оценките за бионаличност до известна степен вече са включени в диетичните референтни приеми на ниво популация. [Melse-Boonstra 2020].

Най-често приложение в областта на изследванията за съдържание на минерали и микроелементи в храни намират атомно-спектроскопските аналитични методи с висока чувствителност, селективност, оптимални технически и икономически характеристики: атомно-абсорбционна спектрометрия, атомно-флуоресцентна спектрометрия, атомно-емисионна спектрометрия с индуктивно свързана плазма, индуктивно свързана плазма с масспектрометрична детекция.

Изменението на климата има голяма вероятност да увеличи риска от недохранване с микроелементи в уязвимите групи от населението [Bloem et al. 2010]. Недостигът на есенциални микронутриенти може да предизвика широк спектър от заболявания, като например т.н. “скрит глад“. Това е най-разпространеното хранително разстройство, което засяга както бедните страни от третия свят, така и богатите индустриални нации [Calton & Calton 2018].

Познанието относно съдържанието на минерали и микроелементи в храни може да помогне при изготвянето на рецептури на храни и ястия, проектирането на диети, които помагат за снабдяването с бионалични хранителни вещества на конкретни целеви групи [Melse-Boonstra 2020]. Хранителната информация на етикета е полезна както за потребителите, така и за оценка на хранителния прием, за производителите на храни, диетолози, технолози, нутриционисти.

Дневните референтни количества за прием на минерали и микроелементи са посочени в Приложение XIII на Регламент (ЕО) 1169/2011г. Те са сходни с посочените стойности в препоръчителния/адекватен хранителен прием на минерални вещества в Приложение № 8 към чл. 9 от Наредба № 1/2018 г. за физиологичните норми за хранене на населението, издадена от МЗ.

ДНЕВНИ РЕФЕРЕНТНИ КОЛИЧЕСТВА ЗА ПРИЕМ ЗА ВИТАМИНИ И МИНЕРАЛИ (ВЪЗРАСТНИ)

Елемент	Na	Ca	Fe	K	Mg	Cu	Zn	Mn	P
mg	2400	800	14	2000	375	1	10	2	700

За пръв път обобщени данни за състав на храните у нас са публикувани в „Таблици за състава на българските хранителни продукти“, издадени през 1975 г., под редакцията на акад. Ташо Ташев и ст. н. с. д-р Георги Шишков, „Медицина и физкултура”, София. В таблиците се съдържа информация за 1103 хранителни продукта, цитирани са 171 литературни източника. Години по-късно започва осъвременяване на базата данни чрез:

- разработване на научна тема (от 1996 г.) в НЦОЗА „Таблици за химичен състав на храните“ и
- участие на НЦОЗА в 2 международни проекта:

Проект EuroFIR, 2005-2010 г. - Европейска ресурсна мрежа за хранителна информация - европейско сътрудничество и партньорство между 48 университети, научни институти, малки и средни предприятия от 25 европейски страни. Една от основните цели на EuroFIR е да се разработи за първи път в Европа единна онлайн платформа с актуална информация за състав на храните. Българското участие в проекта включва: 828 храни, стойности на 37 нутриента за всяка храна и пълно описание на 98 нови храни.

Проект на FAO, 2016-2017 г. - „Събиране и компилиране на аналитични данни за състав на храните за региона на Европа и Централна Азия“. В проекта са компилирани стойности за 32 нутриента в 140 храни, като включената информация за хранителния състав е генерирана от лабораторни протоколи, участие в научни прояви и научни статии.

В България липсва систематизирана *съвременна* информация за съдържание на Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, P в храни. Данните в издадените преди 50 години Таблици за състава на българските хранителни продукти са остарели и не отразяват настъпилите промени в съвременното производство на храни по отношение на рецептури, технологии, химичен състав на изходните суровини и др. Необходими са нови изследвания за макро- и микронутриентен състав на храни на българския пазар за изграждане на съвременна база данни. От особена важност е получаването на надеждни аналитични данни относно съдържанието на минерали и микроелементи в различни храни, което определя целта и задачите, поставени в настоящата дисертационна работа.

III. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Цел

Проучване съдържанието на минерали и микроелементи (Na,Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P) в различни групи храни и излъчване на надеждни и представителни аналитични данни за включване в съвременна база данни за химичен състав на храните на българския пазар.

За постигане на поставената цел са формулирани следните

Задачи

1. Разработване/апробиране и валидиране/верифициране на аналитични процедури за определяне на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn и Mn в храни чрез пламъкова атомно-абсорбционна спектрометрия, както и на P чрез UV-VIS спектрофотометрия.
2. Аналитично проучване за съдържание на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в различни храни, предимно с български произход, предлагани на потребителския пазар.
3. Обобщаване, систематизиране и критична оценка на получените експериментални резултати и излъчване на представителни данни за съдържанието на изследваните елементи в отделните типове хранителни продукти.

IV. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

IV.1. Изследвани проби храни

Изследвани са общо **246** проби от следните групи храни:

1) Група „Зърнено-житни храни“ - **8** проби лимец, **3** проби пшеница;
2) Група „Печива“ - **23** проби хляб;
3) Група „Ядки и маслодайни семена“ - **22** проби фъстъци, орехи, тиквено и слънчогледово семе;
4) Група „Мляко и млечни продукти“ - **92** проби: **41** проби краве сирене, **8** проби овче сирене, **8** проби козе сирене от търговската мрежа; **10** проби домашно краве сирене; **16** проби извара от търговската мрежа (8 проби нискомаслена извара с 2% мазнини, 8 проби извара с 5% мазнини), **9** проби прясно краве мляко от търговската мрежа;
5) Група „Месо и и месни продукти“ – **18** проби: колбаси: 7 проби от 5 вида шунка (пражка, класик, шунка бут, печена, шунка е300/е350); 2 проби бекон; 3 проби свинско филе; 3 проби кайма смес и 3 проби кренвирши;
6) Група „Зеленчуци“ - **41** проби домати, краставици, червени репички, зелена салата, спанак, коприва, лапад, киселец, зелен чесън, зелен лук;
7) Група „Плодове“- **26** проби череши, вишни, ягоди, кайсии, ябълки, праскови;
8) Група „Подправки-пресни“ - **13** проби магданоз, копър, джоджен.

IV.2. Апаратура, реактиви, сертифицирани референтни материали

Апаратура

1. Атомноабсорбционен спектрометър с пламъков атомизатор PE 3110, “Perkin Elmer“, САЩ;
2. Спектрофотометър “Спекол 11”, Carl Zeiss Jena, Германия;
3. Микровълнова система за разграждане ETHOS TOUCH CONTROL, „MILESTONE MLS“, Италия;
4. Везна електронна аналитична, многоинтервална, тип “R 160 P”,“Sartorius”, Германия;
5. Ултразвукова вана тип 08892, S/N QPC0703885960F;

6. Универсална ножова мелница Janke & Kunkel IKA-WERK 194012 Kurzzeitbetrieb, тип A10.

Реактиви

1. Азотна киселина 65%, p.a., Merck или Sigma-Aldrich;
2. Водороден пероксид 30%, Suprapur, Merck;
3. Солна киселина 37%, p.a., Merck или Sigma-Aldrich;
4. Двойно дестилирана/дейонизирана вода;
5. Амониев молибдат тетрахидрат $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ x $4H_2O$, Merck;
6. Натриев метабисулфит $Na_2S_2O_5$, Merck;
7. Ейконожен (1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid), Merck;
8. Сярна киселина 95-97%, p.a., Merck или Sigma-Aldrich.

Сертифицирани референтни материали

1. Сертифицирани референтни материали (CPM) за отделните елементи, 1000 mg/L, Merck или Sigma-Aldrich; работните стандартни разтвори се приготвят чрез подходящи серийни разреждания на изходния CPM в 1,5 M азотна киселина.
2. CRM-MUVA-NEM-1603 „Dietary Supplement“;
3. SRM 2387 Peanut Butter;
4. CRM NCS ZC 73031 Carrot;
5. CRM Bovine Muscle 8414;
6. ERM-BD 151 Skimmed Milk Powder;
7. CRM NCS ZC80003 Brassica Oleracea China National Analysis Center for Iron and Steel;
8. Animal Feeds Proficiency Schame (AFPS) AF035;
9. CRM NCS 73036 Green tea;
10. CRM QFCS Nutritional analysis-cereal matrix.

IV.3. Методи за подготовка и анализ на пробите храни

Методът на атомноабсорбционната спектрометрия (AAS) се използва широко за количествено определяне на различни микроелементи в промишлеността, търговските лаборатории и университетите [Koller et al. 2018, Fernandez-Hernandez et al. 2010].

В настоящото проучване са използвани валидирани вътрешнолабораторни процедури за изпитване на Na,Ca и K; стандартизирани валидирани или верифицирани методи за изпитване - за Fe, Cu, Zn, Mg, Mn [БДС EN 14084:2003; БДС EN 15505:2008; БДС 16777:1987]. В допълнение за определяне на P е приложен спектрофотометричен метод [БДС EN ISO 6878:2004].

Подготовка на пробата

Пробите са подготвени в съответствие с БДС EN 13805:2015 Хранителни продукти. Определяне на микроелементи. Разлагане под налягане.

Теглото на пробата за анализ е 0,5 g. Минерализацията на пробите е извършена в MW система за разграждане ETHOS TOUCH CONTROL, „MILESTONE MLS“, в съдове от химически модифициран тефлон (политетрафлуоретилен, PTFE) с плътна структура, гладка повърхност и ниска пропускливост на газове и пари - TFM, със смес от азотна киселина и водороден пероксид при максимална температура 260°C и налягане 35 bar. Ако продуктът има високо съдържание на вода, след претегляне се изсушава в сушилня при температура 85°C - 90°C. Прибавят 7 cm^3 азотна киселина и престоява поне една нощ на стайна температура. Необходимо е пълно хомогенизиране на пробата с киселината. Не се допуска полепване на частици от пробата по стените на съдовете, дори над нивото на течността. На следващият ден пробите престояват min 30 мин. в ултразвукова вана при 40°C за пълно хомогенизиране на сместа. Капачките на съдовете се отварят, за да се отстранят образувалите се газове, прибавя се 1 cm^3 30% водороден пероксид и съдовете се затварят. Едновременно се разработва и празна проба, съдържаща всички използвани реактиви.

Избира се подходящата програма за разграждане. Примерна програма за TFM съдове:

Стъпка	**Мощност W**	**Време min**	**Температура ºC**
1.	800	3	85
2.	800	9	145
3.	800	4	200
4.	800	15	200
5.	0	25	0

След охлаждане съдовете се отварят, разтворът се прехвърля количествено с двойно дестилирана вода в мерителни колби от 10 cm^3 или 25 cm^3. От всеки продукт се разработват най-малко три успоредни проби.

Аналитично определяне чрез атомноабсорбционна спектрометрия

Основната експериментална работа е извършена с помощта на атомноабсорбционен спектрометър модел PE 3110 "Perkin Elmer" с пламъков атомизатор, снабден с кухокатодни и безелектродни лампи за определяните елементи; деутериев коректор на неселективната абсорбция; корозионно устойчив настройващ се пулверизатор. Използван е стандартен въздух/ацетилен пламък, като стехиометрията на горивните потоци е оптимизирана за всяко конкретно FAAS определяне.

Предварително подготвената проба се въвежда в пламъка, най-често тя е в разтвор с ниско съдържание на минерална киселина (0.5 – 5 % v/v). Доказани предимства на подхода са: хомогенизиране в процеса на разтваряне и получаване на представителна проба, лесно разреждане и привеждане на определяемите елементи (аналити) в работната област на метода; лесно калибриране. Обобщен модел на аналитичната процедура представя трансформацията на аналита от пробния разтвор в **спектрално активна форма (САФ)**.

За атомизиране на пробата, т.е. за превръщането и в атомни пари, е необходима температура от порядъка на 2000-3000°C. В този температурен интервал повече от 90% от атомите са в основното си енергийно състояние и заобикалящите атоми и молекули (т.е. останалите компоненти на атомизираната проба) не могат да го изменят, т.е не могат да повлияят върху стойността на атомната абсорбция. Този факт и малкия брой абсорбционни линии обуславят високата селективност на атомноабсорбционния метод [Хавезов&Цалев 1980].

Подготовката на FAAS 3110 PE се извършва съгласно инструкциите на фирмата-производител и работната инструкция за работа към него. Работните стандартни разтвори се пулверизират в окислителен пламък ацетилен-въздух и се отчита абсорбцията им при определена дължина на вълната λ (nm) и процеп 0,7 или 0,2 nm. От получените резултати се построява стандартна крива на зависимостта абсорбция (A): концентрация (mg/l).

Спектрофотометричен метод за определяне на фосфор

Използван е стандартизиран метод БДС EN ISO 6878:2005 Качество на водата. Определяне на фосфор. Спектрометричен метод с амониев молибдат.

Методът се основава на фотометрично определяне интензитета на синьото комплексно съединение, образувано между фосфорната и молибденовата киселина, в присъствие на редуциращ реагент.

Определянето на фосфор се извършва на спектрофотометър "Спекол11", Carl Zeiss Jena.

След микровълново разграждане пробите се прехвърлят количествено до 25 cm^3 с двойно дестилирана вода в ерленмайерови колби, концентрират се на пясъчна вана до обем приблизително 2 cm^3. Към остатъка се прибавят 10 cm^3 двойно дестилирана вода, колбата се запушва с фунийка и се вари на водна баня 30 мин. за преминаване на евентуално образувалите се при минерализацията метафосфорна и пирофосфорна киселина в ортофосфорна, която единствено дава фосформолибденово синьо оцветяване. Така полученият разтвор се довежда до обем 25 cm^3 с двойно дестилирана вода.

В мерителни колби от 25 cm^3 се отпипетирва аликвотна част от пробата и се подкислява с 2 cm^3 50%-ен разтвор на сярна киселина. Последователно се прибавят 10 cm^3 развор на амониев молибдат и 1 cm^3 ейконоженов разтвор, като след прибавяне на всеки реактив се разбърква. Долива се до марката с двойно дестилирана вода, след което престоява 15 минути на тъмно.

Отчита се оптическа плътност на разтвора при дължина на вълната 830 nm спрямо празна проба. Оцветяването е нетрайно.

Стандартната графика се строи еднократно, като по абсцисната ос се нанасят концентрациите на стандарните разтвори, а по ординатата получените оптически плътности на съответните разтвори. За изходен разтвор се използва фосфатен стандартен разтвор, проследим по SRM, NIST и KH_2PO_4 in H_2O, 1000 mg/L PO_4^-, Merck. Към всеки стандартен разтвор се прибавят последователно същите реактиви както при пробите и се извършва определянето. Точността на метода зависи от вида на продукта, като относителната грешка варира от ± 2 % до ± 5 %.

V. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

V.1. Валидиране и верифициране на методите за определяне

Валидирани и верифицирани са методи, с които са изпитани проби от различни видове храни за определяне на съдържанието на Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, P.

Процедурата за валидиране/верифициране на методите за определяне на минерали и микроелементи в храни е съгласно Ръководство на EURACHEM/CITAC за количествено изразяване на неопределеността при аналитичните измервания и стандарт БДС EN ISO/IEC 17025:2018 за основни изисквания към компетентността на лабораториите за изпитване и калибриране.

В **Таблица 1** са представени параметрите на методите за определяне на изследваните микронутриенти: дължина на вълната (λ, nm) и спектрална ширина на процепа на монохроматора (slit, nm).

Таблица 1. Параметри на методите за определяне (λ, slit)

елемент / параметър	Na	Ca	Fe	K	Mg	Cu	Zn	Mn	P
Дължина на вълната (λ), nm	330,2	422,7	248,3	769,9	285,2	324,8	213,9	279,5	830,0
процеп, nm	0,7	0,7	0,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2	-

Валидиране на методи

Терминът „валидиране на метод за изпитване“ се определя като „*процедура за потвърждаване чрез изследване* и предоставяне на обективно доказателство за изпълнени изисквания относно специфичната употреба“. Процедурата регламентира въвеждане на нестандартизирани методи за изпитване, наричани още лабораторни, както и методика за провеждане на вътрешно калибриране на средството за измерване (СИ) - AAS, така че да се потвърди че тези методи са подходящи за предвидената употреба.

При валидиране на метода се определят: граница на откриване, граница на определяне, интервал на измерване, линейност, точност, изместване, относително стандартно

отклонение, граница на повторяемост, граница на възпроизводимост, неопределеност на измерването, устойчивост.

1/ Граница на откриване LOD (3Б) и **Граница на на количествено определяне** LOQ (6Б)
Измерена е минимум 10 пъти празната проба на метода (1,5 М азотна киселина за Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn) при построена калибрационна крива в съответния работен обхват, като отдалечените стойности също се включват в изчисленията (т.е. оценява се "шума" на измерването); съответно за определяне на LOD и LOQ за фосфор празната проба съдържа всички реактиви, участващи в подготовкта на пробата.

2/ Интервал на измерване/работен обхват (работна област на метода)
Работните стандартни разтвори се приготвят чрез подходящи серийни разреждания на изходния сертифициран референтен материал (за Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn) в 1,5 М азотна киселина или KH_2PO_4 in H2O 1000 mg/L PO_4 (за P).

3/ Линейност
Преди всяко използване на апарата за изпитване на проби, чрез стандартни разтвори с определена концентрация се построява калибрационна права, която трябва да е линейна. На всеки 5 измервания се проверява избран калибрационен разтвор и се следи неговата концентрация. Отклонението в концентрацията на калибрационния разтвор не трябва да е по-голямо от 5%. При по-големи отклонения, след нулиране, калибрационната графика се актуализира. Всеки път преди използване СИ за изпитване на конкретна проба се измерват абсорбцията на разтвор с точно определена концентрация - данните се нанасят на контролна карта.

Валидирането на методите за изпитване се извършва ***в три точки*** от интервала на измерване.

Валидирането на методиката за вътрешно калибриране на СИ, оценява следните характеристики:

- прецизност – изразява се със стандартното отклонение в условия на повторяемост;
- относително стандартно отклонение, RSD%;
- изместване, %;
- точност (аналитичен добив), %;
- неопределеност на измерването при валидиране на вътрешното калибриране**.**

При калибриране на апарата за целите на химичните измервания, сигналът (индикацията) на инструмента съответства на величина, различна от тази, която се измерва - например площ на пика/абсорбция, а не концентрация на веществото.

Вътрешното калибриране осигурява достоверност на получените резултати от изпитване, с определено техническо средство за измерване. Вътрешното калибриране се приема за извършено при стойност на корелационния коефициент R^2 от 0,9985 до 1,000.

Оптимизиране височината на горелката и позицията на пулверизатора на AAC 3110 PE, се извършва с помощта на медна лампа, като се търси максимум в стойността на абсорбция на калибрационен разтвор от 5 ppm Cu.

В **Таблица 2** са представени аналитичните характеристики на валидираните методи за определяне на Na, Ca, K, Mn, P, като са използвани подходящи сертифицирани референтни материали по матрица.

Таблица 2. Аналитични характеристики на валидираните методи за определяне на Na, Ca, K, Mn и P в храни

Елемент / Аналитична характеристика	Na	Ca	K	Mn	P
Граница на откриване, mg/l	1,51	0,014	0,02	0,019	0,010
Граница на определяне, mg/l	3,03	0,028	0,04	0,038	0,020
Работен обхват	(3,0 до 120) mg/l	(0,028 до 5,00) mg/l	(0,05 до 10) mg/l	(0,2 до 2,0) mg/l	(0,02до10) mg/l
Чувствителност	y=0,0016x+0,0014; R^2= 0,9999	y=0,0543x+0,00004; R^2 = 0,9999	y = 0,0894x-0,0043; R^2 = 0,9996	y = 0,0744x - 0,0002; R^2= 1	y = 0,0046x - 0,0001 R^2= 0,9999
Точност, %	I/ 100,11 II/ 100,23 III/ 99,46	I/ 97,99 II/ 99,59 III/ 100,4	I/ 98,11 II/ 98,37 III/ 97,89	I/ 98,24 II/ 98,03 III/ 97,41	I/ 102,09 II/ 97,84 III/ 97,67
Изместване, %	I/ 0,11 II/ 0,23 III/ -0,54	I/ - 2,01 II/ - 0,41 III/ 0,44	I/ - 1,89 II/ - 1,63 III/ - 1,27	I/ -1,76 II/ -1,97 III/ -2,59	I 2,09 II/ -2,16 III/ -2,33
Относително стандартно откл., RSD%	I/ 1,92 II/ 1,65 III/ 1,57	I/ 2,51 II/ 2,34 III/ 2,28	I/ 0,71 II/ 0,72 III/ 3,69	I/ 2,14 II/ 3,84 III/ 1,86	I/ 4,88 II/ 5,37 III/ 1,84
Граница на повторяемост, mg/kg	I/ 0,71 II/ 61 III/ 1108	I/ 0,59 II/ 276 III/ 1234	I/ 119,1 II/ 213,28 III/ 1533,3	I/ 0,022 II/ 1,34 III/ 3,502	I/ 200,02 II/ 497,07 III/ 553,15
Граница на възпроизводи-мост, mg/kg	I/ 0,73 II/ 66 III/ 1203	I/ 0,61 II/ 292 III/ 1297	I/ 124,6 II/ 209,4 III/ 1289,4	I/ 0,02 II/ 1,27 III/ 3,27	I/ 181,7 II/ 533,76 III/ 532,15

Устойчивост, mg/kg	E_A = - 10,83 < 33,2 E_B = 2,17 < 33,2 E_C = - 1,50 < 33,2	E_A= - 14,6 < 138,1 E_B = - 2,1 < 138,1 E_C = 10,4 < 138,1	E_A= - 8,1 < 104,8 E_B = - 26,8 < 104,8 E_C = - 26,7 < 104,8	E_A = - 0,098 < 0,634 E_B = - 0,305 < 0,634 E_C = 0,265 < 0,634	E_A= 86,558 < 266,9 E_B= -82,505< 266,9 E_C= -18,062< 266,9
Неопределеност mg/kg	I/ 0,02 II/ 1,7 III/ 28	I/ 0,16 II/ 77 III/ 333	I/ 184,4 II/ 329,4 III/ 563,2	I/ 0,01 II/ 0,32 III/ 0,95	I/ 68,47 II/ 110,09 III/ 399,07
Използван CRM	**CRM MUVA-NEM-1603 „Dietary Supplement“** със съдържание на натрий в три точки от интервала на измерване I/ (13,2 ±0,26) mg/kg (разредено) II/ (1323±26) mg/kg III/ (25323±507) mg/kg (концентрирано)	**CRM MUVA-NEM-1603 „Dietary Supplement“** със съдържание на Ca в три точки от интервала на измерване: I/ (8,45±0,21) mg/kg (разредено) II/ (422 ±109) mg/kg III/ (19225±496) mg/kg (концентрирано)	**SRM 2387 Peanut Butter; CRM NCS ZC 73031 Carrot; CRM Bovine Muscle 8414** със съд. на K в три точки от интервала на измерване: I/ (5955,8±184,4) mg/kg→ **ст-ст CRM** (6070±200) mg/kg II/ (10623,7±329,4) mg/kg→ **ст-ст CRM** (10800±400) mg/kg III/ (14849,2±563,2) mg/kg→ **ст-ст CRM** (15170±370) mg/kg	**CRM Bovine Muscle 8414; CRM, NCS ZC 73031 Carrot; Animal Feeds Proficiency Schame (AFPS) AF035** (приписани ст-сти**)**; I/(0,36±0,01) mg/kg→ ст-ст CRM (0,37±0,09) mg/kg II/(11,86±0,32) mg/kg→ ст-ст CRM (12,1±0,5 mg/kg III/(67,2±3,06) mg/kg → ст-ст CRM (69,0±1,2) mg/kg	**CRM QFCS, Nutritional analysis-cereal matrix; SRM 2387 Peanut Butter** (приписани ст-сти)**; ERM BD 151 Skimmed milk powder** I/(1465±94,8) mg/kg → ст-ст CRM (1435±93) mg/kg II/(3305,17±110,09) mg/kg→ ст-ст CRM (3378±92) mg/kg III/(10744±399) mg/kg→ст-ст CRM (11000±600) mg/kg

Пояснение: I, II, III са нивата/трите точки, в които е извършено измерването на концентрациите при валидиране на метода.

Разработените аналитични процедури за определяне на Na, Ca, K, Mn, P в храни са с добри аналитични характеристики. Валидираните методи за определяне на Na и Ca са акредитирани.

Верифициране на методи

Процедурата по верифициране на химичните методи за изпитване има за цел цел потвърждаване на метода чрез представяне на обективно доказателство за изпълнени изисквания относно специфичната употреба или приложение.

Верификацията се извършва със сертифицирани референтни материали (CRM). Определят се същите основни характеристики, както при процедурата за валидиране, но без да се отчита устойчивост на метода. За тази цел се извършват измервания на базата на сертифицирани референтни материали и резултатите се сравняват със сертифицираните стойности.

В **Таблица 3** са представени аналитичните характеристики при верифициране на методите за определяне на Fe, Cu, Zn (БДС:EN 14084:2003) и Mg (БДС EN 15505:2008) в храни, като са използвани подходящи сертифицирани референтни материали по матрица. Получените средни концентрации, показват добро съвпадение със сертифицираните стойности.

Таблица 3. Аналитични характеристики на верифицираните БДС: EN 14084:2003 метод за определяне на Fe, Cu и Zn и БДС EN 15505:2008 метод при определяне на Mg в храни

Елемент / Аналитична характеристика	Fe	Cu	Zn	Mg
Граница на откриване, mg/l	0,041	0,021	0,031	0,011
Граница на определяне, mg/l	0,082	0,042	0,062	0,022
Работен обхват	(0,08 до 5,0) mg/l	(0,2 до 5,0) mg/l	(0,1 до 1,0) mg/l	(0,05 до 0,5) mg/l
Чувствителност	y = 0,0338x + 0,0009; R^2= 0,9999	y = 0,0491x + 0,0007; R^2= 0,9999	y = 0,2389x + 0,0018; R^2 = 0,9999	y = 0,6282x + 0,0017; R^2= 0,9996
Точност, %	I/ 96,55 II/ 100,60 III/ 102,48	I/ 97,33 II/ 97,32 III/ 104,12	I/ 97,23 II/ 99,91 III/ 98,03	I/ 100,89 II/ 101,90 III/ 96,71
Изместване, %	I/ - 3,45 II/ 0,60 III/ 2,48	I/ - 2,67 II/ - 2,68 III/ 4,12	I/ - 2,77 II/ - 0,09 III/ - 1,97	I/ 0,89 II/ 1,90 III/ - 3,29
Относително стандартно откл., RSD%	I/ 5,05 II/ 4,54 III/ 4,17	I/ 3,15 II/ 4,49 III/ 4,03	I/ 4,81 II/ 3,93 III/ 0,94	I/ 1,28 II/ 2,03 III/ 2,99
Граница на повторяемост, mg/kg	I/ 0,08 II/ 7,4 III/ 114,0	I/ 0,26 II/ 0,50 III/ 0,59	I/ 1,47 II/ 4,93 III/ 3,67	I/ 32,86 II/ 73,11 III/ 178,23
Граница на възпроизводи-мост, mg/kg	I/ 0,09 II/ 8,0 III/ 138,0	I/ 0,36 II/ 0,51 III/ 0,61	I/ 1,45 II/ 4,54 III/ 4,12	I/ 27,53 II/ 75,08 III/ 175,02

Неопределеност mg/kg	I/ 0,02 II/ 1,7 III/ 28,0	I/ 0,07 II/ 0,12 III/ 0,15	I/ 0,54 II/ 2,09 III/ 5,67	I/ 11,2 II/ 20,23 III 44,98
Използван CRM	**MUVA-NEM-1603 „Dietary Supplement“** със съдържание на желязо I/(0,58±0,06) mg/kg (разредено) II/(58,0±6,4) mg/kg III/(957±105 mg/kg (концентрирано)	**CRM NCS ZC80003 Brassica Oleracea China National Analysis Center for Iron and Steel**; **CRM NCS ZC 73031 Carrot; ERM-BD 151 Skimmed Milk Powder** I/Cu (2,92±0,06)mg/kg→ ст-ст CRM (3,00±0,20) mg/kg II/Cu (3,99±0,12) mg/kg→ ст-ст CRM (4,10±0,30) mg/kg III/Cu (5,21±0,13) mg/kg→ ст-ст CRM (5,00±0,23 mg/kg	**CRM NCS ZC 73031 Carrot; ERM-BD 151 Skimmed Milk Powder; CRM Bovine Muscle 8414** I/ Zn (10,89±0,54) mg/kg → ст-ст CRM (11,2±0,5) mg/kg II/Zn (44,86±2,09) mg/kg → ст-ст CRM (44,9±2,3) mg/kg III/Zn (139,2±5,67) mg/kg → ст-ст CRM (142,0±14) mg/kg	**CRM,NCS ZC 73031 Carrot; ERM BD 151 Skimmed milk powder; CRM NCS 73036 Green tea** I/(918,1±24,4) mg/kg → ст-ст CRM (910±30) mg/kg II/(1284,0±20,24) mg/kg→ ст-ст CRM (1260±70) mg/kg III/(2127,6±44,98) mg/kg→ ст-ст CRM (2200±80) mg/kg

Пояснение: I, II, III са нивата/трите точки, в които е извършено измерването на концентрациите при верифициране на метода.

Верифицираният метод за определяне на Fe е акредитиран.

V.2. Проучване на съдържанието на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в най-често консумирани храни на българския пазар

В НЦОЗА се работи по създаване на съвременна база данни за химичен състав на български хранителни продукти. От особено значение е включената в нея информация да бъде актуална от гледна точка на присъстващите на пазара видове и сортове храни. Анализите са извършени чрез използването на валидираните/верифицираните чувствителни методи. Резултатите от проведените лабораторни изследвания за определяне съдържанието на минерали и микроелементи в изследваните групи храни са представени по-долу.

1) Група „Зърнено-житни храни“

Лимецът (*Triticum monococcum*) е древен вид пшеница и се счита за един от най-ранно култивираните зърнени видове. Той се характеризира с висока хранителна стойност и съдържа редица биологично активни компоненти, включително мазнини, белтъчини, фосфор и витамини от групите А, В и Е. Лимецът е богат на антиоксиданти и се отличава с по-ниско съдържание и различен състав на глутеновите протеини в сравнение със съвременните сортове пшеница. Въпреки по-трудоемката технологична обработка, културата се характеризира с по-висока устойчивост на болести и вредители, което го прави ценна култура в контекста на устойчивото земеделие [Brandolini et al, 2012].

Проведено е изследване на съдържанието на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в лимец, като са анализирани осем проби. Получените резултати са представени в **Таблица 4**.

Таблица 4. Установено съдържание на минерали и микроелементи в лимец

елемент / продукт	Na mg/100g	Ca mg/100g	Fe mg/100g	K mg/100g	Mg mg/100g	Cu mg/100g	Zn mg/100g	Mn mg/100g	P mg/100g
лимец 1	1,3±0,02	40,5±0,8	3,44±0,10	446±22	126±6	0,50±0,03	4,29±0,43	4,42±0,22	391±23
лимец 2	3,0±0,05	42,0±0,8	2,98±0,09	421±21	125±6	0,56±0,04	4,73±0,47	2,46±0,12	348±20
лимец 3	2,8±0,05	47,2±0,9	2,90±0,09	448±22	126±6	0,56±0,04	4,36±0,44	2,78±0,14	419±25
лимец 4	1,8±0,03	38,3±0,2	3,05±0,09	461±23	126±6	0,55±0,04	4,27±0,43	2,88±0,14	380±22
лимец 5	2,0±0,04	35,8±0,7	2,83±0,08	447±22	125±6	0,57±0,04	4,14±0,41	2,79±0,14	435±26
лимец 6	1,1±0,02	38,3±0,7	4,36±0,13	419±21	143±7	0,59±0,04	4,63±0,46	5,04±0,25	421±25
лимец 7	3,6±0,06	39,0±0,7	3,67±0,11	498±24	126±6	0,60±0,04	4,98±0,50	6,52±0,33	361±21
лимец 8	2,7±0,05	38,4±0,7	3,45±0,10	522±26	108±5	0,63±0,04	4,47±0,45	6,92±0,35	378±22

Натрият е с естествено ниско съдържание от 1,1 mg/100 g (лимец 6) до 3,6 mg/100 g (лимец 7). **Калцият** показва стойности, вариращи от 35,8 mg/100 g (лимец 5) до 47,2 mg/100 g (лимец 3), потвърждавайки факта, че продуктите имат ниско съдържание на Ca. Концентрациите на другите минерали са високи и варират от 419 mg/100 g (лимец 6) до 522 mg/100 g (лимец 8) за **калий**; от 348 mg/100 g (лимец 2) до 435 mg/100 g (лимец 5) за **фосфор** и от 108 mg/100 g (лимец 8) до 143 mg/100 g (лимец 6) за **магнезий**.

Желязото е микроелемент, който има стойности, вариращи от 2,83 mg/100 g (лимец 5) до 4,36 mg/100 g (лимец 6). **Манганът** е в нива от 2,46 mg/100 g (лимец 2) до 6,92 mg/100 g (лимец 8). **Цинкът** е микроелемент, присъстващ във високи нива и с тесен интервал, а именно 4,14 mg/100 g (лимец 5) до 4,98 mg/100 (лимец 7). **Медта** е най-слабо разпространеният микроелемент във всички проби лимец със стойности, вариращи между 0,50 mg/100 g (лимец 1) и 0,63 mg/100 g (лимец 8).

Получените данни са в добро съвпадение с данни от др. публикации: Na 6,0-9,0 mg/100 g, Ca 23-40 mg/100 g, K 350-400 mg/100 g, P 350-450 mg/100 g, Mg 130-140 mg/100 g, Fe 3,3-6,0 mg/100 g, Mn 1,1-1,5 mg/100 g, Zn 2,4-3,5 mg/100 g, Cu 0,32-0,50 mg/100 g [Manzoor et al. 2020].

Високото съдържание на магнезий прави лимеца изключително полезна храна за спортуващи хора и особено такива, които страдат от мускулни травми и разтягания. Този вид пшеница се оказва много приемлив за хора, които иначе проявяват непоносимост към глутена и не могат да консумират бяло брашно.

Пшеницата (*Triticum spp.*) е зърнено-житна култура с водещо значение в производството на хляб и хлебни изделия. Тя представлява основен източник на растителни белтъчини в човешкото хранене, поради по-високото съдържание на протеини в сравнение с други зърнени култури като царевица и ориз. По оценки, приблизително 70% от световното население консумира пшеничен хляб като основен хранителен продукт. Пшеничните кълнове се характеризират с високо съдържание на биологично активни вещества, включително витамини, минерални вещества и белтъчини, което обуславя широкото им приложение в хранителната индустрия и в разработването на функционални храни. Проведено е изследване на съдържанието на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в пшеница, като са анализирани три проби. Получените резултати са представени в **Таблица 5.**

Таблица 5. Установено съдържание на минерали и микроелементи в пшеница

елемент / продукт	Na mg/100g	Ca mg/100g	Fe mg/100g	K mg/100g	Mg mg/100g	Cu mg/100g	Zn mg/100g	Mn mg/100g	P mg/100g
пшеница 1	2,6±0,02	41,2±0,8	2,86±0,10	288±22	113±6	0,42±0,03	2,07±0,43	3,09±0,22	275±23
пшеница 2	1,4±0,05	37,0±0,8	2,95±0,09	372±21	120±6	0,33±0,04	1,53±0,47	3,40±0,12	246±20
пшеница 3	2,1±0,05	53,1±0,9	3,66±0,09	405±22	134±6	0,36±0,04	2,10±0,44	4,15±0,14	336±25

Натрият в изследваните проби пшеница е с естествено ниско съдържание (1,4–2,6 mg/100 g), докато **калцият** е нисък и варира от 37,0 до 53,1 mg/100 g. Концентрациите на **калий, фосфор и магнезий** са относително високи – съответно 288–405 mg/100 g, 246–336 mg/100 g и 113–134 mg/100 g. От микроелементите **желязото** е в диапазона 2,86–3,66 mg/100 g, **манганът** – 3,09–4,15 mg/100 g, **цинкът** – 1,53–2,10 mg/100 g, а **медта** е най-слабо представена (0,33–0,42 mg/100 g).

Тези резултати подчертават хранителната стойност на пшеницата като естествен източник на макро - и микроелементи за осигуряване калий, фосфор, магнезий и желязо в диетата.

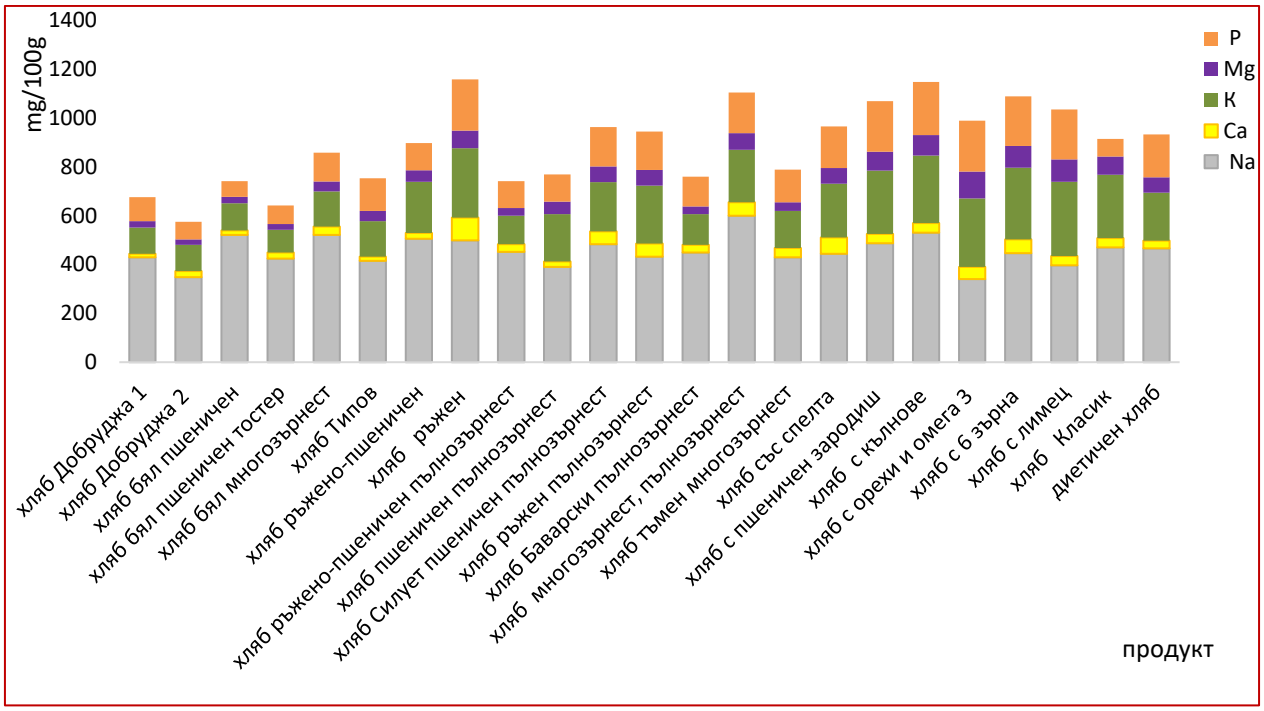
2) Група „Печива“

Значението на хляба за развитието на човечеството е неоспоримо. Два от най-важните детайли зад успеха на хляба като основна храна са неговата простота по отношение на съставки, както и множеството зърнени култури, които могат да се използват за приготвяне му. Брашно, вода, мая и сол (натриев хлорид) са основните компоненти, които при месене, ферментация и изпичане произвеждат хляб [Carocho et al. 2020]. В западните страни през последните десетилетия се наблюдава значително намаляване на консумацията на хляб, особено на белия вид хляб. Тази промяна се корени в качеството на хляба, потребителското възприемане, но също така и в тенденциите в потребителския избор, а именно увеличаването на диетите без глутен и увеличена консумация на пълнозърнест хляб [Sajdakowska et al. 2019].

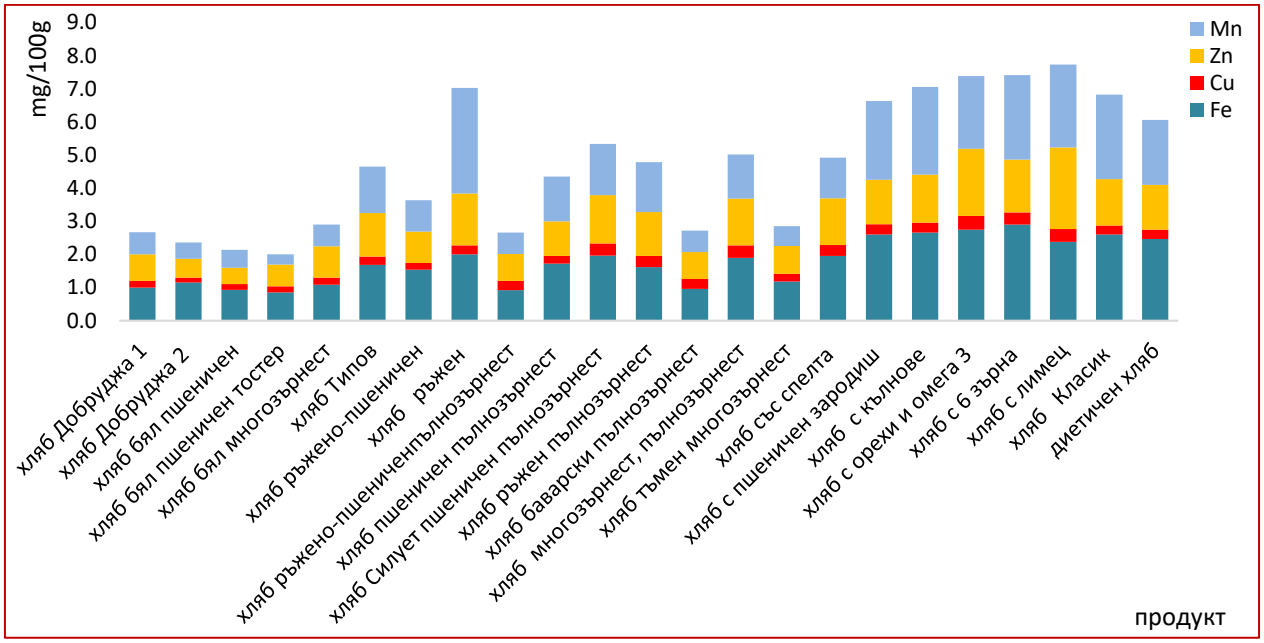
Направено е проучване на различни видове хляб от търговската мрежа (23 проби) за съдържание на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P. Данните от проучването са представени в **Таблица 6** и **Фигура 1**.

Таблица 6. Установено съдържание на минерали и микроелементи в хляб

№	елемент / продукт	Na mg/100g	Ca mg/100g	Fe mg/100g	K mg/100g	Mg mg/100g	Cu mg/100g	Zn mg/100g	Mn mg/100g	P mg/100g
1	хляб Добруджа 1	430±8	14,5±0,3	1,00±0,03	107±5	27,0±1,3	0,20±0,01	0,80±0,08	0,70±0,04	98±6
2	хляб Добруджа 2	349±6	24,5±0,5	1,15±0,03	107±6	22,5±1,1	0,15±0,01	0,57±0,06	0,49±0,03	72±4
3	хляб бял пшеничен	522±9	18,2±0,3	0,93±0,03	112±6	25,5±1,3	0,17±0,01	0,50±0,05	0,54±0,03	64±4
4	хляб бял пшеничен тостер	425±7	24,1±0,5	0,85±0,03	92,9±5	24,0±1,2	0,19±0,01	0,65±0,07	0,31±0,02	76±5
5	хляб бял многозърнест	522±9	33,5±0,6	1,08±0,03	145±7	40,3±2,0	0,22±0,01	0,94±0,09	0,66±0,03	118±7
6	хляб Типов	415±7	17,6±0,3	1,68±0,05	146±7	42,0±2,1	0,25±0,02	1,32±0,13	1,40±0,07	133±8
7	хляб ръжено-пшеничен	506±9	23,3±0,4	1,54±0,05	209±10	47,9±2,4	0,20±0,01	0,95±0,09	0,94±0,05	111±7
8	хляб ръжен	499±9	93,8±1,8	2,00±0,06	284±14	71,5±3,6	0,27±0,0	1,57±0,16	3,18±0,16	210±12
9	хляб ръжено-пшеничен пълнозърнест	452±8	31,8±0,6	0,92±0,03	117±6	30,4±1,5	0,28±0,02	0,81±0,08	0,65±0,03	111±7
10	хляб пшеничен пълнозърнест	390±7	23,2±0,5	1,72±0,05	193±10	51,7±2,6	0,23±0,02	1,05±0,11	1,35±0,07	111±7
11	хляб Силует пшеничен пълнозърнест	483±8	52,5±1,0	1,96±0,06	203±11	63,1±3,2	0,37±0.02	1,46±0,15	1,54±0,08	163±10
12	хляб ръжен пълнозърнест	433±8	53,5±1,0	1,62±0,05	237±12	64,8±3,2	0,33±0,02	1,33±0,13	1,50±0,09	157±9
13	хляб Баварски пълнозърнест	450±8	30,5±0,6	0,96±0,03	126±6	31,3±1,6	0,30±0,02	0,81±0,08	0,65±0,03	122±7
14	хляб многозърнест пълнозърнест	600±10	55,9±1,1	1,90±0,06	214±11	68,4±3,4	0,37±0,02	1,41±0,14	1,34±0,07	167±10
15	хляб тъмен многозърнест	430±8	37,5±0,7	1,18±0,04	153±8	35,5±1,8	0,23±0,02	0,84±0,08	0,60±0,03	133±8
16	хляб със спелта	444±8	66,6±1,3	1,95±0,06	221±11	64,7±3,2	0,33±0,02	1,41±0,14	1,23±0,06	170±10
17	хляб с пшеничен зародиш	488±9	37,0±0,7	2,60±0,08	260±13	77,0±3,9	0,31±0,02	1,34±0,13	2,38±0,12	208±12
18	хляб с кълнове	531±9	39,3±0,7	2,66±0,08	276±14	84,8±4,2	0,30±0,02	1,45±0,15	2,64±0,13	218±13
19	хляб с орехи и омега 3	340±6	50,7±0,9	2,75±0,08	280±14	111±5,6	0,41±0,03	2,03±0,20	2,19±0,11	209±12
20	хляб с 6 зърна	447±8	56,1±1,1	2,90±0,09	295±15	89,1±4,45	0,37±0,02	1,59±0,16	2,55±0,13	203±12
21	хляб с лимец	397±7	38,4±0,7	2,38±0,07	304±15	91,7±4,6	0,39±0,03	2,46±0,25	2,50±0,13	205±12
22	хляб Класик	471±8	38,0±0,8	2,60±0,08	259±13	74,7±3,7	0,27±0,02	1,40±0,14	2,55±0,13	73±4
23	диетичен хляб	467±8	31,7±0,6	2,47±0,08	196±10	62,7±3,1	0,28±0,02	1,35±0,14	1,96±0,10	176±11



Фиг. 1. Съдържание на минерали (горе) и микроелементи (долу) в хляб



Натрият е най-преобладаващият елемент във всички хлябове със стойности, вариращи от 340 mg/100 g (хляб с орехи и омега 3) до 600 mg/100 g (многозърнест, пълнозърнест). Това е очакван резултат, тъй като Na се добавя по време на процеса на приготвяне на хляб като готварска сол, което обяснява разнородните резултати, съобщени от други автори [Angioloni et al. 2011, Vieira et al. 2012, Wronkowska et al. 2015], а също и като сода за хляб ($NaHCO_3$ - натриев бикарбонат), която се добавя към тестото за хляб.

Калцият показва най-ниското количество от анализираните минерали във всички хлябове със средни стойности, вариращи от 14,5 mg/100 g (хляб Добруджа 1) до 93,8 mg/100 g (ръжен хляб), потвърждавайки факта, че хлябът е с ниско съдържание на Ca.

Концентрацията на другите минерали варира от 92,9 mg/100 g (хляб бял пшеничен тостер) до 304 mg/100 g (хляб с лимец) за **калий**; от 64 mg/100 g (хляб бял пшеничен) до 218 mg/100 g (хляб с кълнове) за **фосфор**; от 22,5 mg/100 g (хляб Добруджа 2) до 111 mg/100 g (хляб с орехи и омега 3) за **магнезий**.

Съдържанието на микроелементите, които са необходими в малки количества за човешкия организъм, но въпреки това са важни, намалява в следния ред: Fe> Mn ≈ Zn> Cu. **Желязото** е микроелемент, който се съдържа в най-голямо количество със стойности, вариращи от 0,85 mg/100 g (хляб бял пшеничен тостер) до 2,9 mg/100 g (хляб 6 зърна). **Манганът** е микроелемент, присъстващ в най-високи нива в ръжен хляб (3,18 mg/100 g), а в другите видове хляб концентрациите му варират от 0,31 mg/100 g (бял пшеничен тостер хляб) до 2,64 mg/100g (хляб с кълнове). Съдържанието на **цинк** е сравнимо близко със съдържанието на Mn в хлябовете (от 0,5 mg/100 g бял хляб пшеничен до 2,46 mg/100 g хляб с лимец). **Медта** е най-слабо разпространеният микроелемент във всички хлябове със стойности, вариращи между 0,15 mg/100 g (хляб Добруджа 2) и 0,41 mg/100 g (хляб с орехи и омега 3).

Хляб със смеси от други зърнени култури (като ръж, лимец, кълнове) и орехи, показва повишени нива на минерали и микроелементи, както съобщават и други автори [Angioloni et al. 2011, Bilgiçli et al. 2015, Iglesias-Puig et al. 2015, Sanz-Penella et al. 2013].

Различията в резултатите се дължат на влиянието на външни и вътрешни фактори. Хлябът, приготвен със зърнени култури, главно пшеница, има ниско минерално съдържание [Vieira et al. 2012, Torrinha et al. 2019]. Също така, съставът на почвата, използването на

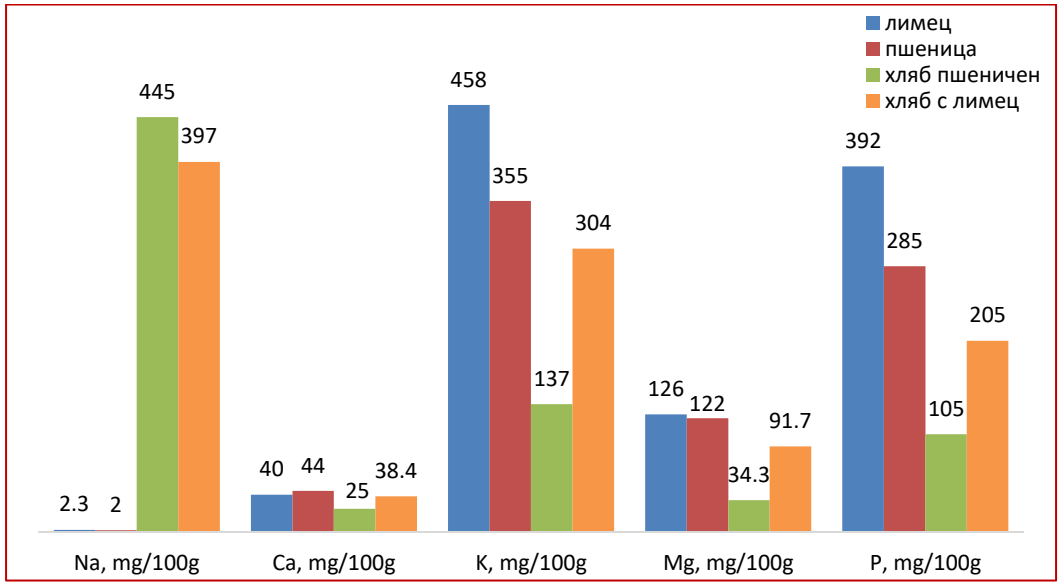
торове и географското местоположение на сортовете, могат да повлияят на минералното съдържание в зърната [Chiriacò et al. 2017, Gentscheva et al., 2014].

В България консумацията на хляб е ежедневна и това налага внимателен и непрекъснат контрол на продукта. Трябва да се обърне специално внимание на приема на Na, тъй като консумацията на 100 g хляб осигурява прием от 422 до 537 mg. Всички изследвани видове хляб в настоящата разработка могат да се считат за храна с „високо съдържание на сол“. Това налага предприемане на национални действия за наблюдение и контрол на количеството натриев хлорид, добавен към хляба, и въвеждане на превантивни програми, които да помогнат на хранителната промишленост да намали солта във всички храни, без да се губят вкусовите им качества.

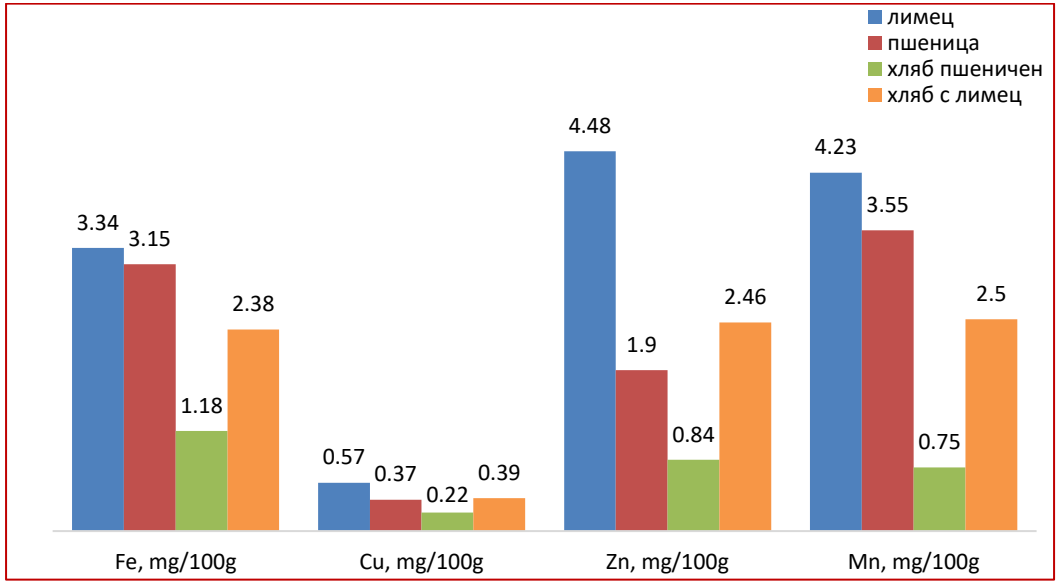
В сравнителен план е показано количественото съдържание на микронутриенти в лимец, пшеница, най-консумираните видове пшеничен хляб в България (бял, Добруджа, типов, многозърнест, пълнозърнест, ръжено-пшеничен, включени в **Таблица 6**) и хляб с лимец. Данните от проучването са представени в **Таблица 7** и изразени графично на **Фиг. 2.**

Таблица 7. Сравнение между установените средни съдържания на минерали и микроелементи в лимец, пшеница и хляб

продукти / елемент	лимец (n=8)	пшеница (n=3)	хляб пшеничен (n=11)	хляб с лимец (n=1)
Na, mg/100g	2,3±0,04 (1,1÷3,6)	2,0±0,04 (1,4÷2,6)	445± 8 (349÷522)	397±7
Ca, mg/100g	40,0±0,8 (35,8÷47,2)	44,0±0,8 (37,0÷53,1)	25,0±0,5 (14,5÷37,5)	38,4±0,7
Fe, mg/100g	3,34±0,10 (2,83÷4,36)	3,15±0,09 (2,86÷3,66)	1,18±0,03 (0,85÷1,72)	2,38±0,07
K, mg/100g	458±23 (419÷522)	355±18 (288÷405)	137±7 (93÷209)	304±15
Mg, mg/100g	126±6 (108÷143)	122±6 (113÷134)	34,3±1,7 (23,0÷51,7)	91,7±4,6
Cu, mg/100g	0,57±0,04 (0,50÷0,63)	0,37±0,02 (0,33÷0,42)	0,22±0,02 (0,15÷0,30)	0,39±0,03
Zn, mg/100g	4,48±0,45 (4,14÷4,98)	1,90±0,20 (1,53÷2,10)	0,84±0,08 (0,50÷1,32)	2,46±0,25
Mn, mg/100g	4,23±0,23 (2,46÷6,92)	3,55±0,18 (3,09÷4,15)	0,75±0,04 (0,31÷1,35)	2,50±0,13
P, mg/100g	392±24 (348÷435)	285±17 (246÷336)	105±6 (64÷103)	205±12



Фиг.2. Сравнение между установените средни съдържания на минерали(горе) и микроелементи(долу) в лимец, пшеница и хляб



Най-високо е съдържанието на **калий, фосфор, мед, цинк и манган** в лимеца, следван от пшеница > хляб с лимец > пшеничен хляб. Съдържанието на **калций и магнезий** е почти еднакво при лимеца и пшеницата, следват в низходящ ред: хляб с лимец > пшеничен хляб. Концентрациите на **желязо** са сходни при лимеца и пшеницата, по-високи при хляба с лимец и приблизително три пъти по-високи в сравнение с пшеничния хляб. **Натрият** се характеризира с ниско естествено съдържание при лимеца и пшеницата и с много високи стойности при хлебните изделия, вследствие на добавянето на сол по време на технологичната обработка.

3) Група „Ядки и маслодайни семена“

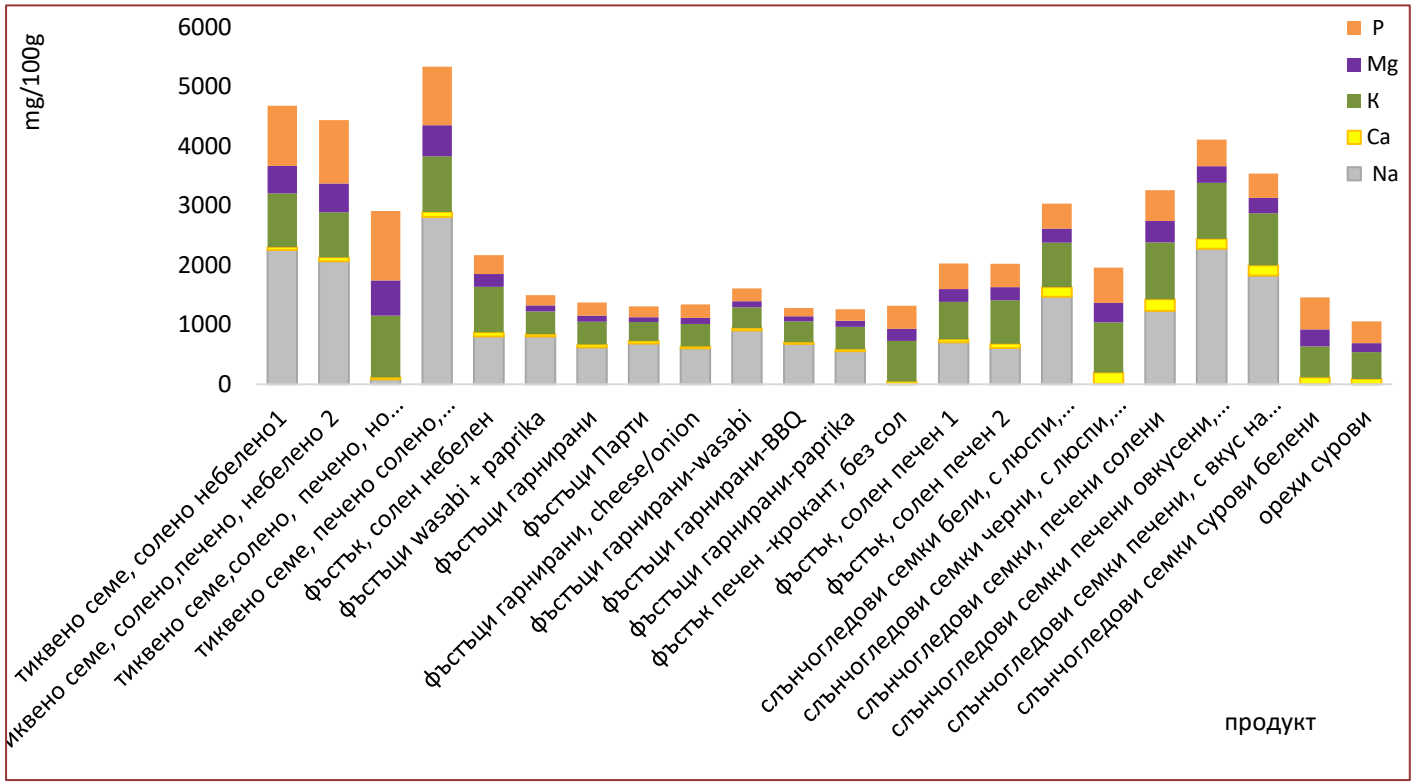
Ядките и маслодайните семена са важен компонент на здравословното хранене и тяхната консумация се увеличава в световен мащаб, тъй като все повече хора осъзнават необходимостта от здравословен начин на живот [Wo´zniak et al. 2022]. В **Таблица 8** са представени установените концентрации на минерали и микроелементи в семена и ядки (общо 22 проби), които са графично представени на **фиг. 3**. Интерес на проучването са тиквено семе, слънчогледово семе, орехи и фъстъци. Последните са много популярни и въпреки че принадлежат към бобовите култури (растат в шушулки, подобно на лещата и граха) поради сходния хранителен състав с ядките, те се класифицират от потребителите и диетолозите в тази група продукти.

Таблица 8. Установено съдържание на минерали и микроелементи в ядки и маслодайни семена

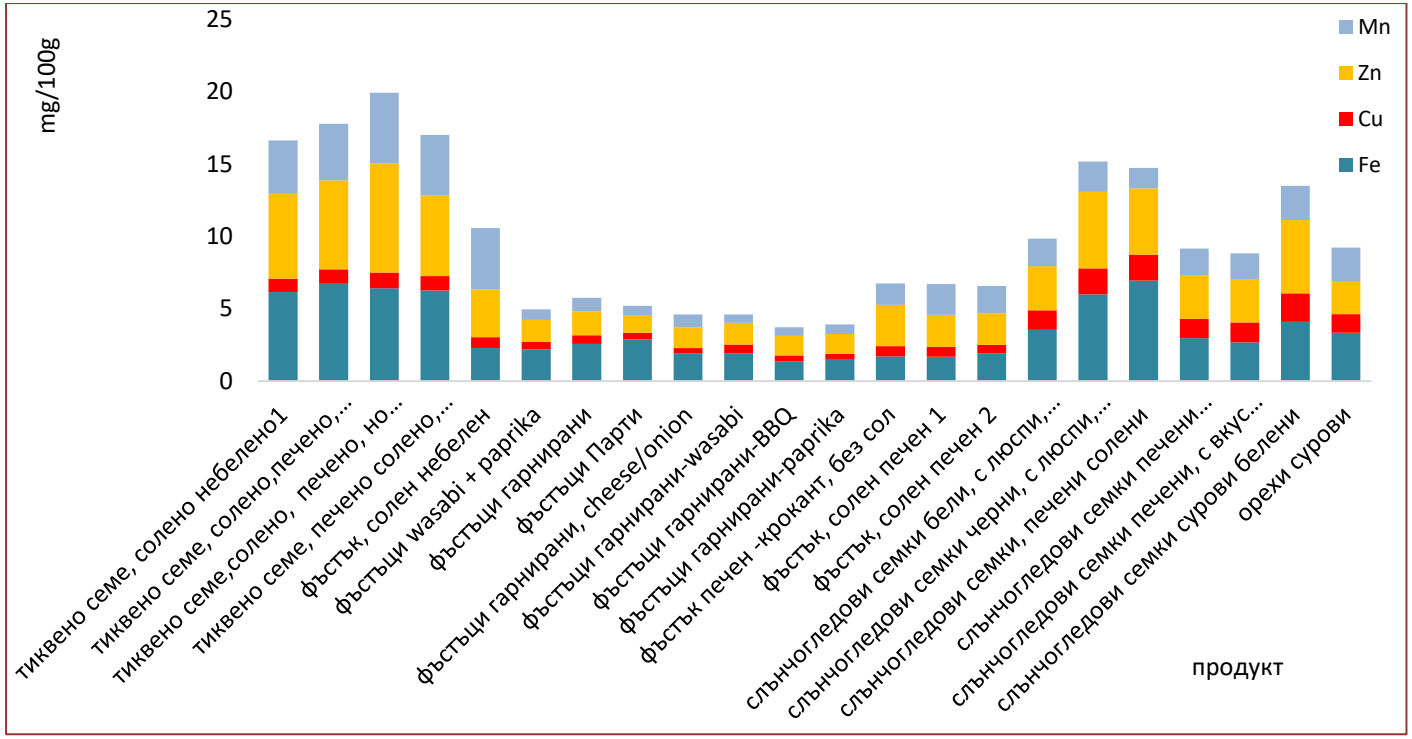
№	елемент / продукт	Na mg/100g	Ca mg/100g	Fe mg/100g	K mg/100g	Mg mg/100g	Cu mg/100g	Zn mg/100g	Mn mg/100g	P mg/100g
1	тиквено семе, солено, печено небелено 1	2255±42	48,7±0,9	6,15±0,18	905±45	460±23	0,94±0,06	5,85±0,59	3,70±0,19	1015±61
2	тиквено семе, солено небелено 2	2067±39	63,4±1,2	6,73±0,20	760±38	484±24	1,00±0,07	6,15±0,62	3,90±0,20	1063±64
3	тиквено семе, солено, печено, но обелено (1)	81,9±1,4	31,3±0,6	6,40±0,19	1040±52	592±30	1,10±0,07	7,53±0,75	4,90±0,25	1165±70
4	тиквено семе, печено солено небелено-внос	2809±52	89,6±1,6	6,26±0,18	931±47	525±26	1,00±0,07	5,57±0,56	4,17±0,21	985±59
5	фъстък, солен небелен	806±14	65,6±1,2	2,28±0,07	767±38	214±11	0,75±0,05	3,30±0,33	4,25±0,21	320±19
6	фъстъци уасаби + паприка	803±14	39,6±0,7	2,20±0,06	382±19	99±5	0,50±0,03	1,52±0,15	0,73±0,04	174±10
7	фъстъци гарнирани	620±11	50,5±0,9	2,56±0,08	382±19	99±5	0,61±0,04	1,66±0,17	0,93±0,05	222±13
8	фъстъци Парти	683±12	47,1±0,9	2,88±0,08	318±16	81±4	0,47±0,03	1,22±0,12	0,63±0,03	182±11
9	фъстъци гарнирани cheese/onion	605±11	34,9±0,6	1,93±0,06	372±19	106±5	0,35±0,02	1,43±0,14	0,90±0,05	224±13

10	фъстъци гарнирани-wasabi	905±16	41,2±0,7	1,92±0,06	346±17	101±5	0,60±0,04	1,50±0,15	0,59±0,03	216±13
11	фъстъци гарнирани-BBQ	680±12	28,5±0,5	1,35±0,04	348±17	87,4±4,4	0,43±0,03	1,35±0,14	0,59±0,03	141±9
12	фъстъци гарнирани-Paprika	557±10	31,9±0,6	1,53±0,04	376±19	104±5	0,36±0,02	1,36±0,14	0,66±0,03	194±12
13	Фъстък печен - крокант	3,0±0,05	43,8±0,8	1,71±0,05	684±34	201±10	0,70±0,05	2,85±0,29	1,49±0,08	388±23
14	фъстък, солен печен 1	705±12	53,3±1,0	1,68±0,05	624±31	218±11	0,69±0,05	2,21±0,22	2,12±0,11	428±26
15	фъстък, солен печен 2	611±11	68,2±1,2	1,90±0,06	730±37	225±11	0,60±0,04	2,20±0,22	1,88±0,09	389±23
16	слънчогледови семки бели, с люспи, печени-слабо солени	1472±27	161,9±2,9	3,55±0,10	744±37	237±12	1,35±0,09	3,05±0,31	1,90±0,09	422±25
17	слънчогледови семки черни, с люспи, печени без сол	8,3±0,15	190,6±3,5	6,00±0,18	841±42	330±17	1,78±0,12	5,30±0,53	2,10±0,11	589±35
18	слънчогледови семки, печени солени	1235±23	190,8±3,5	6,94±0,20	960±48	360±18	1,81±0,12	4,56±0,46	1,42±0,07	514±31

19	слънчогледови семки печени овкусени, с вкус на бекон	2280±42	163,2±2,9	2,97±0,09	941±47	284±14	1,32±0,09	3,03±0,30	1,83±0,09	446±27
20	слънчогледови семки печени овкусени, с вкус на паприка	1828±34	172,4±3,1	2,69±0,08	873±44	260±13	1,36±0,09	3,02±0,30	1,75±0,09	409±25
21	слънчогледови семки сурови белени	1,4±0,02	115,1±2,1	4,10±0,12	518±26	286±14	1,96±0,13	5,07±0,51	2,37±0,12	538±32
22	орехи сурови	2,4±0,04	85,9±1,6	3,34±0,10	450±23	151±8	1,29±0,08	2,23±0,22	2,36±0,12	368±22



Фиг. 3. Съдържание на минерали в ядки и маслодайни семена



Фиг. 3'. Съдържание на микроелементи в ядки и маслодайни семена

Ядките и семената са богати източници на хранителни вещества и тяхното потребление е свързано със здравни ползи и намален риск от сърдечносъдови заболявания. Литературни данни и клинични проучвания сочат, че честата консумация на ядки е полезна за човешкото здраве, включително намаляване на риска от затлъстяване, диабет тип-II, различни видове рак или невродегенеративни заболявания. Освен това ядките проявяват антиоксидантни и антимикробни свойства, включително активност срещу Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Escherichia coli или Klebsiella pneumoniae [Wo´zniak et al. 2022].

Анализирани са четири продукта без съдържание на сол. Естественото ниво на **натрий** в суров орех е 2,4 mg/100g, а в сурово слънчогледово семе - 1,4 mg/100g. При фъстък печен Крокант е измерена стойност - 3,0 mg /100g Na, а при черни печени слънчогледови семки с люспи - 8,3 mg/100g Na.

Съдържанието на **натрий** при осолените семена и ядки се покачва с порядъци, като при тиквеното семе е най-високо: от 2067 до 2809 mg/100g; при солено, обелено печено тиквено семе натрият е 81,9 mg/100g. Следват слънчогледовите семки, чиито стойности са от 1235 до 2280 mg/100g. За фъстъците стойностите за натрий са от 557 до 905 mg/100g.

Съдържанието на **калций** в пробите е в диапазона от 28,5 до 191 mg/100g . Най-високи стойности на калций са установени в слънчогледовите семки: от 161 до 191 mg/100g. При тиквените семки съдържанието е по-ниско - от 48,7 до 89,6 mg/100g, като при солено, но обелено печено тиквено семе е 31,3 mg/100g. Фъстъците са със съдържание от 28,5 до 68,2 mg/100g калций. Суровият орех съдържа 85 mg/100g калций и тази стойност е близка до публикуваната от подобни изследвания - 97,8 mg/100g; 83,2 mg/100g [Kırbaşlar et al. 2012, https://frida.fooddata.dk/food/647?lang=en].

Желязото е най-високо при тиквеното семе и варира в доста тесни граници от 6,15 до 6,73 mg/100g. При слънчогледовите семки съдържанието на желязо е от 2,69 до 6,94 mg/100g, а в суров орех 3,34 mg/100g. Съдържанието на желязо при фъстъците е от 1,35 до 2,88 mg/100g. Получените стойности са в добро съответствие с тези от други автори, според които съдържанието на Fe в тиквеното семе е 4,09 mg/100g, при слънчогледовото семе е 2,83 mg/100g, в суров орех 2,49 mg/100g [Kırbaşlar et al. 2012].

Калият заедно с натрия, помага за баланса на течностите и нормалното функциониране на клетките. В изследваните семена и ядки съдържанието му варира от 318 до 1040 mg/100g. Най-високи са установените стойности при тиквените семки от 760 до 1040

mg/100g, почти еднакви със слънчогледовите семки от 744 до 960 mg/100g. За фъстъците стойностите са малко по-ниски: от 318 до 767 mg/100g. В суровите слънчогледови семки съдържанието на К е 518 mg/100g, а при суровия орех 450 mg/100g.

В изследвания на някои автори за съдържание на К в тиквени и слънчогледови семки са установени по-ниски концентрации от получените в това проучване - 405,06 mg/100g и 309,41 mg/100g, респ. [Kırbaşlar et al. 2012]. От статия с автори Łoźna et al. 2020, съдържанието на К е близко до резултатите от настоящото изследване, а именно: в тиквени семки - 932 mg/100g и в слънчогледови семки - 782 mg/100g. За фъстъци данните са сходни с публикуваните от други автори: 600 mg/100g [Wo´zniak et al. 2022] и 705 mg/100g [Shalini et al. 2016]. Колектив Cindrić et al. 2018 откриват по-ниско съдържание на калий 277,1 mg/100g при суровия орех, но други докладвани данни (Danish food composition table – 380 mg/100g; Ros et al. 2018 - 441 mg/100g,) са подобни на получените от от нас резултати.

Ядките и семената са продукти с естествено ниско съдържание на натрий и високо съдържание на калий.

Съдържанието на **магнезий** в пробите е в доста широк диапазон: от 81,0 до 591 mg/100g. Най-високо е при тиквените семки - от 460 до 592 mg/100g и малко по - ниско при слънчогледовите: от 237 до 360 mg/100g. На трето място са фъстъците: от 81,0 до 225 mg/100g, като в този диапазон влиза и стойността при суровия орех - 151 mg/100g.
Подобни са нивата за Mg в тиквени и слънчогледови семки, съобщени и в други публикации [Kırbaşlar et al. 2012]. Близки стойности от чужди автори са публикувани и за фъстъци - 250 mg/100g [Wo´zniak et al. 2022] и 168 mg/100g [Shalini et al. 2016].

Съдържанието на **мед** в пробите е в диапазона от 0,35 до 1,81 mg/100g. Най-високо е при слънчогледовите семки – печени, солени/овкусени: от 1,32 до 1,81 mg/100g. Висока стойност има суровото слънчогледово семе - 1,96 mg/100g. Съдържанието на мед при фъстъците е от 0,35 до 0,75 mg/100g. Установените концентрации за мед са в добро съответствие с тези, докладвани от Kırbaşlar et al. 2012 (1,02 mg/100g за слънчогледово семе).

Съдържанието на **цинк** в изследваните проби е в диапазона от 1,22 до 7,53 mg/100g. Най-високо е при тиквените семки: от 5,57 до 7,53 mg/100g, следват слънчогледовите: от 3,02 до 5,30 mg/100g. За фъстъците съдържанието на цинк е от 1,22 до 3,30 mg/100g. Данни от научни статии посочват подобни стойности за цинк в тиквени и слънчогледови семки -

5,31 mg/100g и 3,87 mg/100g, съответно [Kırbaşlar et al. 2012]. Сходни стойности за цинк във фъстъци - 3,27 mg/ 100g са публикувани от Shalini et al. 2016.

Установеното съдържание на **манган** в различните ядки и семена варира от 0,59 до 4,90 mg/100g. Най-високо е при тиквените семки от 3,70 до 4,90 mg/100g. Фъстък солен, небелен има съдържание на манган близко до това на тиквените семки 4,25 mg/100g. Негарнираните фъстъци имат стойности от 1,49 до 2,12 mg/100g, близки до данните получени за слънчогледовите семки от 1,42 до 2,10 mg/100g. Резултатите за негарнирани фъстъци от настоящото проучване се доближават до данни посочени от други автори, а именно от 1,2 до 2,1 mg/100g [Rodrigues et al. 2013] и 1,934 mg/100g [Shalini et al. 2016]. Докладваната стойност за манган 3,53 mg/100g от авторски колектив Kırbaşlar et al. 2012 при тиквените семки, показва сходство с настоящите разултати.

Съдържанието на **фосфор** в изследваните проби е в диапазона от 141 до 1165 mg/100g. Отново най-високи са стойностите при тиквените семки от 985 до 1165 mg/100 g. Второто място е за слънчогледовите семки: от 409 до 589 mg/100g, като при суровите слънчогледови семки фосфора е 538 mg/100g. Следват фъстъците от 141 до 428 mg/100g.
Сходен резултат от 954 mg/100g за тиквените семки е показан от колектив учени Akwaowo et al. 2000 и стойност от 1241,6 mg/100g в проучване на друг авторски колектив [Bolaños et al. 2019]. Стойностите за слънчогледовото семе са по-ниски от публикувани данни на някои други автори съответно 742,6 mg/100g [Bolaños et al. 2019] и 960,8 mg/100g [Özcan 2006] и близки до 670 mg/100g – стойност посочена в Danish food composition table. Резултатите получени за фъстъците имат сходство с данните отразени отново в Danish food composition table - 409 mg/100g.

Резултатите от направеното проучване за съдържание на минерали и микроелементи в тиквени семки са напълно идентични с публикувани данни от колектив Batool et al. 2022. Установените концентрации на минерали и микроелементи при суровите орехи са много близки до тези публикувани в научната статия на екип учени George et al. 2022г. Вариабилността в стойностите на изследваните микронутриенти в рамките на всеки вид ядки и семена може да бъде наблюдавана и обяснена с географския произход, годината на прибиране на реколтата, климата и методите на отглеждане.
Освен това химичният състав и хранителната стойност в рамките на един и същ представител на ядките и семената може да варира в зависимост от сорта на растението,

степента на зреене, селскостопанската практика, климатичните условия, включително условията на съхранение и технологичните и термични процеси [Rusu et al. 2018].

4) Група „Мляко и млечни продукти“

Млякото и млечните продукти представляват 10-20% от дневния хранителен прием при хората [Malbe et al. 2010]. Млякото е единственият продукт, който природата е създала за изхранване на новородените деца и съдържа всички нужни за развитието им вещества. Ежедневната консумация на мляко и производни продукти се препоръчва от диетолозите в средиземноморската диета като източник на важни хранителни вещества като незаменими аминокиселини, мастни киселини и калций. По отношение на липидната фракция, сиренето например, е добър източник на функционални мастни киселини (α-линоленова киселина и олеинова киселина) в храненето на човека [Buccioni et al. 2022].

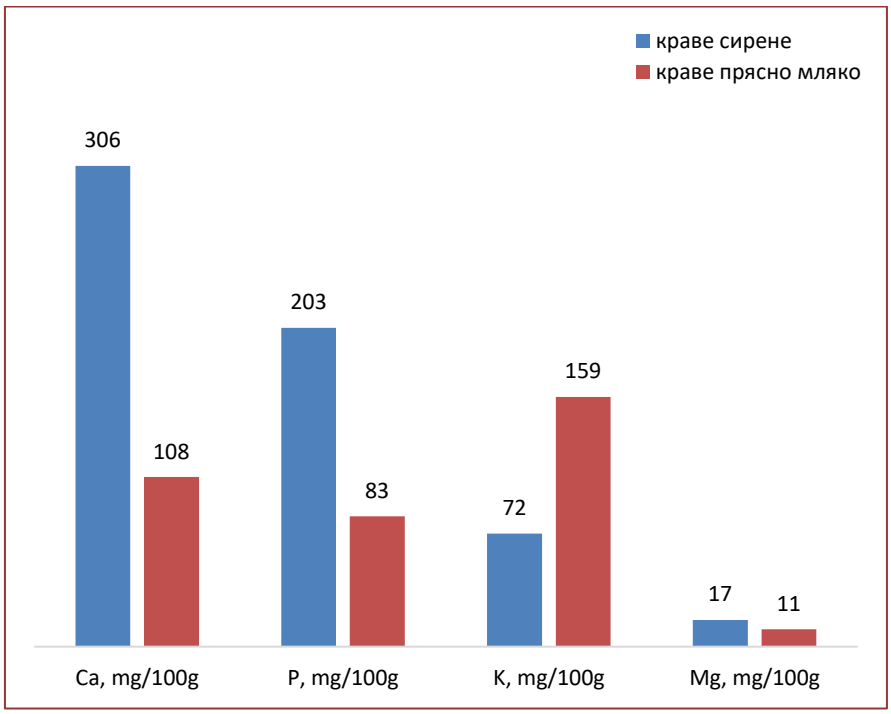
В **Таблица 9** е представено съдържанието на минерали и микроелементи в изследваните млечни продукти. Направено е сравнение между минералното съдържание на *прясно краве мляко* и на *краве сирене* изразено графично на **фиг. 4**.

Таблица 9. Установено средно съдържание на минерали и микроелементи в краве сирене и краве прясно мляко от търговската мрежа

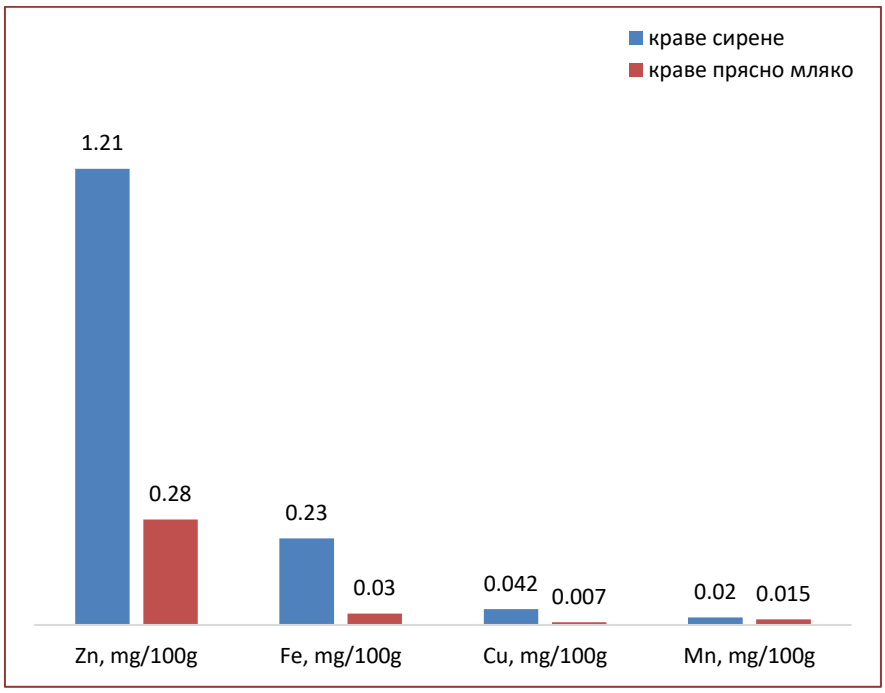
продукт / елемент	Краве сирене (41 бр. проби)	Краве прясно мляко (9 бр. проби)
Na, mg/100g	1288±22 (879÷1823)	39,5±0,7 (36,3÷45,2)
Ca, mg/100g	306±6 (98÷463)	108±2 (95÷111)
Fe, mg/100g	0,23±0,01 (0,02÷1,11)	0,03±0,001 (0,02÷0,07)
K, mg/100g	72±4 (50÷119)	159±8 (141÷172)
Mg, mg/100g	17±1 (9÷24)	11±0,5 (10÷11)
Cu, mg/100g	0,042±0,003 (0,030÷0,053)	0,007±0,001 (0,004÷0,021)
Zn, mg/100g	1,21±0,13 (0,50÷1,65)	0,28±0,03 (0,24÷0,29)
Mn, mg/100g	0,020±0,002 (0,01÷0,09)	0,015±0,001 (0,002÷0,050)
P, mg/100g	203±12 (138÷374)	83±5 (78÷89)

Установените концентрации на **натрий** при сиренето са доста високи и са резултат от внасянето на сол в продукта. Според БДС 15/2010 съдържанието на Na за бяло

саламурено сирене трябва да е в рамките на 1,4% ± 0,2%. При 9 проби сирене това изискване не е спазено, т.е. съдържанието на Na е по-високо. На фиг. 4 графично е представено съдържанието на останалите микронутриенти.



Фиг. 4. Сравнение между установените средни съдържания на минерали и микроелементи в краве сирене и краве прясно мляко



По технология от около 7 л прясно мляко се получава 1 кг сирене. Логично, получените резултати за концентрацията на минералите и микроелементите в сиренето са по-високи, с изключение на К, където те са по-ниски. Според някои автори намаляването на К по време на узряване на сиренето се дължи на процеса на отцеждане на суроватката и подкисляване на млякото [González-Martín et al. 2009]. Според други автори изглежда, че този минерал няма специфична роля по време на коагулацията и процеса на производство на сиренето [Stocco et al. 2021]. Получените резултати за съдържание на микронутриенти в прясно мляко имат добра съпоставимост с представените от подобни проучвания: Ca-110 mg/100g, Mg-12 mg/100g, K-141 mg/100g, P-85 mg/100g, Zn-0,32 mg/100g [Woźniak et al. 2022].

Известно е, че лактацията е физиологичен процес на производство на мляко при бозайниците и човека. Етапът на лактация е много важен за съдържанието на казеин и Na, по-малко важен за Ca и P и не е значим за съдържанието на мазнини, K и Mg [Stocco et al. 2021].

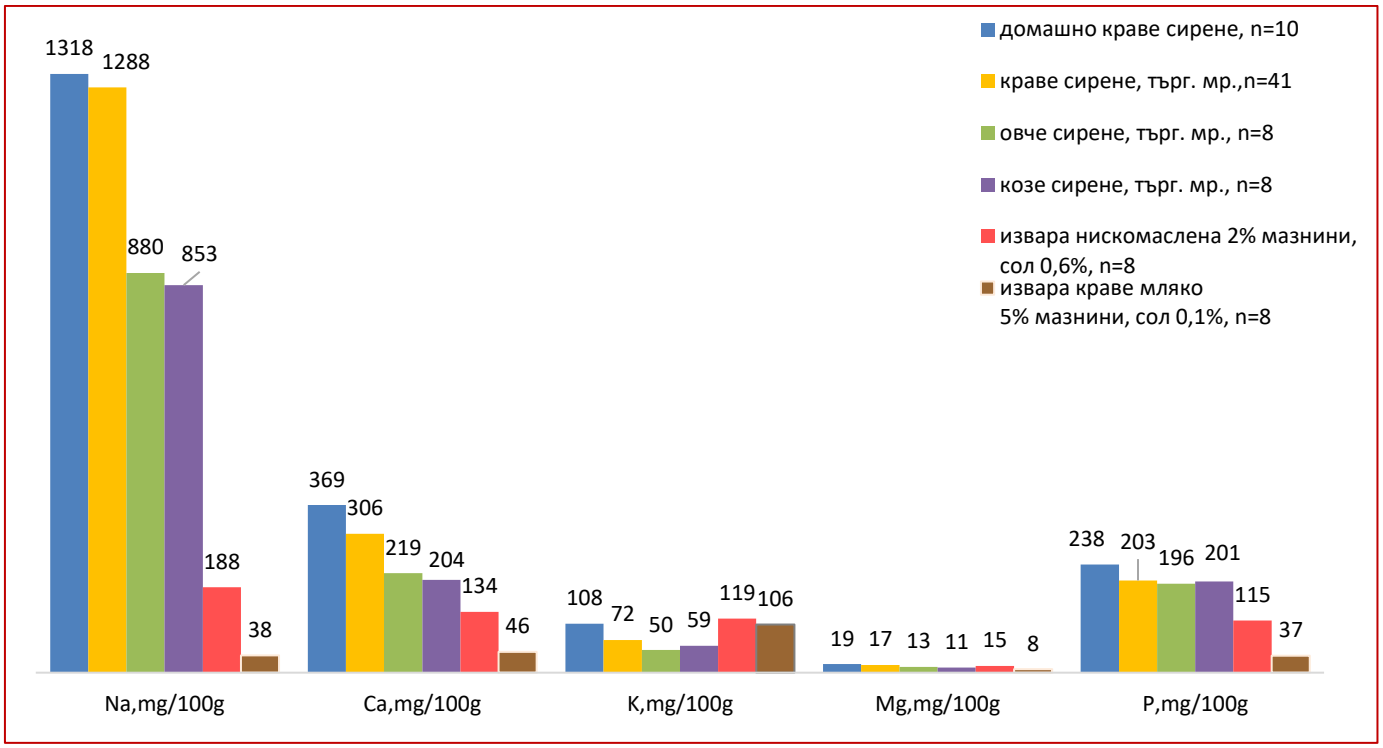
Седмдесет процента от калция в храната идва от мляко и млечни продукти, главно сирене, и приблизително 16% от някои зелени зеленчуци и сушени плодове, докато 6–7% се осигуряват от минерална вода. Калцият от растителни продукти се усвоява слабо поради фибрите и оксаловата киселина в зеленчуците и фитиновата киселина в зърнените продукти. Следователно, най-добрите източници на калций са обезмасленото мляко, киселото мляко и полуобезмасленото сирене, тъй като лактозата в тях подпомага усвояването на калций [Jarosz et al. 2020, Gracia-Marco 2020]. Алергията към протеина на кравето мляко е единственото противопоказание за консумация на мляко и млечни продукти. В случай на непоносимост към лактоза може да се консумира нисколактозно или безлактозно мляко [Woźniak et al. 2022].

Сирената са осолени, което допринася за висок прием на натрий. Въпреки това, сиренето осигурява широка гама от важни витамини (A, B6, B12, D и K), минерали (калций, йод, магнезий, калий, фосфор и цинк), мазнини, протеини и други микрокомпоненти [Weaver 2014].

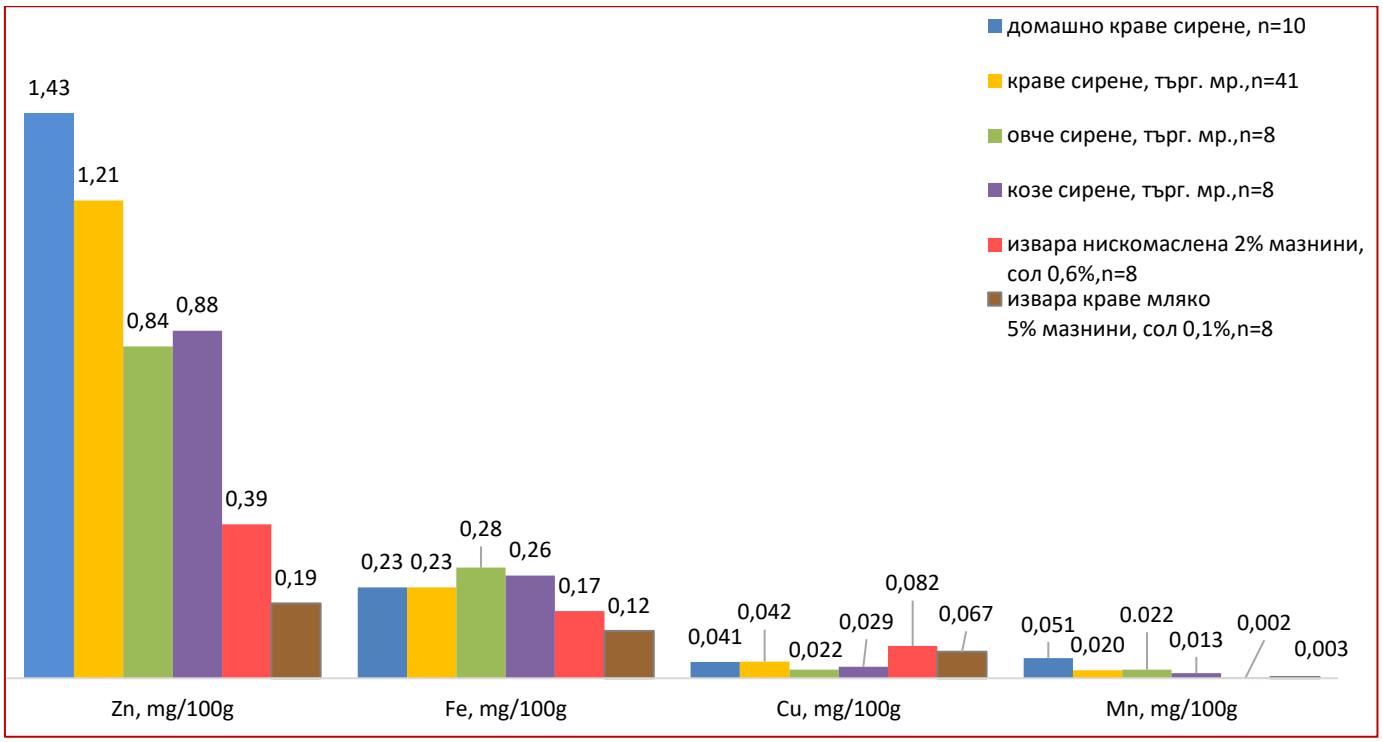
Съставът на сиренето варира в зависимост от произхода на млякото (вид и порода на животното), условията на отглеждане и технологията за производство на сирене (процес на коагулация, добавяне на сол и период на зреене) [Manuelian et al. 2017]. Също така,

разликите в съдържанието на минералния профил в сиренатa, могат да се обяснят с разликите в породата [Petrera et al. 2016], дехидратацията по време на производството на типа сирене [Ermolaev et al. 2020] и технологичния процес на производство на сирене [Manuelian et al. 2017]. Тези аспекти гарантират огромна променливост на набора от данни, което е от особено значение за разработването на модели за прогнозиране.

На **Фигура 5** е представено средното съдържание на изследваните минерали и микроелементи в домашно краве сирене, пазарни проби краве, овче и козе сирене и два типа извара - нискомаслена с 2% мазнини и извара с 5% мазнини.



Фиг. 5. Установено средно съдържание на минерали (горе) и микроелементи (долу) в краве, овче, козе сирене и извара от търговската мрежа и в домашно краве сирене



Съдържанието на **натрий** в изследваните млечни продукти е предимно резултат от процеса на осоляване по време на технологичната обработка. Най-високи концентрации на **калций** се установяват в домашното краве сирене, а най-ниски – в изварата от краве мляко с 5% масленост. Съдържанието на **калий** е най-високо в нискомаслената извара, като почти еднакви стойности се наблюдават при домашното краве сирене, изварата с 5% масленост, кравето сирене от търговската мрежа, както и при овчето и козето сирене. Концентрациите на **магнезий** са в сходен диапазон за всички изследвани продукти, като варират от най-високи при домашното краве сирене до най-ниски при изварата с 5% масленост.

Съдържанието на **фосфор** е най-високо в домашното краве сирене, следвано от близки по стойност концентрации в кравето сирене от търговската мрежа, козето и овчето сирене, както и в изварата. Най-високи концентрации на **цинк** се установяват в домашното краве сирене, а най-ниски – в изварата от краве мляко с 5% масленост. Стойностите на **желязо** в овчето, козето и кравето сирене са сходни и сравнително високи, като по-ниски концентрации се наблюдават и при двата вида извара. Съдържанието на **мед** е най-високо в изварата, като нискомаслената извара се характеризира с по-високи стойности. Най-високи концентрации на **манган** се установяват в домашното краве сирене, следвани от близки по стойност нива в овчето сирене, кравето сирене от търговската мрежа, козето сирене и изварата.

По-високите концентрации на минерали и микроелементи, особено **калий**, както и **калций**, **фосфор**, **мед**, **цинк** и **манган**, в домашното сирене вероятно се дължат на различия в използваната технология на производство.

Нискомаслената извара се характеризира с по-високи концентрации на **калий**, **калций**, **фосфор**, **магнезий**, **цинк** и **мед** в сравнение с изварата с 5% масленост.

Съгласно данни от научни публикации основната разлика между пълномаслените и нискомаслените млечни продукти се отнася до съдържанието на мазнини и съответно енергийната стойност, като по-голямата част от минералните и други хранителни вещества се съдържат в безмасления фракция на млякото [https://www.frieslandcampinainstitute.com/article/nutrient-levels-in-full-fat-versus-lower-fat-dairy/].

В заключение, млечните продукти представляват значим източник на Na, Ca, P, K и Mg и имат важна роля в здравословното хранене, като при консумацията им следва да се отчита количеството приет натрий.

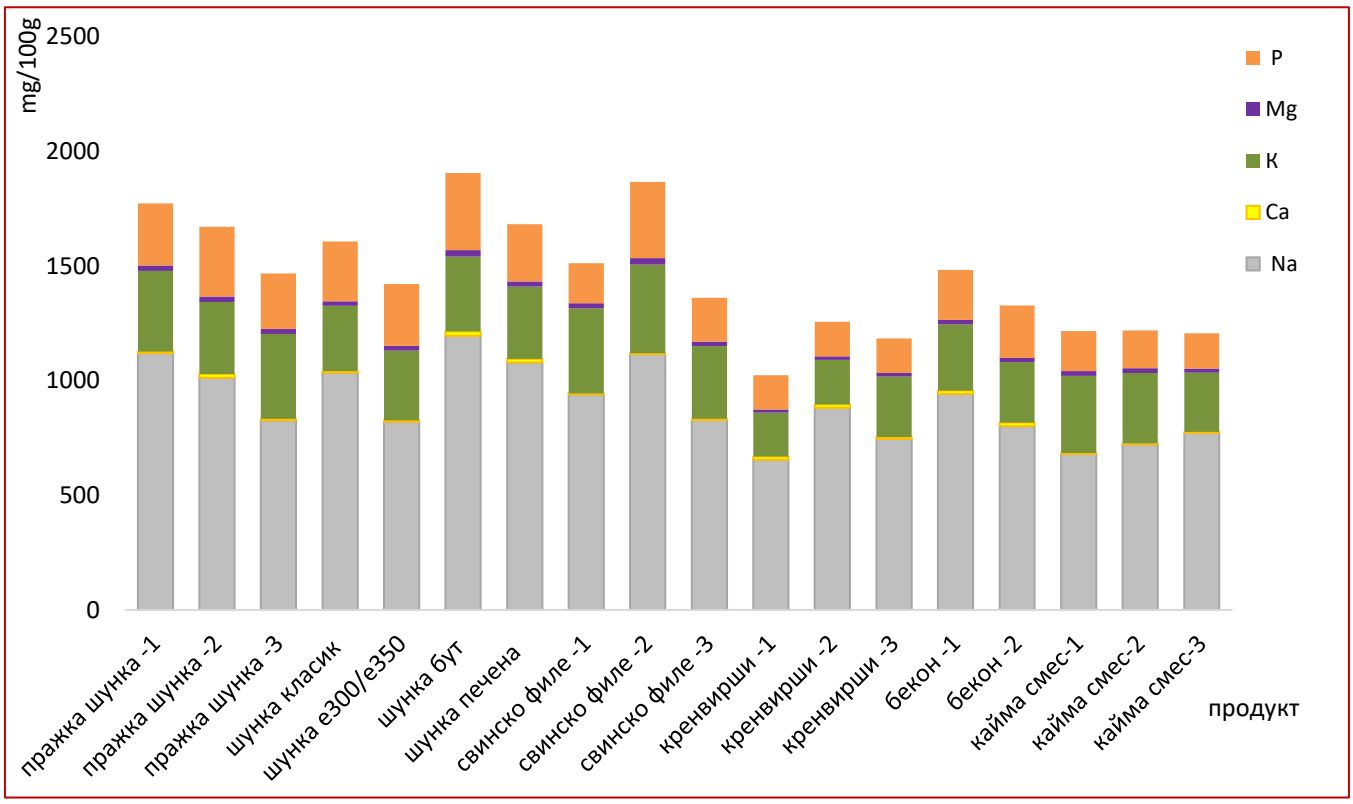
5) Група „Месо и месни продукти“

Месото е много популярна част от храната на хората. Понастоящем повечето от осемте милиарда жители на земята или ядат твърде много месо (в индустриалните страни), или почти не го консумират [Schöne et al. 2023]. На колбасите обикновено се гледа като на „удоволствие“ и потребителите са склонни да се съсредоточават върху положителните им качества по отношение на тяхната практичност, популярност и традиция, а не върху отрицателните - като съдържание на мазнини и други добавки, които се използват за овкусяване на храната [Hayes et al. 2011]. Важни за храненето са съдържанието на протеини, аминокиселини и редица микронутриенти, особено витамин B_{12}, желязо (Fe), селен (Se) и йод в месните продукти, произведени с йодирана сол. Мазнините, наситените мастни киселини, както и съдържанието на сол, заедно с по-високите нива на консумация, са оценени отрицателно в съветите за хранене в някои публикации [Bakaloudi et al.2021]. Според препоръки на МЗ за здравословно хранене за населението над 18 г. в Р България, е необходимо да се ограничава приема на мазнини, особено животинските, които при готвене да се заместват с растителни масла, и овкусяването на храната да се извършва с растителни подправки и овкусители, като лимонов сок и оцет [Национална програма за превенция на хроничните и незаразни болести 2014-2020].

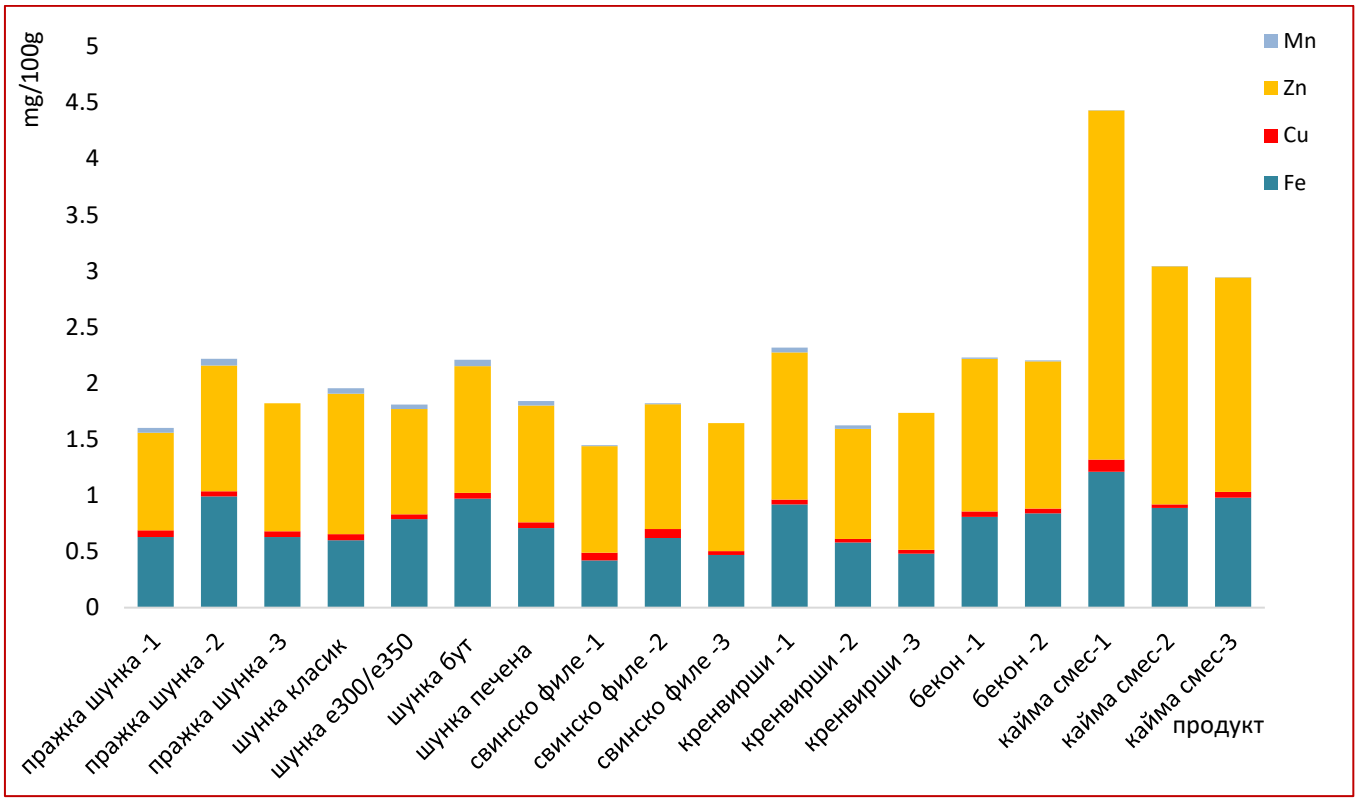
В настоящото проучване са изследвани общо 18 проби месни продукти: 7 проби от 5 вида шунка (пражка, класик, шунка бут, печена, шунка (е300/е350); 2 проби бекон; 3 проби свинско филе; 3 проби кайма смес и 3 проби кренвирши, от различни производители, показани в **Таблица 10 и Фиг. 6**.

Таблица 10. Установено съдържание на минерали и микроелементи в месни продукти

№	елемент / продукт	Na mg/100g	Ca mg/100g	Fe mg/100g	K mg/100g	Mg mg/100g	Cu mg/100g	Zn mg/100g	Mn mg/100g	P mg/100g
1	пражка шунка -1	1120±20	7,2±0,2	0,63±0,02	352±18	23,1±1,2	0,060±0,004	0,87±0,09	0,041±0,002	271±16
2	пражка шунка -2	1013±18	16,4±0,3	0,99±0,03	314±16	23,9±1,2	0,047±0,003	1,12±0,11	0,059±0,003	304±18
3	пражка шунка -3	826,5±14	6,8±0,1	0,63±0,02	371±19	21,6±1,1	0,050±0,003	1,14±0,11	-	241±14
4	шунка Класик	1035±18	6,7±0,1	0,60±0,02	285±14	20,5±1,0	0,056±0,004	1,25±0,13	0,050±0,003	261±16
5	шунка е300/е350	821±14	6,2±0,1	0,79±0,02	305±15	20,2±1,0	0,041±0,003	0,94±0,09	0,038±0,002	269±16
6	шунка бут	1196±21	19,3±0,4	0,97±0,03	327±16	27,1±1,4	0,052±0,003	1,13±0,11	0,058±0,039	337±20
7	шунка печена	1080±19	15,3±0,4	0,71±0,02	315±16	22,3±1,1	0,050±0,003	1,04±0,10	0,042±0,002	249±15
8	свинско филе -1	940±16	4,3±0,1	0,42±0,01	371±19	22,2±1,1	0,069±0,005	0,95±0,09	0,008±0,001	175±11
9	свинско филе -2	1116±19	4,8±0,1	0,62±0,01	387±19	27,5±1,4	0,081±0,005	1,11±0,11	0,009±0,001	333±20
10	свинско филе -3	829±14	5,3±0,1	0,47±0,01	316±16	20,2±1,0	0,034±0,002	1,14±0,11	-	192±12
11	кренвирши -1	655±11	14,7±0,3	0,92±0,03	191±10	13,5±0,7	0,044±0,003	1,31±0,13	0,044±0,002	149±9
12	кренвирши -2	882±15	14,4±0,3	0,58±0,02	195±10	15,0±0,8	0,032±0,002	0,98±0,10	0,032±0,002	151±9
13	кренвирши -3	746±13	7,8±0,2	0,48±0,01	264±13	16,4±0,8	0,035±0,002	1,22±0,12	-	150±9
14	бекон -1	942±16	14,0±0,3	0,81±0,02	289±14	20,5±1,0	0,048±0,003	1,36±0,14	0,010±0,001	218±13
15	бекон -2	802±14	15,6±0,3	0,84±0,02	264±13	18,8±0,9	0,044±0,003	1,31±0,13	0,009±0,001	229±14
16	кайма смес-1	680±12	3,7±0,1	1,21±0,04	337±17	20,8±1,0	0,110±0,007	3,11±0,31	0,003±0,0002	174±11
17	кайма смес-2	722±13	4,5±0,1	0,89±0,03	307±15	20,4±1,0	0,030±0,002	2,12±0,21	0,003±0,0002	165±10
18	кайма смес-3	772±13	4,8±0,1	0,98±0,03	259±13	17,3±0,9	0,051±0,003	1,91±0,19	0,002±0,0001	153±9



Фиг. 6. Установеното средно съдържание на минерали (горе) и микроелементи (долу) в колбаси, mg/100g



Установеното съдържание на **натрий** в изследваните месни продукти варира в диапазона от 655 mg/100g (кренвирши-1) до 1120 mg/100g (пражка шунка-1) и отразява главно добавянето на сол и внасянето на различни технологични добавки, като например натриев лактат за подобряване вкуса и удължаване срока на годност [Hayes et al. 2011], натриев нитрит за предотвратяване растежа на бактерията Clostridium botulinum, натриев фосфат за увеличаване разтворимостта на белтъка и др.

Съдържанието на **калций** в пробите е в доста широки граници от 3,7 mg/100g (кайма смес-1) до 19,3 mg/100g (шунка бут); месните продукти като цяло не са най-добрият източник на калций.

Установеното съдържание на **желязо** в изследваните проби е от 0,42 mg/100g (св. филе-1) до 1,21 mg/100g (кайма смес-1). Разликата идва от мускулния тип на месото [Ng Ken et al. 2016]. Различни разфасовки се състоят от различни пропорции от три вида мускулни влакна, които имат различен метаболизъм. Например съдържанието на желязо в предните мускули, е по-високо от това в задните мускули на крака на животното [Kim et al. 2008]. Типът желязо, който се намира в червеното месо (хемово желязо), по-лесно се абсорбира и усвоява от организма, отколкото желязото в растителните храни като бобови растения, ядки, семена и листни зелени зеленчуци (не хемово желязо) [Domaradzki et al. 2016]. Така че шунката може да се счита за важен източник на леснодостъпната форма на желязо (хемово желязо) и отличен източник на цинк, което се отразява и в публикация на Lucarini et al. 2013.

Калият варира от 191 mg/100g (кренвирши-1) до 387 mg/100g (св.филе-2). Т.е. високото му съдържание в месните продукти (шунка, свинско филе) доставя голяма част от дневната доза К на организма.

Съдържанието на **магнезий** в пробите е в сравнително тесен диапазон: от 13,5 mg/100g (кренвирши-1) до 27,5 mg/100g (св.филе-2).

Съдържанието на **мед** в пробите е в диапазона от 0,030 mg/100g (кайма смес-2) до 0,110 mg/100g (кайма смес-1).

Установеното съдържание на **манган** в различните месни продукти варира от 0,002 mg/100g (кайма смес-3) до 0,059 mg/100g (пражка шунка-2).

Съдържанието на **цинк** в изследваните проби е в диапазона от 0,87 mg/100g (пражка шунка-1) до 3,11 mg/100g (кайма смес-1). Месото е най-богатият източник на цинк в храната

[Abulude et al. 2007]. Абсорбцията на цинк от храна, богата на животински протеин, е по-голяма отколкото от храна от растителен произход.

Съдържанието на **фосфор** в изследваните проби е високо - в диапазона от 149 mg/100g (кренвирши-1) до 337 mg/100g (шунка бут). Получените резултати за P са от порядъка на данните, посочени в италианските таблици за състав на храните [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://detoxify.it/wp-content/uploads/2017/07/dietetica-Tabelle-Composizione-Alimenti.pdf] – съответно 177 mg/100g и 280 mg/100g или с данните в Датската таблица за състав на храните [https://frida.fooddata.dk/food/900?lang=en] - 107 mg/100g и 302 mg/100g, респ.

От направеното проучване за съдържание на минерали и микроелементи в месните продукти следва, че те не са добър източник на Ca, но пък доставят голяма част от дневната доза K (шунка, свинско филе), P (шунка и свинско филе, кайма), вероятно, защото P е мастноразтворим; хемово Fe (пражка шунка - 2, шунка бут, кайма смес-1), Zn (пражка шунка) и Mg (шунка и свинско филе) на организма. Направени проучвания от други автори [Menezes et al. 2018] демонстрират как съдържанието на микронутриенти в месото варира в зависимост от породата на животното, отглеждането, диетата, разфасоването и обработката на трупа.

Тъй като месните хранителни продукти се променят с течение на времето поради непрекъснатите иновации, въвеждани от хранително-вкусовата промишленост, националната база данни за хранителния състав трябва периодично да се надгражда и разширява. Следователно нашите данни могат да се използват от специалистите, за да формулират подходящи съвети за хранене, както и от потребителите, за да направят информиран избор за хранителен режим. От голямо значение е да се предоставят на потребителите точните способи за обработка на месни продукти, необходими за правилната им консумация. Всъщност тези храни са носител в диетата не само на микронутриенти, но и на наситени мазнини и натрий, които са рискови фактори за човешкото здраве [Lucarini et al. 2013].

6) Група „Зеленчуци“

Зеленчуците са основни компоненти на храната на човека, които съдържат важни хранителни вещества и микроелементи. Потребителите се насърчават да ядат повече

зеленчуци, тъй като са добър източник на витамини, минерали, хранителни влакнини и са полезни за здравето. Тези храни обаче могат да съдържат както полезни, така и токсични елементи в широк диапазон от концентрации [Bahemuka et al. 1999], а използването на торове и пестициди при тяхното отглеждане води до значително увеличение на съдържанието на тежки метали в земеделската почва **[**Esposito et al. 2019]. Следователно, консумацията на замърсени зеленчуци може да причини и сериозен риск за здравето [Jarup 2003].

За настоящото изследване, четиридесет и една проби от най-често консумираните зеленчуци: зелена салата (n=4), зелен лук (n=4), зелен чесън (n=3), спанак (n=4), киселец (n=4), лапад (n=6), коприва (n=4), червени репички (n=4), краставици (n=4) и домати (n=4), са събрани в техния специфичен период на отглеждане от зеленчукови насаждения, разположени в различни региони на страната и анализирани за наличие на минерали и микроелементи. Според направени изследвания, влошеното качеството на почвата е довело до забележимо понижаване съдържанието на минерали и микроелементи в храните, поради което са необходими по-отговорни проучвания, за да се вземат предвид множеството променливи, свързани с таблиците за химичния състав на храните [Marles 2017]. Съвременните интензивни селскостопански методи са намалили количеството на хранителни вещества в почвата, съдържанието на сухо вещество в зеленчуците е намаляло а съдържанието на вода се е увеличило значително. Възможно обяснение за по-ниските концентрации на минерални хранителни вещества, предложено от колектив Mayer et al. 2022, е свързано с промени в сортовете, селектирани за по-висок добив, бърз растеж, устойчивост на вредители, както и подбор на сортове, които ще реагират добре на използваните в момента методи на земеделие. Те предполагат, че тези промени могат да доведат до разлики между сортовете в способността им да извличат почвени минерали, да ги транспортират в растението и да синтезират протеини, витамини и други хранителни вещества.

От друга страна, голяма и непредсказуема степен на генетична изменчивост е причинила на други сортове повишени нива на хранителни вещества. Авторите отбелязват, че растенията не могат да растат или да бъдат жизнеспособни търговски зеленчукови и овощни култури, без да набавят минералите и да синтезират собствения си необходим широк спектър от хранителни вещества. Наличните в момента зеленчуци и плодове остават

храни с висока хранителна стойност, така че диета, богата на зеленчуци, плодове, пълнозърнести храни, ядки и бобови все още осигурява хранителните вещества, от които се нуждаем за добро здраве [Marles 2017].

Съгласно Хранителната пирамида на Министерството на земеделието на САЩ, се препоръчва най-малко пет порции зеленчуци на ден, поради огромните им ползи за здравето. Зеленчуците са добър източник на минерали като K, Fe, Na, Ca и Mg и витамини като провитамин A, витамин C и витамини от B комплекс заедно с витамин K. Почти всички зеленчуци са важни заради своите пигменти (каротеноиди, флавоноиди, антоцианини, хлорофили) и феноли. Зеленчуците не само осигуряват храненето, но и допринасят за текстурата, цвета и вкуса на крайната храна [Das et al. 2023].

В **Таблица 11** по-долу са посочени установените средни концентрации на изследваните микронутриенти в анализираните зеленчуци.

Таблица 11. Установено средно съдържание на минерали и микроелементи в зеленчуци

елемент / продукт	Na mg/100g	Ca mg/100g	Fe mg/100g	K mg/100g	Mg mg/100g	Cu mg/100g	Zn mg/100g	Mn mg/100g	P mg/100g
зел.салата n=4	17,3±0,3 (9,5÷34,8)	83,2±1,6 (63÷111)	0,52±0,03 (0,30÷0,86)	394±20 (328÷466)	25,4±1,3 (19,0÷30,5)	0,07±0,005 (0,05÷0,08)	0,25±0,03 (0,20÷0,28)	0,28±0,014 (0,18÷0,40)	29,0±1,7 (11,0÷53,3)
спанак n=4	155±3 (28,1÷347)	118±2,2 (90,0÷187)	1,30±0,07 (0,93÷1,84)	363±18 (221÷514)	84,8±4,2 (73÷98)	0,10±0,007	0,54±0,05 (0,35÷0,67)	0,45±0,023 (0,32÷0,75)	38,0±2,3 (31,5÷43,1)
зелен лук n=4	5,6±0,1 (3,0÷8,8)	74,8±1,4 (38÷124)	0,31±0,02 (0,22÷0,43)	230±12 (198÷257)	15,4±0,8 (14÷17)	0,07±0,005	0,20±0,02 (0,18÷0,22)	0,17±0,009 (0,08÷0,32)	25,1±1,6 (21,9÷28,4)
зелен чесън n=3	4,7±0,1 (2,8÷8,3)	117±2,2 (79÷183)	0,65±0,03 (0,48÷0,98)	425±21 (400÷441)	25,3±1,3 (18÷38)	0,10±0,007	0,29±0,03 (0,20÷0,37)	0,17± 0,009 (0,13÷0,20)	50,0±3,3 (19,2÷83,2)
киселец n=4	2,2±0,04 (1,7÷3,4)	80,8±1,5 (49÷227)	1,50±0,08 (1,02÷2,00)	358±18 (310÷409)	61,0±3,1 (47÷80)	0,09±0,006 (0,08÷0,10)	0,38±0,04 (0,33÷0,49)	0,94±0,047 (0,41÷1,49)	36,7±2,4 (31÷45)
лапад n=6	4,8±0,1 (3,0÷9,8)	85,6±1,6 (51,1÷124)	1,40±0,07 (0,75÷2,42)	632±32 (500÷732)	70,0±3,5 (60÷80)	0,16±0,010 (0,10÷0,20)	0,56±0,06 (0,38÷0,75)	0,48±0,024 (0,21÷0,83)	55,4±3,3 (28,2÷81,8)
коприва n=4	3,6±0,1 (2,7÷5,5)	518±9,8 (306÷768)	2,00±0,10 (1,12÷3,64)	475±24 (414÷578)	86,0±4,3 (70÷112)	0,20±0,013 (0,17÷0,24)	0,58±0,06 (0,42÷0,74)	0,57±0,029 (0,22÷0,87)	82,4±4,9 (81,3÷84,8)
червени репички, n=4	20,2±0,4 (16÷24)	19,3±0,4 (14,9÷24,7)	0,30±0,02 (0,23÷0,35)	248±12 (204÷282)	63,0±3,2 (60÷66)	0,06±0,004 (0,05÷0,08)	0,18±0,02 (0,16÷0,19)	0,06±0,003 (0,05÷0,07)	17,9±1,1 (7,7÷28,4)
краставици n=4	2,2±0,03 (1,7÷3,0)	14,5±0,3 (11÷17,5)	0,13±0,01 (0,10÷0,16)	161±8 (121÷207)	11,1±0,6 (10,0÷13,5)	0,04±0,003 (0,04÷0,05)	0,14±0,01 (0,12÷0,18)	0,04±0,002 (0,03÷0,05)	20,6±1,2 (13,5÷27,8)
домати n=4	2,1±0,04 (1,2÷2,5)	12,6±0,2 (7,4÷18)	0,18±0,01 (0,13÷0,32)	280±14 (212÷373)	13,6±0,7 (11,0÷19,5)	0,05±0,003 (0,04÷0,05)	0,13±0,01 (0,10÷0,16)	0,07±0,004 (0,04÷0,10)	25,6±1,5 (20,6÷32,4)

Съдържанието на **натрий** в зеленчуците варира в интервал от 2,1 mg/100g (домати) до 155 mg/100g (спанак), т.е. има и по-високи стойности на натрий, което може да се обясни с процесите на наторяване и обогатяване на почвата.

Установените средни стойности на **калий** са от 161 mg/100g (краставици) до 632 mg/100g (лапад). **Калцият** е в диапазон от 12,6 mg/100g (домати) до 518 mg/100g (коприва); стойностите за **магнезий** са от 11,1 mg/100g (краставици) до 86,0 mg/100g (коприва).

Нивата на **фосфор** са в сравнително широк интервал от 17,9 mg/100g (червени репички) до 82,4 mg/100g (коприва).

Най-ниски стойности на **желязо** имат краставиците 0,13 mg/100g, а най-високи - копривата с 2,00 mg/100g, следвана от киселеца 1,50 mg/100g, лапада 1,40 mg/100g и спанака 1,30 mg/100g.

Стойностите за **мед** варират от 0,04 mg/100g (краставици) до 0,20 mg/100g (коприва).

За **цинк** вариациите са от 0,13 mg/100g (домати) до почти еднаквите 0,58 mg/100g (коприва), 0,56 mg/100g (лапад) и 0,54 mg/100g (спанак).

Манганът в зеленчуците е в диапазон от 0,04 mg/100g (краставици) до впечатляващите 0,94 mg/100g (киселец).

Абсолютният фаворит при зеленчуците е *копривата (*получените резултати са близки или много сходни с изследване от авторски колектив Bhusal et al. 2022), следвана от *лапада* и *киселеца.*

Копривата (*Urtica dioica* L.) е диворастящо тревисто многогодишно цъфтящо растение. Европа, Азия, Северна Африка и Северна Америка са дом на копривата. Това е растение, което е годно за консумация и има хранителни и лечебни свойства **[**Bhusal et al. 2022]. Копривата има противовъзпалително, аналгетично, антиинфекциозно действие, с хипотензивни и противоязвени характеристики и има важно значение при превенцията на сърдечно-съдови заболявания [Said et al. 2015]. От друга страна копривата, освен високо съдържание на минерали и микроелементи, има значително по-високо съдържание на танин, общо съдържание на полифеноли, каротеноиди, антиоксидантна активност и калорична стойност. Биоактивността на тези функционални компоненти може да бъде важна за превенцията на артрит, ревматизъм и рак **[**Bhusal et al. 2022].

В направеното проучване получените данни за съдържание на микронутриенти в *спанак* се доближават до стойности от други автори с малки уточнения. Например

стойностите, получени за натрий и магнезий, са малко по-високи от публикуваните от полски автори [Lisiewska et al. 2009], а стойността на калций е по-ниска. Останалите минерали и микроелементи имат почти пълно съвпадение с публикуваните.

Спанакът (*Spinacia oleracea* L.) е листен зеленчук, принадлежащ към семейство Щирови (*Amaranthaceae*), произлизащо от Централна и Западна Азия. Той е важен листен зеленчук, широко разпространен като функционална храна поради хранителния си състав, който се дължи на съдържанието му на минерали (желязо, мед, фосфор, цинк, селен), витаминен комплекс (ниацин и фолиева киселина), аскорбинова киселина и омега-3-мастни киселини, заедно със специализирани метаболити като флавоноидни производни и 20-хидроксиекдизон [Cerulli et al. 2024].

Марулята (*Lactuca sativa*)/зелена салата е един от най-консумираните зеленчуци в света със средна дневна консумация от 22,5g на човек в Европа, което представлява около 6,5% от общия хранителен прием на зеленчуци [Pinto et al. 2014]. Зелената салата съдържа няколко микронутриента (напр. Ca, Mg, K, Fe, Mn, Cu и Zn), които се считат за основни за хората. Известно е също, че зелената салата е отличен източник на фитонутриенти, като хлорофили и каротеноиди [Pinto et al. 2015]. Получените резултати за съдържание на микронутриенти са в добро съответствие с данни, публикувани от други автори [Freitas et al. 2015, Pinto et al. 2014]; в проучване на Pinto et al. 2014 е подчертано, че хранителната стойност на зелената салата силно зависи от етапа на растеж и състава на почвата. Минералният състав на изследваните зелени салати е много близък до публикувани резултати от португалски учени [Pinto et al. 2014].

Лападът *(Rumex)* принадлежи към семейство Лападови и е много разпространен по целия свят: Европа, Азия, Африка и Северна Америка, но главно в северното полукълбо [Vasas et al. 2015]. Надземни стебла, пресен сок от растенията, листа, корени и семена, това са частите, използвани най-вече в традиционната медицина при различни заболявания [Kulp et al. 2006, Smolarz et al. 2007].

Киселецът (*Rumex acetosa*) е многогодишно тревисто растение от семейство Лападови (*acetosa* е латинско наименование за оцет), [Bello et al. 2019]. Острият вкус на растението се дължи на оксаловата киселина [Barbu et al. 2021, Bello et al. 2019], която се счита за антихранително съединение, тъй като се свързва с важни минерали като желязо и калций и предотвратява тяхното усвояване [Hedges et al. 2007, Korpelainen et al. 2020].

Публикувани данни за химичен анализ на лапад и киселец, които да отговарят на продуктите от нашите географски ширини, са доста оскъдни. Но все пак установеното съдържание на микронутриенти за пролетния зеленчук киселец, има добро покритие с публикуваните резултати от Siener et al. 2006. В Датската база данни за храни [https://frida.fooddata.dk/] киселецът и лападът са представени в група „Билки“и техните данни са по-ниски от получените в настоящото проучване.

Доматите (*Solanum lycopersicum*) са богати на антиоксиданти и в частност ликопен, а редица изследвания разглеждат връзката между консумацията на домати и приносът им за здравето на сърдечно-съдовата и костната системи, както и при превенцията на рак на простатата. През последния половин век плодът на култивирания домат (Lycopersicon esculentum), обикновено считан за зеленчук, се превърна в популярна и много консумирана храна не само у нас, но и например в Съединените щати. Производството на домати там се нарежда на второ място след картофите [Beecher 1998]. Представените данни за минерале състав на домати са със стойности близки с резултати за така наречения органичен домат от статия на южноамерикански автори [Vélez-Terreros et al. 2021] и с данните на авторски колектив Olives et al. 2008.

Червените репички (*Raphanus sativus*) са източник на хранителни вещества и фитохимикали, особено протеини, глюкозинолати, флавоноиди, β-каротин и минерали. Те могат да се използват като суровина за разработването на хранителни добавки, насочени както към инфекциозни, така и към незаразни заболявания [Gamba et al. 2021]. Ядливата част е основно коренът който се консумира в салати, но може също да се готви заедно с други зеленчуци. Резултатите, получени в направеното проучване, са близки до публикуваните от чужди автори, които докладват съдържанието на база сухо вещество [Ekholm et al. 2007].

Краставицата (*Cucumis sativus*) съдържа вода (95%), малко количество протеини (0,6%), мазнини (0,1%), въглехидрати (2,2%) и хранителни влакнини, които са полезни за човешката храносмилателна система. Тя е ценен източник на тиамин, ниацин, витамин С и минерали, особено Ca, K, естествен Na. Освен това е богата на няколко полифенола и фитохимикали с антиоксидантно, антиканцерогенно, противовъзпалително свойство в допълнение към употребата им при лечение на различни кожни заболявания [Das et al. 2022].

Данните за минерали и микроелементи от проучването имат почти пълно съвпадение с изследвания от колектив Ekholm et al. 2007.

Лукът (*Allium cepa* L.) е древна и ценна зеленчукова/ полска култура, необходима за храненето на хората по целия свят. Като зеленчукова култура се нарежда на второ място след производството на домати [Ashraf et al. 2004]. Установените данни от настоящото проучване са сравними с тези, публикувани от авторски колектив от UK [Chope et al. 2009].

Чесънът (*Allium sativum* L.) е зеленчук (кулинарна подправка), който се консумира широко по целия свят като овкусител и билково лекарство [https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108577]. Има отлична биологична активност в превенцията на сърдечно-съдови заболявания и антипатогенни микроорганизми чрез съдържанието на алицин, за лечение на различни видове бактериални инфекции. В различни части на здравите скилидки чесън се съдържат две съвсем различни вещества - алиин (alliin) и ензимът алииназа (aliinase) [Allicin, Wikipedia]. Едва когато скилидките биват смачкани и се наруши целостта им, ензимът алииназа катализира формирането на алицин от наличния алиин [Allicin, Wikipedia, Borlinghaus et al. 2014]. Резултатите от настоящото проучване са сходни с публикуваните от други автори през 2020 г. [Polyakov et al. 2020]. Причината за възникващите разлики между отчетените стойности за минерални концентрации в лук и чесън вероятно се дължи на комбинация от фактори, включително условията на отглеждане преди прибиране на реколтата, третиране след прибиране на реколтата, аналитични методи и генотип.

Вниманието към пресни, функционални храни нараства, породено от повишения интерес на потребителите към диети, които поддържат здравето и дълголетието. Зелените листни зеленчуци са основни източници на хранителни вещества и антиоксиданти. Световната здравна организация (СЗО) подчертава в своя годишен доклад за 2021г., че консумацията на безопасни и качествени храни е предпоставка за добро здраве [Atitsogbey et al. 2023]. Пресните листни зеленчуци са важна част от здравословните диети, които могат да помогнат за повишаване на имунитета чрез осигуряване на основни хранителни вещества като витамини, минерали и хранителни влакнини [Maffei et al. 2013]. Редица проучвания показват, че зелените листни зеленчуци осигуряват защитни механизми срещу незаразни заболявания като сърдечно-съдови заболявания, диабет, наднормено тегло и затлъстяване и

някои видове рак [Maffei et al. 2013, Adak 2020, Tang et al. 2017, Alissa et al. 2017, Saini et al. 2017].

7) Група „Плодове“

Готовността да се консумират плодове е свързана по-скоро от изпитването на сетивно удоволствие от храната отколкото със здравни ползи [Kremer-Sadlik et al. 2022].

Плодовете съдържат органична киселина в тъканта си и нейната киселинност намалява със зрелостта, затова узрелите плодове са по-сладки от неузрелите. Състоят се от повече от 70% вода, а плодовите сокове които се приготвят чрез механично раздробяване и изстискване на плодови тъкани, заедно с пектинови вещества, захари, ароматни съединения, някои витамини, минерали, фенолни вещества, помагат за предотвратяване на оксидативния стрес, тъй като имат антиоксидантни свойства [Mangas et al. 1994, Das et al. 2023].
Плодовете и зеленчуците са подходящи за сушене поради краткия им срок на годност, който може да се удължи по този начин и да се създадат уникални сензорни характеристики [Reis et al. 2022].

Изследвани са ***двайсет и шест*** проби плодове: ягоди (n=4), череши (n=6), вишни (n=3), кайсии (n=6), праскови (n=3) и ябълки (n=4) от различни пазари в София и страната както и от частни домове.
В **Таблица 12** са представени концентрациите на изследваните в плодовете микронутриенти.

Таблица 12. Установено средно съдържание на минерали и микроелементи в плодове

елемент / продукт	Na mg/100g	Ca mg/100 g	Fe mg/100 g	K mg/100 g	Mg mg/100 g	Cu mg/100 g	Zn mg/100 g	Mn mg/100 g	P mg/100 g
ягоди n=4	0,9±0,02 (0,7÷1,2)	23,6±0,5 (16÷30)	0,27±0,01 (0,20÷0,42)	149±8 (132÷180)	11,8±0,6 (9,5÷14,5)	0,05±0,003 (0,04÷0,05)	0,12±0,01 (0,10÷0,13)	0,20±0,010 (0,16÷0,26)	16,8±1,0 (12,2÷19,2)
череши n=6	0,8±0,01 (0,5÷1,2)	17,6±0,3 (12,0÷24,5)	0,20±0,01 (0,15÷0,28)	234±12 (174÷289)	11,5±0,6 (8÷17)	0,09±0,006 (0,07÷0,10)	0,09±0,01 (0,07÷0,10)	0,08±0,004 (0,05÷0,18)	22,5±1,4 (17,2÷25,9)
вишни n=3	1,0±0,02 (0,6÷1,3)	17,0±0,3 (11,5÷21,5)	0,26±0,01 (0,24÷0,27)	258±13 (226÷282)	12,3±0,6 (11÷13)	0,10±0,007 (0,09÷0,11)	0,08±0,01 (0,05÷0,10)	0,10±0,005 (0,07÷0,15)	21,8±1,3 (19,7÷23,3)
кайсии n=6	1,5±0,03 (1,0÷3,0)	14,5±0,3 (9,5÷21,0)	0,23±0,01 (0,18÷0,29)	292±15 (196÷437)	9,8±0,5 (7,5÷13,0)	0,09±0,0059 (0,06÷0,12)	0,16±0,02 (0,11÷0,21)	0,08±0,004 (0,05÷0,14)	21,8±1,3 (16,7÷31,5)
праскови n=3	2,9±0,05 (1,4÷4,3)	4,9±0,1 (3,3÷6,5)	0,10±0,003 (0,07÷0,13)	187±10	8,0±0,4 (7,5÷8,5)	0,12±0,008 (0,10÷0,13)	0,14±0,01 (0,12÷0,16)	0,05±0,003 (0,04÷0,06)	22,8±1,4 (22,6÷22,9)
ябълки n=4	1,4±0,02 (1,2÷1,5)	3,9±0,1 (2,7÷4,8)	0,14±0,004 (0,09÷0,25)	143±7 (88÷172)	5,6±0,3 (5,0÷6,5)	0,04±0,003 (0,03÷0,05)	0,06±0,01 (0,04÷0,07)	0,04±0,002 (0,02÷0,05)	11,6±0,7 (7,8÷13,9)

Установената средна стойност на **натрий** (Na) в изследваните плодове, показва естественото съдържание и варира в диапазона от 0,8 (череши) до 2,9 (праскови) mg/100g. С най-ниски средни стойности на **калий** (K) са ябълките (143 mg/100g), а с най-високи са кайсии (292 mg/100g), вишни (258 mg/100g) и череши (234 mg/100g). Средното съдържание на **калций** (Ca) е от 3,9 mg/100g (ябълки) до 23,6 mg/100g (ягоди). Средното съдържание на **магнезий** (Mg) в плодовете е в диапазон от 5,6 mg/100g (ябълки) до 12,3 mg/100g (вишни), 11,8 mg/100g (ягоди) и 11,5 mg/100g (череши).

Фосфорът (P) в плодовете е в интервал от 11,6 mg/100g (ябълки) до почти еднаквите стойности от 21,8 mg/100g до 22,8 mg/100g (кайсии, вишни, череши, праскови).

Установеното средно съдържание на **желязо** (Fe) е от 0,10 mg/100g (праскови) до 0,26 mg/100g (вишни) и 0,27 (ягоди) mg/100g. Средното съдържание на **мед** (Cu) е от 0,04 mg/100g (ябълки) до 0,12 mg/100g (праскови). Установеното средно ниво на **цинк** (Zn) е в диапазона от 0,06 mg/100g (ябълки) до 0,16 mg/100g (кайсии). Средната концентрация на **манган** (Mn) при плодовете варира от 0,04 mg/100g (ябълки) до 0,20 mg/100g (ягоди).

Кайсията е сезонен плод и трябва или да се консумира бързо, или да се третира по подходящ начин, за да се забави развалянето. Получените резултати за минералния състав са сходни с данни от статия на Das et al. 2023.

Вишните имат по-ниско съдържание на захар и по-високо съдържание на киселина от сладкия си аналог черешите. Вишни с по-високо съдържание на захар стават все по-често срещани на пазара на пресни плодове през последните десетилетия. Европа е най-големият производител (най-вече европейската част на Русия и Турция) на този овощен вид [Isik et al. 2018]. Трудно се откриват данни за вишните, но все пак в доклад от 2016 г. [Ionete et al. 2016], има изнесени данни за съдържанието на минерали и микроелементи, които са в добро сходство с настоящото проучване, като при нашето изследване съдържанията на К (258 mg/100g) и Р (21, 8 mg/100g) са малко по-високи. Получените данни за череши са в добро съвпадение с публикуваните от гръцки автори при сорт Regina [Papapetros et al. 2018].

Праскови (и нектарини), кайсии и череши са сред най-възхитителните налични плодове и се отглеждат за семейна консумация или за продажба на местните и/или световните пазари [Miloševi ć et al. 2013]. Плодовете на вишната (и дряна) са по-малко подходящи за директна консумация. На жаргон те често се наричат „промишлени“овощни

култури поради плодовете си, които се използват предимно за преработка в сокове, сиропи, конфитюри [Milošević et al. 2020].

Резултатите от проучването за ягоди са сходни с данни от други автори, с малки изключения - за калий и мед, които са по-високи в настоящото проучване, и за манган, който е по-нисък) [Yu Juan et al. 2015, Hakala et al. 2003, Ekholm et al. 2007].

Праскови и ябълки също имат сходни резултати с публикуваните от финландски автори (на база сухо вещество) съответно Peach, *Prunus persica 10,9%* (праскови: (K-206; Ca-6,54; Mg-9,80; P-21,8; Fe-0,25; Cu-0,109; Zn-0,109; Mn-0,065) mg/100g) *и* Apple *Malus* sp. *11,4%* (ябълки: (K-109; Ca-4,60; Mg-5,70; P-9,12; Fe-0,13; Cu-0,034; Zn-0,011; Mn-0,022) mg/100g) [Ekholm et al. 2007]. Като цяло ябълките са „най – бедни“на микронутриенти, но те имат едно голямо предимство - консумират се целогодишно.

Плодовете, освен атрактивния си цвят, вкус и аромат, не съдържат холестерол, съдържат голямо количество вода и са нискокалорични, което е свързано с липсата на липиди (с изключение на някои видове, като авокадо и маслини).

Подобряването на количеството на микро- и макроелементи в различните видове плодове, чрез прилагането на традиционни и нови геномни техники за растителна селекция, може да донесе много ползи за здравето на потребителя, дори и при по-ниска консумация [Sabbadini et al. 2021].

Значението на разнообразието от плодове и зеленчуци в човешката храна за поддържане на добро здраве е добре установено. През 2003 г. Световната здравна организация и Организацията по прехрана и земеделие, препоръчаха прием от минимум 400 g/ден плодове и зеленчуци. Докладът EAT Lancet за 2019 г. включва здравословна диета от 300 g зеленчуци и 200 g плодове. Преглед от 2019 г. на диетични насоки, базирани на храни (FBDG food-based dietary guidelines) от всичките 100 държави, в които FBDG са налични (включително България) показва, че най-често срещаните съобщения, свързани с плодовете и зеленчуците, са „Яжте всеки ден“ и „Яжте разнообразно“, а около една пета от насоките призовават „Яжте повече“ [Kennedy et al. 2021].

8) Група „Подправки – пресни“

Подправките идват от различни части на растението и се използват за придаване на аромати на храната. Те имат история на традиционна употреба, със силна роля в различните

култури и в оценяването на храната и нейните връзки със здравето. Истинското предизвикателство не е да се докаже дали имат ползи за здравето, а да се дефинират какви са тези ползи и да се разработят методи за разкриването им с научни средства. [Tapsell et al. 2006]. Днес подправките могат да се използват за повишаване на приемливостта на храните и подобряване на вкусовите им качества. Проучване на Световната здравна организация показва, че около 70-80% от населението на света разчита на неконвенционална медицина, главно от билкови източници, в първичната си здравна помощ [Chan 2003].

Древни египетски писмени текстове съобщават за употребата например на копъра 1500 г. пр. н. е. (https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822716-9.00003-2). Копър (*Anethum graveolens*) се е консумирал в далечни времена, за да подпомогне храносмилането, а магданоз е бил използван за първи път в храната от римляните [Stefanaki et al. 2021].

Магданозът (*Petroselinum crispum* Mill.) е една от основните билки, използвани за подобряване на цвета, вкуса и аромата на хранителни ястия. Освен това той е привлякъл вниманието на изследователите към неговата хранителна стойност и благоприятни за здравето ефекти, които са свързани с биоактивни съединения като полифеноли (напр., флавони, бифлавоноиди) [Sales de Oliveira et al. 2022].

Джодженът (*Mentha spicata L.)* е многогодишно тревисто растение от семейство Устноцветни (Lamiaceae). Той представлява разновидност на ментата, произхождаща от Европа и Азия**.** От незапомнени времена той е бил широко използван заради своите етнофармакологични свойства по целия свят.

Направено е проучване на *тринадесет* проби зелените листни подправки: магданоз (n=6), копър (n=4), джоджен (n=3) от различни пазари в София и страната, както и от частни дворове.

В **Таблица 13** са представени концентрациите на изследваните микронутриенти в зелените листни подправки.

Таблица 13. Установено средно съдържание на минерали и микроелементи в зелени листни подправки

елемент / продукт	Na mg/100 g	Ca mg/100 g	Fe mg/100 g	K mg/100 g	Mg mg/100 g	Cu mg/100 g	Zn mg/100 g	Mn mg/100 g	P mg/100 g
магданоз n=6	60,7±1,1 (3,2÷145)	223±4 (109÷545)	1,60±0,05 (0,99÷2,43)	531±27 (336÷756)	46,7±2,3 (37÷54)	0,14±0,01 (0,12÷0,17)	0,53±0,05 (0,27÷1,1)	0,75±0,04 (0,43÷1,00)	56,4±3,4 (32,7÷67,1)
копър n=4	83,6±1,5 (73,2÷98,2)	225±4 (212÷240)	1,52±0,05 (0,75÷2,32)	548±27 (474÷584)	61,8±3,4 (43÷88)	0,16±0,01 (0,12÷0,22)	0,61±0,06 (0,43÷1,00)	0,69±0,04 (0,61÷0,78)	46,4±2,8 (34,6÷66,6)
джоджен n=3	3,9±0,1 (3,5÷4,2)	272±5 (175÷347)	2,80±0,08 (1,24÷5,88)	573±29 (410÷806)	56,0±2,8 (54÷59)	0,19±0,01 (0,14÷0,26)	0,57±0,06 (0,46÷0,76)	0,79±0,04 (0,52÷1,00)	64,5±3,9 (44,9÷75,2)

При зелените листни подправки съдържанието на **натрий** е подобно на това при зеленчуците: от 3,9 mg/100g (джоджен) до 83,6 mg/100g (копър), като при магданоз нивата се движат в доста широки граници - от 3,2 mg/100g до 145 mg/100g, т.е. и тук има по-високи стойности, които може да са следствие от обогатяване на почвата. Резултатите, получени за джоджен, показват естествено съдържание, тъй като продуктите са от места, където от години почвата не се подлага на никаква обработка. **Калият** в зелените листни подправки е в диапазон от 531 mg/100g (магданоз) до 573 mg/100g (джоджен); както и при натрия тези резултати може да са повлияни от наторяване на почвата, но при коприва, лапад, киселец и джоджен, със сигурност това твърдение не се потвърждава, защото са от места, където почвата не се подлага на земеделска обработка и обогатяване с тор. Установените средни стойности на **калций** са от 223 mg/100g (магданоз) до 272 mg/100g (джоджен). Зелените листни подправки са със сравнително близки стойности на **магнезий** между 46,7 mg/100g (магданоз) и 61,8 mg/100g (копър), и на **фосфор** между 46,4 mg/100g (копър) и 64,5 mg/100 g (джоджен); имат високи стойности на **желязо** от 1,52 mg/100g (копър) до 2,80 mg/100g (джоджен) и са богати на **мед** - от 0,14 mg/100g (магданоз) до 0,19 mg/100g (джоджен). Стойностите на **цинк** са близки до тези на зеленчуците - от 0,53 mg/100g (магданоз) до 0,61 mg/100g (копър). Зелените листни подправки също имат сериозни количества **манган** от 0,69 mg/100g (копър) до 0,79 mg/100g (джоджен).

В обобщение: Според данните от проучването съдържанието на изследваните минерали и микроелементи е много високо във всички зелени листни подправки. Но все пак първото място е за *джоджена.*

Поради малките количества, в които се консумират отделните „билки“, не дават значителен принос на основни хранителни вещества в диетата, а поради силният им вкус, те могат да бъдат средство за намаляване на солта или захарта в храната [Hedges et al. 2007].

Нашите резултати за минералното съдържание на подправките показват малки разлики в сравнение с литературата [Frida fooddata.dk 2019] (що се касае за магданоз и копър). Тези разлики, както и диапазоните на вариация в самите зеленчукови продукти, могат да се дължат на условия на растеж, генетични фактори, географски различия и аналитични процедури [Frida fooddata.dk 2019].

Сравнението на настоящите резултати от изследването с публикуваните в литературата (най-вече джоджен) като цяло обаче е трудно, тъй като няма съответствие на

стойностите, докладвани от различни автори, поради влиянието на променливите на околната среда [Potortì et al. 2020].

Настоящата разработка се опитва да допринесе за познаването на хранителната стойност на подправките. В допълнение, познаването на минералното съдържание на зелените листни подправки е от голям интерес за човешкото здраве.

V. 3. Сравнение на изследваните групи храни по минерали и микроелементи

Сравнението на резултатите по елементи в изследваните групи храни е представено в **Таблица 14** и графично илюстрирано на **фиг. 7, 8, 9, 10, 11 (за минерали) и фиг. 12, 13, 14, 15 (за микроелементи**):

Минерали

Най-високо е съдържанието на **натрий** при продуктите, които се овкусяват със сол (ядки, сирене, хляб), както и при тези, при които се използват добавки със стабилизираща функция (месни). По принцип естественото съдържание на натрий е ниско: 1,4 mg/100g (сурови белени слънчогледови семки); 2,4 mg/100g (орехи сурови); 8,3 mg/100g (печени слънчогледови семки без сол); 39,5 mg/100g (при прясно краве мляко). Зелените листни подправки, зеленчуците и плодовете също се характеризират с ниско съдържание на натрий, като повишени стойности могат да се наблюдават при наличие на интензивно наторяване.

Съдържанието на **калций** е най-високо при зелените листни подправки (джоджен, магданоз, копър) както и в мляко и млечни продукти. Следват зеленчуци, семена и ядки, лимец и пшеница, хляб, а най-ниски стойности се отчитат при плодовете и месните продукти. Тъй като подправките се консумират в относително малки количества, основните източници на калций в храненето остават млякото и млечните продукти, зеленчуците (предимно зеленолистни), както и ядките (особено слънчогледовото семе). В по-малка степен принос има и хлябът, най-вече ръженият, пълнозърнестият и обогатеният със семена.

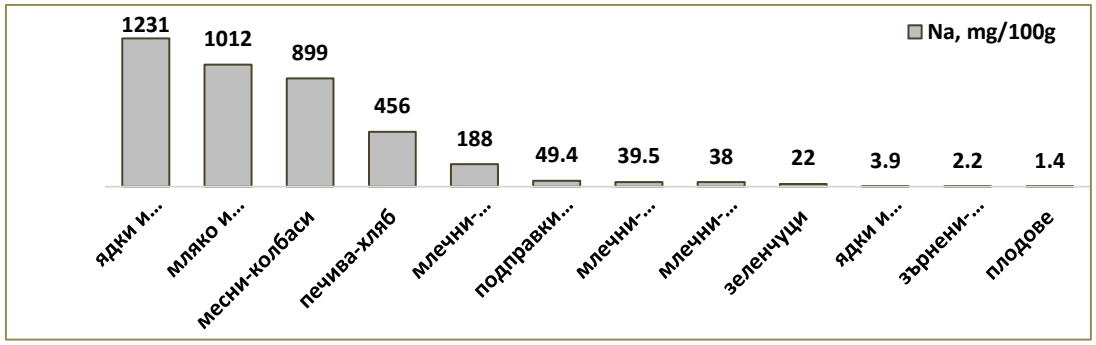
Най-високо съдържание на **калий** се установява при семената и ядките, следвани от зелените листни подправки, лимеца и пшеницата, зеленчуците, месните продукти и плодовете. По-ниски стойности се наблюдават при хляба, а най-ниски – при млякото и млечните продукти.

Съдържанието на **магнезий** е в значителни количества при ядките и семената, като особено се откроява тиквеното семе. Следват лимецът и пшеницата, като близки стойности се установяват при хляба (главно пълнозърнестия и обогатения със семена и кълнове) и зелените листни подправки. По-ниско съдържание на магнезий се отчита при зеленчуците, месните продукти, млякото и млечните продукти, както и при плодовете.

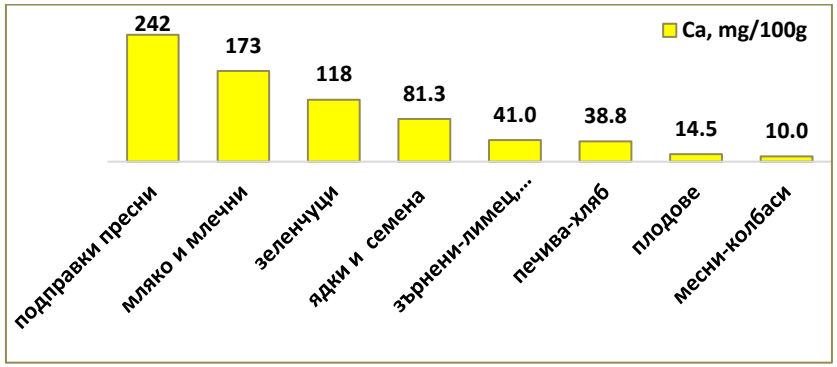
Най-високо съдържание на **фосфор** се установява при семената и ядките, следвани от лимеца и пшеницата, както и от месните продукти, което вероятно е свързано с използването на фосфорсъдържащи стабилизатори. По-нататък се нареждат хлябът, млякото и млечните продукти, като съдържанието на фосфор в сиренето е почти три пъти по-високо в сравнение с това в прясното мляко. По-ниски стойности се наблюдават при зелените листни подправки, зеленчуците и плодовете.

Таблица 14. Сравнение на изследваните групи храни по минерали и микроелементи

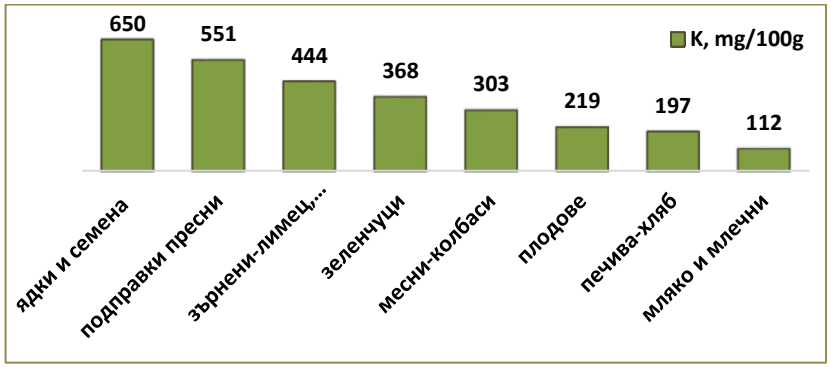
елемент / продукт	Na	Ca	Fe	K	Mg	Cu	Zn	Mn	P
зърнени - лимец, пшеница n=**11**	**2,3** (1,1÷3,6) SD=0,8	**41,0** (35,8÷53,1) SD=5,0	**3,28** (2,83÷4,36) SD=0,48	**444** (372÷522) SD=43	**126** (108÷143) SD=9	**0,52** (0,33÷0,63) SD=0,10	**3,77** (1,53÷4,98) SD=1,24	**4,04** (2,46÷6,92) SD=1,55	**363** (246÷435) SD=59
печива - хляб n=**23**	**456** (340÷600) SD=60	**38,8** (14,5÷93,8) SD=18,4	**1,77** (0,85÷2,90) SD=0,68	**197** (93÷304) SD=69	**57** (22,5÷111) SD=25,1	**0,28** (0,15÷0,41) SD=0,07	**1,22** (0,50÷2,46) SD=0,46	**1,47** (1,22÷3,18) SD=0,86	**144** (64÷218) SD=50
ядки и маслодайни семена n=**22**	със сол n=**18**: **1231** (557÷2809) SD=738	**81,3** (18,7÷190,8) SD=57	**3,50** (1,35÷6,94) SD=1,9	**650** (318÷1040) SD=244	**250** (81÷592) SD=153	**0,95** (0,35÷1,96) SD=0,48	**3,27** (1,22÷7,53) SD=1,80	**2,05** (0,59÷4,9) SD=1,33	**472** (141÷1165) SD=309
	без сол n=**4**: **3,9** (2÷8) SD=3								
мляко и млечни продукти n=**92**	прясно мляко n=**9**: **39,5** (36÷45) SD=3	**173** (34÷466) SD=94	**0,14** (0,02÷0,52) SD=0,12	**112** (38÷372) SD=48	**12** (6,8÷24) SD=3,5	**0,04** (0,01÷0,30) SD=0,66	**0,49** (0,10÷2,40) SD=0,38	**0,02** (0,001÷0,52) SD=0,061	**122** (29÷373) SD=68
	сирене n=**67**: **1012** (356÷1823) SD=370								
	извара ниск. 2% мазнини, 0,6% сол, n=**8**: **188** (163÷347) SD=76								
	извара 5% мазнини, 0,1% сол, n=**8**: **38** (34÷44) SD=3								
месо и месни - колбаси n=**18**	**899** (655÷1196) SD=164	**10** (3,7÷19,3) SD=5,2	**0,75** (0,42÷1,21) SD=0,21	**303** (191÷386) SD=54	**21** (13,5÷27,5) SD=13,4	**0,05** (0,03÷0,11) SD=0,02	**1,33** (0,87÷3,11) SD=0,54	**0,04** (0,003÷0,059) SD=0,020	**222** (150÷337) SD=64
зеленчуци n=**41**	**22** (1,2÷347) SD=47,2	**118** (7,4÷768) SD=153,7	**0,87** (0,10÷3,64) SD=0,76	**368** (121÷732) SD=156	**47** (10÷112) SD=30	**0,10** (0,04÷0,24) SD=0,05	**0,34** (0,10÷0,75) SD=0,19	**0,33** (0,03÷1,49) SD=0,33	**38** (7,7÷84,8) SD=21,7
плодове n=**26**	**1,4** (0,5÷4,3) SD=0,8	**14,5** (2,7÷30) SD=7,8	**0,21** (0,07÷0,42) SD=0,08	**219** (88÷437) SD=75	**10** (5÷17) SD=3	**0,08** (0,03÷0,13) SD=0,03	**0,10** (0,04÷0,21) SD=0,04	**0,09** (0,02÷0,26) SD=0,06	**20** (7,8÷31,5) SD=5,4
подправки пресни n=**13**	**49,4** (3,2÷145) SD=51,3	**242** (109÷545) SD=119	**1,90** (0,75÷5,88) SD=1,31	**551** (336÷806) SD=143	**54** (37÷88) SD=13	**0,16** (0,11÷0,26) SD=0,04	**0,57** (0,27÷1,09) SD=0,25	**0,74** (0,43÷1,02) SD=0,17	**56** (33÷75) SD=16



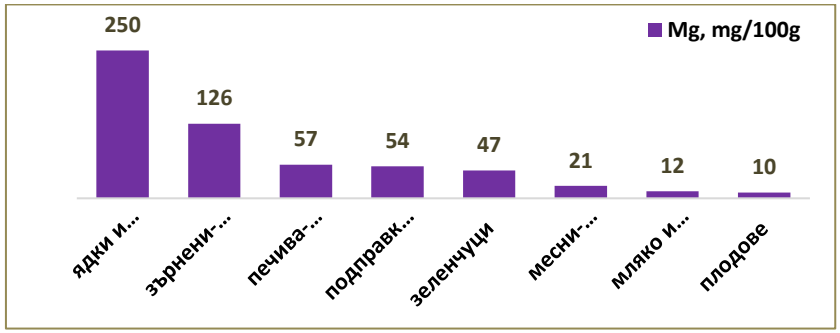
Фиг.7. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **Na**



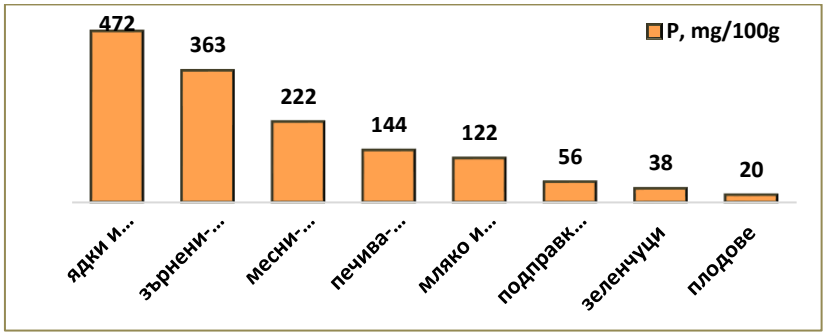
Фиг.8. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **Ca**



Фиг.9. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **K**



Фиг. 10. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **Mg**



Фиг.11. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **P**

Микроелементи

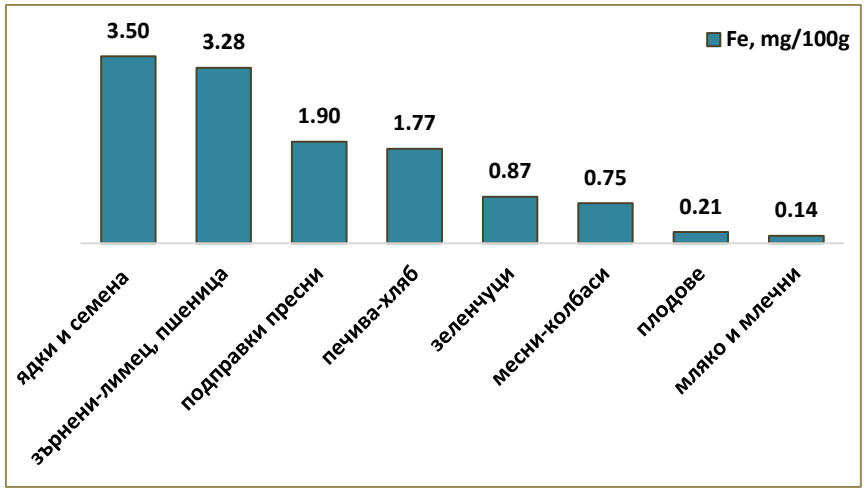
Най-високо съдържание на **желязо** се установява при семената и ядките, следвани от лимеца и пшеницата. По-нататък се нареждат зелените листни подправки и хлябът, зеленчуците (предимно зеленолистни) и месните продукти. Най-ниски стойности на желязо се отчитат при плодовете, както и при млякото и млечните продукти.

Съдържанието на **мед** е най-високо при семената и ядките, като особено се открояват суровите слънчогледови семки и суровият орех. Следват зърнените продукти, хлябът, зелените листни подправки, зеленчуците и плодовете. Най-ниски стойности на мед се установяват при месните продукти, млякото и млечните продукти.

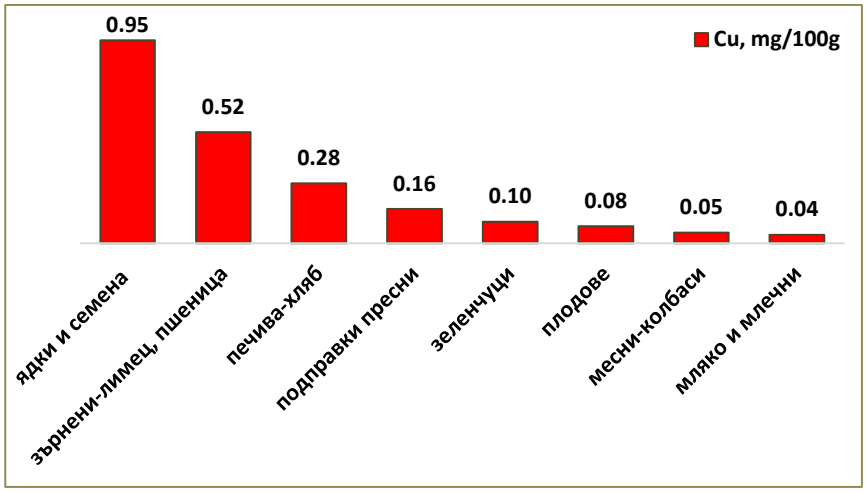
Най-високо съдържание на **цинк** се установява при лимеца и пшеницата, следвани от семената и ядките и месните продукти. По-ниски стойности се наблюдават при хляба и зелените листни подправки, а най-ниски – при млякото и млечните продукти, зеленчуците и плодовете.

Най-богати на **манган** са зърнено-житните продукти. Съдържанието му в семената и ядките е приблизително два пъти по-ниско, като най-високи са стойностите при тиквеното семе. Следват хлябът, зелените листни подправки и зеленчуците, сред които с най-високо съдържание се откроява киселецът. Най-ниски стойности на манган се установяват при плодовете, месните продукти, млякото и млечните продукти.

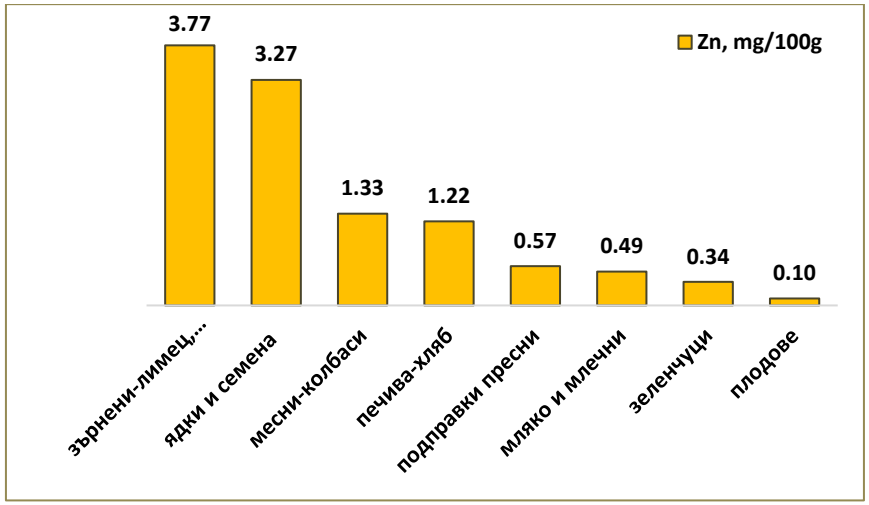
В обобщение, резултатите от сравнителния анализ показват ясно изразени различия в съдържанието на минерали и микроелементи между отделните групи храни. Като най-богати източници на калий, магнезий, фосфор и основни микроелементи като желязо, мед, цинк и манган се открояват семената и ядките, зърнено-житните продукти и зелените листни подправки. Водещи източници на калций са млякото и млечните продукти, които имат основен принос за покриване на потребностите от този елемент. За приема на фосфор и цинк допринасят в по-голяма степен месните продукти. Значим принос за минералния и микроелементния профил на храната имат зеленчуците, особено зеленолистните, докато плодовете се характеризират с по-ниски концентрации на повечето изследвани елементи. Установените различия подчертават значението на разнообразното хранене за осигуряване на адекватен прием на есенциални минерали и микроелементи.



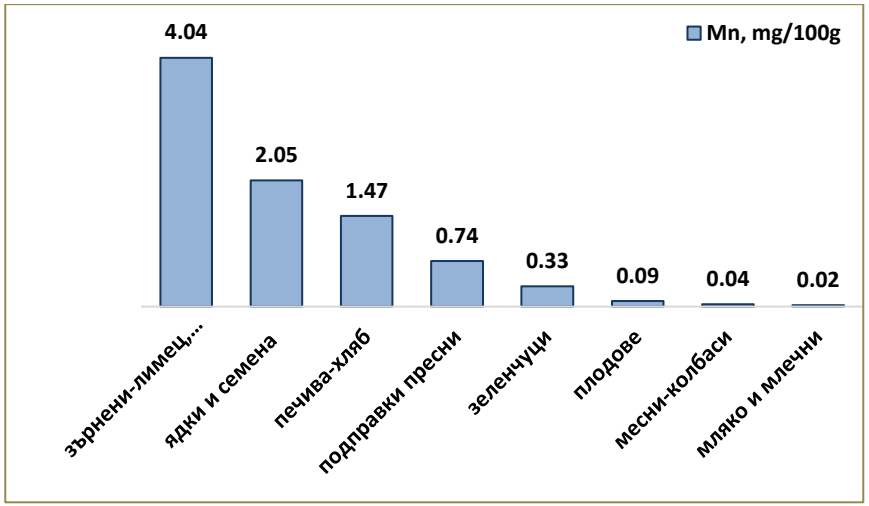
Фиг.12. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **Fe**



Фиг.13. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **Cu**



Фиг.14. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **Zn**



Фиг.15. Сравнение на изследваните групи храни за съдържание на **Mn**

В **Таблица 15** са представени средните съдържания на минерали и микроелементи в храните от настоящото проучване (обозначени с черен цвят), съпоставени с данни от *Таблици за състава на българските хранителни продукти* от 1975 г. (обозначени със син цвят), като всички стойности са изразени в mg/100 g продукт. В таблиците от 1975 г. липсва информация за микроелементите Cu, Zn и Mn. Намаляването на съдържанието на изследваните микронутриенти в настоящото проучване е обозначено с червени стрелки, насочени надолу, а увеличаването – със зелени стрелки, насочени нагоре.

Таблица 15. Сравнителна таблица на установените средни съдържания на минерали и микроелементи в храни от настоящото проучване (в черно) с данни от Таблици за състава на българските хранителни 1975 г. (в синьо), mg/100 g

продукт	Na	Ca	Fe	K	Mg	Cu	Zn	Mn	P
пшеница мека	2 7,8	44 43,7	3,2 3,3	355 502	122 173	0,37	1,90	3,55	285 ↓ 406
пшен. твърда		45	4,1	320	110				372
хляб Добруджа	349 374	25 22	1 1	107 94	25 29	0,15	0,57	0,60	89 115
тиквени семки		58 ↓ 235	6,4	909	515	1	6,2	4,2	1057 ↑ 670
суров орех	2,4 4	85 99	3,34 3,1	450 450	151 134	1,29	2,23	2,36	368 380
фъстъци	3 5	44 67	1,7 2	684 740	200 181	0,7	2,85	1,49	388 411
слънчоглед	1,4 4	115 99	4,1 4,2	518 450	286 ↑ 134	1,96	5,07	2,37	538 ↑ 380
прясно мляко	39 47	108 128	0,03 0,1	159 155	11 12	0,007	0,28	0,015	83 87
сирене краве	1288 1200	306 ↓ 518	0,23 0,3	72 ↓ 151	17 21	0,042	1,21	0,02	203 ↓ 396
сирене овче	880 986	219 472	0,28 0,40	50 118	13 19	0,02	0,84	0,022	196 341
извара пълном.	38 26	46 140	0,12 0,30	106 67	8	0,07	0,19	0,003	37 ↓ 130
свинско филе	962 ↑ 74	5 2,3	0,50	358 348	24	0,061	1	0,008	233 173
кренвирши	761	14 12	0,66 2,2	217 210	15 15	0,03	1,1	0,044	150 110
зелена салата	17 5	83 69	0,5 ↓ 3	394 ↑ 228	25 19	0,07	0,25	0,28	29 33
коприва	3,6 4,3	518 ↓ 716	2 3,9	475 ↓ 654	86 ↓ 162	0,20	0,58	0,57	82,4 114
спанак	155 ↑ 51	118 136	1,3 2,7	363 ↓ 586	84,8 82,9	0,10	0,54	0,45	38 51,2

черв.репички	**20,2** 17	**19,3** 41,2	**0,30** 1,5	**248** 327 ↓	**63** 12,7	**0,06**	**0,18**	**0,06**	**18** 35,6
краставици	**2,2** 1,5	**14,5** 26,2	**0,13** 0,5	**161** 191	**11** 7,9	**0,04**	**0,14**	**0,03**	**20,6** 21,8
зелен лук	**5,6** 5,2	**75** 77	**0,3** ↓ 1,8	**230** 210	**15** 22	**0,07**	**0,20**	**0,17**	**25** 49
домати	**2,1** 1,8	**12,6** 11,4	**0,18** ↓ 0,9	**280** ↑ 181	**13,6** 11	**0,05**	**0,13**	**0,07**	**26** 19
череши	**0,8** 0,9	**17,6** 24	**0,20** 0,40	**234** 249	**12** 13,2	**0,09**	**0,09**	**0,08**	**22,5** 25
ягоди	**0,9** 2	**23,6** ↓ 39,1	**0,27** 0,7	**149** ↓ 199	**12** 10,9	**0,05**	**0,12**	**0,2**	**16,8** 23
вишни	**1** 0,7	**17** 15,3	**0,26** 1,4	**258** 311	**12,3** 11,7	**0,10**	**0,08**	**0,10**	**21,8** 32
ябълки	**1,4** 0,7	**3,9** 12,6	**0,14** 2	**143** 144	**5,6** 5,1	**0,04**	**0,06**	**0,04**	**11,6** 16,6
магданоз	**60,7** ↑ 21,3	**223** ↑ 166	**1,6** ↓ 8,9	**531** ↓ 690	**46,7** 97	**0,14**	**0,53**	**0,75** 2,7	**56,4** 74
копър	**84**	**225** ↑ 30	**1,52** ↑ 0,5	**548**	**61,8**	**0,16**	**0,61**	**0,69**	**46,4** 50

Представените данни за пшеница от настоящото проучване са за продукт доставен от мелници, където мелят пшеница за производството на брашно за хляб (в най-честия случай – мека пшеница). Поради това сравнението с Таблиците от 1975 г., е направено с данните за мека пшеница.

Пълномаслената извара от Таблици 1975 г. при млечните продукти е сравнена с изварата с 5% масленост от настоящото проучването.

Намаляване съдържанията на Ca, K и P при млечните продукти (предимно сирене), може да се обясни не само с изменения в климата, храненето и породата на животните, но и с различията в използваната технология на производство.

Увеличаването на съдържанията на Na при спанак и магданоз, Ca при магданоз и копър, K при зелена салата и домати, както и P при тиквени и слънчогледови семки, вероятно е резултат от обогатяване и наторяване на почвите. Въпреки тези изключения, като цяло се наблюдава тенденция към намаляване на съдържанията на микронутриентите в настоящото изследване в сравнение с данните от 1975 г.

Промените в качеството на почвите са довели до забележимо понижаване съдържанието на минерали и микроелементи в храните. Възможно обяснение за по-ниските концентрации на минерални хранителни вещества е свързано с промени в сортовете, селектирани за по-висок добив, бърз растеж, устойчивост на вредители, както и подбор на сортове, адаптирани към съвременните земеделски практики.

В заключение

Информацията за съдържанието на минерали и микроелементи в храни е от съществено значение за оценка на влиянието на приема на микронутриенти върху популации, консумиращи местно произведени храни. Тя позволява идентифициране на пропуски и ограничения в наличните данни и подпомага оценката на вариациите в минералния състав на храните.

Съдържанието на микронутриенти в *местните* храни е от съществено значение за оценка на риска от неадекватен прием на минерали и микроелементи. Тази информация е необходима на специалисти по хранене и диететика, както и за планиране на интервенции в областта на селското стопанство, храненето и здравеопазването.

Необходими са повече химични анализи за съдържанието на минерали и микроелементи в храни, отглеждани на местно ниво както и развитие на структури от данни, които позволяват използването на тези данни [Segovia de la Revilla et al. 2023].

За ограничаване на неблагоприятните ефекти, свързани с недостига или неадекватния прием на хранителни вещества, е от особено значение системното проследяване на нивата на микронутриентите. В този контекст данните за състава на храните са важни както за потребителите, така и за здравните специалисти, като през последните години законодателството за етикетиране на храните допълнително подчертава необходимостта от такава информация [Zurita-Ortega et al., 2020].

Ползите за здравето от увеличаването на консумацията на пълнозърнести продукти, плодове и зеленчуци са добре документирани и се смята, че са свързани с повишен прием на хранителни влакнини, фитохимикали (напр. полифеноли и каротеноиди) и минерали (напр. Cu, Zn и Se) с антиоксидантна и/или противовъзпалителна активност [Jones et al. 2010, Tennent et al. 2014, Martinez-Gonzalez et al. 2016].

Европейски специалисти по хранене препоръчват увеличаване на приема на пълнозърнести храни, плодове и зеленчуци, тъй като консумацията на тези хранителни групи в повечето държави от Европейския съюз е под нивата, препоръчвани от СЗО [Tennent et al., 2014]. Този хранителен модел е сходен с традиционната средиземноморска диета (Mediterranean Diet), често определяна като „златен стандарт“ в превантивната медицина, поради връзката ѝ с по-ниска обща смъртност и с намалена честота на определени видове рак, сърдечно-съдови заболявания, диабет тип 2 и невродегенеративни заболявания [Jones et al., 2010; Castro-Quezada et al., 2014; Bishop et al., 2015].

VI. ИЗВОДИ

1. Разработени и валидирани са аналитични процедури за определяне на Na, Ca и K в храни, чрез пламъкова атомноабсорбционна спектрометрия, с определени аналитични характеристики за всеки елемент: граници на откриване и определяне (LOD, LOQ), повторяемост, възпроизводимост, разширена неопределеност. Общо за трите елемента изместването спрямо сертифицираната стойност на CRM е от - 1,27 % до 0,23 %, а относителното стандартно отклонение (RSD) – от 0,71 % до 3,69 %, което потвърждава високата точност и прецизност на методите.
2. Валидирани са стандартните методи БДС 16777:1987 и БДС EN ISO 6878:2004 за определяне съответно на манган (Mn) чрез пламъкова атомно-абсорбционна спектрометрия и фосфор (P) чрез UV-VIS спектрофотометрия. Методите се характеризират с добри аналитични характеристики (LOD, LOQ, повторяемост, възпроизводимост и неопределеност), като изместването спрямо сертифицираната стойност на CRM е от –2,69 % до –1,76 %, а RSD – от 1,84 % до 5,37 %..
3. Верифицирани са методите БДС EN 14084:2003 за определяне на Fe, Cu и Zn и БДС EN 15505:2008 за Mg в храни чрез пламъкова атомно-абсорбционна спектрометрия. Определените аналитични характеристики показват добра възпроизводимост и надеждност, като изместването спрямо сертифицираната стойност на CRM е в интервала от –3,45 % до 4,12 %, а RSD – от 0,94 % до 5,05%.
4. Проведено е проучване за съдържание на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в различни групи храни, представителни за българския потребителски пазар: зърнено-житни храни; печива; ядки и маслодайни семена; мляко и млечни продукти; месо и месни продукти; зеленчуци; плодове; подправки - пресни.
5. Получени са за първи път оригинални експериментални данни за микронутриентния състав на два пролетни растителни продукта, характерни за българските географски ширини – лапад и киселец, което допринася за разширяване на научната информация, необходима за оценка на здравословното хранене.
6. Анализът на резултатите по отделни хранителни групи показва следното:

- **Лимецът**, древен вид пшеница, се характеризира с високо съдържание на минералите K, Mg и P, както и на микроелементите Zn, Mn, Fe, Cu;
- **Пшеницата**, като основна зърнено-житна култура, се характеризира със значимо съдържание на K, Mg, Mn и Zn, което определя нейния съществен принос към минералния прием в човешкото хранене;
- **Хлябът** - традиционна българска храна с широко потребление - е значим източник на Na, K, P, Mg, Fe, като съдържанието на Na е пряко зависимо от количеството използвана сол в технологичния процес;
- **Ядките и маслодайните семена** са най-богати на изследваните микронутриенти, с ниско естествено съдържание на Na и високи концентрации на K, Mg, P, Fe, Cu и Mn, като при технологично осоляване се наблюдава значително повишаване на Na;
- **Млечните продукти** представляват пълноценен източник на Ca, K, Mg, P както и на Zn и Mn, като съдържанието на Na е в значителна степен обусловено от използваните технологични процеси при производството на съответния продукт
- **Месните продукти** осигуряват значителна част от дневния прием на хемово Fe и Zn, като преработените продукти се характеризират с повишено съдържание на Na;
- **Зеленчуците** са ценен източник на K, Ca, Mg и Fe и допринасят съществено за минералния баланс в храненето;
- **Плодовете** са „сладък“естествен източник на различни хранителни вещества и допринасят за балансираното хранене, доставяйки предимно K, Mg и Mn;
- **Зелените листни подправки** се отличават с високо съдържание на всички изследвани минерали (без натрий) и микроелементи.

7. Сравнителният анализ на минералния и микроелементния състав между различните хранителни групи, резултат както от естествените характеристики на храните, така и от технологичната им обработка, показва следното:
    - **Съдържанието на Na** е ниско при плодове, зеленчуци, сурови ядки, лимец, пшеница, зелени листни подправки и прясно краве мляко, като повишени

стойности се наблюдават при осолени и технологично обработени продукти (хляб, сирене, колбаси, овкусени ядки и маслодайни семена);

- **Съдържанието на Ca** е най-високо при зелените листни подправки и млякото и млечните продукти, следвани от зеленчуците, ядки и маслодайни семена, лимец и пшеница, хляб, плодове и месни продукти.
- **Съдържанието на Fe** е най-високо при ядки и маслодайни семена, лимец и пшеница, следвани от зелените листни подправки и хляб, зеленчуците (най-вече зеленолистните) и месните продукти, с най-ниски стойности при плодове и мляко и млечни продукти.
- **Съдържанието на K** е най-високо при ядки и маслодайни семена, следвани от зелените листни подправки, лимец и пшеница, зеленчуци, месни продукти, плодове, хляб и мляко и млечни продукти.
- **Съдържанието на Mg** е най-високо при ядки и маслодайни семена (особено тиквено семе), лимец и пшеница, сходни стойности се установяват при хляб (предимно пълнозърнест и обогатен със семена и кълнове) и зелените листни подправки, следвани от зеленчуците, месните продукти, мляко и млечни продукти и плодове.
- **Съдържанието на Cu** е най-високо при ядки и маслодайни семена (особено слъчогледови сурови семки и суров орех), следвани от лимец и пшеница, хляб, зелени листни подправки, зеленчуци, плодове, месни продукти, мляко и млечни продукти.
- **Съдържанието на Zn** е най-високо при лимец и пшеница, следван от ядки и маслодайни семена, месни продукти, хляб, зелени листни подправки, мляко и млечни продукти, зеленчуци и плодове.
- **Съдържанието на Mn** е най-високо при лимец и пшеница, следван от ядки и маслодайни семена (особено тиквеното семе), хляб, зелени листни подправки и зеленчуци (особено киселец), с най-ниски стойности при плодове, месни продукти, мляко и млечни продукти.
- **Съдържанието на P** е най-високо при ядки и маслодайни семена, следвани от лимец и пшеница, месни продукти (което може да е резултат от добавяне на

стабилизатори), хляб, мляко и млечни продукти, зелени листни подправки, зеленчуци (особено се откроява копривата) и плодове.

8. Получените чрез валидирани и верифицирани аналитични процедури представителни данни за съдържанието на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в храни напълно отговарят на изискванията за включване в съвременна база данни за химичния състав на българските храни и предоставят надеждна, точна и научно обоснована информация за минералния и микроелементния състав на продуктите от изследваните хранителни групи.

VII. ПРИНОСИ

Поставената цел на дисертационния труд е постигната чрез последователното изпълнение на формулираните задачи, като всеки получен принос е пряко следствие от изпълнението на конкретна задача.

Задачи	**Реализирани приноси**
Задача 1. Разработване/апробиране и валидиране/верифициране на аналитични процедури за определяне на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn и Mn в храни чрез пламъкова атомно-абсорбционна спектрометрия, както и на P чрез UV-VIS спектрофотометрия.	**Принос 1.** Валидирани и верифицирани са прецизни аналитични процедури за определяне на Na, Ca, K, Mg, Fe, Cu, Zn и Mn в храни чрез пламъкова атомноабсорбционна спектрометрия, както и на P чрез UV-VIS спектрофотометрия. Методите се характеризират с висока точност и надеждност и са приложими в аналитични лаборатории за получаване на резултати с доказана научна валидност..
Задача 2. Аналитично проучване на съдържанието на Na, Ca, Fe, K, Mg, Cu, Zn, Mn и P в различни групи храни, предимно с български произход, предлагани на потребителския пазар.	**Принос 2.** Получени са актуални експериментални данни за съдържанието на минерали (Na, Ca, K, Mg, P) и микроелементи (Fe, Cu, Zn, Mn) в различни групи храни: зърнено-житни храни; печива; ядки и маслодайни семена; мляко и млечни продукти; месо и месни продукти; зеленчуци; плодове; пресни подправки. **Принос 3.** Получени са оригинални данни за наличието на микронутриенти в лапад, киселец и джоджен – традиционни за нашите географски ширини растителни храни, за които наличната информация в научната литература е ограничена.
Задача 3. Обобщаване, систематизиране и критична оценка на получените експериментални резултати и излъчване на представителни данни за съдържанието на изследваните елементи в отделните типове хранителни продукти.	**Принос 4.** Резултатите от проведените изследвания са систематизирани и включени в архивна база данни, представляваща първи етап от разработването на съвременна национална база за химичния състав на храните на българския пазар. **Принос 5.** Получената информация може да бъде използвана от специалисти по хранене, диетолози и други медицински и здравни експерти при научни проучвания, изготвяне на хранителни режими и други приложения в областта на храненето и диететиката.

VIII. ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова, Р., Д. Салкова. Цинк, мед и ванадий: Биологична активност, храни и здраве, Български фокален център на органите по безопасност на храните, декември 2014.
2. БДС 15:2010 Българско бяло саламурено сирене.
3. БДС EN 13805:2015 Хранителни продукти. Определяне на микроелементи. Разлагане под налягане.
4. БДС EN 14084:2003 Храни. Определяне на следи от елементи. Определяне на Pb, Cd, Zn, Cu и Fe чрез атомноабсорбционна спектрометрия (AAS) след микровълново разлагане.
5. БДС EN 15505:2008 Хранителни продукти. Определяне на следи от елементи. Определяне на Na и Mg чрез пламъчна AAS след микровълново разграждане.
6. БДС EN ISO 6878:2004 Качество на водата. Определяне на фосфор. Спектрометричен метод с амониев молибдат.
7. БДС 16777:1987 Вода за пиене. Методи за определяне на манган, желязо, мед, цинк, кадмий и олово с атомно-абсорбционна спектрометрия.
8. БДС EN ISO/IEC 17025:2018/Поправка 2:2023 Общи изисквания за компетентността на лаборатории за изпитване и калибриране.
9. Георгиева, Р. Основи на химичния анализ, изд. Водолей, 2009, гл.4, р-л 4.1.3, 226-242, ISBN 978-954-9415-43-5.
10. Георгиева, Р. Биомаркери за експозиция при оценка на въздействието на Pb, Cr, Mn, Дисертация, МЗ, НЦОЗА, София, 2013.
11. Дулева, В., С. Ставрева, Р. Георгиева, Пл. Димитров, Л. Рангелова. Проучване приема на натрий при лица на възраст 15-65+ години в България чрез определяне екскрецията на натрий в урина, Българско дружество за хранене и диететика, Наука за хранене, 13-17, София, 2019.
12. Дулева, В., Л. Рангелова, Е. Ишченер. Национално проучване на факторите на риска за здравето сред населението в РБългария, непубликувани данни, Проучване на НЦОЗА, 2020.
13. Кулев, И. Активационният анализ на 70 години, ХФ, СУ, Химия, XV, кн. 6, 2006.
14. Милева, С. Цинкът и човешкото здраве - мащабност на проблема, Наука инфектология и паразитология, 2, 2013, 4-10.

15. Попов, Д. Ставите, в-к Лечител, бр. 48, ноември 2020, https://www.lechitel.bg/newspaper.php?s=13&b=776.
16. Регламент (ЕС) № 1169/2011 за предоставяне на информация за храните на потребителите, Приложение XIII, част А, т. 1.
17. Стойчева, Цветков. Добив и преработка на минерални суровини, МГУ "Св. Иван Рилски", Годишник, том 46, с-к II, София, 2003, стр. 235-237.
18. Хавезов, Цалев. Атомноабсорбционен анализ, Наука и изкуство, С., 1980.
19. Хавезов, Цалев. Безпламъкови методи в атомноабсорбционния анализ, Унив. Изд. Св. св. Климент Охридски, С., 1991.
20. Цалев, Д. Атомноемисионна спектрометрия с индуктивно-свързана плазма, в лабораторна диагностика на професионалните болести (и екопатология), Второ преработено и допълнено издание, под ред. на проф.Чаръкчиев д.м.н., Българска Издателска Къща ЕООД, С., 2006, с. 32-43, ISBN-10:954-91829-2-4, ISBN-13:978-954-91829-2-7.
21. Цалев, Д., В. Симеонов. Аналитични измервания в Метрология и измервателна техника, Книга – справочник в 3 тома, обща редакция проф.д.т.н. Христо Радев, том 3, Софтрейд С, гл.11, 2013.
22. Abulude, O. Determination of the Chemical Composition of Bush Meats Found in Nigeria, American Journal of Food Technology, 2007, 2: 153-160, doi: 10.3923/ajft.2007.153.160.
23. Adak, K. Indian vegetables boost immunity and truncate obesity: a review, Int. Res. J. Adv. Sci. Hub, Volume 02, Issue 11S, November 2020, pp. 48-52.
24. Adrogué, H., B. Tucker, N. Madias. Diagnosis and management of hyponatremia: a review, JAMA, Jul 2022, 328(3):280-291, doi: 10.1001/jama.2022.11176.
25. Akwaowo, E., A. Bassey, U. Ekaete. Minerals and antinutrients in fluted pumpkin (Telfairia occidentalis Hook f.), Food Chemistry, Volume 70, Issue 2, 1 August 2000, Pages 235-240, Table 2, https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00207-1.
26. Al-Fartusie, F., S. Mohssan. Essential Trace Elements and Their Vital Roles in Human Body, Mustansiriyah University, Department of Chemistry, Baghdad, Iraq., 2017, DOI:10.22607/IJACS.2017.503003.
27. Allen, L., B. de Benoist, O. Dary, R. Hurrell. WHO and FAO, Guidelines on food fortification with micronutrients, 2006, p. 236.

28. Ali, H. Overview of the vital roles of macro minerals in the human body, Journal of Trace Elements and Minerals, Volume 4, June 2023, https://doi.org/10.1016/j.jtemin.2023.100076.
29. Allicin, Wikipedia.
30. Alissa, E., G. Ferns. Nutrition, Dietary fruits and vegetables and cardiovascular diseases risk, J. Crit. Rev. Food Sci., 57(9), 2017, pp.1950-1962, doi: 10.1080/10408398.2015.1040487.
31. Angioloni, A., C. Collar. Nutritional and functional added value of oat, Kamut, spelt, rye and buckwheat versus common wheat in breadmaking, J. Sci. Food Agric., 2011, 91:1283–1292, doi: 10.1002/jsfa.4314.
32. Ashraf, M., P. Harris. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants, Plant Sci., 166, 2004, pp. 3-16, 10.1016/j.plantsci.2003.10.024.
33. Atitsogbey, P., E. Kyereh, H. Ofori, P-N. Johnson, M. Steiner-Asiedu. Heavy metal, microbial and pesticides residue contaminations are limiting the potential consumption of green leafy vegetables in Ghana: An overview, Heliyon, Volume 9, Issue 4, April 2023, e15466, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15466.
34. ATSDR (Agency of Toxic Substances and Disease Registry), Toxicological Profile for Manganese, U.S. Department of Health and Human Services Public Health Service, 2000.
35. Auclair, O., H. Yang, S. Burgos. Consumption of Milk and Alternatives and Their Contribution to Nutrient Intakes among Canadian Adults: Evidence from the 2015 Canadian Community Health Survey—Nutrition; Nutrients, 11(8):1948, Aug 19, 2019, doi: 10.3390/nu11081948.
36. Avila, D., L. Robson, M. Aschner. Manganese in Health and Disease, Met Ions Life Sci. 2013; 13: 199–227, 1.1. Manganese Essentiality, doi: 10.1007/978-94-007-7500-8_7.
37. Bahemuka, T., E. Mubofu. Heavy metals in edible green vegetables grown along the sites of the Sinza and Msimbazi rivers in Dar es Salaam, Tanzania, Food Chemistry, Volume 66, Issue 1, July 1999, Pages 63-66, https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00213-1.
38. Bakaloudi, R., A. Halloran, H. Rippin, A. Oikonomidou, T. Dardavesis, J. Williams, K. Wickramasinghe, J. Breda, M. Chourdakis. Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence, Clin Nutr, 2021 May, 40(5):3503-3521, doi: 10.1016/j.clnu.2020.11.035.

39. Barbu, L-D-N., O-A. Boiu-Sicuia, N. Babeanu. Biological Active Compounds Of The Polygonaceae Family - A Review, Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies, Vol. XXV, No. 2, 2021, Page 86.
40. Batool, M., M. Ranjha, U. Roobab, M. Manzoor, U. Farooq, H. Nadeem, M. Nadeem, R. Kanwal, H. AbdElgawad, S. Al Jaouni, S. Selim, S. Ibrahim. Nutritional Value, Phytochemical Potential, and Therapeutic Benefits of Pumpkin (Cucurbita sp.), Plants (Basel), 2022, 11(11):Табл.2, doi: 10.3390/plants11111394.
41. Beecher, G. Nutrient Content of Tomatoes and Tomato Products, Pub Med, Experimental Biology and Medicine, 1998, Volume 218, Issue 2, https://doi.org/10.3181/00379727-218-44282a.
42. Bello, O., P. Fasinu, O. Bello, A. Ogbesejana, C. Adetunji, A. Dada, O. Ibitoye, S. Aloko, O. Oguntoye. Wild vegetable Rumex acetosa Linn.: Its ethnobotany, pharmacology and phytochemistry – A review, South African Journal of Botany, Volume 125, September 2019, Pages 149-160, 5, https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.04.018.
43. Beto, J. The role of calcium in human aging, Clin. Nutr. Res., Jan 2015, 4(1):1–8, doi: 10.7762/cnr.2015.4.1.1.
44. Bhalodia, A., S. Desai. Comprehensive assessment of greenness of ICP-OES methods for determination of metals, Green Analytical Chemistry, Volume 12, March 2025, https://doi.org/10.1016/j.greeac.2025.100222.
45. Bhusal, K., S. Magar, R. Thapaa, A. Lamsal, S. Bhandari, R. Maharjan, S. Shrestha, J. Shrestha. Nutritional and pharmacological importance of stinging nettle (Urtica dioica L.): A review, Journal home page for Heliyon, Volume 8, Issue 6, June 2022, e09717, https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09717, Table1.
46. Bilgiçli, N., Ş. İbanoğlu. Effect of pseudo cereal flours on some physical, chemical and sensory properties of bread, J. Food Sci. Tech., 2015, 52:7525–7529, doi: 10.1007/s13197-015-1770-y.
47. Bishop, K., L. Ferguson. The interaction between epigenetics, nutrition and the development of cancer, Nutrients. 2015,7: 922–947, doi: 10.3390/nu7020922.
48. Bloem, M., R. Semba, K. Kraemer. Castel Gandolfo Workshop: An Introduction to the Impact of Climate Change, the Economic Crisis, and the Increase in the Food Prices on Malnutrition,

The Journal of Nutrition, Volume 140, Issue 1, January 2010, Pages 132S-135S, https://doi.org/10.3945/jn.109.112094.

49. Bolaños, D., J. Heredia, C. Moldes, E. Marchevsky, J. Camiña. Assessment of Mineral Profile in Edible Seeds by Microwave Induced Plasma Optical Emission Spectrometry (MIP OES): Ionomic Approach, Journal of Nutrition and Food Science Forecast, 20 May, 2019, https://scienceforecastoa.com/.
50. Bolland, M., P. Barber, R. Doughty, B. Mason, A. Horne, R. Ames, G. Gamble, A. Grey, I. Reid. Vascular events in healthy older women receiving calcium supplementation: randomised controlled trial, BMJ, 2008, 336:262–266, doi: 10.1136/bmj.39440.525752.BE.
51. Borlinghaus, J., F. Albrecht, M. Gruhlke, I. Nwachukwu, A. Slusarenko. Allicin: chemistry and biological properties, Molecules, 19, 2014, pp. 12591-12618, 10.3390/molecules190812591.
52. Bost, M., S. Houdart, M. Oberli, E. Kalonji, J-F. Margaritisb. Dietary copper and human health: Current evidence and unresolved issues, Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, Volume 35, May 2016, Pages 107-115; https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.02.006.
53. Brandolini, A., A. Hidalgo. Einkorn. (Triticum monococcum) flour and bread: Characteristics and nutritional properties**,** International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2012, 63(4), 457–465.
54. Brewer, G. Alzheimer's Disease Is, At Least In Part, A Copper-2 Toxicity Disease, International Academy Nutrition & Aging, 2015, brewergj@umich.edu.
55. British Nutrition Foundation. Minerals and trace elements, 2023, https://www.nutrition.org.uk/nutritional-information/vitamins-and-minerals/.
56. Brown, K., J. Peerson, J. Rivera, L. Allen. Effect of supplemental zinc on the growth and serum zinc concentrations of prepubertal children: A meta-analysis of randomized controlled trials, Am J Clin Nutr., 2002,75:1062–71, doi: 10.1093/ajcn/75.6.1062.
57. Brown, K., J. Rivera, Z. Bhutta, R. Gibson. International Zinc Nutrition Consultative Group (IZiNCG) technical document #1. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control, Food Nutr Bull., 2004, 25 (1 Suppl 2): S99–203, DOI:10.4067/S0717-75182010000200014.
58. Buccioni, A., F. Mannelli, M. Daghio, S. Rapaccini, F. Scicutella, S. Minieri. Influence of milk quality and cheese-making procedure on functional fatty acid transfer in three Italian dairy

products: Mozzarella, Raveggiolo and Ricotta, Elsevier LWT, Volume 163, 15.06.2022, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113476.

59. Calton & Calton. The Miracle of Micronutrients (ABOVE), 2018, page 17.
60. Calvo, M., C. Lamberg-Allardt. Phosphorus, Advances in Nutrition, Volume 6, Issue 6, November 2015, Pages 860–862, doi.:10.3945/an.115.008516.
61. Calvo, M., A. Moshfegh, K. Tucker. Assessing the Health Impact of Phosphorus in the Food Supply: Issues and Considerations, Adv Nutr., 2014, 5(1): 104–113, doi: 10.3945/an.113.004861.
62. Calvo, M. The effects of high phosphorus intake on calcium homeostasi, Adv Nutr Res., 1994, 9:183–207, doi: 10.1007/978-1-4757-9092-4_11.
63. Calvo, M., Y. Park. Changing phosphorus content of the US diet: potential for adverse effects on bone, The Journal of Nutrition, Volume 126, Supplement 4, April 1996, Pages 1168S-1180S, https://doi.org/10.1093/jn/126.suppl_4.1168S.
64. Carocho, M., P. Morales, M. Ciudad-Mulero, V. Fernández-Ruiz, E. Ferreira, S. Heleno, P. Rodrigues, L. Barros, I. Ferreira. Comparison of different bread types: Chemical and physical parameters, Food Chemistry, Volume 310, 25 April 2020, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125954.
65. Castro-Quezada, I., B. Román-Viñas, L. Serra-Majem. The Mediterranean Diet and Nutritional Adequacy: A Review, Nutrients, 2014, Jan, 6(1): 231–248, doi: 10.3390/nu6010231.
66. Chan, K. Some aspects of toxic contaminants in herbal medicines, Pub Med, Chemosphere 2003, 52(9), p.1361–137, DOI: 10.1016/S0045-6535(03)00471-5.
67. Charoenngam, N., P. Chatlert. Current issues in evaluation and management of osteoporosis in Thailand, Osteoporosis and Sarcopenia, Volume 9, Issue 2, June 2023, Pages 53-59, https://doi.org/10.1016/j.afos.2023.05.002.
68. Chatterjee, R., L. Colangelo, H. Yeh, C. Anderson, M. Daviglus, K. Liu, F. Brancati. Potassium intake and risk of incident type 2 diabetes mellitus: The coronary artery risk development in young adults (cardia) study, Diabetologia, 2012, 55:1295–1303, doi: 10.1007/s00125-012-2487-3.
69. Chen, P., J. Bornhorst, M. Aschner. Manganese metabolism in humans, Front Biosci (Landmark Ed), Mar 2018, 1:23:1655-1679, doi: 10.2741/4665.

70. Chiriacò, M., G. Grossi, S. Castaldi, R. Valentini. The contribution to climate change of the organic versus conventional wheat farming: A case study on the carbon footprint of wholemeal bread production in Italy, Journal of Cleaner Production, Volume 153, 1 June 2017, Pages 309-319, https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.111.
71. Chope, A., L. Terry. Use of canonical variate analysis to differentiate onion cultivars by mineral content as measured by ICP-AES, Food Chemistry, Volume 115, Issue 3, August 2009, Pages 1108-1113, Table 1, cultivars Renate и Ailsa Craig, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.090.
72. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://detoxify.it/wp-content/uploads/2017/07/dietetica-Tabelle-Composizione-Alimenti.pdf), Numero codice 110410, 110540.
73. Cerulli A., L. Polcaro, M. Masullo, S. Piacente. Spinacia oleracea L. Baby Leaves as a Source of Bioactive Principles: The Chemical Profiling of Eco-Sustainable Extracts by Using LC-ESI/HRMS- and 1H NMR-Based Metabolomics, MDPI, Foods 2024, 13(22), 3699, https://doi.org/10.3390/foods13223699.
74. Cindrić, I., M. Zeiner, D. Hlebec. Mineral Composition of Elements in Walnuts and Walnut Oils, Int J Environ Res Public Health, 2018, 15(12): 2674, doi: 10.3390/ijerph15122674.
75. Consequences of Hypermagnesaemia, Causes of Hypermagnesaemia: A Literature Review, European Medical Journal Nephrology, July 2021, DOI:10.33590/emjnephrol/21-00033.
76. Cook, N., J. Feng, G. MacGregor, N. Graudal. Sodium and health—concordance and controversy, BMJ, 2020, 369, doi: https://doi.org/10.1136/bmj.m2440.
77. Das, A., M. Ray, S. Adhikari (Nee Pramanik). Chapter 3 - Enzyme technology on value addition of fruits and vegetables juice processing, Value-Addition in Beverages through Enzyme Technology, 2023, Pages 51-62, Tabl. 3, varieties Mirmalik, https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85683-6.00011-9.
78. Das, A., S. Singh, Z. Islam, A. Munshi, T. Behera, S. Dutta, Y. Weng, S. Dey. Current progress in genetic and genomics-aided breeding for stress resistance in cucumber (Cucumis sativus L.), Scientia Horticulturae, Volume 300, 27 June 2022, 111059, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111059.

79. Davidson, P., J. Sofos, A. Branen (Eds.). Antimicrobials in Food, Food Antimicrobials — An Introduction, Chapter 2|38 pages, Sodium Benzoate and Benzoic Acid, publ. Taylor & Francis, New York, 2005, pp. 91-142.
80. Debra, R., V. Fulgoni, T. Nicklas, C. O'Neil. Food Sources of Energy and Nutrients among Children in the United States: National Health and Nutrition Examination Survey 2003–2006, Nutrients, Jan 22, 2013, 5(1):283-301, doi: 10.3390/nu5010283.
81. Dietary Guidelines Advisory Committee on the Dietary Guidelines for Americans, Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, 2010, Chapter Four, page 40, Potassium.
82. DiNicolantonio, J., J. O'Keefe, W. Wilson. Subclinical magnesium deficiency: a principal driver of cardiovascular disease and a public health crisis, Open Heart., Jan 13, 2018, doi: 10.1136/openhrt-2017-000668.
83. Domaradzki, P., M. Florek, A. Staszowska, Z. Litwińczuk. Evaluation of the Mineral Concentration in Beef from Polish Native Cattle, Pub Med, Biol Trace Elem Res, 2016 Jun, 171(2): 328–332, doi: 10.1007/s12011-015-0549-3.
84. Dubey, P., V. Thakur, M. Chattopadhyay. Role of Minerals and Trace Elements in Diabetes and Insulin Resistance by Pallavi, Nutrients, 12(6), 2020, https://doi.org/10.3390/nu12061864.
85. Ekholm, P., H. Reinivuo, P. Mattila, H. Pakkala, J. Koponen, A. Happonen, J. Hellström, M-L. Ovaskainen. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland, Journal of Food Composition and Analysis. 2007, 20 (6):487-495, Tabl. 3c, 3d, Tabl. 3e, Tabl. 3g, 3h, dry substance 9%, DOI:10.1016/j.jfca.2007.02.007.
86. Emkey, R., G. Emkey. Calcium metabolism and correcting calcium deficiencies, Endocrinol Metab Clin North Am., 2012, 41(3):527–556, DOI: 10.1016/j.ecl.2012.04.019.
87. Engel, M., H. Kern, J. Brenna, S. Mitmesser. Micronutrient Gaps in Three Commercial Weight-Loss Diet Plans, Nutrients, 2018 Jan, 10 (1): 108, doi: 10.3390/nu10010108.
88. Erikson, K., M. Aschner. Manganese neurotoxicity and glutamate-GABA interaction, Neurochem. Int., 2003, 43, 475–480, doi: 10.1016/s0197-0186(03)00037-8.
89. Esposito, M., A. De Roma, S. Cavallo, O. Miedico, E. Chiaravalle, V. Soprano, L. Baldi, P. Gall. Trace elements in vegetables and fruits cultivated in Southern Italy, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 84, December 2019, 103302 Original Research Article, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103302.

90. Farquhar, W., D. Edwards, C. Jurkovitz, W. Weintraub. Dietary Sodium and Health: More Than Just Blood Pressure, J Am Coll Cardiol, 17 Mar, 2015, 65(10):1042–1050, doi: 10.1016/j.jacc.2014.12.039.
91. Ferreira, S., M. Bezerra, A. Santos, W. L. dos Santos, C. Novaes, O. C. de Oliveira, M. Oliveira, R. Garcia. Atomic absorption spectrometry – A multi element technique, TrAC Trends in Analytical Chemistry, Vol. 100, March 2018, Pages 1-6, https://doi.org/10.1016/j.trac.2017.12.012.
92. Fernandez-Hernandez, A., R. Mateos, J. Garcia-Mesa, G. Beltran, R. Fernandez-Escobar. Determination of mineral elements in fresh olive fruits by flame atomic spectrometry, Spanish journal of agricultural research, 8(4):1183-1190, 2010, DOI:10.5424/sjar/2010084-1206.
93. Finley, J., C. Davis. Manganese deficiency and toxicity: are high or low dietary amounts of manganese cause for concern?, Biofactors 1999, 10, 15–24, doi: 10.1002/biof.5520100102.
94. Frederickson, C., J. Koh, A. Bush. The neurobiology of zinc in health and disease, Nat. Rev. Neurosci., 6:449–462, 2005, doi: 10.1038/nrn1671.
95. Freitas, M., J. Azevedo, E. Pinto, J. Neves, A. Campos, V. Vasconcelos. Effects of microcystin-LR, cylindrospermopsin and a microcystin-LR/cylindrospermopsin mixture on growth, oxidative stress and mineral content in lettuce plants (Lactuca sativa L.), Ecotoxicology and Environmental Safety, Volume 116, June 2015, Pages 59-67, Table 2.
96. Frida fooddata.dk, version 4, 2019, food lists, grouped list, vegetables and vegetable products, herbs.
97. Gamba, M., E. Asllanaj, P. Raguindin, M. Glisic, O. H. Franco, B. Minder, W. Bussler, B. Metzger, H. Kern, T. Muka. Nutritional and phytochemical characterization of radish (Raphanus sativus): A systematic review, Trends in Food Science & Technology, Volume 113, July 2021, Pages 205-218, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.045.
98. Gentscheva, G., I. Uzunov, I. Karadjova, A. Predoeva. Inorganic components, IR, XRD and TG/DTA characterisation of Triticum monococcum L. and modern cultivated cereals, January 2014, Article in Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences, 67 (5):647-654, https://www.researchgate.net/publication/280577691.
99. George, E., R. Daly, S. Tey, R. Brown, T. Wong, S –Y. Tan. Perspective: Is it Time to Expand Research on “Nuts” to Include “Seeds”? Justifications and Key Considerations, Pub Med, 2022 Aug 1, 13(4):1016-1027, DOI: 10.1093/advances/nmac028.

100. Gharibzahedi, S., S. Jafari. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation, Trends Food Sci. Technol., 62:119–132, 2017, doi: 10.1016/j.tifs.2017.02.017.

101. Ghishan, F. Transport of electrolytes, water, and glucose in zinc deficiency, J Pediatr Gastroenterol Nutr., 1984, 3:608–12, 10.1097/00005176-198409000-00022.

102. González-Martín, I., J. Hernández-Hierro, I. Revilla, A. Vivar-Quintana, I. Lobos-Ortega, C. González-Pérez. Changes in the Mineral Content in Cheeses of Different Compositions during 6 Months of Ripening, Czech J. Food Sci, Special Issue, Vol.27, 2009, s114-s118.

103. Gracia-Marco, L. Calcium, vitamin D, and health, Nutrients, 06.02.2020, 12(2):416, doi: 10.3390/nu12020416.

104. Grober, U., J. Schmidt, K. Kisters. Magnesium in prevention and therapy, Nutrients, vol. 7, no. 9, 2015, pp. 8199–8226, doi: 10.3390/nu7095388.

105. Guardia, M., L.Guerrero, J. Gelabert, P. Gou, J. Arnau. Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content, Meat Sci., Vol. 73, Iss. 3, 2006, pp. 484-490; https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.01.009.

106. Hakala, M., A. Lapveteläinen, R. Huopalahti, H. Kallio, R. Tahvonen. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 16, Issue 1, February 2003, Pages 67-80, 3.2. Table 3, 4, g/kg, https://doi.org/10.1016/S0889-1575 (02)00165-5.

107. Haryanto, B., T. Suksmasari, E. Wintergerst, S. Maggini. Multivitamin supplementation supports immune function and ameliorates conditions triggered by reduced air quality, Vitam. Miner., 2015, 4:1–15, DOI: 10.4172/2376-1318.1000128.

108. Hashemipour, M., R. Kelishadi, J. Shapouri, N. Sarrafzadegan, M. Amini, N. Tavakoli, A. Movahedian-Attar, P. Mirmoghtadaee, P. Poursafa. Effect of zinc supplementation on insulin resistance and components of the metabolic syndrome in prepubertal obese children, Hormones (Athens), 2009, 8:279–85, doi: 10.14310/horm.2002.1244.

109. Hayes, J., V. Stepanyan, P. Allen, M. O'Grady, J. Kerry. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf-life stability of raw and cooked pork sausages, LWT-Food Science and Technology, Volume 44, Issue1, January 2011, Pages 164-172, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.020.

110. He, F., G. MacGregor. Beneficial effects of potassium on human health, Physiol Plant., 2008, 133:725–735, doi: 10.1111/j.1399-3054.2007.01033.x.
111. https://health.gov/our-work/nutrition-physical-activity/dietary-guidelines/previous-dietary-guidelines/2015/advisory-report
112. Heaney, R., C. Weaver. Oxalate: Effect on calcium absorbability, Am. J. Clin. Nutr., Volume 50, Issue 4, October 1989, Pages 830-832, https://doi.org/10.1093/ajcn/50.4.830.
113. Hedges, L., C. Lister. Nutritional attributes of herbs, Affiliation: Crop & Food Research Confidential Report, No. 1891, April 2007, 5.22., Pade 18.
114. Henney, J., C. Taylor, C. Boon. Strategies to Reduce Sodium Intake in the United States, National Academies Press (US), Institute of Medicine Committee on Strategies to Reduce Sodium Intake, 2010.
115. Huang, F., Z. Wang, J. Zhang, W. Du, C. Su, H. Jiang, X. Jia, Y. Ouyang, Y. Wang, L. Li et al. Dietary calcium intake and food sources among Chinese adults in CNTCS. PL S ONE, 2018, 13(10):e0205045, doi: 10.1371/journal.pone.0205045.
116. Huo, X., R. Clarke, J. Halsey, R. Jackson, A. Lehman, R. Prince, J. Lewis, J. A. Baron, H. Kroger, R. Sund, J. Armitag. Calcium Supplements and Risk of CVD: A Meta-Analysis of Randomized, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2023.100046.
117. Hurrell, R., I. Egli. Iron bioavailability and dietary reference values, Am J Clin Nutr., 2010, 91(5):1461S-1467S, https://doi.org/10.3945/ajcn.2010.28674F.
118. Hurley, S. W., A. Johnson. The biopsychology of salt hunger and sodium deficiency, Pflugers Arch., Mar 2015, 467(3): 445–456, doi: 10.1007/s00424-014-1676-y.
119. Iglesias-Puig, E., V. Monedero, M. Haros. Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability, Lwt-Food Sci. Technol., 2015, 60:71–77, doi: 10.1016/j.lwt.2014.09.045.
120. Ionete, R., O. Dinca, E. Geana, D. Costinel. Macro - and microelements as possible markers of quality and authenticity for fruits and derived products, Gale academic onefile, Progress of Cryogenics and Isotopes Separation (Vol. 19, Issue 1), January 2016, Table 1.
121. Isik, B., F. Altay, E. Capanoglu. The uniaxial and coaxial encapsulations of sour cherry (Prunus cerasus L.) concentrate by electrospinning and their in vitro bioaccessibility, Food Chemistry, Volume 265, 1 November 2018, Pages 260-273, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.064.

122. Jackson, R., A. La Croix, M. Gass, R. Wallace, J. Robbins, C. Lewis, T. Bassford, Sh. Beresford, H. Black, P. Blanchette, D. Bonds, R. Brunner, R. Brzyski, B. Caan, J. Cauley, R. Chlebowski, S. Cummings, I. Granek, J. Hays, G. Heiss, S. Hendrix, B. Howard, J. Hsia, F. Hubbell, K. Johnson, H. Judd, J. Kotchen, L. Kuller, R. Langer, N. Lasser, M. Limacher, S. Ludlam, J. Manson, K. Margolis, J. McGowan, J. Ockene, M. O'Sullivan, L. Phillips, R. Prentice, G. Sarto, M. Stefanick, L. Van Horn, J. Wactawski-Wende, E. Whitlock, G. Anderson, A. Assaf, D. Barad. Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of fractures, N. Engl. J. Med., 2006, 354:669–683.

123. Jarosz, M., E. Rychlik, K. Stoś, J. Charzewskiej. Normy Żywienia dla Populacji Polski [Nutrition Standards for the Polish Population], Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego–Państwowy Zakład Higieny, Warszawa, Poland: 2020; page 274.

124. Järup, L. Hazards of heavy metal contamination, British Medical Bulletin, Volume 68, Issue 1, December 2003, Pages 167–182, https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032.

125. Jones, J., J. Engleson. Whole grains: benefits and challenges, Annu Rev Food Sci Technol., 1, 2010, pp. 19-40, DOI: 10.1146/annurev.food.112408.132746.

126. Joseph, A., R. Rajan, J. Paul, K. Cherian, N. Kapoor, F. Jebasingh, H. Asha, N. Thomas, T. Paul. The continuing crippling challenge of skeletal fluorosis – Case series and review of literature, Journal of Clinical and Translational Endocrinology: Case Reports, Volume 24, June 2022, https://doi.org/10.1016/j.jecr.2022.100114.

127. Keen, C., S. Zidenberg-Cherr. Manganese Toxicity in Humansand Experimental Animals. In Manganese in Health and Disease. Ed Klimis-Tavantzis DL, CRC Press., Boca Raton, Florida, 1994, pp. 193–205.

128. Keen, C., S. Zidenberg-Cherr. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), 2003, Manganese, Manganese Toxicity

129. Kelishadi, R., M. Hashemipour, K. Adeli, N. Tavakoli, A. Movahedian-Attar, J. Shapouri, P. Parinaz, R. Akbar. Effect of zinc supplementation on markers of insulin resistance, oxidative stress, and inflammation among prepubescent children with metabolic syndrome; Metab Syndr Relat Disord, 2010, 8:505–10, doi: 10.1089/met.2010.0020.

130. Kennedy, G., R. Kanter, S. Chotiboriboon, N. Covic, T. Delormier, T. Longvah, P. Maundu, N. Omidvar, P. Vish, H. Kuhnlein. Traditional and Indigenous Fruits and Vegetables for Food

System Transformation, Current Developments in Nutrition, Volume 5, Issue 8, August 2021, nzab092, https://doi.org/10.1093/cdn/nzab092.

131. Kim, J., P. Seong, S. Cho, B. Park, K. Hah, L. Yu, D. Lim, I. Hwang, D. Kim, J. Lee, C. Ahn. Characterization of Nutritional Value for Twenty-one Pork Muscles, January 2008, Asian-Aust. J. Anim. Sci., 21(1): 138–143, DOI: 10.5713/ajas.2008.70208.
132. Kırbaşlar, F., G. Türker, Z. Özsoy-Güneş, M. Ünal, B. Dülger, E. ErtaşB. Kızılkaya. Evaluation of Fatty Acid Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity, Mineral Composition and Calorie Values of Some Nuts and Seeds from Turkey, Academy of Chemistry of Globe Publications Published, Rec. Nat. Prod., 6:4, 2012, 339-349.
133. Kloss, L., J. Meyera, L. Graeve, W. Vetter. Sodium intake and its reduction by food reformulation in the European Union — A review; NFS Journal, Volume 1, June 2015, Pages 9-19; https://doi.org/10.1016/j.nfs.2015.03.001.
134. Koller, M., H. Saleh. Introductory Chapter: An Introduction to Trace Elements, Books, 09. 2018, DOI: 10.5772/intechopen.75010.
135. Korpelainen, H., M. Pietiläinen. Sorrel (Rumex acetosa L.): Not Only a Weed but a Promising Vegetable and Medicinal Plant, The Botanical Review, 2020, 86 (10), pages 234–246, DOI:10.1007/s12229-020-09225-z.
136. Kremer-Sadlik, T., A. Morgenstern. The reflective eater: Socializing French children to eating fruits and vegetables, Appetite, Volume 172, 1 May 2022, 105954, https://doi.org/10.1016/j.appet.2022.105954.
137. Kulp, K., J. Montgomery, D. Nelson, B. Cutter, E. Latham, D. Shattuck, D. Klotz, L. Bennett. Essiac and Flor-Essence herbal tonics stimulate the in vitro growth of human breast cancer cells, Breast Cancer Res Treat., 2006 Aug 98(3):249-59, doi: 10.1007/s10549-005-9156-x.
138. Kumar, R., S. Singh, G. Rai, V. Krishnan, M. Berwa, S. Goswami, V. Gyan, P. Mishra, C. Satyavathi, B. Singh, S. Praveen. Iron and Zinc at a cross - road: A trade-off between micronutrients and anti-nutritional factors in pearl millet flour for enhancing the bioavailability; Journal of Food Composition and Analysis, Volume 111, August 2022, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104591.
139. Kumssa, D., E. Joy, E. Ander, M. Watts, S. Young, S. Walker, M. Broadley. Dietary calcium and zinc deficiency risks are decreasing but remain prevalent, Sci. Rep., 5:10974, 2015, doi: 10.1038/srep10974.

140. Kumssa, D. B., E. J. M. Joy and M. R. Broadley. Global Trends (1961–2017) in Human Dietary Potassium Supplies, Nutrients, 13 (4):1369, Apr 2021, doi: 10.3390/nu13041369.

141. Lisiewska, Z., P. Gębczyński, E. Bernaś, W. Kmiecik. Retention of mineral constituents in frozen leafy vegetables prepared for consumption, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 22, Issue 3, May 2009, Pages 218-223, Table 2, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.11.015.

142. Loganathan, V., A. Bharathi, A. Prince, J. Ramakrishnan. Treatment efficacy of vitamin C or ascorbate given as co-intervention with iron for anemia – A systematic review and meta-analysis of experimental studies, Clinical Nutrition ESPEN, Volume 57, October 2023, Pages 459-468, https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.07.081.

143. Lopez, F., S. Agarwal, M. Grams, L. Loehr, E. Soliman, P. Lutsey, L. Chen, R. Huxley, A. Alonso. Relation of Serum Phosphorus Levels to the Incidence of Atrial Fibrillation (from the Atherosclerosis Risk In Communities [ARIC] Study), The American Journal of Cardiology, Volume 111, Issue 6, 15 March 2013, Pages 857-862, https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2012.11.045.

144. Lopez, H. W., F. Leenhardt, C. Coudray, C. Remesy. Minerals and phytic acid interactions: Is it a real problem for human nutrition?, Int J Food Sci Tech., 2002, 37: 727–39, https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00618.x.

145. Łoźna, K., M. Styczyńska, J. Hyla, M. Bienkiewicz, D. Figurska-Ciura, J. Biernat, M. Bronkowska. Mineral composition of tree nuts and seeds, J. Elem., 2020, 25(2): 745-756. DOI: 10.5601/jelem.2019.24.4.1915.

146. Lucarini, M., G. Saccani, L. D'Evoli, S. Tufi, A. Aguzzi, P. Gabrielli, L. Marletta, G. Lombardi-Boccia. Micronutrients in Italian ham: A survey of traditional products, Food Chemistry, Volume 140, Issue 4, 15 October 2013, Pages 837-842, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.020.

147. Maares, M., H. Haase. A Guide to Human Zinc Absorption: General Overview and Recent Advances of in Vitro Intestinal Models, Nutrients, 12(3), 2020, 762, https://doi.org/10.3390/nu12030762.

148. Maffei, D., N. de Arruda Silveira, M. da Penha Longo Mortatti Catanozi. Microbiological quality of organic and conventional vegetables sold in Brazil, Food Control, Volume 29, Issue 1, January 2013, Pages 226-230, https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.06.013.

149. Malbe, M., T. Otstavel, I. Kodis and A. Viitak. Content of selected micro and macro elements in dairy cows' milk in Estonia, Agronomy Research 8 (Special Issue II), 323–326, 2010.
150. Mangas, J., C. Cabranes, J. Moreno, D. Gomis. Influence of Cider-Making Technology on Cider Taste, LWT - Food Science and Technology, Volume 27, Issue 6, December 1994, Pages 583-586, https://doi.org/10.1006/fstl.1994.1114.
151. Manuelian, S., M. Penasa, M. Cassandro, M. De Marchi. Characterization of major and trace minerals, fatty acid composition, and cholesterol content of Protected Designation of Origin cheeses, J. Dairy Sci., 100, 2017, pp. 3384-3395, 10.3168/jds.2016-12059.
152. Manzoor, M., A. Ali, H. Ul Ain, S. Kausar, A. Khalil, R. Aadil, X-A Zeng. Bioaccessibility mechanisms, fortification strategies, processing impact on bioavailability, and therapeutic potentials of minerals in cereals, Future Foods, Volume 10, December 2024, T1, https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100425.
153. Maret, W., H. Sandstead. Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation, J. Trace Elem. Med. Biol., 2006, 20:3–18, doi: 10.1016/j.jtemb.2006.01.006.
154. Marles, R. Mineral nutrient composition of vegetables, fruits and grains: The context of reports of apparent historical declines; Journal of Food Composition and Analysis, Volume 56, March 2017, Pages 93-103, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.11.012.
155. Martinez-Gonzalez, M., N. Martín-Calvo. Mediterranean diet and life expectancy; beyond olive oil, fruits and vegetables, Curr Opin Clin Nutr Metab Care., 19 (6), 2016, pp. 401-407, doi: 10.1097/MCO.0000000000000316.
156. Mattes, R., D. Donnelly. Relative contributions of dietary sodium sources, J Am Coll Nutr., 1991 Aug, 10:383–93, doi: 10.1080/07315724.1991.10718167.
157. Mayer, A-M., L. Trenchard, F. Rayns. Historical changes in the mineral content of fruit and vegetables in the UK from 1940 to 2019: a concern for human nutrition and agriculture, Int J Food Sci Nutr. 2022 May, 73(3):315-326, doi: 10.1080/09637486.2021.1981831.
158. Mayengbam, N., K. Bierla, A. Angaïts, J. Szpunar. Chemical speciation of essential trace elements in edible bamboo shoots from different varieties and sampling locations by HPLC – ICP-MS and HPLC - electrospray MS/MS, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 136, 2024, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106772

159. McCance, R. Proceedings of the Royal Society of London. Series B--Biological Sciences, Volume 119, 1935-1936, Experimental sodium chloride deficiency in man, Nutr Rev., Mar 1990, 48(3):145-7, doi: 10.1111/j.1753-4887.1990.tb02916.x.

160. McClain, C. Zinc metabolism in malabsorption syndromes, J. Am. Coll. Nutr., 4:49–641985, 1985, doi: 10.1080/07315724.1985.10720066.

161. Meenakshi, J., N. Johnson, V. Manyong, H. DeGroote, J. Javelosa, D. Yanggen, F. Naher, C. Gonzalez, J. García, E. Meng. How Cost-Effective is Biofortification in Combating Micronutrient Malnutrition? An Ex ante Assessment, World Development, Volume 38, Issue 1, January 2010, Pages 64-75, https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.03.014.

162. Melse-Boonstra, A. Bioavailability of Micronutrients from Nutrient-Dense Whole Foods: Zooming in on Dairy, Vegetables, and Fruits, Front Nutr., 2020, 24:7:101, doi: 10.3389/fnut.2020.00101.

163. Menezes, E., A. Oliveira, C. France, G. Souza, A. Nogueira. Bioaccessibility of Ca, Cu, Fe, Mg, Zn, and crude protein in beef, pork and chicken after thermal processing, Food Chem., 240, 2018, pp.75-83, DOI:10.1016/j.foodchem.2017.07.090.

164. Milošević T., N. Milošević, I. Glišić, L. Bošković Rakočević, J. Milivojević. Fertilization effect on trees and fruits characteristics and leaf nutrient status of apricots which are grown at Cacak region (Serbia), Sci. Hortic., 164 (16) (2013), pp. 112-123, https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.09.028.

165. Milošević, T., N. Milošević. Chapter 41 - Soil fertility: Plant nutrition vis-à-vis fruit yield and quality of stone fruits, Fruit Crops, Diagnosis and Management of Nutrient Constraints, 2020, Pages 583-606, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00041-1.

166. Mishra, P., J. Mishra, N. Arora. Biofortification revisited: Addressing the role of beneficial soil microbes for enhancing trace elements concentration in staple crops, Microbiological Research, Volume 275, October 2023, 127442, https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127442.

167. National Academies Press (US), 12. Other Substances in Food, 1989

168. National Research Council. Diet and Health. Implications for Reducing Chronic Disease Risk. Chapter 14-Trace Elements, The National Academies Press (US), 1989, https://nap.nationalacademies.org/read/1222/chapter/17

169. Nazanin, A., R. Hurrell, R. Kelishadi. Review on iron and its importance for human health, J Res Med Sci., 19(2), 2014, 164–174.

170. Ng, K., D. Xu, J. Tran, H. Channon, F. Dunshea. Report prepared for the Co-operative Research Centre for High Integrity of Australian Pork, Nutritional Composition of Australian Pork, 3B-112., May 2016.
171. NIH, Manganese, Sources of Manganese, Food, 2021.
172. Noël, L., M. Carl, Ch. Vastel, T. Guérin. Determination of sodium, potassium, calcium and magnesium content in milk products by flame atomic absorption spectrometry (FAAS): A joint ISO/IDF collaborative study, International Dairy Journal, 18(9) 2008, pages 899-904, https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.01.003.
173. Noronha, J., G. Matuschak. Magnesium in critical illness: metabolism, assessment, and treatment, Intensive Care Med., Jun 2002, 28(6):667–679, doi: 10.1007/s00134-002-1281-y.
174. Nosratpour, M., S. M. Jafari. Bioavailability of Minerals (Ca, Mg, Zn, K, Mn, Se) in Food Products, January 2018, DOI:10.1016/B978-0-08-100596-5.21618-1.
175. Olives, A., M. Martin, B. Castillo, M. Torija. Assaying Vitamins and Micronutrients in Tomato, Research Gate, January 2008, In book: Tomatoes and Tomato Products (pp.537-583), Table 2, DOI:10.1201/9781439843390-c27.
176. Omidvar, M., T-R. Neyestani, M. Hajifaraji, M-R. Eshraghian, A. Rezazadeh, S. Armin, H. Haidari, T. Zowghi. Calcium Intake, Major Dietary Sources and Bone Health Indicators in Iranian Primary School Children, Iran J Pediatr, Feb 20, 2015, 25(1): e177, doi: 10.5812/ijp.177.
177. Osredkar, J., N. Sustar. Copper and Zinc, Biological Role and Significance of Copper/Zinc Imbalance, J Clinic Toxicol, 2011, S:3 DOI: 10.4172/2161-0495.S3-001.
178. Özcan, M. Determination of the mineral compositions of some selected oil-bearing seeds and kernels using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES), Grasas y Aceites, VOL. 57, № 2, 2006, https://doi.org/10.3989/gya.2006.v57.i2.39.
179. Özcan, M. Mineral contents of some plants used as condiments in Turkey, Food Chemistry, Volume 84, Issue 3, February 2004, Pages 437-440, https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00263-2.
180. Palmer, B. Regulation of potassium homeostasis, Clin. J. Am. Soc. Nephrol., 2015, 10:1050–1060, doi: 10.2215/CJN.08580813.
181. Papapetros, S., A. Louppis, I. Kosma, S. Kontakos, A. Badeka, M. G. Kontominas. Characterization and differentiation of botanical and geographical origin of selected popular

sweet cherry cultivars grown in Greec., Journal of Food Composition and Analysis, Volume 72, September 2018, Pages 48-56, Tabl.2, Regina.

182. Pinto, E., A. Almeida, A. Aguiar, I. Ferreira. Changes in macrominerals, trace elements and pigments content during lettuce (Lactuca sativa L.) growth: Influence of soil composition, Food Chemistry, Volume 152, 1 June 2014, Pages 603-611.p.3.1, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.023, 3.1.
183. Pinto, E., A. Almeida, A. Aguiar, I. Ferreira. Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 37, February 2015, Pages 38-43, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018.
184. Petrera, F., G. Catillo, F. Napolitano, M. Malacarne. New insights into the quality characteristics of milk from Modenese breed compared with Italian Friesian, Ital. J.Anim.Sci., 15, 2016, pp. 559-567, 10.1080/1828051X.2016.1222889.
185. Polyakov, A., T. Alekseeva, I. Muravieva. The elemental composition of garlic (Allium sativum L.) and its variability, E3S Web of Conferences, 175, 2020, 01016, XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness– INTERAGROMASH 2020", Table 4, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017501016.
186. Potortì, A., G. Bua, V. Turco, A. Tekaya, A. Beltifa, H. Mansour, G. Dugo, G. Di Bella. Major, minor and trace element concentrations in spices and aromatic herbs from Sicily (Italy) and Mahdia (Tunisia) by ICP-MS and multivariate analysis, Food Chemistry, Volume 313, 30 May 2020, 126094.
187. Pressman, P., R. Clemens, A. Hayes. Bioavailability of micronutrients obtained from supplements and food: A survey and case study of the polyphenols, Toxicology Research and Application, vol. 1, First Published, March 21, 2017, https://doi.org/10.1177/2397847317696366.
188. Ralph, A., H. McArdle. Copper metabolism and requirements in the pregnant mother, her fetus and children, 2001, New York: International Copper Association
189. Rashid, N., I. Ashraf, R. Kumar, R. Richa. Enrichment via chia seeds to tackle hidden hunger: a review, J. Food Process. Preserv., 45 (9), 2021, https://doi.org/10.1111/jfpp.15593.
190. Rawat, D. Fortification of orange peel powder in vermicelli: a review, J. Emer. Technol. Innov. Res., 8 (4), 2021, pp. 449-454.

191. Reid, I. Should we prescribe calcium supplements for osteoporosis prevention?, J Bone Metab., 2014, 21(1):21–28, doi: 10.11005/jbm.2014.21.1.21.
192. Reis, F., C. Marques, A. Sales de Moraes, M. Masson. Trends in quality assessment and drying methods used for fruits and vegetables, Food Control, Volume 142, December 2022, 109254, https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109254.
193. Rink, L., P. Gabriel. Zinc and the immune system, Proceedings of the Nutrition Society, 59, 2000, 541–552, doi: 10.1017/s0029665100000781.
194. Rodrigues, A., G. Ströher, L. Dias, C. Silva, M. Matsushita, J. Visentainer, N. Evelázio de Souza. Study of the mineral nutrients composition of three genotypes of peanuts, Nutrition & Food Science ISSN: 0034-6659, February 2013.
195. Roohani, N., R. Hurrell, R. Wegmueller, R. Schulin. Zinc and phytic acid in major foods consumed by a rural and a suburban population in central Iran, J Food Comp Anal., 2012, 28:8–15, DOI: 10.1016/j.jfca.2012.07.005.
196. Ros, E., M. Izquierdo-Pulido, A. Sala-Vila. Beneficial effects of walnut consumption on human health; role of micronutrients, Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, November 2018, 21(6): p 498-504, DOI: 10.1097/MCO.0000000000000508.
197. Roux, Ph., D. Lemarchand, H. Hughes, M-P. Turpault. A Rapid Method for Determining Boron Concentration (ID-ICP-MS) and δ11B (MC-ICP-MS) in Vegetation Samples after Microwave Digestion and Cation Exchange Chemical Purification, Geostandards and Geoanalytical Research, 12. 2014, p. 453-466, DOI:10.1111/j.1751-908X.2014.00328.x.
198. Rusu, M., A-M. Gheldiu, A. Mocan, L. Vlase, D-S. Popa. Anti-aging potential of tree nuts with a focus on the phytochemical composition, molecular mechanisms and thermal stability of major bioactive compounds, Food Funct., 2018, 9:2554–75. 10.1039/c7fo01967j.
199. Sabbadini, S., F. Capocasa, M. Battino, L. Mazzoni, B. Mezzetti. Improved nutritional quality in fruit tree species through traditional and biotechnological approaches, Trends in Food Science & Technology, Volume 117, November 2021, Pages 125-138, https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.08.
200. Saini, R., E. Ko, Y-S. Keum. Minimally processed ready-to-eat baby-leaf vegetables; Production, processing, storage, microbial safety and nutritional potential, Food Reviews International 33 (6), 2017, pp. 644-663, doi: 10.1080/87559129.2016.1204614.

201. Said, A., I. Otmani, S. Derfoufi, A. Benmoussa. Highlights on nutritional and therapeutic value of stinging nettle (Urtica dioica L.), Int. J. Pharm. Pharmaceut. Sci. 2015, 7(10):8–14.
202. Sajdakowska, M., J. Gębski, S. Żakowska-Biemans, M. Jezewska-Zychowicz. Willingness to eat bread with health benefits: habits, taste and health in bread choice. Public Health, 2019, 167(5):78-87, DOI:10.1016/j.puhe.2018.10.018.
203. Sales de Oliveira, V., D. Chávez, P. Paiva, O. Gamallo, R. Castro, A. Sawaya, G. Sampaio, E. Ferraz da Silva Torres, T. Saldanha. Parsley (Petroselinum crispum Mill.): A source of bioactive compounds as a domestic strategy to minimize cholesterol oxidation during the thermal preparation of omelets, Food Research International, Volume 156, June 2022, 111199, https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111199.
204. Sanz-Penella, J., M. Wronkowska, M. Soral-Smietana, M. Haros. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value, Lwt-Food Sci. Technol., 2013, 50:679–685, doi: 10.1016/j.lwt.2012.07.031.
205. Schöne, F., A. Ibel, S. Lorkowski, M. Ihling, S. Ramminger, R. Kirmse, K. Spörl, G. Kießling, M. Glei. Composition of pork and German meat products with a focus on iron, selenium and iodine, Journal of Food Composition and Analysis,Volume 119, June 2023, 105246.
206. Segovia de la Revilla, L., E. Ferguson, C. Dooley, G. Osman, E. Ander, E. Joy. The availability and geographic location of open-source food composition data used to estimate micronutrient intakes in sub-Saharan Africa: A scoping review, Journal of Food Composition and Analysis, Volume 120, July 2023, 105322, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105322.
207. Shalini, S., A. Salve, S. Chauhan. Peanuts as functional food: a review, J Food Sci Technol., 2016 Jan, 53(1): 31–41, doi:10.1007/s13197-015-2007-9.
208. Sharma, N., S. Angural, M. Rana, N. Puri. Phytase producing lactic acid bacteria: Cell factories for enhancing micronutrient bioavailability of phytate rich foods, Trends in Food Science & Technology, 96, 2020, Pages 1-12, DOI: 10.1016/j.tifs.2019.12.001.
209. Siener, R., R. Hönow, A. Seidler, S. Voss, A. Hesse. Oxalate contents of species of the Polygonaceae, Amaranthaceae and Chenopodiaceae families, Food Chemistry, Volume 98, Issue 2, 2006, Pages 220-224, Tabl 1, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.059.
210. Smolarz, D., M. Wegieraat, D. Wianowska, A. Dawidowicz. Anthracene derivatlves in some species of Rumex L genus, Article in Acta Societatis Botanicorum Poloniae, June 2007, 76(2):103-108, DOI:10.5586/asbp.2007.013.

211. Solomons, N., I. Rosenberg, H. Sandstead, K. Vo-Khactu. Zinc deficiency in crohn's disease, Digestion. 1977, 16:87–95, doi: 10.1159/000198059.
212. Stanfield, P., Y. Hui. Nutrition and Diet Therapy, Jones and Bartlett Publishers, 2010, page 88.
213. St-Jules, D., R. Jagannathan, L. Gutekunst, K. Kalantar-Zadeh, M. Sevick. Examining the proportion of dietary phosphorus from plants, animals and food additives excreted in urine, Journal of Renal Nutrition, Volume 27, Issue 2, March 2017, Pages 78-83, doi: 10.1053/j.jrn.2016.09.003.
214. Stefanaki, A., T. van Andel. Chapter 3 - Mediterranean aromatic herbs and their culinary use, Aromatic Herbs in Food, Bioactive Compounds, Processing, and Applications 2021, Pages 93-121, 3.3.5 Dill, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822716-9.00003-2.
215. Stocco, G., A. Summer, C. Cipolat-Gotet, M. Malacarne, A. Cecchinato, N. Amalfitano, G. Bittante. The mineral profile affects the coagulation pattern and cheese-making efficiency of bovine milk, Journal of Dairy Science, Volume 104, Issue 8, August 2021, Pages 8439-8453.
216. Stone, M., L. Martyn, C. Weaver. Potassium Intake, Bioavailability, Hypertension, and Glucose Control, Nutrients., 8(7): 444, Jul 2016, doi: 10.3390/nu8070444.
217. Straub, D. Calcium supplementation in clinical practice: a review of forms, doses, and indications, Nutr Clin Pract., 2007; 22(3): 286–296, https://doi./10.1177/0115426507022003286.
218. Strazzullo, P. Sodium, Adv Nutr., Mar 2014, 5(2): 188–190, doi: 10.3945/an.113.005215.
219. Sulser, T., R. Beach, K. Wiebe, S. Dunston, N. Fukagawa. Disability-adjusted life years due to chronic and hidden hunger under food system evolution with climate change and adaptation to 2050, The American Journal of Clinical Nutrition, Volume 114, Issue 2, August 2021, Pages 550-563.
220. Swaminathan, R. Magnesium Metabolism and its Disorders, Clin Biochem Rev., May 2003, 24(2): 47–66.
221. Tabelle di composizione degli alimenti, pagina 15, Numero codice 110510,110540
222. Tang G-Y., X. Meng, Y. Li, C-N. Zhao, Q. Liu, H-B. Li. Effects of vegetables on cardiovascular diseases and related mechanisms, Nutrients 2017, 9(8), 857, https://doi.org/10.3390/nu9080857.

223. Tapsell, L., I. Hemphill, L. Cobiac, C. Patch, D. Sullivan, M. Fenech, S. Roodenrys, J. Keogh, P. Clifton, P. Williams, V. Fazio, K. Ing. Health benefits of herbs and spices: the past, the present, the future, Pub Med, 2006, Aug 21, 185 (S4): S1-S24, doi: 10.5694/j.1326-5377.2006.tb00548.x.

224. Tennent, D., J. Davidson, A. Day. Phytonutrient intakes in relation to European fruit and vegetable consumption patterns observed in different food surveys, Br J Nutr., 112 (7), 2014, pp. 1214-1225.

225. Torrinha, Á., M. Oliveira, S. Marinho, P. Paíga, C. Delerue-Matos, S. Morais. Mineral Content of Various Portuguese Breads: Characterization, Dietary Intake, and Discriminant Analysis, Pub Med, 2019 Jul 31, 24(15):2787, doi: 10.3390/molecules24152787.

226. Tsalev, D., Z. Zaprianov. Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice, Vol. I: Analytical Aspects and Health Significance, CRC Press, Boca Raton, FL, 1983, pp. 252.

227. Tsalev, D. Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice, Vol. II: Determination of Individual Elements, CRC Press, Boca Raton, FL, 1984, pp. 295

228. Turnlund, J., N. Durkin, F. Costa, S. Margen. Stable isotope studies of zinc absorption and retention in young and elderly men, J. Nutr. 1986, 116:1239–1247, doi: 10.1093/jn/116.7.1239.

229. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 (Slightly Revised) [(accessed on 12 July 2019)], Version Current: May 2016.

230. Underwood, E., N. Suttle. The mineral nutrition of livestock, CAB International Publishing, 3rd ed., Wallingford, 1999, p. 614.

231. Vallinoto, P., E. Moreira, V. Maihara. Estimation of daily dietary intake of essential minerals and trace elements in commercial complementary foods marketed in Brazil, Food Chemistry Advances, Volume 1, October 2022, 100039, https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100039.

232. Vasas, A., O. Orbán-Gyapai, J. Hohmann. The Genus Rumex: Review of traditional uses, phytochemistry and pharmacology, Journal of Ethnopharmacology, Volume 175, 4 December 2015, point 2, Pages 198-228, https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.09.001.

233. Viera, A., N. Wouk. Potassium Disorders: Hypokalemia and Hyperkalemia, Am. Fam. Physician. 2015, 92:487–495.

234. Vieira, E., M.Soares, I. Ferreira, O. Pinho. Validation of a fast sample preparation procedure for quantification of sodium in bread by flame photometry, Food Anal. Method., 2012, 5:430–434, doi: 10.1007/s12161-011-9247-8.

235. Vélez-Terreros, P., D. Romero-Estévez, G. Yánez-Jácome, K. Simbaña-Farinango, H. Navarrete. Critical Review Comparison of major nutrients and minerals between organic and conventional tomatoes. A review, Journal of Food Composition and Analysis,Volume 100, July 2021, 103922, Table 4, https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103922.

236. Vorland, C., E. Stremke, R. Moorthi, K. Gallant. Effects of Excessive Dietary Phosphorus Intake on Bone Health, Current Osteoporosis Reports 15(2):1-10, October 2017, doi:10.1007/s11914-017-0398-4.

237. Wang, A. The Interaction of Iron with Proteins and Sugars in Biological Fluids and Beverages, publ. Virginia Tech, 2016, page 11, http://hdl.handle.net/10919/78796.

238. Weaver, C. How sound is the science behind the dietary recommendations for dairy?, Am J Clin Nutr., Volume 99, Issue 5, May 2014, Pages 1217S-1222S, https://doi.org/10.3945/ajcn.113.073007.

239. Weaver, C., R. Heaney, K. Nikel, P. Packard. Calcium bioavailability from high oxalate vegetables: Chinese vegetables, sweet potatoes and rhubar, J. Food Sci., 1997, 62:524–525, doi: 10.1111/j.1365-2621.1997.tb04421.

240. Weaver, C. Potassium and health, Adv. Nutr. 2013, 4:368S–377S, doi: 10.3945/an.112.003533

241. Weffort, V., R. Silva, J. Lamounier. Hidden hunger – a narrative review, Jornal de Pediatria, Volume 100, Supplement 1, March–April 2024, Pages S10-S17, https://doi.org/10.1016/j.jped.2023.08.009.

242. White, P., M. Broadley. Biofortifying crops with essential mineral elements, Trends in Plant Science, Volume 10, Issue 12, December 2005, Pages 586-593, https://doi.org/10.1016/j.tplants.2005.10.001.

243. Willemse, J., L. Meertens, H. Scheepers, N. Achten, M. Eussen van Dongen, L. Smits. Calcium intake from diet and supplement use during early pregnancy: The Expect study I, Eur. J. Nutr, 2020:167–174, doi: 10.1007/s00394-019-01896-8.

244. Williams, J., D. Edwards, S. Pun, M. Chaliha, B. Burren, U. Tinggi, Y. Sultanbawa. Organic acids in Kakadu plum (Terminalia ferdinandiana): The good (ellagic), the bad (oxalic) and the

uncertain (ascorbic), Food Res. Int., Volume 89, Part 1, Nov. 2016, Pages 237-244, DOI: 10.1016/j.foodres.2016.08.004.

245. World Health Organization/Food and Agricultural Organization, Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition, 2nd ed. World Health Organization, Geneva, Switzerland, Dec.2004.

246. Woźniak, D., W. Cichy, M. Dobrzyńska, J. Przysławski and S. Drzymała-Czyż. Reasonableness of Enriching Cow's Milk with Vitamins and Minerals, Foods., Table 2, 2022, 11(8): 1079, doi: 10.3390/foods11081079.

247. Wo´zniak, M., A. Waśkiewicz, I. Ratajczak. The Content of Phenolic Compounds and Mineral Elements in Edible Nuts, Molecules, 2022, 27 (14), 4326, https://doi.org/10.3390/molecules27144326.

248. Wronkowska, M., M. Jadacka, M. Soral-Śmetana, L. Zander, F. Dajnowiec, P. Banaszczyk, T. Jeliński, B. Szmatowicz. ACID whey concentrated by ultrafiltration a tool for modeling bread properties, Lwt-Food Sci. Technol. 2015; 61:172–176, doi: 10.1016/j.lwt.2014.11.019.

249. Yasui, M., Y. Yase, K. Ota. Evaluation of magnesium, calcium and aluminum deposition in bone in situ, No To Shinkei, 1991, 43(6):577–82.

250. Yu, A. Disturbances of magnesium metabolism. In: The Kidney, Ed: Brenner BM, WB Saunders 6th Ed, Philadelphia, 1999, 1055–1070.

251. Yu, J., M. Wang, C. Dong, B. Xie, G. Liu, Y. Fu, H. Liu. Analysis and evaluation of strawberry growth, photosynthetic characteristics, biomass yield and quality in an artificial closed ecosystem, Scientia Horticulturae, Volume 195, 12 Novemb. 2015, Pages 188-194, Table 3 varieties Frandi.

252. Zenooz, A., M. Eterafi, S. Giglou, E. Safarzadeh. Embracing cancer immunotherapy with manganese particles, Cellular Oncology, May 2025, https://doi.org/10.1007/s13402-025-01070-9.

253. Zhao, F-J., S. McGrath. Biofortification and phytoremediation, Current Opinion in Plant Biology, Volume 12, Issue 3, June 2009, Pages 373-380, https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.005.

254. Zurita-Ortega, A., A. Cervera-Mata, G. Delgado, F. Zurita-Ortega, J. Á. Rufián-Henares, S. Pastoriza. Mineral profile of weight loss related foods marketed in Spain, Food Chemistry, Volume 313, 30 May 2020, 126156, DOI:10.1016/j.foodchem.2019.126156.

IX. СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА

1. Паунова, Г., Р. Георгиева. Съдържание на минерали и микроелементи в плодове, зеленчуци и листни подправки (предимно български продукти), Българско списание за обществено здраве, 16 (3), 2024, 34-43. (ISSN 1313-860X).

2. Паунова, Г., Д. Станкова, Л. Мечкуева, Р. Георгиева. Проучване съдържанието на минерали и микроелементи в семена и ядки на българския пазар, Сборник доклади от годишна университетска научна конференция, НВУ гр. Велико Търново, 14-15 юни, 2018, 418-426. (ISBN 619-7246-20-1).

3. Паунова, Г., Д. Станкова, Л. Мечкуева, Р. Георгиева. Проучване минералния състав на българско краве мляко и българско краве сирене, в: Науката за хранене в превенция и лечение на съвременните болести, проф. Б. Попов (Ред.), Българско дружество по хранене и диететика, Везни-4, София, 2019, 30-34. (ISBN 978-954-9977-77-6).

4. Паунова, Г., Д. Станкова, Л. Мечкуева, Р. Георгиева. Минерали и микроелементи в български месни продукти, в: Науката за хранене в превенция и лечение на съвременните болести, проф. Б. Попов (Ред.), Българско дружество по хранене и диететика, Везни-4, София, 2019, 55-58. (ISBN:978-954-9977-77-6).

5. Гюрова, Д., Л. Мечкуева, Г. Паунова, Д. Станкова, А. Лазарова, С. Младенова, Е. Славкова, Цв. Георгиева, Р. Георгиева. Сравнително проучване на съдържанието на макронутриенти и микронутриенти в зърно и брашно от лимец и пшеница, в: Науката за хранене с авторитетно настояще и престижно бъдеще, проф. Б. Попов (Ред.), Българско дружество по хранене и диететика, Везни-4, София, 2016, 45-49. (ISBN:978-954-9977-68-4).

X. СПИСЪК НА УЧАСТИЯ В НАУЧНИ ПРОЯВИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА

1. Паунова Г., Д. Станкова, Л. Мечкуева, Р. Георгиева. Проучване минералния състав на българско мляко и млечни продукти (доклад), VIII-ма Национална конференция по хранене, гр. Варна, 01-03.06.2017г.

2. Паунова Г., Д. Станкова, Л. Мечкуева, Р. Георгиева. Проучване на съдържанието на минерали и микроелементи в семена и ядки на българския пазар (доклад), Годишна университетска научна конференция, НВУ гр. В. Търново, 14-15.06.2018г.

3. Паунова Г., Д. Станкова, Л. Мечкуева, Р. Георгиева. Минерали и микроелементи в български месни продукти (доклад), IX Национална конференция по хранене, гр. Варна, 31.05-02.06.2018г.

4. Паунова Г., Семена и ядки на българския пазар - съдържание на микронутриенти (доклад), Втори годишен семинар за докторанти и млади учени "Съвременни аспекти на общественото здраве и екология", ФНТС, гр. София, 19.10.2018г.

5. Паунова Г., Л. Мечкуева, Р. Георгиева. Минерален състав на сладкарски продукти (постер), X Юбилейна национална конференция по хранене, гр. Варна, 30.05-01.06.2019г.

6. Паунова Г., Р. Георгиева. Сравнително проучване на минерали и микроелементи в три групи храни на българския пазар (постер), XI Национален конгрес по хранене с международно участие „Науката за храненето с оценка на настоящето и поглед в бъдещето“, гр.Варна, 26-29.05.2022г.

7. Паунова Г., Д. Станкова, Р. Георгиева. Съдържание на минерали и микроелементи в плодове и зеленчуци на българския пазар (доклад), Ден на хранително-вкусовата промишленост в България, XIX Национална научно-практическа конференция с международно участие „Бъдещето на храната“, София, 7.12.2022г.

8. Паунова Г., Р. Георгиева. Съдържание на минерали и микроелементи в български млечни продукти (доклад), XI Национална конференция по хранене, гр.София, 30.05-01.06.2024г.