



МЕДИЦИНСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ПЛЕВЕН

ФАКУЛТЕТ "ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ"

**КАТЕДРА „ХИГИЕНА, МЕДИЦИНСКА ЕКОЛОГИЯ, ПРОФЕСИОНАЛНИ
ЗАБОЛЯВАНИЯ И МЕДИЦИНА НА БЕДСТВЕНИТЕ СИТУАЦИИ "**

Д-Р ИВЕЛИНА РУСЕВА ДРАМБОЗОВА

**ПРОУЧВАНЕ НА СЪДЪРЖАНИЕТО НА МЕТАЛИ
(ОЛОВО И КАДМИЙ) В ХРАНИ И ОЦЕНКА НА ЗДРАВНИЯ РИСК**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен
„ДОКТОР”

Докторска програма: „Хигиена (вкл. трудова, комунална, училищна,
радиационна, хранене и др.)”

Научен ръководител: Доц. д-р Ваня Бойчева (Бирданова), д.м.

ПЛЕВЕН, 2023

Дисертационният труд съдържа 175 стандартни страници, онагледен е с 30 фигури, 22 таблици и 5 приложения.

Библиографският списък съдържа 282 заглавия, от които 105 на кирилица и 177 на латиница.

Във връзка с дисертационния труд са направени 3 публикации и 3 научни съобщения на национални и международни форуми.

Дисертационният труд е одобрен и насочен за защита от разширен катедрен съвет на Катедра „Хигиена, медицинска екология, професионални заболявания и МБС“, Факултет „Обществено здраве“, Медицински университет – Плевен, състоял се на 27.06.2023 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 27.09.2023 г. от часа в зала „.....”, МУ-Плевен, съгласно правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Медицински университет – Плевен и въз основа на заповед № 2108/25.07.2023 на МУ – Плевен, пред научно жури в състав:

Председател:

Доц. д-р Марияна Рашева Стойновска, д.м.

Членове:

Проф. д-р Веселка Лалева Дулева, д.м.

Проф. д-р Дарина Найденова Христова, д.м.

Доц. д-р Станислава Николаева Харизанова, д.м.,

Доц. д-р Виолета Йорданова Данчева, д.м.

Официални рецензенти:

Проф. д-р Веселка Дулева, д.м.

Доц. д-р Марияна Стойновска, д.м.

Материалите по защитата са публикувани на сайта на МУ- Плевен: <http://www.mu-pleven.bg/index.php/bg/>

СЪДЪРЖАНИЕ

Използвани съкращения.....	4
I. ВЪВЕДЕНИЕ.....	5
II. ЦЕЛ, ЗАДАЧИ, ХИПОТЕЗИ.....	6
III. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ.....	6
IV. РЕЗУЛТАТИ.....	9
1. Проучване концентрациите на тежки метали (олово и кадмий) в храните, предлагани на пазара за периода 2013 – 2020 г.....	9
1.1. Съдържание на олово в изследваните храни.....	11
1.2. Съдържание на кадмий в изследваните храни.....	13
1.3. Лявоцензурирани лабораторни резултати.....	16
2. Оценка на хранителната експозиция на изследваните лица.....	23
2.1. Резултати за количеството консумирана храна от изследваните лица.....	23
2.2. Резултати от антропометричните данни на изследваните лица.....	24
2.3. Хранителна експозиция на олово на изследваните лица.....	25
2.4. Хранителна експозиция на кадмий на изследваните лица.....	25
2.5. Резултати от изчислената хронична хранителна експозиция на олово, разпределение по пол и средна стойност.....	26
2.6. Резултати от изчислената хронична хранителна експозиция на кадмий, разпределение по пол и средна стойност.....	26
2.7. Категории храни с принос към хроничната хранителна експозиция на олово.....	27
2.8. Категории храни с принос към хроничната хранителна експозиция на кадмий.....	27
3. Оценка на потенциалния здравен риск.....	28
3.1. Оценка на степента на потенциалния здравен риск, в резултат на прием на олово с храната.....	29
3.2. Оценка на степента на потенциалния здравен риск, в резултат на прием на кадмий с храната.....	31
4. Предложения за специфични препоръки за намаляване на хранителния прием на тежки метали.....	32
V. ОБСЪЖДАНЕ.....	33
VI. ИЗВОДИ.....	50
VII. ПРЕПОРЪКИ.....	52
IX. ПРИНОСИ.....	53
ПУБЛИКАЦИИ И НАУЧНИ СЪОБЩЕНИЯ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	54

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

БАБХ – Българска агенция по безопасност на храните
ЕК – Европейска комисия
ЕС – Европейски съюз
ЕОБХ – Европейски орган за безопасност на храните
ЗХ – Закон за храните
ККА - Комисията Кодекс Алиментариус
МЗ - Министерство на здравеопазването
МЗХ – Министерство на земеделието и храните
МДК – Максимално допустими количества
ООН – Организация на обединените нации
СЗО – Световна здравна организация
ФАО - Организацията по прехрана и земеделие
BMDL - Benchmark Dose Lower Confidence Limit
bw – body weight, (телесно тегло)
CCCF - Codex Committee on Contaminants in Foods (Комитет по замърсители в храните на Кодекс Алиментариус (Codex Alimentarius))
EFSA – European Food Safety Authority (Европейски орган за безопасност на храните)
FAO/WHO – Организация по прехрана и земеделие на Обединените нации/ Световна здравна организация ФАО/СЗО
CONTAM - Panel on Contaminants in the Food Chain (Експертна група/панел по замърсителите в хранителната верига на Европейския орган за безопасност на храните)
LB - lower bound (долна граница)
LOD - limit of detection (граница на откриване)
LOQ - limit of quantitation (граница на количествено определяне)
МОЕ - Margin of Exposure (граница на експозиция)
NOAEL - no observed adverse effect level (доза, при която не се наблюдава неблагоприятен ефект)
TWI - tolerable weekly intake (поносим седмичен прием)
UB - upper bound (горна граница)

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Тежките метали са химични замърсители на околната среда, които се срещат в природата, както естествено, така и в резултат на човешката дейност. Понятието химично замърсяване на храните е ясна индикация за наличието на химични вещества, там където те не трябва да бъдат или присъстват в количество, което е в по-висока концентрация от количеството, което се приема като безопасно.

Прието е металните елементи, които имат относителна маса по-голяма от 40 и относително висока плътност (над 0.5 g/cm^3) да се наричат тежки метали. Някои тежки метали (мед, цинк, желязо и др.) спадат към т.нар. микроелементи, тъй като в определени концентрации са жизнено необходими за функционирането на организма на хората. Тези вещества могат да имат неблагоприятно въздействие, когато количеството им в организма надвишава необходимото.

Останалите тежки метали като олово, кадмий, и др. не са есенциални за организма, много от тях проявяват токсичност, имат значителен миграционен капацитет. Те не са биологично необходими и имат единствено увреждащ ефект върху здравето на човека. Тежките метали имат способността да се задържат продължително в околната среда, както и тенденция към биоакмулиране, което е предпоставка за продължителното им токсично въздействие. Тежките метали оказват неблагоприятно въздействие върху човешкото здраве при хронично излагане дори в малки дози.

Приемът на храни и питейна вода е основният път за експозиция на тежки метали. Хранителната експозиция представлява над 75,8% от общия дневен прием на метали [Lopez-Alonso M. et al., 2017 ; Wang R. et al.,2018].

Осигуряването на безопасността на храните е едно от приоритетните направления на държавната политика в областта на храните. Европейското законодателство е с високи изисквания по отношение на качеството и безопасността на храните. Европейската комисия установи с Регламент (ЕС) 2023/915 максимално допустимите количества за съдържание на олово и кадмий в определени храни. През 2009 г., Европейският орган по безопасност на храните (EFSA) извърши оценка на риска за човешкото здраве, свързан с наличието на кадмий в храните и установи поносим седмичен прием (tolerable weekly intake, TWI) от $2.5 \mu\text{g}$ кадмий/kg body weight (bw)/седмица. За оценка на здравния риск в резултат на хранителната експозиция на олово се прилага препоръчаният от EFSA метод за граница на експозицията (MOE), тъй като липсват научни данни за праг по отношение на неблагоприятните здравни ефекти, причинени от приема на олово.

В България, както и в другите европейски страни, се извършва мониторинг на съдържанието на олово и кадмий в храните. Всяка година се планира и изпълнява национална програма за контрол на храни за съдържание на замърсители, която е част от многогодишния национален план за контрол на Р България, изготвен съгласно изискванията на законодателството на Европейския съюз (ЕС).

Не е възможно да се елиминира изцяло наличието на олово и кадмий в околната среда, поради което е важно да се изследват концентрациите им в храните, да се оценява експозицията чрез приема на храни от растителен и от животински произход, и да се извършва оценка на риска за здравето на хората, свързан с установеното съдържание на тежки метали.

II. ЦЕЛ, ЗАДАЧИ, ХИПОТЕЗИ

1. Цел на проучването

Да се проучи съдържанието на тежки метали (олово и кадмий) в храни и да се извърши оценка на здравния риск, свързан с приема на тези метали с храните.

2. Задачи на проучването

1. Да се проучат концентрациите на тежки метали (олово и кадмий) в храните, предлагани на пазара за периода 2013 – 2020 г.
2. Да се извърши оценка на хранителната експозиция.
3. Да се извърши оценка на степента на потенциалния здравен риск, в резултат на прием на тежки метали с храната.
4. Да се разработят предложения за специфични препоръки за намаляване на хранителния прием на тежки метали.

3. Хипотези

Въз основа на изложения обзор на достъпната литература и натрупаните солидни научни доказателства за неблагоприятните ефекти на тежките метали, като замърсители в храните бяха формулирани следните хипотези:

1. Осъществяваният официален контрол и мониторинг на замърсители в храните в България, в това число и на тежки метали, създава условия за гарантиране изпълнението на хармонизираното законодателство на ЕС в областта на безопасността на храните, свързано със съдържание на олово и кадмий, в резултат на което значителен брой от храните от животински и растителен произход съдържат олово и кадмий в границите на нормативно установените максимално допустими количества.

2. При младите хора се срещат нарушения в хранителното поведение, които са рискови фактори за възникване и развитие на хранителни дисбаланси. Създават се предпоставки хранителните дисбаланси, да подпомогнат появата на неблагоприятните ефекти, причинявани от химичните замърсители на храната – олово и кадмий, при хронична хранителна експозиция.

3. Високата хронична хранителна експозиция на олово увеличава риска от увреждане на човешкото здраве вследствие на присъщата за оловото хронична токсичност.

III. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

1. Предмет на проучването

Предмет на настоящето проучване е съдържанието на олово и кадмий в храни и оценка на риска, свързан с приема на тези тежки метали с храните от изследваната група млади хора.

Прицелната популационна група на проучването са лица от възрастова група 19 - 29 години. При тази част от населението съществува риск от хранителни дисбаланси, което може да подпомогне появата на неблагоприятните ефекти, причинявани от химичните опасности, пренасяни с храните. Поради това се насочих към хранителната експозиция на олово и кадмий, които могат да увеличат здравия риск, вследствие на хроничната им токсичност.

2.Обект на проучването и единици на наблюдение

За анализиране и проучване на концентрациите на олово и кадмий са използвани данни от лабораторни резултати за съдържание на металите в храни: 3508 броя проби храни от растителен и животински произход, изследвани за съдържание на олово и 2979 броя проби храни от растителен и животински произход, изследвани за

съдържание на кадмий, предлагани на българския пазар за седем годишен период от 2013 година до 2020 година, включително. За оценка на хранителната експозиция на олово и кадмий са изследвани 60 здрави лица във възрастовата група 19 - 29 години от гр. Плевен.

3. Постановка на проучването

ПЕРИОД НА ПРОУЧВАНЕТО - 2013 г. до 2020 г. и 2022 г.

МЯСТО НА ПРОУЧВАНЕТО - Катедра „Хигиена, медицинска екология и професионални болести, и МБС” при Медицински университет - гр. Плевен и Амбулатория за индивидуална практика за първична медицинска помощ „Д-р Павлинка Лъжовска - ИПШИМП” ЕООД.

ПОСТАНОВКА НА ПРОУЧВАНЕТО-проведено е комбинирано ретроспективно срезово епидемиологично проучване, което е реализирано на следните етапи:

- Първи етап - Проучване и анализиране на концентрациите на тежки метали в проби храни за съдържание на олово и кадмий, предлагани на българския пазар за период 2013 – 2020 г. Пробите са анализирани в Централната лаборатория за химични изпитвания и контрол на Българската агенция по безопасност на храните. Съдържанието на тежките метали е измерено с атомно-абсорбционна спектрометрия на графитна пещ (GF-AAS). Данните от лабораторните анализи са предоставени с официално писмо от проф. д-р Георги Георгиев, д.в.м.н., директор на Центъра за оценка на риска по хранителната верига, Министерство на земеделието, храните и горите с писмо с изх. № Ц – 357/27.05.2021 г.;

- Втори етап - проучване на храненето на изследваната популация, във възрастовата група 19 - 29 години, за период юни-септември на 2022 г. чрез метод на 24-часово записване на храненето в два непоследователни дни (48-Hour Dietary Recall Method) и чрез антропометрични показатели и индикатори;

- Трети етап – оценка на хранителната експозиция и оценка на степента на потенциалния здравен риск на изследваните лица, в резултат на прием на олово и кадмий с храната, разработване на специфични препоръки за намаляване на хранителния прием на тежки метали.

Подбор на изследваната група за вторя етап на проучването:

ФОРМИРАНЕ НА ИЗВАДКАТА. Касае се за проста, стратифицирана, пропорционална представителна извадка. В изследването са включени 60 лица (30 жени и 30 мъже) подбр на случаен принцип от пациентската листа на общопрактикуващ лекар от амбулатория за индивидуална практика за първична медицинска помощ от гр. Плевен.

Критерии за включване на участниците в проучването:

- местоживеене в гр. Плевен;
- възраст 19 - 29 години;
- здрави лица.

Критерии за изключване на участниците в проучването:

- несъгласие за участие;
- местоживеене извън гр. Плевен и региона;
- лица, които приемат хранителни добавки.

При проучването се отзоваха 95,6% от поканените лица.

Събирането на първичната информация и антропометричните измервания се осъществиха лично от изследователя. Информацията беше събирана чрез активно интервю.

Етични аспекти на проучването

Проучването е одобрено от Етичната комисия по научно-изследователска дейност при Медицински университет - гр. Плевен. Разработката е подкрепена и частично финансирана чрез един научен проект, на тема: «Извършване на оценка на хранителната експозиция на тежки метали (олово и кадмий) на млади хора» – Научен проект на МУ-Плевен №14/2022; одобрен от КЕНИД с протокол № 681 – КЕНИД /03.06.2022 г.

4. Методи

4.1. Метод на сравнителния анализ

Оценката на безопасността на храните по отношение съдържанието на тежки метали – олово и кадмий се извърши по метода на сравнителния анализ на база лабораторните резултати на пробите храни, изследвани за тежките метали – олово и кадмий и максимално допустимите количества, определени в Европейското законодателство. Анализът е направен на базата на Регламент (ЕС) 2023/915 на Комисията от 25 април 2023 г. относно максимално допустимите количества на някои замърсители в храните и за отмяна на Регламент (ЕО) № 1881/2006 [Регламент (ЕС) 2023/915, 2023].

4.2. Метод за третиране на лявоцензурираните данни

Данните за концентрация на химическите замърсители са налични от лабораторните анализи на проби от храни. Аналитичните методи имат определени граници на количествено определяне (limit of quantification, LOQ). По дефиниция, резултатите под LOQ не могат да бъдат изразени количествено и се наричат лявоцензурирани резултати. На практика, в лабораторните протоколи такива резултати са докладвани като „не е количествено определено“. Те показват, че аналитичният метод не може да открие възможното количество замърсител, съдържащо се в изследваната проба храна.

Методът на заместване включва три сценария на заместване:

- сценарии долна граница (Lower Bound, LB) или на долнограничните стойности, където всички лявоцензурирани данни се заместват със стойност нула;
- сценарии средна граница (Middle Bound, MB) или средни стойности, при който всички лявоцензурирани данни се заместват със стойност равна на половината ($\frac{1}{2}$) на стойността на LOQ;
- сценарий горна граница (Upper Bound, UB) или на горнограничните стойности при който всички лявоцензурирани данни се заместват със стойност равна на стойността на LOQ.

Ръководствата препоръчват сценариите долна граница (LB) и горна граница (UB) да се използва за химични замърсители, които е вероятно да присъстват в храната, като например естествено срещащи се замърсители каквито са олово и кадмий.

4.3. Метод за събиране на данни за хранителна консумация - 24-Hour Dietary Recall Method.

Методът е структурирано интервю, предназначено да възпроизведе подробна информация за всички храни, консумирани от респондента за предишните 24 часа, най-често от полунощ до полунощ на предишния ден. [Żukowska, M.Biziuk, 2008]. Извършено е собствено проучване на храненето на млади хора чрез активно интервю с отчитане на две 24-часови хранителни консумации през два непоследователни дни. Обхванати са общо 60 души на възраст от 19 до 29 години.

4.4. Метод на биоелектричен импеданс анализ

С помощта на апарат професионален телесен анализатор марка “Танита” - ВСА–ТВF-300М при стъпване на кантара се измерени телесно тегло в kg [Gibney et al., 2009].

Антропометрични индекси

Индекс на телесната маса (ИТМ) - теглото в kg, разделено на ръста в m² е определен апаратно от професионален телесен анализатор Танита - ВСА–ТВF-300М.

4.5. Метод за оценка на хранителната експозиция

Хранителната експозиция на химични замърсители се изчислява по следната формула:

хранителна експозиция =	консумация (kg) x концентрация (mg/kg)
	телесно тегло (kg)

Хроничната хранителна експозиция беше изчислена за всеки участник, при което бяха използвани данните за консумация на храни от проведеното собствено проучване на храненето. Изчислява се и приносът (в %) на всяка категория храни към изчислената (обща) хранителна експозиция на химичния замърсител за цялата изследвана група.

4.6. Статистически метод

Събраната първична информация е въведена и обработена с Microsoft Excel. Статистическата обработка е извършена с компютърен пакет IBM SPSS v.25. Резултатите са описани чрез графики, таблици и фигури. Използвани са числени величини - проценти, коефициенти, средни величини, стандартно отклонение, минимална, максимална стойност. Приложените статистически методи обхващат базова статистика:

А. За нечисловите показатели

- честотни разпределения;

- кростаблици.

Б) За числовите показатели – входни и новоизчислени

- дескриптивна статистика със стандартните показатели: средна стойност, стандартно отклонение, медиана, сума и т.н.;

- анализ на средните стойности на хранителната експозиция на олово и кадмий за всеки от 60-те изследвани участника във формиран нов файл;

- анализ на средните стойности с параметрична и непараметрична статистика и проверка на статистически хипози (t-test, Mann – Whitney U test);

- графичен анализ (хистограми, boxplot).

За изучаване на причинно-следствени връзки и представяне на данните са използвани корелационен, регресионен и графичен анализ.

IV. РЕЗУЛТАТИ

1. Проучване на концентрациите на тежки метали (олово и кадмий) в храните, предлагани на пазара за периода 2013 – 2020 г.

Оценката на съдържанието на тежките метали се извърши на базата на лабораторни изследвания на съдържанието на олово и кадмий. Изследвани са общо 3508 броя проби храни за съдържание на олово и 2979 броя проби храни за съдържание на кадмий. Проучването обхваща периода 2013 - 2020 г. Изследваните храни са от растителен и животински произход, като: зеленчуци, листни зеленчуци, кореноплодни, плодове, зърнени култури, бобови, варива, ядки, маслодайни семена и подправки, продуктите на база зърнени култури, плодови и зеленчукови сокове и нектари, кафе,

какао, чай, мляко и млечни продукти, месо и месни продукти, риба и морски дарове и др.

За целите на проучването и за оценка на хранителната експозиция, лабораторните данни за концентрация на олово и кадмий в анализираните храни бяха групирани/систематизирани съгласно системата за класификация на храните FoodEx2, разработена от EFSA, в следните категории храни:

- Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури;
- Зеленчуци и зеленчукови продукти;
- Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар;
- Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки;
- Плодове и плодови продукти;
- Месо и месни продукти;
- Риба, морски дарове, влечуги, земноводни и безгръбначни;
- Мляко и млечни продукти;
- Захар и подобни, захарни изделия и сладки десерти на водна основа;
- Животински и растителни мазнини или масла и техни първични производни;
- Плодови и зеленчукови сокове и нектари (вкл. концентрати);
- Кафе, какао, чай и отвари/запарки.

Не разполагам с лабораторни данни за съдържание на олово и кадмий в категориите храни: Яйца и яйчни продукти; Алкохолни напитки; Питейна вода; Безалкохолни напитки; Храна за кърмачета и малки деца; Продукти за специална хранителна употреба; Съставни храни (включително замразени продукти) и Добавки в храните, ароматизанти, спомагателни вещества, Продукти за нестандартни диети/хранене и хранителни добавки, Подправки, сосове и овкусители .

С Регламент (ЕС) 2023/915 на Комисията от 25 април 2023 година са определени максимално допустимите количества (mg/kg) на тежки метали в храните [Регламент (ЕС) 2023/915]. Максимално допустимите количества за замърсители в храни са определени основно за селскостопански/земеделски продукти, влагани като суровини за производството на храни. Някои измерени количества на тежки метали не могат да бъдат сравнени с максимално допустимото съдържание, защото няма регламентирано такова. Например месни полуфабрикати, месни продукти, млечни продукти, захарни и сладкарски изделия, яйца, безалкохолни напитки и много други.

За всяка храна, която е изследвана за съдържание на тежки метали, може и да се определи дали съдържа тежки метали в количество, което е възможно да представлява риск за човешкото здраве, т.е. да се извърши оценка на здравния риск, дори и в случаи, когато, установените при лабораторния анализ концентрации на химичен замърсител са под максимално допустимите количества. Често тежки метали, за които се извършва оценка на хранителната експозиция, като основен етап от оценката на здравния риск, присъстват в изследваните храни под LOQ, като следи [Żukowska, M.Biziuk, 2008].

В своето проучване установих, че много от групите храни показват значителна вариация в LOQ на използвания метод. LOQ зависи от използваните матрица и метод, като също трябва да се приемат и междулабораторните различия. Чувствителността на метода обикновено се установява от лабораторията, за да се изследват пробите за съответствие със законовите изисквания при официалния контрол, въпреки че техниката е в състояние да отчете по-ниски резултати, което може да доведе до неточност при изчисляване на хранителната експозиция на проучваното население.

1.1. Съдържанието на олово в изследваните храни

В Таблица 6 е представено разпределението на относителният дял на изследваните за съдържание на олово проби по категории храни спрямо общия брой изследвани проби.

Таблица 6. Относителен дял (в %) на изследваните за съдържание на олово проби по категории храни

Основни категории храни	Брой проби (n)	% от общия брой проби (n)
Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни	10	0,3
Кафе, какао, чай и отвари/запарки	27	1
Риба и други морски дарове	272	8
Плодове и плодови продукти	234	7
Плодови и зеленчукови сокове и нектари(включително концентрати)	29	1
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	401	11
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	276	8
Месо и месни продукти	665	19
Мляко и млечни продукти	425	12
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	303	8,7
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	78	2
Зеленчуци и зеленчукови продукти	788	22
Общ брой проби (n)	3508	100

Анализът на данните показва концентрации на **олово** (min – max стойност), изразени в mg/kg мокро тегло от 0,000011 mg/kg до 15,44 mg/kg мокро тегло (Табл. 7).

Съдържание на олово в минимална стойност от 0,000011 mg/kg и в границите на нормативно определените максимално допустими количества за съответния хранителен продукт [Регламент (ЕС) 2023/915] е установено в следните категории храни:

- Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни;
- Риба и други морски дарове;
- Плодови и зеленчукови сокове и нектари (включително концентрати);
- Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар;
- Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури;
- Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки.
- Мляко и млечни продукти.

За кафе и чай няма нормативно установени максимално допустими количества.

Измерени стойности на олово над максимално допустимите количества са установени в хранителни продукти в от следните категории храни:

- Месо и месни продукти;
- Плодове и плодови продукти;
- Зеленчуци и зеленчукови продукти.

Таблица 7. Съдържание на олово в изследваните категории храни (min – max стойност) в mg/kg и установени максимално допустими количества (МДК)

Основни категории храни	Минимална стойност	Максимална стойност	МДК
Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни	0,021	0,03	0,10
Кафе*, какао, чай* и отвари/запарки	0,001	2,68	-
Риба и други морски дарове	0,0015	0,3	0,30
Плодове и плодови продукти	0,000066	0,49	0,10-0,20
Плодови и зеленчукови* сокове и нектари (включително)	0,026	0,026	0,03-0,05
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	0,000011	0,1	0,20
Бобови растения, маслодайни семена*, ядки* и подправки	0,000011	0,18	0,20
Месо и месни продукти*(включително карантии)	0,0018	15,44	0,10 0,10-0,20
Мляко и млечни продукти*	0,001	0,19	0,020
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	0,00002	0,1	0,10
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	0,0005	0,1	0,10
Зеленчуци и зеленчукови продукти (включително гъби)	0	2,1	0,30

*Не се регламентира максимално допустимо количество, съгласно Регламент 2023/915

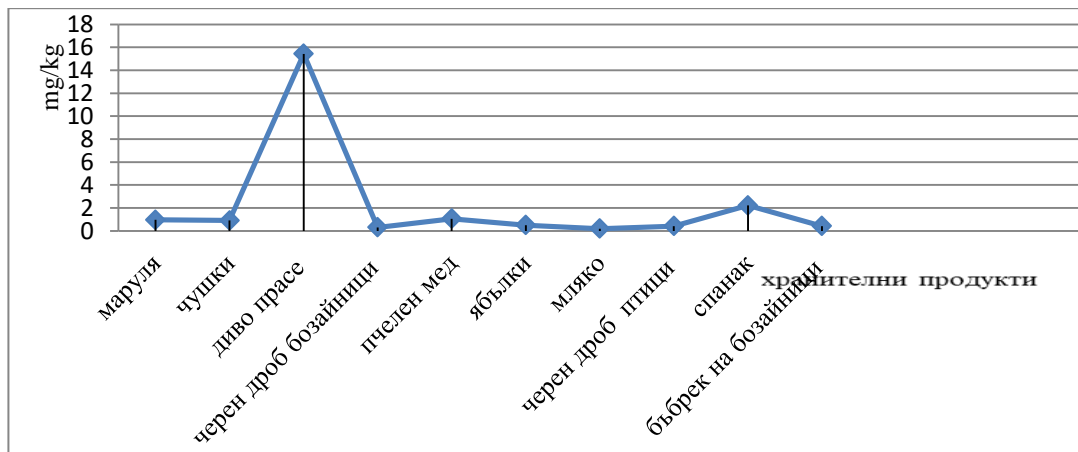
Отчетени наднормени концентрации на олово над максимално допустимото количество се установиха в единични хранителни продукти от 2 категории храни от животински произход и 2 категории храни от растителен произход (Фиг. 5):

- Месо и месни продукти с максимално измерена стойност в:
 - месо от диво прасе (глиган) –15,44 mg Pb /kg при норма 0,10 mg Pb /kg, което е 154 пъти над МДК. Тези нива са значително по-високи от максимално допустимото количество олово в месо от говеда, овце, свине и домашни птици [Регламент (ЕС) 2023/915].
 - бъбрек на бозайници - 0,42 mg Pb /kg при норма 0,15 mg Pb /kg; 3 пъти над МДК;

- черен дроб от домашни птици - 0,42 mg Pb /kg при норма 0,10 mg Pb /kg; 4 пъти над МДК;
 - черен дроб на бозайници - 0,30 mg Pb/kg при норма 0,15 mg Pb /kg; 3 пъти над МДК.

- Мляко и млечни продукти:
 - мляко - 0,19 mg Pb /kg при норма 0,020 mg Pb /kg; 9,5 пъти над МДК;
- пчелен мед - 1,06 mg/kg при норма 0,10 mg/kg - 10,6 пъти над МДК.
- Зеленчуци и зеленчукови продукти:
 - спанак - 2,1 mg Pb /kg при норма 0,30 mg Pb /kg - 7 пъти над МДК;
 - чушки - 0,9 mg Pb /kg при норма 0,050 mg Pb /kg; 18 пъти над МДК;
 - маруля - 0,96 mg Pb /kg при норма 0,30 mg Pb /kg; 3 пъти над МДК.
- Плодове и плодови продукти:
 - ябълки - 0,50 mg Pb /kg при норма 0,10 mg Pb /kg- 5 пъти над МДК.

От категорията Кафе, какао, чай и отвари/запарки се установи олово в билков чай - 2,68 mg Pb /kg но няма регламентиран МДК.



Фигура 5. Хранителни продукти с отчетени наднормени концентрации на олово

1.2. Съдържание на кадмий в изследваните храни (в mg/kg)

На Таблица 8 е представено разпределението на относителният дял на изследваните за съдържание на кадмий проби по категории храни спрямо общия брой изследвани проби.

Резултатите показват концентрации на **кадмий** в изследваните проби храни (min – max стойност), изразени в mg/kg мокро тегло, от 0,00001 mg/kg до 0,946 mg/kg (Табл. 9).

Съдържание на кадмий в минимална стойност от 0,00001 mg/kg и в границите на нормативно определените максимално допустими количества - Регламент (ЕС) 2023/915 е установено само в три категории храни, съответно:

- Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури;
- Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар.

Измерени са стойности на кадмий над максимално допустимите количества [Регламент (ЕС) 2023/915] при следните категории храни:

- Месо и месни продукти (включително карантии);
- Риба и други морски дарове;
- Плодове и плодови продукти;
- Зеленчуци и зеленчукови продукти.

В категорията храни - Месо и месни продукти (включително карантии) се установява максималната измерена концентрация на кадмий от 0,946 mg/kg от всички изследвани.

Таблица 8. Разпределение на относителния дял на изследваните за съдържание на кадмий проби по категории (в %)

Основни категории храни	Брой проби (n)	% от общия брой проби
Кафе, какао, чай и запарки	24	1
Риба и други морски дарове	227	7,6
Плодове и плодови продукти	226	7,6
Плодови и зеленчукови сокове и нектари (включително концентрати)	8	0,3
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	363	12,2
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	253	8,5
Месо и месни продукти (включително карантии)	525	18
Мляко и млечни продукти	119	4,0
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	320	11
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	75	2,5
Зеленчуци и зеленчукови продукти (включително гъби)	810	27,3
Общ брой проби (n)	2979	100

Съгласно Регламент (ЕО) № 2023/915 за кадмий не се регламентира максимално допустими количества в: Кафе, какао чай/запарки (регламентирани са в какао и в пресни билки); Плодови и зеленчукови сокове (регламентирани МДК за кадмий в плодови сокове за кърмачета); Мляко и млечни продукти; ядки; Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа.

Отчетени са концентрации на кадмий над максимално допустимите количества в единични хранителни продукти от 2 категории храни от животински произход и 2 категории храни от растителен произход (Фиг.6) :

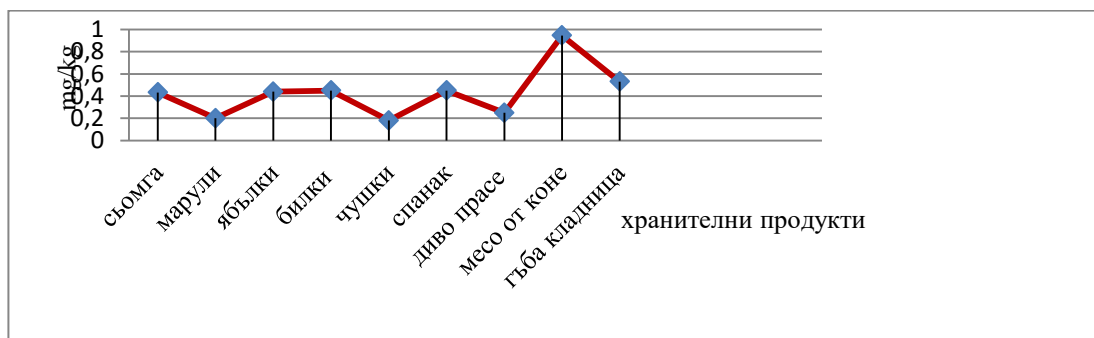
- Месо и месни продукти:
 - месо от коне, с измерена най-висока концентрация на кадмий 0,946 mg Cd /kg при норма - 0,20 mg/kg;
 - месо от диво прасе (глиган) 0,25 mg Cd /kg, при норма - 0,050 mg/kg;
- Риба и други морски дарове:
 - месо от риба (сьомга) 0,433 mg Cd /kg, при норма - 0,050 mg Cd /kg;
- Плодове и плодови продукти:

- ябълки 0,44 mg Cd /kg при норма 0,020 mg Cd /kg;
- Зеленчуци и зеленчукови продукти:
 - гъба кладница 0,53 mg Cd /kg, при норма 0,15 mg Cd /kg;
 - спанак - 0,45 mg Cd /kg при норма 0,20 mg Cd /kg;
 - марули 0,2 mg Cd /kg при норма 0,10 mg Cd /kg;
 - билки 0,45 mg Cd /kg при норма 0,20 mg Cd /kg в билки;
 - чушки 0,18 mg Cd /kg при норма 0,020 mg Cd /kg

Таблица 9. Съдържание на кадмий в изследваните категории храни (min – max стойност) в mg/kg и установени максимално допустими количества (МДК)

Основни категории храни	Минимална стойност	Максимална стойност	МДК
Кафе*, какао, чай* и запарки*	0,038	0, 57	0,60(какао)
Риба и други морски дарове	0,0004	0,433	0,050-0,25
Плодове и плодови продукти	0,0023	0,44	0,020-0,20
Плодови* и зеленчукови* сокове и нектари (включително концентрати)	0	0,06	-
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	0,00001	0,086	0,040-0,20
Бобови растения, ядки*, маслодайни семена	0,000024	0,633	0,10-1,20
Месо и месни продукти*(включително карантии)	0,001	0,946	0,050-0,20
Мляко* и млечни продукти*	0,00046	0,137	-
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	0,00001	0,08	0,10
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа *	0,0002	0,026	-
Зеленчуци и зеленчукови продукти (включително гъби)	0,00001	0,53	0,020-0,15-0,50

*Не се регламентира максимално допустимо количество, съгласно Регламент (ЕС) 2023/915

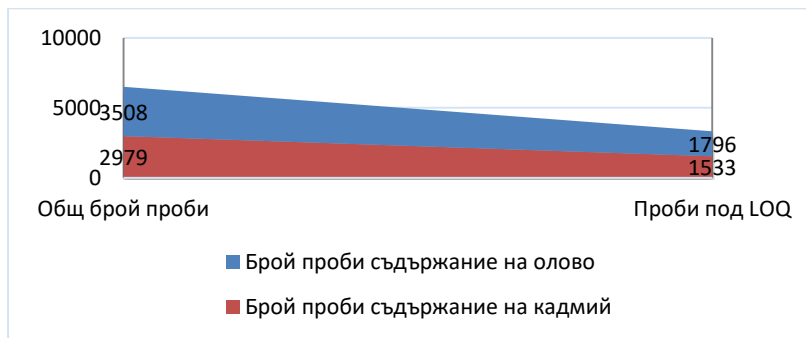


Фигура 6. Хранителни продукти с отчетени наднормени концентрации на кадмий

1.3. Лявоцензурирани лабораторни резултати

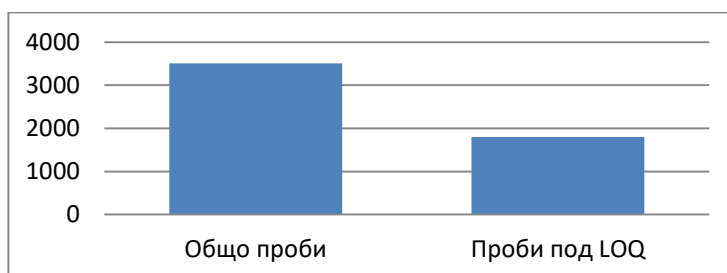
В своето проучване установих, че много от групите храни показват значителна вариация в LOQ на прилагания аналитичен метод. LOQ зависи от използваните матрица и метод, като също трябва да се приемат и междулабораторните различия. Чувствителността на метода обикновено се установява от лабораторията, за да се изследват пробите за съответствие със законовите изисквания при официалния контрол, въпреки че техниката е в състояние да отчете по-ниски резултати. Това води до увеличаване на броя на резултатите под LOQ, което може да доведе до неточност при изчисляване на хранителната експозиция на проучваното население.

В това проучване голяма част от аналитични данни за съдържание на олово и за съдържание на кадмий са „лявоцензурирани“, т.е. данните са под границата на количествено определяне (LOQ) (Фиг. 7). В този случай при оценка на експозицията на олово и кадмий сме използвали метода за заместване, както е описано в раздел Материали и методи на дисертационния труд, с прилагането на сценариите горна граница (LB) и долна граница (UB).



Фигура 7 . Изследван брой проби храни за съдържание на олово и кадмий, от тях брой проби с резултат под LOQ

При изследваните проби храни за съдържание на олово, относителният дял на пробите с резултат под LOQ е 51% от общия брой изследвани проби храни (Фиг. 8). От изследваните 3508 проби храни за наличие на олово, под границата на количествено определяне (LOQ) са 1796 броя проби (51%).



Фигура 8. Относителен дял на изследваните за съдържание на олово проби храни с резултат под границата на количествено определяне

С най-висок относителен дял проби от храни, изследвани за съдържание на олово, с резултат под LOQ са следните категории храни от растителен произход:

- Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури - 90 %;
- Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар - 89 %;

- Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки- бобови растения- ядки - 88 %;
- Плодове и плодови продукти - 85 %;
- Плодови и зеленчукови сокове и нектари (включително - 97 %.
- Зеленчуци и зеленчукови продукти - 72%.

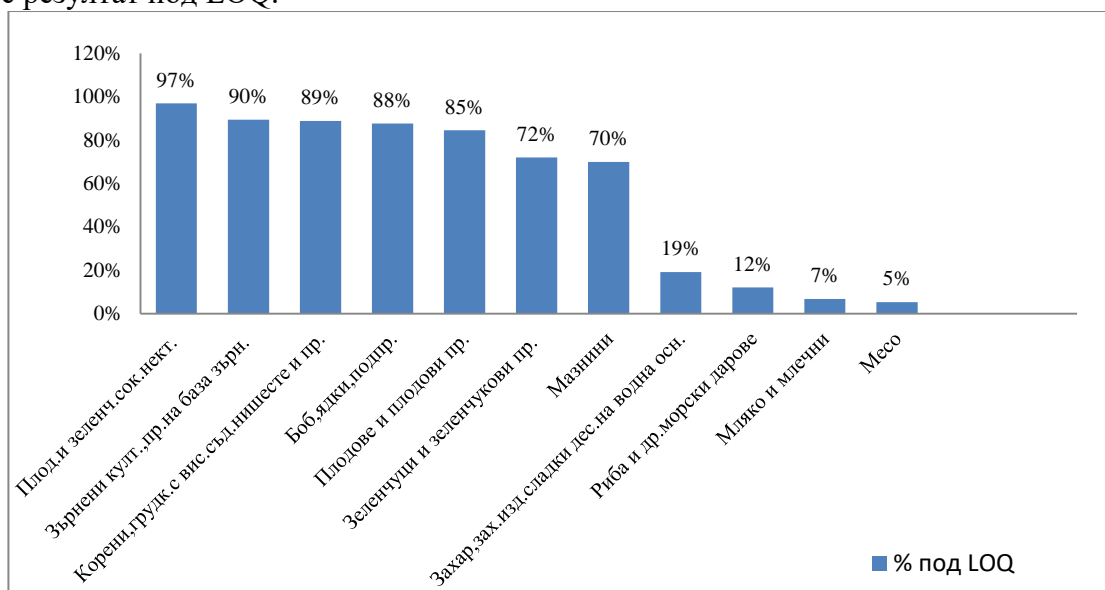
Както и категорията храни:

- Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни - 70 %.

Значително по-нисък дял на изследваните проби храни за съдържание на олово с измерени стойности под LOQ се установява при категориите храни от животински произход:

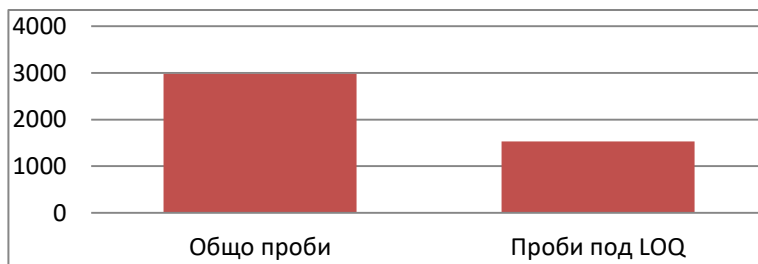
- Месо и месни продукти (включително карантии) - 5 %;
- Мляко и млечни продукти - 7 %;
- Риба и други морски дарове - 12 % (Фиг. 9)

При категориите храни от растителен произход относителният дял на пробите, изследвани за съдържание на олово с резултат под границата на количествено определяне се движи от 90% до 85%, при храните от животински произход този относителен дял е между 5% и 12%. За категорията Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа този дял е 19%. С най-нисък процент на пробите с резултат под LOQ са категориите храни Месо и месни продукти, Мляко и млечни продукти и Риба и други морски дарове - в границите от 5% до 12%. Категорията Месо и месни продукти (включително карантии) е с най-малко проби, изследвани за съдържание на олово с резултат под LOQ.



Фигура 9. Разпределение на относителния дял на пробите от храни, изследвани за съдържание на олово с резултат под границата на количествено определяне (LOQ) по категории храни

В настоящото проучване относителният дял на пробите храни, изследвани за съдържание на кадмий, с резултат под LOQ, е 52 % (Фиг. 10)



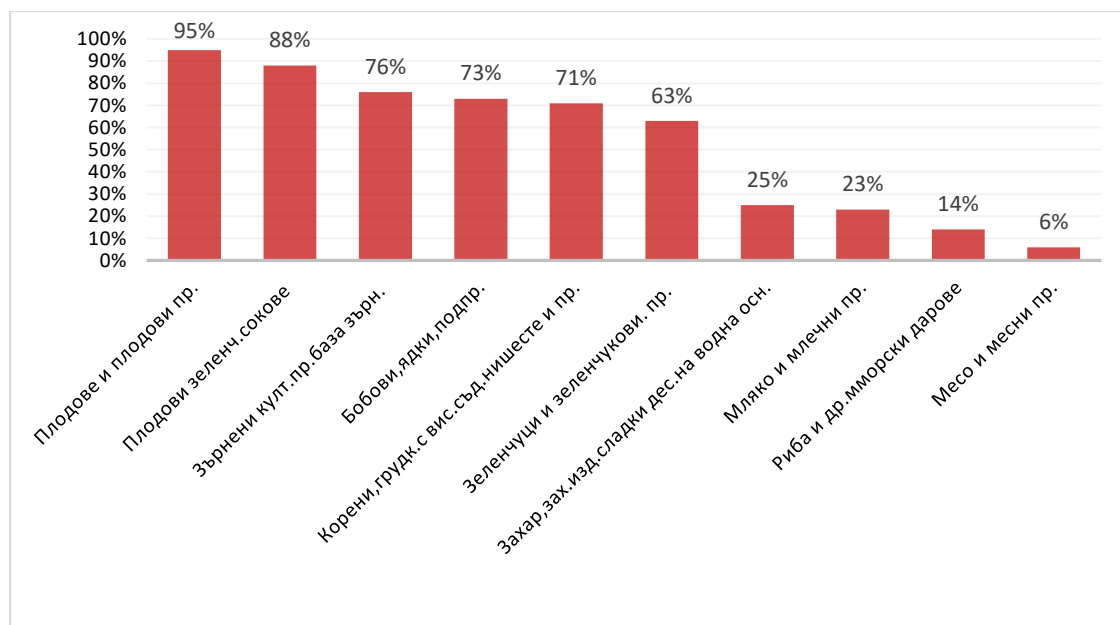
Фигура 10. Относителен дял на изследваните за съдържание на кадмий проби храни с резултат под границата на количествено определяне

С най-висок относителен дял на проби, изследвани за съдържание на кадмий, с резултат под LOQ, са следните категории храни от растителен произход:

- Плодове и плодови продукти - 95%;
- Плодови и зеленчукови сокове и нектари (включително концентрати) - 88%;
- Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури - 76%;
- Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки - 73%;
- Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар - 71%;
- Зеленчуци и зеленчукови продукти (включително гъби) - 63%.

Значително по-нисък дял на проби, изследвани за съдържание на кадмий, с измерени стойности под LOQ, се установява при следните категории храни:

- Месо и месни продукти (включително карангии) - 6%;
- Риба и други морски дарове - 14%;
- Кафе, какао, чай и запарки - 17% .



Фигура 11. Разпределение на относителния дял на пробите от храни, изследвани за съдържание на кадмий, с резултат под границата на количествено определяне (LOQ) по категории храни

При категориите храни от растителен произход пробите с резултат под границата на количествено определяне се движат от 63% до 95%. При категориите

храни Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа и Мляко и млечни продукти са 25% и 23%, съответно и най-нисък процент на проби с резултат под LOQ са при категориите храни Риба, морски дарове и Месо и месни продукти (Фиг. 11).

С оглед лявоцензурираните данни да бъдат взети предвид при изчисляване на концентрациите (на олово и кадмий за изследваните проби храни, използвах метода на заместване, описан в „Материали и методи“, следвайки посоченото в доклада на EFSA относно третирането на лявоцензурирани данни при оценка на хранителната експозиция на химични вещества [European Food Safety Authority; Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances. EFSA Journal 2010; 8(3):. [96 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1557. Available online: www.efsa.europa.eu] и препоръките, дадени на семинар, организиран от WHO GEMS/Food-EURO през 1995 г. на тема „Надеждна оценка на ниските нива на замърсяване на храните“ [GEMS/FoodEURO, 1995]

За изчисляването на хранителните експозиции лабораторните резултатите за концентрации под LOQ бяха включени в два сценария:

- 1) сценарий долна граница (LB сценарий) за концентрация;
- 2) сценарий горна граница (UB сценарий) за концентрация.

По отношение на оловото, изчислих долнограничните стойности (LB сценарий) за концентрациите на олово в изследваните проби храни. Получените резултати са посочени в Таблица 10.

Таблица 10. Долногранични стойности за концентрации на олово (LB сценарий) за изследваните проби категории храни (в mg/kg)

Основни категории храни по Foodex	LB сценарий		
	Mean ±SD*	Me**	P95***
Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни	0,007±0,012	0	0,026
Кафе, какао, чай и отвари/запарки	0,165±0,528	0	0,615
Риба и други морски дарове	0,031±0,044	0,016	0,124
Плодове и плодови продукти	0,009±0,045	0	0,040
Плодови и зеленчукови сокове и нектари(включително концентрати)	0,001±0,005	0	0,000
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	0,010±0,061	0	0,061
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	0,008±0,027	0	0,080
Месо и месни продукти (включително карангии)	0,113±0,872	0,035	0,215
Мляко и млечни продукти	0,011±0,017	0,007	0,017
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	0,004±0,015	0	0,040
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	0,03±0,12	0,01	0,07
Зеленчуци и зеленчукови продукти	0,024± 0,11	0	0,1

* Mean – долногранична стойност за средна концентрация на олово

**Me - долногранична стойност за медиана на концентрацията на олово

***P95 - долногранична стойност за 95-ти перцентил на концентрацията на олово

Изчислите и горнограничните стойности (UB сценарий) за концентрациите на олово в изследваните проби храни. Получените резултати са посочени в Таблица 11.

Таблица 11. Горногранични стойности за концентрации на олово (UB сценарий) за изследваните проби категории храни (в mg/kg)

Основни категории храни по Foodex	UB сценарий		
	Mean \pm SD*	Me**	P95***
Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни	0,038 \pm 0,029	0,026	0,070
Кафе, какао, чай и отвари/запарки	0,238 \pm 0,527	0,044	0,675
Риба и други морски дарове	0,031 \pm 0,044	0,016	0,124
Плодове и плодови продукти	0,042 \pm 0,054	0,031	0,120
Плодови и зеленчукови сокове и нектари (вкл. концентрати)	0,019 \pm 0,012	0,022	0,041
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	0,087 \pm 0,235	0,044	0,230
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	0,057 \pm 0,043	0,044	0,120
Месо и месни продукти (включително карантии)	0,114 \pm 0,872	0,035	0,215
Мляко и млечни продукти	0,011 \pm 0,017	0,008	0,021
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	0,052 \pm 0,077	0,022	0,120
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	0,03 \pm 0,12	0,01	0,07
Зеленчуци зеленчукови продукти	0,11 \pm 0,40	0,04	0,266

* Mean – долногранична стойност за средна концентрация на олово

**Me - долногранична стойност за медиана на концентрацията на олово

***P95 - долногранична стойност за 95-ти перцентил на концентрацията на олово

От таблиците е видно, че диапазонът между долнограничните и горнограничните стойности (LB minimum – UB maximum) за средната концентрация на олово в изследваните проби категории храни, е както следва:

- Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни от 0,007 mg/kg до 0,038 mg/kg;
- Кафе, какао, чай и отвари/запарки от 0,165 mg/kg до 0,238 mg/kg;
- Риба и други морски дарове от 0,031 mg/kg до 0,031 mg/kg;
- Плодове и плодови продукти от 0,009 mg/kg до 0,042 mg/kg;
- Плодови и зеленчукови сокове и нектари(включително концентрати) от 0,001 mg/kg до 0,019 mg/kg;

- Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури от 0,0010 mg/kg до 0,087 mg/kg;
- Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки- бобови растения-ядки- подправки от 0,008 mg/kg до 0,057 mg/kg;
- Месо и месни продукти (включително карантии) от 0,113 mg/kg до 0,114 mg/kg;
- Мляко и млечни продукти от 0,011 mg/kg до 0,011 mg/kg;
- Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар от 0,004 mg/kg до 0,052 mg/kg;
- Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа от 0,03 mg/kg до 0,03 mg/kg;

Зеленчуци и зеленчукови продукти от 0,024 mg/kg до 0,11 mg/kg; Диапазонът на горнограничните стойности за P95 на концентрацията на олово (най-високите концентрации) варира между 0,021 mg/kg до 0,675 mg/kg.

По отношение на кадмия, подходът беше същия с изчисляване на долнограничните стойности (LB сценарий) за концентрациите на кадмий и горнограничните стойности (UB сценарий) за концентрациите на кадмий в изследваните проби храни. Получените резултати са посочени в Таблица 12 и Таблица 13. Диапазонът на горнограничните стойности за P95 на концентрацията на олово (най-високите концентрации) варира между 0,021 mg/kg до 0,675 mg/kg.

Таблица 12. Долногранични стойности за концентрации на кадмий (LB сценарий) за изследваните категории храни (в mg/kg)

Основни категории храни по Foodex	LB сценарий		
	Mean ±SD*	Me**	P95***
Кафе, какао, чай и запарки	0,165±0,156	0,115	0,492
Риба и други морски дарове	0,010±0,031	0,004	0,032
Плодове и плодови продукти	0,004±0,033	0	0,002
Плодови и зеленчукови сокове и нектари(включително)	0,0075±0,02	0	0,04
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	0,003±0,009	0	0,02
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	0,016±0,010	0	0,064
Месо и месни продукти(включително карантии)	0,118±0,18	0,043	0,53
Мляко и млечни продукти	0,006±0,014	0,003	0,016
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	0,006±0,015	0	0,04
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	0,002±0,004	0,001	0,005
Зеленчуци и зеленчукови продукти (включително гъби)	0,02±0,05	0	0,1

* Mean – долногранична стойност за средна концентрация на кадмий

**Me - долногранична стойност за медиана на концентрацията на кадмий

***P95 - долногранична стойност за 95-ти перцентил на концентрацията на кадмий

Таблица 13. Горногранични стойности на концентрации на кадмий (UB сценарий) за изследваните категории храни (в mg/kg)

Основни категории храни по Foodex	UB сценарий		
	Mean \pm SD	Me	P95
Кафе, какао, чай и запарки	0,306 \pm 0,286	0,220	0,800
Риба и други морски дарове	0,017 \pm 0,043	0,004	0,140
Плодове и плодови продукти	0,016 \pm 0,03	0,015	0,038
Плодови и зеленчукови сокове и нектари (включително)	0,002 \pm 0,005	0	0,02
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	0,05 \pm 0,17	0,007	0,085
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	0,30 \pm 0,164	0,02	0,09
Месо и месни продукти (включително карантии)	0,12 \pm 0,18	0,043	0,53
Мляко и млечни продукти	0,006 \pm 0,015	0,0025	0,016
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	0,03 \pm 0,011	0,016	0,046
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	0,002 \pm 0,004	0,001	0,005
Зеленчуци и зеленчукови продукти (включително гъби)	0,07 \pm 0,020	0,02	0,5

* Mean – долногранична стойност за средна концентрация на кадмий

**Me - долногранична стойност за медиана на концентрацията на кадмий

***P95 - долногранична стойност за 95-ти перцентил на концентрацията на кадмий

Както е видно от таблиците диапазонът между долнограничните и горнограничните стойности (LB minimum – UB maximum) за средната концентрация на кадмий в изследваните проби категории храни, е както следва:

- Кафе, какао, чай и запарки от 0,165 mg/kg до 0,306 mg/kg;
- Риба и други морски дарове от 0,010 mg/kg до 0,017mg/kg;
- Плодове и плодови продукти от 0,004 mg/kg до 0,016 mg/kg;
- Плодови и зеленчукови сокове и нектари(включително) от 0,0075 mg/kg до 0,002 mg/kg;
- Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури от 0,003 mg/kg до 0,05 mg/kg;
- Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки- бобови растения- ядки-подправки от 0,016 mg/kg до 0,30 mg/kg;
- Месо и месни продукти(включително карантии)0,118 mg/kg до 0,12 mg/kg;
- Мляко и млечни продукти от 0,006 mg/kg до 0,006 mg/kg;

- Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар от 0,006 mg/kg до 0,03 mg/kg;
- Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа от 0,002 mg/kg до 0,002 mg/kg;
- Зеленчуци и зеленчукови продукти (включително гъби) от 0,02 mg/kg до 0,07 mg/kg.

Диапазонът на горнограничните стойности за Р95 на концентрацията на кадмий (най-високите концентрации) варира между 0,016 mg/kg до 0,800 mg/kg.

Обобщеният анализ от проучените концентрации на олово и кадмий в изследваните храни, предлагани на българския пазар, демонстрира че:

- Стойностите на олово и кадмий в значителен брой от изследваните проби храни са в границите на нормативно установените максимално допустими количества и това потвърди първата хипотеза;
- Установени са наднормени концентрации на двата метала в единични проби от категориите храни „Месо и месни продукти (включително карангии), „Зеленчуци и зеленчукови продукти“ (включително гъби) и „Плодове и плодови продукти“ - месо от бозайници, ябълки, спанак, марули и чушки.
- Най-високо съдържание за олово е установено при проби от месо от глиган (15.44 mg/kg) - 154 пъти над МДК; чушки (0,9 mg/kg) – 18 пъти над МДК; пчелен мед (1,06 mg/kg) – 10,6 пъти над МДК; мляко (0,19 mg/kg) – 9,5 пъти над МДК; спанак (2.1 mg/kg) - 7 пъти над МДК; ябълки (0,50 mg/kg) - 5 пъти над МДК; черен дроб (0.30 mg/kg) и бъбрек на бозайници (0.42 mg/kg) - 3 пъти над МДК; черен дроб от домашни птици (0.42 mg/kg) - 4 пъти над МДК; маруля (0.96 mg/kg) - 3 пъти над МДК.
- Най-високо съдържание за кадмий е докладвано за проби от ябълки (0,44 mg/kg) - 22 пъти над МДК; месо от риба (0.43 mg/kg) и чушки (0,18 mg/kg) - 9 пъти над МДК; месо от коне (0.946 mg/kg) и месо от диво прасе (0,25 mg/kg) - 5 пъти над МДК; гъби (0.53 mg/kg) – 3,5 пъти над МДК; спанак (0,45 mg/kg), маруля (0,2 mg/kg) и билки (0,45 mg/kg) - 2 пъти над МДК.
- Данните са съпоставими със съвременните литературни данни в Европа;
- Над половината от лабораторните резултати на изследваните проби храни са докладвани като „не се установява“, т.е. със стойности под границата на количествено определяне на метода. Тези лявоцензурирани резултати за оловото представляват 51% от всички изследвани проби храни и за кадмий - 52 %;
- Обобщените данни показват, че не се установява съществено замърсяване с олово и кадмий на изследваните храни, предлагани на българския пазар за периода 2013 – 2020 г.

2. Оценка на хранителната експозиция на изследваните лица

2.1. Резултати за количеството консумирана храна от изследваните лица

Средната консумация (g/ден) на участниците в проучването е от важно значение за изчисляване на хранителната им експозиция и средната консумация е представена на Таблица 14:

Таблица 14. Средната консумация (g/ден) на изследваната популация по категории храни

Категория храни	Средна консумация (g/ден)
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	265.9
Зеленчуци и зеленчукови продукти	214.9
Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар	97.6
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	12.0 8.1
Плодове и плодови продукти	169.5
Месо и месни продукти	190
Риба, морски дарове, влечуги, земноводни и безгръбначни	28.4
Мляко и млечни продукти	155.6
Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа	5.23
Животински и растителни мазнини или масла и техни първични производни	8.9
Плодови и зеленчукови сокове и нектари (вкл. концентрати)	73.5
Кафе, какао, чай и отвари/запарки	3

Броят на консумираните продукти от изследваната популация е 1866.

2.2. Резултати от антропометричните данни на изследваните лица

В проучването се включени 60 здрави доброволци във възрастовата група 19 – 29 години от гр. Плевен на средна възраст $23,8 \pm 1,9$ години (Me – 24 г.) Не се установяват статистически различия по възраст при двата пола. Разпределението на респондентите по пол е: 50% (n=30) жени и 50% (n=30) мъже.

Дескриптивната характеристика по възраст и антропометрични показатели е представена на Таблица 15.

Таблица 15. Дескриптивна характеристика на изследваната извадка (n=60)

Показатели	Минимум	Максимум	Средна стойност \pm SD	Медиана
Възраст години	20	29	$23,8 \pm 1,9$	24,0
Ръст (см)	155	193	$172,7 \pm 9,4$	172,5
Тегло (кг)	47	115	$68,7 \pm 14,9$	66,5
ИТМ ($\text{кг}/\text{м}^2$)	16,9	32,2	$22,8 \pm 3,2$	22,9

На Таблица 16 е представен антропометричният статус на изследваните лица, определен на база индекса на телесна маса (ИТМ), по критериите на WHO, 1995. Относителният дял на респондентите с нормална телесна маса (ИТМ – от 18,5 до 24,9) е най-висок - близо $\frac{3}{4}$ от изследваните участници (70%) са с нормално тегло.

Разпространението на свръхтеглото и затлъстяването преобладава при 5% от изследваните лица. Респондентите с наднормено тегло са 18,3%, а тези с поднормено тегло са 6,7% - само за сметка на жените.

Установиха се статистически значими полови различия при разпределението на антропометричния статус ($\chi^2 = 9,169$; $p < 0,027$).

Таблица 16. Индекс на телесна маса на участниците в проучването по пол

Категории телесно тегло (по ИТМ)	Мъже (n=30)		Жени (n=30)		Общо (n=60)	
	n	%	n	%	n	%
Поднормено тегло < 18,5	0		4	13,3	4	6,7
нормално тегло 18,5 – 24,99	19	63,3	23	76,7	42	70
наднормено тегло $\geq 25,0$	9	30	2	6,7	11	18,3
<u>затлъстяване</u> $\geq 30,0$	2	6,7	1	3,3	3	5

Данните за консумацията на храна свързах с данните за пол, възраст и телесно тегло (и ръст). Обобщените резултати от антропометричния статус на проучваните лица показват:

- Установяват се статистически значими полови различия в антропометричния статус на жените и мъжете.
- 70% от участниците са с нормално телесно тегло.
- Поднормено тегло е установено само при жените.
- С наднормено тегло са 3 пъти повече мъже.
- Относителният дял на затлъстяване е два пъти по-голям при мъжете в сравнение с групата при жените.

2.3. Хранителна експозиция на олово на изследваните лица

Хранителната експозиция на олово на изследваните лица при сценариите LB и UB е посочена на Таблица 17.

Таблица 17. Хранителна експозиция на олово на изследваните лица при Сценарий LB и Сценарий UB (в $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден)

Хранителна експозиция	N*	Средна стойност \pm SD	Медиана	95 перцентил (P95)
Хранителна експозиция LB	1258	0,024 \pm 0,014	0,02	0,050
Хранителна експозиция UB		0,052 \pm 0,028	0,021	0,095

N*брой хранителни продукти

2.4. Хранителна експозиция на кадмий на изследваните лица

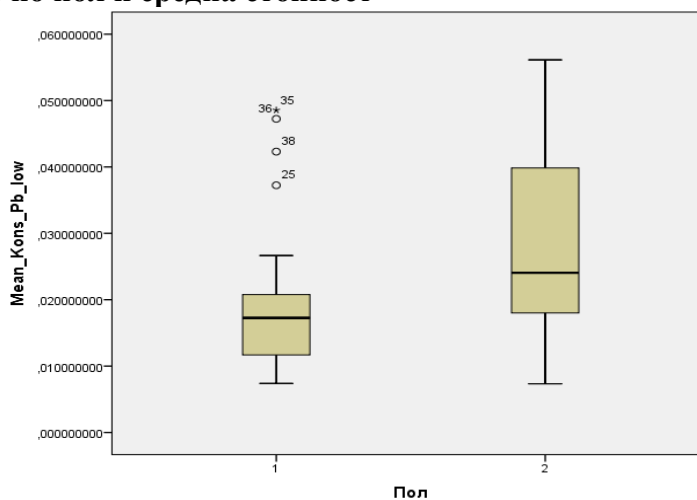
Хранителна експозиция на кадмий на изследваните лица при сценариите LB и UB е посочена на Таблица 18.

Таблица 18. Хранителна експозиция на кадмий при LB и UB за 7 дни

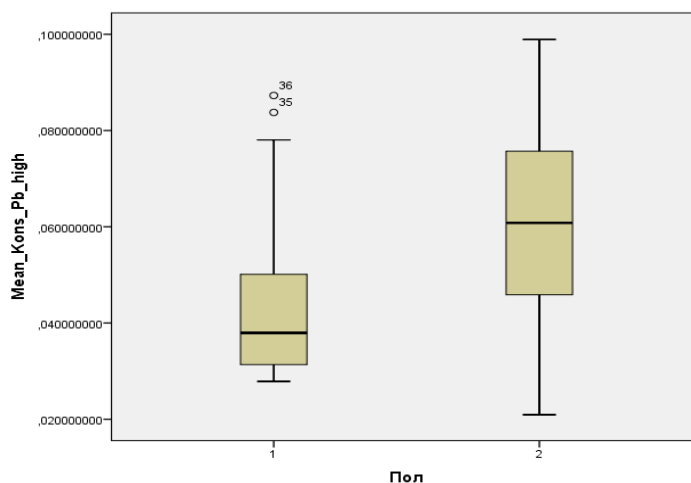
Хранителна експозиция	N*	Средна стойност ± SD	Медиана	95 перцентил (P95)
Хранителна експозиция LB	1220	0,21 ± 0,0165	0,2	0,41
Хранителна експозиция UB		0,38 ± 0,0279	0,32	0,73

N*брой хранителни продукти

2.5. Резултати от изчислената хронична хранителна експозиция на олово, разпределение по пол и средна стойност

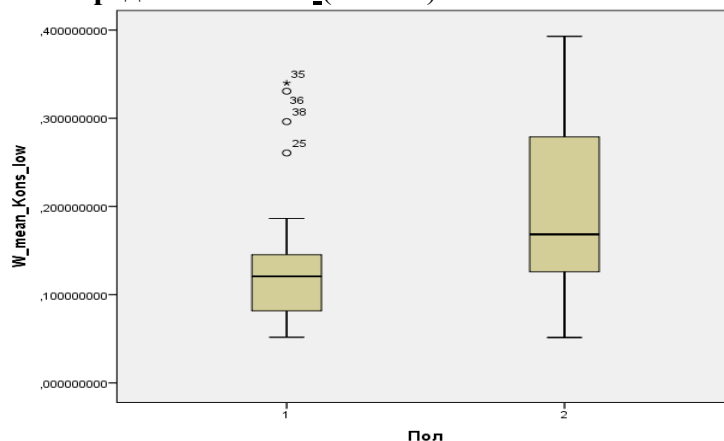


Фигура 12. Средни стойности на хранителната експозиция на олово при LB при изследваните лица, разпределение по пол (1 мъже, 2 жени)



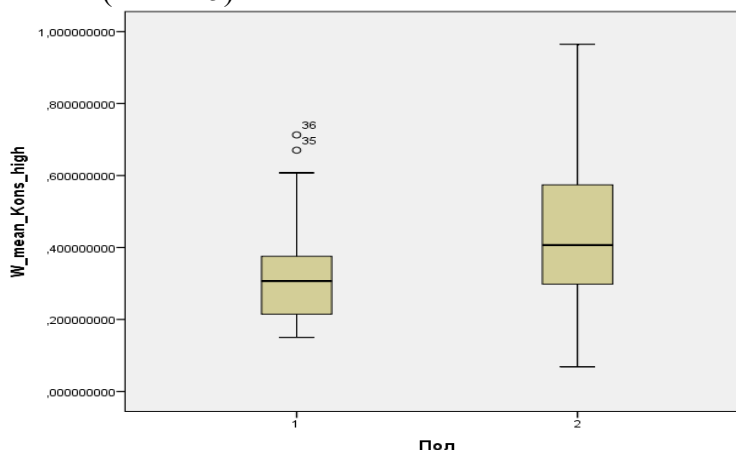
Фигура 13. Средни стойности на хранителната експозиция на олово при UB при двата пола (1 мъже, 2 жени)

2.6. Резултати от изчислената хронична хранителна експозиция на кадмий – разпределение по пол и средна стойност (Фиг.14)



Фигура 14. Хранителна експозиция на кадмий средни стойности по пол (1 мъже, 2 жени) LB

Резултатите показват, че хранителна експозиция на кадмий при жените е по-висока в сравнение с тази при мъжете (Фиг. 15).



Фигура 15. Хранителна експозиция на кадмий средни стойности по пол (1 мъже, 2 жени) UB

2.7. Категории храни с принос към хроничната хранителна експозиция на олово

Категорията Месо и месни продукти има най-голям принос за общата хранителна експозиция (59%) на олово, следвана от категориите: Зеленчуци и зеленчукови продукти (15.2%), Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури (8%), Мляко и млечни продукти (4.3%) и Плодове и плодови продукти (4.3%).

Месо от диво прасе (глиган) при което се установи 154,4 пъти по – висока стойност от референтната няма принос към хранителната експозиция на олово, защото респондентите не съобщават да са консумирали дивечово месо през изследвания период.

2.8. Категории храни с принос към хроничната хранителна експозиция на кадмий

Категорията Месо и месни продукти има най-голям принос за общата хранителна експозиция (62%) на кадмий, следвана от категориите: Зеленчуци и зеленчукови продукти (17%), Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури (4%), Мляко и млечни продукти (3.1%). Въпреки, че съдържанието на Cd в

изследваните месо и месни продукти е ниско, значителният им принос към хранителния прием на Cd, може да се обясни с високата им консумация (190 g/ден).

Прави впечатление, че от групата „Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки“ висок принос към хранителния прием на Cd имат ядките (5.4%), което се дължи на установеното високо средно съдържание на Cd (0.17 mg/kg) в тях. Въпреки че, този продукт се консумира в малки количества от изследваната популация, той може значително да допринесе за приема на кадмий на индивидуално ниво.

Месо коне – няма принос към хранителната експозиция на кадмий, защото респондентите не съобщават да са консумирали месо от коне през изследвания период.

Така изложените данни дават основание за следните заключения:

- Средната стойност на хранителната експозиция на олово при изследваната група, изчислена на база на приетите два сценария за долна граница (lower bound) и горна граница (upper bound) на концентрация на олово в храните, е в границите от 0,024 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден до 0,052 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден; медианата на хроничната хранителна експозиция на олово е в границите на 0,02 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден и 0,021 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден и 95-тия перцентил на хранителната експозиция за високите консуматори е в рамките на 0,050 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден и 0,095 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден. Тези стойности са по-ниски от установените от Европейския орган по безопасност на храните $\text{BMDL}_{0,1}$ от 1,5 μg олово/кг т.т./ден във връзка с въздействието върху систоличното кръвно налягане и BMDL_{10} от 0,63 μg олово/kg т.т./ден във връзка с поява на хронични бъбречни заболявания. Следователно втората ни работна хипотеза не се потвърждава;
- Хранителната експозиция на кадмий при изследваната група, изчислена на база на приетите два сценария за долна граница (lower bound) и горна граница (upper bound) на концентрация на кадмий в храните, като средна стойност варира от 0,21 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица до 0,38 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица; медианата на хроничната експозиция е в рамките 0,2-0,32 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица и 95-тия перцентил на хранителната експозиция за високите консуматори е в диапазона от 0,41 μg $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица до 0,73 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица не превишава токсикологичната референтна стойност. Тези стойности не превишават установената от Европейския орган по безопасност на храните токсикологична референтна стойност от 2.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица като поносим седмичен прием. Следователно втората ни работна хипотеза не се потвърждава;
- Данните от настоящото проучване показват, че хранителна експозиция на олово и кадмий при жените е по-висока в сравнение с тази при мъжете. Въз основа на това, те биха могли да бъдат оценени като по-рискова група за хронична експозиция на олово и кадмий от мъжете.
- Категорията храни Месо и месни продукти има най-голям относителен принос към общата хранителна експозиция на олово (59%) и кадмий (62%) при изследваните лица, следвана от категориите: Зеленчуци и зеленчукови продукти (15% за олово и 17% за кадмий) и Плодове и плодови продукти (2% за олово и 4% за кадмий). Значителният принос на месото и месните продукти към хроничната хранителна експозиция на олово и кадмий при изследваните лица се дължи на голямата им средно дневна консумация при изследваната група.

3. Оценка на степента на потенциалния здравен риск, в резултат на прием на металите олово и кадмий с храната

За да се оцени дали хранителната експозиция на кадмий може да представлява риск за здравето, нивата на изчислената хронична хранителна експозиция се сравняват с установения от EFSA поносим седмичен прием (TWI) от 2.5 µg/kg телесно тегло/седмица, който е количеството, което може да се приема седмично с пренебрежимо ниска или почти никаква вероятност да има риск от неблагоприятни последици за здравето при хората. [EFSA, Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), 2011]

Тъй като всяко ниво на експозиция на олово, което е определено като вероятно карциногенно вещество за хората, може да доведе до рак, експертите от EFSA заключават, че не може да се определи поносим дневен прием (TDI) на олово с храната. В такива случаи за оценка на възможния риск за здравето може да се използва подхода на границата на експозицията (MOE), която се изчислява като съотношение между BMDL и изчислената хранителна експозиция. Долната граница с 295%-на доверителност на референтната/бенчмарк доза се нарича BMDL (lower limit of a benchmark dose). Бенчмарк дозата (BMD) е дозата, изведена от проучвания за токсичност с животни, при която се наблюдава процент (напр. 1%, 5% или 10%) увеличение на неблагоприятния ефект. Експертите на EFSA оценяват и определят, че Границата на експозицията (MOE) е диапазон, в който оловото вероятно ще предизвика малък, но измерим потенциален неблагоприятен ефект. BMDL е долната граница на MOE. Колкото по-голяма е съотношението между BMDL и изчислената хранителна експозиция, толкова по-малък е рискът от настъпване на вреден за здравето ефект.

3.1. Оценка на степента на потенциалния здравен риск, в резултат на прием на олово с храната

През 2010 г., Панелът (работна група) за замърсители в хранителната верига (Панел CONTAM) на EFSA оцени здравните рискове от излагане на олово и определи като критични за здравето ефекти при възрастните - сърдечно-съдови ефекти и нефротоксичност [EFSA, 2010].

За характеристика на риска от хранителна експозиция на олово, Панелът CONTAM на EFSA препоръчва да се изчисли границата на експозицията (Margin of exposure, MOE). MOE се изчислява като се раздели BMDL на изчислената хранителна експозиция. MOE дава индикация за нивото на загриженост за безопасността на човешкото здраве във връзка с наличието на токсично вещество в храната и не е токсикологична референтна стойност, каквато е TWI, определена за прием на кадмий с храната. Изчислената стойност на MOE само показва (ориентира) по какъв начин да се приоритизира редът за предприемане на необходимите мерки за намаляване на здравния риск.

С оглед на това, Панелът CONTAM определи за всеки от установените критични здравни ефекти BMDL като отправна доза за прием на олово, както следва:

- за ефекти върху систоличното кръвно налягане - BMDL_{0,1} от 1,50 µg/kg т.т./ден;
- за ефекти върху бъбречната функция - BMDL₁₀ от 0,63 µg/kg т.т./ден [ЕОБХ, 2012].

Средната стойност на изчислена хронична експозиция на олово е:

- 0,024 µg/kg т.т./ден при сценарий LB;
- 0,052 µg/kg т.т./ден при сценарий UB.

95-ят перцентил (P95) на хроничната хранителна експозиция за олово, изчислен за изследваната ни популация е, както следва:

- 0,050 µg/kg т.т./ден при сценарий LB
- 0,095 µg/kg т.т./ден при сценарий UB .

В Таблица 19 са дадени изчислените хранителни експозиции на олово на изследваната популация и BMDL_{0,1} за сърдечно-съдови ефекти и BMDL₁₀ за нефротоксичност.

Таблица 19. Изчислена хронична хранителна експозиция на олово за изследваната популация (в µg/kg т.т./ден)

Хранителна експозиция на олово	Средна стойност ± SD	Медиана	95 перцентил	BMDL _{0,1}	BMDL ₁₀
сценарий LB	0,024 ± 0,014	0,02	0,05	1,5	0,63
сценарий UB	0,052 ± 0,028	0,021	0,095	1,5	0,63

За характеризиране на риска от хранителната експозиция на олово на изследваната популация, приложих метода за MOE с използване на BMDLs, определени от EFSA и изчислените хронични хранителни експозиции на олово при сценарий LB и сценарий UB, по следната формула:

$$\text{MOE} = \text{BMDL} (\mu\text{g/kg т.т./ден}) / \text{хранителна експозиция} (\mu\text{g/kg т.т./ден})$$

Панелът CONTAM определя:

- изчислената стойност на MOE е равна или е > 10, като липса на значителен риск за здравето на консуматора;

- изчислената стойност на MOE е < 10 и > 1, предполага ниско ниво на загриженост за човешкото здраве, т.е има нисък риск за настъпване на увреждащи ефекти като сърдечносъдови ефекти и нефротоксичност [EFSA, Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Scientific Opinion on Lead in Food, 2010].

В своето проучване изчислените стойности за граница на експозицията (MOE) за средната хронична експозиция на олово при прилагане на сценарии LB и UB за ефекти върху систоличното кръвно налягане са следните:

$$\text{MOE} = \text{BMDL}_{0,1} (\mu\text{g/kg т.т./ден}) / \text{експозиция при сценарий LB или сценарий UB} (\mu\text{g/kg т.т./ден})$$

$$\text{MOE сценарий LB} = 1,5 / 0,024 = 62,5$$

$$\text{MOE сценарий UB} = 1,5 / 0,052 = 28,8$$

Изчислените стойности за MOE за 95-ия перцентил на хроничната експозиция на олово за сценариите LB и UB за MOE за ефекти върху систоличното кръвно налягане са следните:

$$\text{MOE сценарий LB} = 1,5 / 0,050 = 30$$

$$\text{MOE сценарий UB} = 1,5 / 0,095 = 15,8$$

В своето изследване изчислените стойности за граница на експозицията (MOE) за ефекти върху бъбречната функция са следните:

$$\text{MOE} = \text{BMDL}_{10} (\mu\text{g/kg т.т./ден}) / \text{експозиция при сценарий LB или сценарий UB} (\mu\text{g/kg т.т./ден})$$

$$\text{MOE сценарий LB} = 0,63 / 0,024 = 26$$

$$\text{MOE сценарий UB} = 0,63 / 0,052 = 12$$

Изчислените стойности за MOE за 95-ия перцентил на хроничната експозиция на олово за сценариите LB и UB за ефекти върху бъбречната функция са следните::

$$\text{MOE сценарий LB} = 0,63 / 0,050 = 12,6$$

$$\text{MOE сценарий UB} = 0,63 / 0,095 = 6,6$$

Изчислената граница на експозицията (МОЕ) във връзка с хроничната експозиция на олово на респондентите предполага ниско ниво на загриженост за здравето им, т.е има нисък риск за настъпване на увреждащите ефекти, причинявани от оловото.

Таблица 20 показва изчислените граници на експозиция (МОЕ) за средната хронична експозиция и 95-ти перцентил на хроничната експозиция на олово за изследваната група, съответно за двата сценария (LB и UB) за концентрация на олово в изследваните храни. Изчислените МОЕ надвишават 10, с изключение на 95-ия перцентил на експозиция при сценарий UB за критичния ефект нефротоксичност.

Таблица 20. Стойности на МОЕ за хроничните експозиции (средна и P95), изчислени за сценарии LB и UB

Неблагоприятен здравен ефект	МОЕ			
	Средна експозиция		P95	
	LB	UB	LB	UB
Сърдечносъдови ефекти	62,5	28,8	30	15,8
Нефротоксичност	26	12	12,6	7

3.2. Оценка на степента на потенциалния здравен риск, в резултат на прием на кадмий с храната.

През 2011 г., Панелът за замърсители в хранителната верига на Европейския орган за безопасност на храните (панел CONTAM) потвърди, че настоящия поносим седмичен прием (TWI) от 2,5 µg/kg т.т./седмица за кадмий все още се счита за подходящ и не са необходими изменения с цел предпазване на консуматорите. Поносимият седмичен прием е оцененото количество на химичен замърсител в храни, което може да се приема ежедневно през целия живот без значителен риск за здравето [<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1975.htm>].

За характеризиране на риска от приема на кадмий на изследваната популация, сравних изчислените седмични експозиции на кадмий при сценарий LB и сценарий UB с определения от Панела CONTAM TWI за кадмий.

На Таблица 21 е показана хранителната експозиция на кадмий на изследваната популация и токсикологичната референтна доза за прием на кадмий - поносим седмичен прием (TWI).

Таблица 21. Хранителни експозиции на кадмий - (Средна стойност, Медиана, 95 перцентил при сценарии LB и UB и TWI (в µg/kg т.т./седмица)

Хранителна експозиция на кадмий	Средна експозиция ± SD	Медиана	P 95	TWI
сценарий LB	0,21 ± 0,017	0,2	0,41	2,5
сценарий UB	0,38 ± 0,028	0,32	0,73	2,5

При изчислените стойности за P 95 на експозиция на кадмий от 0,41 µg/kg/ телесно тегло/седмица при сценарий LB до 0,73 µg/kg/ телесно тегло/седмица при

сценарий UB няма риск от възникване на нежелани здравни ефекти за изследваната популация.

Като обобщение на тези данни могат да бъдат направени следните по-важни заключения:

- Здравният риск, свързан с хранителната експозиция на олово за изследваната група, е оценен с прилагането на подхода за границата на експозиция (МОЕ). Изчислените стойности на МОЕ за средната хранителна експозиция, както и за медианата и P 95 на хранителната експозиция, са по-високи от 10. Следователно, може да се заключи, че липсва значителен риск за здравето на изследваната група, свързан с приема на олово с храните. Следователно третата ни работна хипотеза не се потвърждава;
- Резултатите от настоящото проучване показват, че изчислената хранителна експозиция на кадмий не надвишава установения поносим седмичен прием от 2.5 µg/kg т.т./седмица, Следователно, не се очаква появата на неблагоприятни здравни ефекти за изследваната популация.

4. Предложения за специфични препоръки за намаляване на хранителния прием на олово и кадмий

Въз основа на получените резултати могат да бъдат направени следните специфични препоръки, с цел да се намали хранителният прием на тежки метали (олово и кадмий):

1. Тъй като оловото може да има последици за здравето при каквото и да е ниво на експозиция и наличието му в храните не може да бъде напълно избегнато, следва да се вземат ефективни мерки, за да се гарантира контролът за неговото съдържание в храните. Благодарение на напредъка в аналитичния капацитет съществува достъпно оборудване, което позволява да се намали границата на откриване на олово и кадмий в анализираните храни.

2. Производителите и преработвателите на храни следва да разбират опасността от замърсяването на храните с тежки метали и да имат като основна (главна) цел намаляването на тяхното съдържание в произвежданите от тях продукти до реално постижими ниски нива. Техните професионални асоциации и сдружения следва да стимулират надеждни лабораторни изследвания на храните и да подпомагат достъпа на производителите и търговците на храни до лаборатории, които имат необходимия аналитичен капацитет.

3. Въпреки факта, че оловото и кадмия присъстват в храните в относително ниски концентрации, според съвременните познания те представляват сериозна заплаха за здравето на населението, особено като се има предвид хроничната експозиция. Поради това, е необходимо постоянно да се следи тяхното съдържание в предлаганите храни, както и хранителният им прием (експозицията) в зависимост от начина на хранене от различните възрастови групи от населението.

4. Насърчаване на биологичното земеделие.

5. Запознаване на потребителите относно националните препоръки за здравословно и разнообразно хранене и тяхната връзка с хранителната експозиция на тежки метали (олово и кадмий).

V. ОБСЪЖДАНЕ

Хранителната експозиция е един от начините на експозиция на тежки метали, като приемът им с храните е различен и зависи от модела на хранене. Хроничната експозиция на тежки метали по алиментарен път може да причини неблагоприятни последици за здравето, поради тяхната биоаккумуляция.

В Европейския съюз (ЕС) с Регламенти се установяват максимално допустими количества (МДК) (maximum levels) за съдържание на химични замърсители, които са разумно достижими чрез прилагането на добри селскостопански, риболовни и производствени практики. Нормативната уредба (Регламенти и директиви на ЕС или национални наредби) определя допустимите количества за химични замърсители, които могат да се съдържат в различни храни, с цел да се прилагат и поддържат стандарти за храните. Максимално допустимите количества за съдържание на замърсители са определени само за отделни храни/суровини. Независимо от това, оценка на риска може да се извърши за всяка храна, за да се определи дали храната съдържа замърсители в количество, което е опасно или вредно за човешкото здраве.

Международни организации по безопасността на храните, като Европейския орган по безопасност на храните (EFSA) и Съвместния експертен комитет по замърсители и добавки в храните на Организацията по прехрана и земеделие/Световната здравна организация (Joint FAO/WHO Expert Committee on Contaminants and Food Additives, JECFA), извършват задълбочени оценки на възможните неблагоприятни последици за човешкото здраве от различни замърсители. В становищата си, въз основа на наличните токсикологични данни, тези организации установяват подходящи токсикологични референтни стойности (health-based guidance value, HBGV) за прием/експозиция на химични замърсители с храната (т.е. за хранителна експозиция на замърсители), с цел защита срещу остър или хроничен риск за човешкото здраве.

Трябва да се разграничават понятията:

- максимално допустими количества на замърсители в храните; и
- установени токсикологични референтни стойности за прием на замърсители с храните като поносим седмичен прием – TWI и поносим дневен прием – TDI).

Максимално допустимите количества (МДК) на замърсители в храните не са нива на безопасност. Консумирането на храни, съдържащи замърсители, които надвишават разрешените МДК, не винаги води до прием на замърсителя над токсикологичните референтни стойности.

Оценката на риска е научната част от процеса на анализ на риска и установява риска като функция на два компонента: опасност и експозиция. Оценката на риска преценява вероятността от настъпване и тежестта на неблагоприятни за здравето ефекти (увреждания), възникващи в резултат на излагане на опасност.

В своето проучване оценката на риска на тежки метали в храни е трудоемка задача, поради сложността на събирането и обработката на първичните данни, характеризиращи нивата на замърсяване на храните с олово и кадмий, специфичния модел на хранене на изследваната популация и методологичните подходи за оценка на експозицията на олово и кадмий, приети с храната.

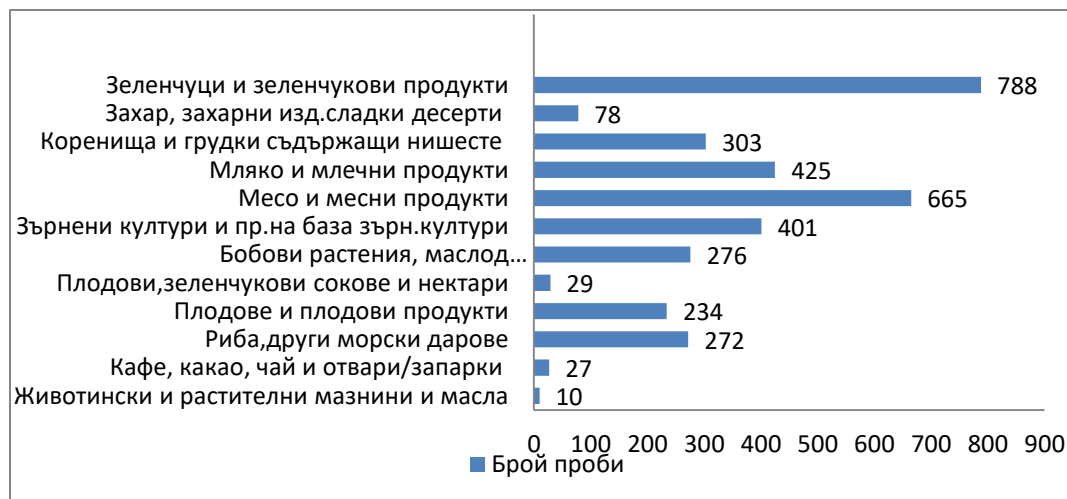
В тази връзка целта на проучването ни беше да се анализират и изчислят нивата на тежките метали олово и кадмий в хранителните продукти, предлагани на българския пазар за периода 2009 – 2020 г. и извършване оценка на риска на изследваната от мен популация, свързан с приема на тези метали с храните. За постигане на тази цел бяха формулирани и задачите - проучване и анализ на данните от изследваните проби храни за олово и кадмий и на ляво цензурираните данни, базирано на валидизирани

стандартизирани методи; оценка на хранителната експозиция на олово и кадмий на млада популация и оценка на здравния риск, както и разработване на препоръки за намаляване на хранителния прием на метали.

Проучването ни е ретроспективно и се базира на достатъчно дълъг изследователски период, репрезентативен брой проби от храни, предлагани в българската търговска мрежа и репрезентативен брой респонденти от изследваната популация за оценка на хранителната им експозиция.

В настоящото изследване са анализирани и обработени 3508 броя проби за съдържание на олово и 2979 броя проби за съдържание на кадмий. За целите на проучването категоризирах анализираниите проби храни в основни категории храни според разработената от EFSA йерархична система за класификация на храните на – FoodEx2 [EFSA, FoodEx 2011], която се основава на 20 основни категории храни, разделени допълнително на подгрупи на 4 нива отделни хранителни продукти.

Изследваните 3508 броя храни за съдържание на олово (Фиг. 16) са групирани в 12 основни категории храни съгласно FoodEx системата.



Фигура 16. Брой проби, изследвани за съдържание на олово по основни категории храни

В настоящото проучване 2979 проби хранителни продукти, изследвани за кадмий, (Фиг. 17) са систематизирани в 11 основни категории храни.



Фигура 17. Брой проби, изследвани за съдържание на кадмий по основни категории храни

Резултатите от проучването показват, че не се установява съществено замърсяване с олово и кадмий на изследваните храни, предлагани на пазара в България за проучвания периода от 2013 година до 2020 година включително. Констатира се присъствие на олово и кадмий в проби хранителни продукти от всички изследвани категории храни в границите на максимално допустимите количества. Установиха се наднормени концентрации на олово и кадмий в хранителни продукти в 5 от 12-те категории храни: Месо и месни продукти (включително карантии), Риба и други морски дарове, Мляко и млечни продукти, Плодове и плодови продукти и Зеленчуци и зеленчукови продукти. Както отбелязах по-рано максимално допустимите количества (МДК) за съдържание на олово и кадмий са определени само за отделни храни и те са основно за суровини.

При анализиране на концентрациите на олово по категории храни се подчерта следното:

Съдържанието на олово е в границите на максимално допустимите стойности за съответните храни в 8 от 12-те категории храни: Животински и растителни мазнини и масла или масла и техни първични производни; Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар; Риба и други морски дарове; Плодови и зеленчукови сокове и нектари; Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури; Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки; Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа. За храни от категорията Кафе, какао, чай и отвари/запарки няма регламентирани МДК.

Наднормено съдържание на олово е установено в единични проби в 4 от 12-те категории храни: Месо и месни продукти (включително карантии), Мляко и млечни продукти, Плодове и плодови продукти, Зеленчуци и зеленчукови продукти. В 3 от тези категории храни (без Мляко и млечни продукти) съдържанието на кадмий също е над максимално допустимите стойности. Най-високо съдържание за олово е установено при проби от месо от диво прасе (глиган), които вероятно са свързани и с обстрела на тези животни с оловни патрони. Много високите резултати за съдържание на олово в месо от диво прасе (глиган), изкривяват разпределението резултатите за концентрация на олово в тази категория храни. Стойности над МДК са констатирани и в карантии от бозайници и птици, мляко, в някои листни и плодни зеленчуци и семкови плодове. От пробите от растителен произход най-високо съдържание за олово е установено в спанак. Стойности над МДК в единични проби са констатирани в карантии на бозайници и птици, мляко, в някои листни и плодни зеленчуци, и пчелен мед.

При анализираниите храни за олово, както при храните изследвани за кадмий, преобладават пробите с наднормени концентрации на олово в храните от растителен произход и също е измерено най-високата концентрация в категорията храни от животински произход.

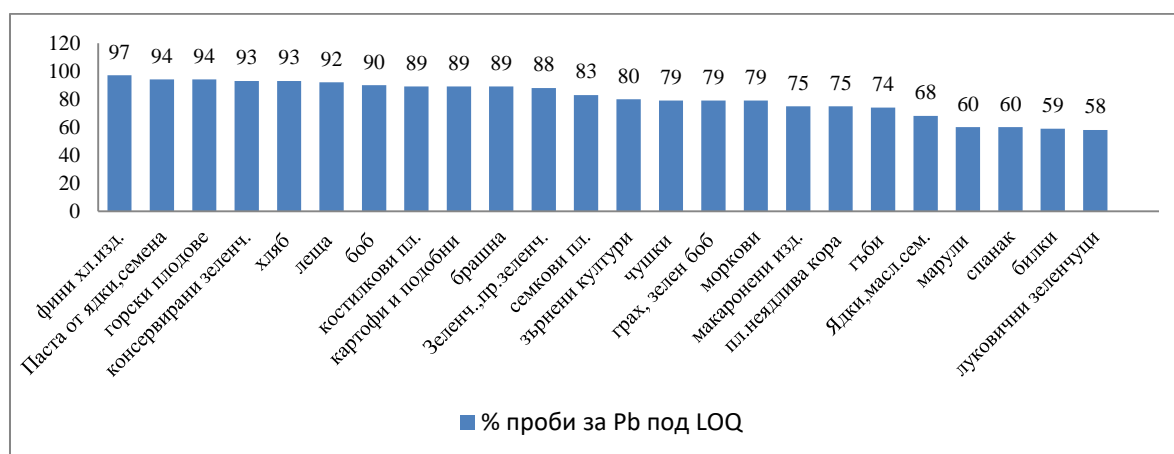
Моето проучване потвърди данните от доклада на EFSA за съдържание на олово в храните на европейското население [EFSA 2012]. При храните от растителен произход пробите надвишаващи максимално допустимите количества, посочени от EFSA са - пшенично зърно, брашно пшенично и ориз. При зеленчуците средните концентрации на олово варират от 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ до 961 $\mu\text{g}/\text{kg}$, с максимална концентрация от 155, 000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ в морски водорасли. В картофи е измерено съдържание на олово от 840 $\mu\text{g}/\text{kg}$. При Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки средните концентрации на олово варират между 6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ в нахут до 90 $\mu\text{g}/\text{kg}$. При плодовете повишените резултати са за ябълки, ягоди и сливи. Стойностите за съдържание на олово в захарни изделия варират между 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ и 406 $\mu\text{g}/\text{kg}$ при шоколад. Максималната концентрация на олово от 2140 $\mu\text{g}/\text{kg}$ е регистрирана в слънчогледово

масло. При храните от животински произход EFSA отчита средни концентрации между 3 µg/kg в птиче месо до 1,143 µg/kg в месо от диво прасе и също така както и в моето проучване максималната концентрация на олово от 232,000 µg/kg е регистрирана в месо от диво прасе. В други храни с животински произход - между 3 µg/kg до 244 µg/kg в ядивен морски охлюв с максималната концентрация от 4,060 µg/kg.

В набора ни от данни от аналитични резултати за олово има висок дял на проби с резултати под LOQ (т.нар. лявоцензурирани данни). Общо пробите с резултати под LOQ са 51 % от всички изследвани за олово храни, а за кадмий те са 51,5%. Този среден резултат варира между категориите храни и с най-висок относителен дял резултати под LOQ са 5 от 12-те категории храни и това са категории от растителен произход. При повечето категории резултатите под LOQ варират от 72% до 90%, с изключение на категориите храни от животински произход, където са в границите от 5 до 13%.

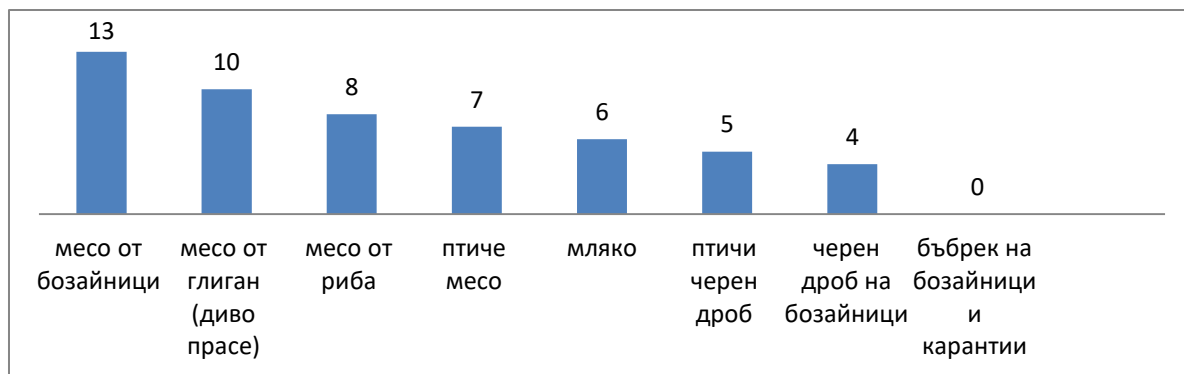
Относителният дял на лявоцензурираните данни за олово в категориите храни от растителен произход е по- висок от относителният дял на лявоцензурираните данни в тези категории при кадмий.

На Фигура 18 и Фигура 19 са представени относителния дял на пробите хранителни продукти със съдържание на олово под LOQ, съответно при хранителни продукти от растителен и животински произход. Както е видно относителният дял на лявоцензурираните данни за олово при пробите от животински произход е значително по-нисък от този при пробите от растителен произход.



Фигура 18. Хранителни продукти от растителен произход с резултати под количествено определяне (LOQ) (в %)

Във всички проби цитрусови плодове, плодни, листно-стъблени и бобови зеленчуци измереното съдържание на олово е с резултат под LOQ. За разлика от храните от растителен произход, категориите храни от животински произход имат нисък относителен дял на проби с резултати под LOQ, а при пробите бърбек от бозайник и карантии процентът на лявоцензурираните данни е незначителен (Фиг. 19).



Фигура 19. Резултати под границата на количествено определяне (LOQ) при проби от храни от животински произход, изследвани за олово (в %)

Проведеният анализ на данните за съдържанието на кадмий в храните показва следното:

Съдържание на кадмий в границите на максимално допустимите количества се установява в категориите храни: Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар, Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки и Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури а в категориите храни: Кафе, какао, чай и запарки (регламентирано МДК в какао); Мляко и млечни продукти; Плодови и зеленчукови сокове и нектари; Захар, захарни изделия и сладки десерти на водна основа, съдържание на кадмий не е регламентирано.

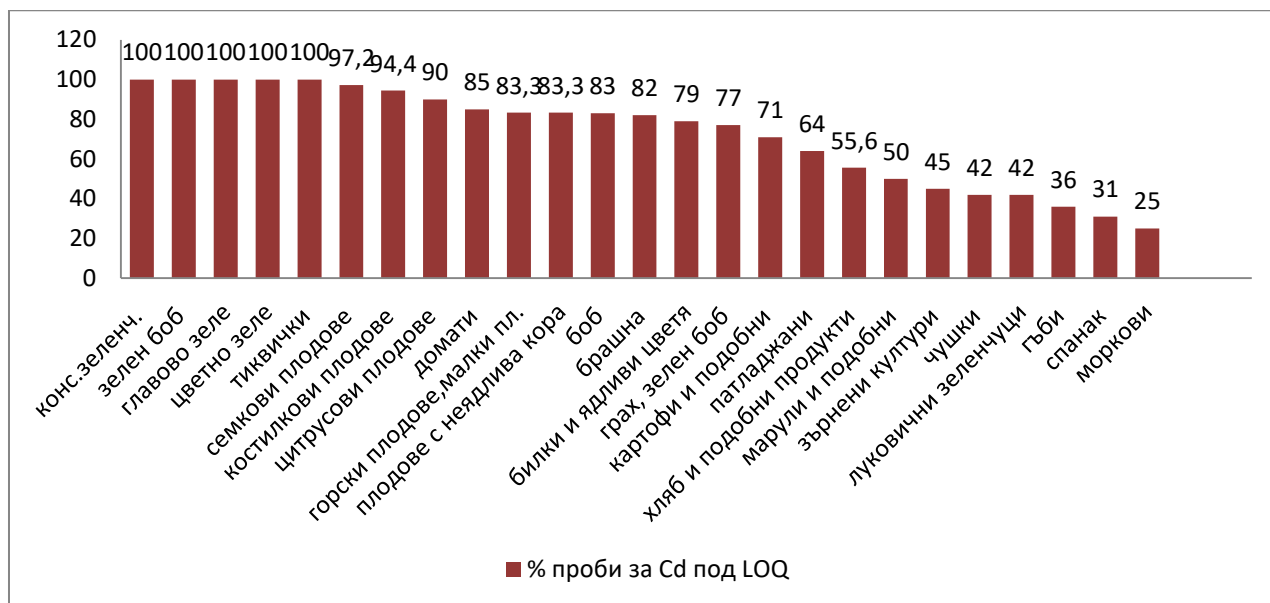
От изследваните 11 категории храни, наднормени концентрации на кадмий са установени в единични проби от 4 категории храни: Месо и месни продукти (включително карантии), Риба и други морски дарове; Плодове и плодови продукти и в Зеленчуци и зеленчукови продукти. В Риба и други морски дарове се констатираха нестандартни единични проби и в същото време ниски стойности на съдържание на олово. Само при 3 категории храни: Месо и месни продукти (включително карантии), Плодове и плодови продукти и Зеленчуци и зеленчукови продукти се докладва най-високо съдържание на кадмий и на олово. При изследваните продукти от животински произход се констатира най-високо съдържание на кадмий в месо от коне, а при пробите от растителен произход се доказва най-високо съдържание на кадмий в ябълки. Стойности над МДК в единични проби са констатирани в месо от коне, диво прасе и риба, в някои листни, луковични, плодни зеленчуци и гъби.

Извършеният анализ показва по-голям брой проби с наднормени концентрации на кадмий при категориите храни от растителен произход в сравнение с тези от животински произход.

Резултатите от проучването потвърдиха данните на EFSA за изследвани храни в ЕС, където пробите надвишаващи максимално допустимите количества кадмий в храните от животински произход са: говеждо, овче и козе месо- 0.0090 mg/kg; конско месо: 0.1715 mg/kg; черен дроб говежди, овчи, свински, птичи, конски: 0.1160 mg/kg; бъбреци говеда, овце, свине, птици, коне: 0.2009 mg/kg; черен дроб и бъбрек на дивеч - 0.1760 mg/kg; риба 0.0234 mg/kg; морски дарове 0.2152 mg/kg. При храните от растителен произход в доклада на EFSA се посочват най-високи стойности на съдържание на кадмий в: гъби - 0.2087 mg/kg, целина и спанак [EFSA 2009].

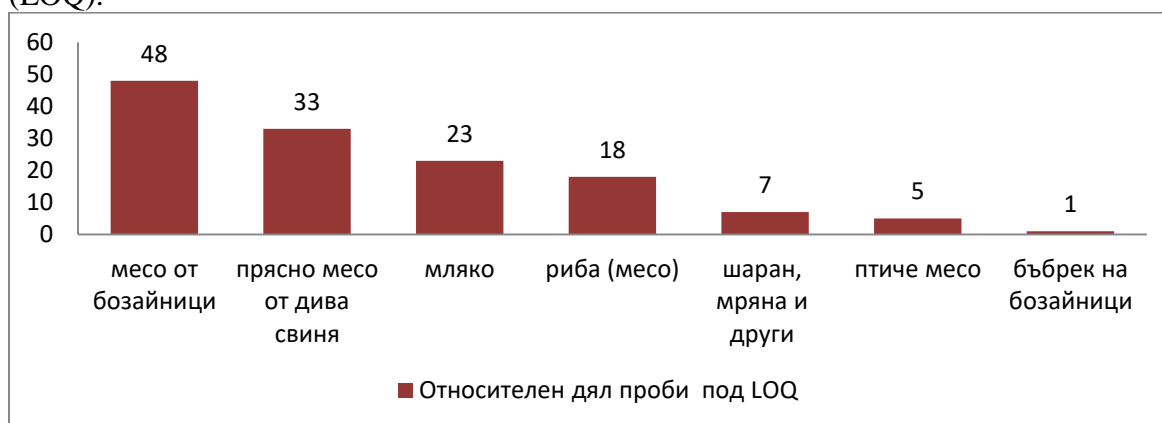
В изследваните проби за съдържание на кадмий, пробите с резултати под LOQ са 51,4 % от всички изследвани за кадмий храни. Пробите с резултати под LOQ се простират в обширни граници и с най-висок относителен дял са 6 категории храни от растителен произход от общо 11-те категории храни, при които резултати под LOQ варират от 55,6 % до 100 % (Фигура 17), а при категориите храни от животински

произход са с най - малък относителен дял в диапазона от 1% до 45 % (Фиг. 21). При пробите с резултати под LOQ за олово с най-висок относителен дял също са категориите храни от растителен произход. С най - голям относителен дял проби с резултати под LOQ е категорията храни Плодове и плодови продукти от 90% до 97%, по-нисък относителен дял проби с резултати под LOQ от 25% до 45 % са при проби листни и луковични зеленчуци, гъби и зърнени храни. Относителният дял на пробите с резултати под LOQ при хранителни продукти от растителен произход е показан на Фигура 20.



Фигура 20. Резултати под границата на количествено определяне (LOQ) при проби от храни от растителен произход, изследвани за кадмий

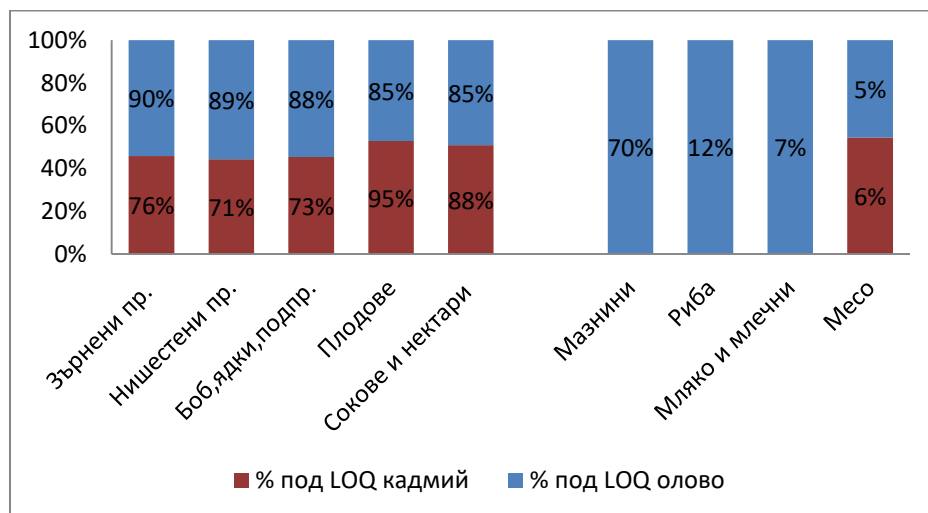
Всички проби тиквички, преработени или консервирани зеленчуци, бобови и листно-стъблените зеленчуци са с резултат под границата на количествено определяне (LOQ).



Фигура 21. Проби от храни от животински произход, изследвани за съдържание на кадмий, с резултати под границата на количествено определяне (LOQ) (в %)

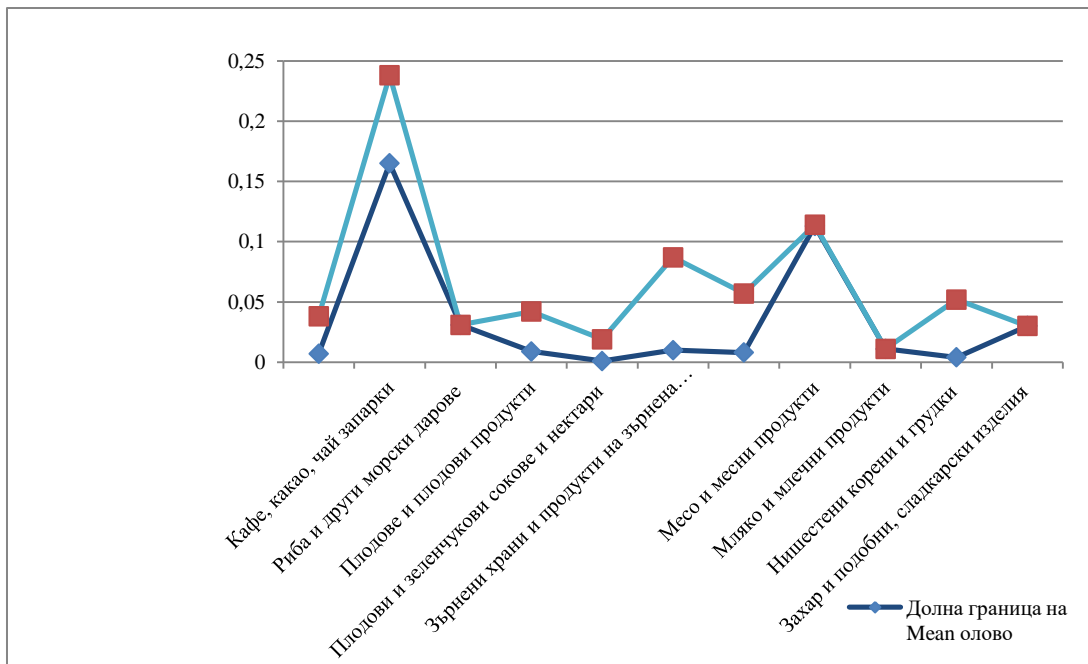
Относителният дял на пробите с резултати под LOQ при хранителните продукти от растителен произход е много по - висок от този при храните от животински произход. Пробите с резултати под LOQ са почти с еднаква относителна стойност при

двата метала, с лек превес на съдържанието на олово при храните от растителен произход. При мазнините 2/3 от пробите за олово са с резултати под LOQ, докато при Рибата и други морски дарове и Мляко и млечни продукти са съответно 7-12% - при тези две категории за съдържанието на кадмий няма проби с резултати под LOQ. При месото относителният дял и за двата метала е в рамките на 5-6%. В моето проучване няма проби за кадмий за мазнини. Обобщената информация за измерено съдържание на олово и кадмий под LOQ в изследваните категории храни е показан на Фигура 22.

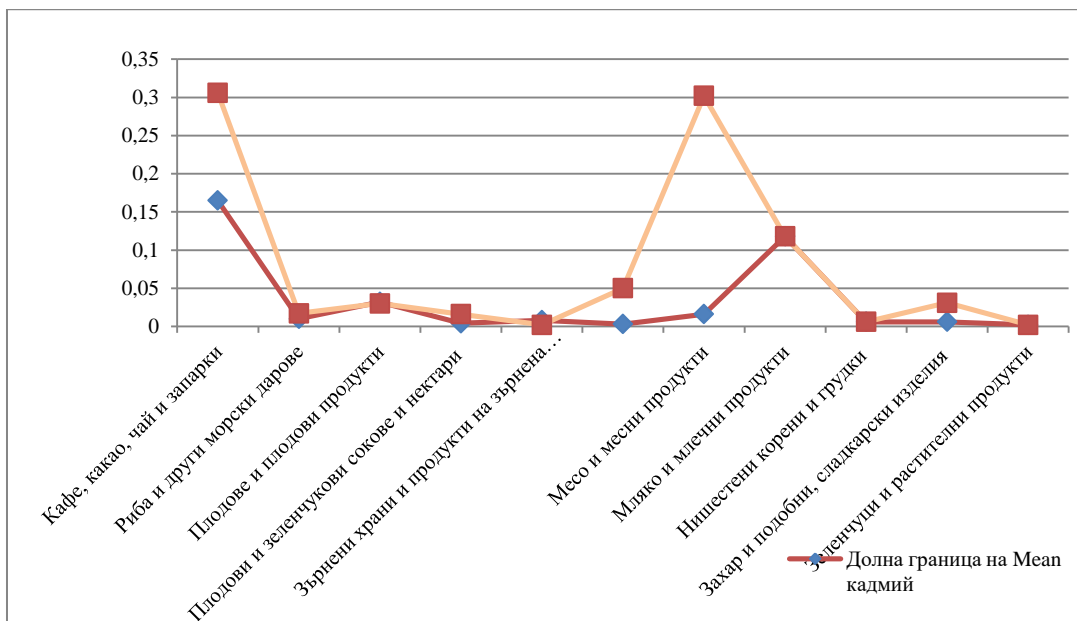


Фигура 22. Проби, изследвани за съдържание на олово и кадмий с резултати под границата на количествено определяне (LOQ) по категории храни (в %)

Над половината от лабораторните резултати на изследваните проби храни за съдържание на олово и кадмий са докладвани като „не се установява“, т.е. със стойности под границата на количествено определяне (LOQ) на метода. Полученото разпределение на стойностите е цензурирано в ляво и третирах лявоцензурираните данни като използвах метода на заместване, което ни позволи да ги използваме в оценките на експозицията. Тези качествени резултати комбинирах по методика, описана в Материали и методи, с количествени (числови) данни, тъй като надеждната оценка на аналитичните резултати от измерванията на олово и кадмий в храните е предпоставка за реалистична оценка на хранителната експозиция на тези замърсители в храните. Приложих подхода за долна (LB) и горна (UB) граници на концентрациите на олово и кадмий. Работата с цензурирани от ляво данни беше сериозно предизвикателство. Приетите два сценария за долна граница (lower bound) и горна граница (upper bound) на концентрация на олово и кадмий по категории храни, определени съгласно посочената методиката са илюстрирани на Фигура 23 и Фигура 24.



Фигура 23. Съдържание на олово по категории храни -Долна (LB) и горна (UB) граница на средната концентрация на олово () (в mg/kg мокро тегло)



Фигура 24. Съдържание на кадмий, по категории храни -долна (LB) и горна (UB) граница на средната концентрация на кадмий (в mg/kg мокро тегло)

За олово и кадмий, значителен брой от долнограничните и горнограничните стойности за концентрация са в границите на нормативно установените максимално допустими количества.

Въз основа на получените данни следващият етап от проучването ни включваше изчисляване на хранителната експозиция и оценка на риска за здравето изследваната популация, свързан с приема на тези замърсители. Приложих детерминистичен подход с изчисляване на хранителните експозиции на индивидуално ниво за всеки участник с използване на данните за индивидуалната консумация на хранителни продукти, включени в ежедневно (седмично) хранене на изследваните лица от популацията.

Използвах Хранителен дневник, предназначен да предостави подробна информация за всички храни, консумирани от респондента за един делничен ден и един почивен ден. Методологичният подход дава възможност да се определи приема на замърсители в цялата популация въз основа на разпределението на изчислените индивидуални хранителни експозиции, а именно средната, медианата и P95 на експозицията за изследваната група като цяло. В резултат на това е възможно да се класират хранителните продукти според нивото на приноса им към общата хранителна експозиция и да се идентифицират основните групи продукти, които са съществени източници на олово и кадмий.

Определянето и оценката на хранителния прием на олово и кадмий извърших сред млади хора от град Плевен на възраст 19-29 години. Известно е обаче, че консумацията на храна в различните периоди на годината може да се различава, поради което оценката на храненето е направено за периода юни-септември на 2022 година.

Хранителната експозиция на респондентите зависи не само от концентрациите на олово и кадмий в изследваните храни, но и от модела на хранене.

За оценката на хроничната хранителна експозиция на тежките метали олово и кадмий, се взе предвид:

- концентрациите на олово и кадмий в храните, съгласно предоставените лабораторни резултати;
- средното количество на консумираната храна на ден;

Така изчисленият прием на замърсителя с храните (т.е. приетата доза на олово и кадмий) се сравнява със съответната токсикологична референтна стойност за кадмий - TWI, а за оловото се изчисли границата на експозиция (MOE) да се характеризира на потенциалния риск за здравето на хората.

Количеството на приетите с храната тежки метали зависи в голяма степен от честотата на консумация на категориите храни, които ги съдържат, както и от размера на консумираната порция.

Някои от хранителните продукти, които съдържат наднормени концентрации на олово и кадмий не са консумирани или са рядко консумирани от изследваните лица в моето проучване – като дивечово и конско месо. Други хранителни продукти с установена висока консумация при проучването, могат да допринесат значително за общата експозиция на олово и кадмий с храната, дори ако кадмият и оловото се съдържат в тях в ниски нива на концентрации. Поради това, в своето проучване анализирах данните за количеството консумирана храна за всички категории храни, и търсих високите консуматори, които биха могли да имат по-висок прием на олово и кадмий поради модела им на хранене.

Кратката база данни на EFSA за европейската консумация на храни [EFSA, 2008] предоставя моделите на хранене на възрастното население в Европа и вкл.16 държави. На Таблица 22 са представени средната консумация на храна (g/ден) за Белгия и България, представени в доклада [Scientific opinion, Cadmium in food, 2009].

Таблица 22. Средна консумация (g/ден) на изследваната популация, в Белгия и България според базата данни на EFSA за 2008 г.

Категории храни	Количество консумирана храна (гр.) Белгия	Количество консумирана храна (гр.) България	Количество консумирана храна (гр.) изследвана популация
Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури	245	257	265.9
Захар и захарни продукти	31	40	5.23
Зеленчуци, ядки и варива	230	210	
Зеленчуци и зеленчукови продукти	-	-	214.9
Бобови растения, маслодайни семена, ядки и подправки	-	-	
- бобови растения			12.0
- ядки			8.1
- подправки			2.0
Нишестени корени или картофи	95	83	97,6
Плодове и плодови продукти	113	70	169,5
Плодови и зеленчукови сокове, напитки и бутилирана вода	945	207	-
Плодови и зеленчукови сокове и нектари (вкл. концентрати)	-	-	73,5
Кафе, чай, какао (изразено като течност)	432	120	3 (изразено като продукт)
Месо и месни продукти, карангии	123	114	190
Риба и морски дарове	25	40	28.4
Мляко и млечни продукти	203	169	155.6



Фигура 25. Консумирани категории храни от изследваната популация

За изчисляване на хроничната хранителна експозиция на олово и кадмий са обработени общо 1860 аналитични резултати. За изчисляване на хранителна експозиция на олово са обработени 1258 хранителни продукта, а за оценката на хранителна експозиция на кадмий - 1220 хранителни продукта.

Както посочих експозицията на кадмий и олово с храната включва обективната оценка на основните променливи: съдържанието на кадмий и олово в храните, количеството на консумираната от респондентите храна но и телесното тегло на изследваните лица. За оценка на реалните нива на прием на тежки метали с храната и по-нататъшна оценка на риска, използвах методологичен подход описан в Материали и методи. Оценявайки използвания метод, трябва да се отбележи, че неговото безспорно предимство е възможността за изчисляване на индивидуалните стойности на експозиция и определяне на рисковите категории храни с принос за хранителната експозиция. В същото време ограничение при използването на този подход е сложността на оценката на индивидуалната хранителна експозиция. В своето изследване спазих всичките тези условия. В тази връзка оценката на вероятните нива на прием на олово и кадмий с храната извърших като взех предвид комбинациите от статистическите параметри на концентрациите на тежките метали в храната и консумацията на хранителните продукти. Този подход позволява да се класират тежките метали и хранителните продукти според техния принос към общата стойност на хранителната експозиция. Предложеният подход е свързан с изчисляването на хранителната експозиция на основа на средни концентрации, базирани на сценариите на долната (LB) и горна (UB) граница за концентрация на олово и кадмий в храните (mg/kg) и средната консумация на хранителни продукти.

Дневна хранителна експозиция на олово

Средната хранителна експозиция на олово в моето проучване е в границите от 0,024 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден (LB) до 0,052 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден (UB), медианата е между 0,02 (LB) и 0,021 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден (UB), и P 95 е между 0,050 (LB) и 0,095 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден (UB). Според EFSA хранителната експозиция на олово на европейското население варира за средната стойност между 0,40 и 0,59 $\mu\text{g/kg}$ телесно тегло на ден; с медиана от 0,50 $\mu\text{g/kg}$ телесно тегло на ден и P95 в диапазона между 0,65 и 0,99 $\mu\text{g/kg}$ телесно тегло на ден. Следователно средната стойност, медианата и P95 на хранителната експозиция на олово на изследваната от мен популация са много по-ниска от тези, установени за европейското население. Максималната горна граница на P 95 на експозицията на олово с храната при възрастни в проучването на на европейското население е оценена на 1,16 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден [EFSA Scientific report, 2012] - следователно максималната изчислена хронична експозиция за олово 0,095 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден (UB) на изследваната популация е много по-ниска от установеният прием на олово на европейското население.

Резултатите от хронична експозиция показват разлика между половете. Потенциалната дневна хранителна експозиция на олово при жените е в по-широки граници от хранителна експозиция на мъжете. Средна хронична експозиция за мъжете е от 0.011 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден до 0.02 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден, а за жените около 0.018 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден до 0.049 $\mu\text{g/kg}$ т.т./ден.

Хранителна експозиция на кадмий

Средната хранителна експозиция на кадмий в моето проучване е в границите от 0,21 $\mu\text{g/kg}$ т.т./седмица (LB) до 0,38 $\mu\text{g/kg}$ т.т./седмица (UB), медианата е между 0,2 (LB) и 0,32 $\mu\text{g/kg}$ т.т./седмица (UB), 95 перцентил е между 0,41 (LB) и 0,73 $\mu\text{g/kg}$ т.т./седмица (UB). При направеното проучване за хранителната експозиция на кадмий на европейското население, средната стойност на експозиция на кадмий варира между 1,50 и 2,23 $\mu\text{g/kg}$ телесно тегло на седмица, което е в рамките на TWI от 2,5 $\mu\text{g/kg}$

т.т./седмица, определен от EFSA. Тези данни, сравнени с резултатите от своето изследване, показват, че хранителната експозиция на кадмий на респондентите е със значително по-ниски нива от хранителната експозиция на кадмий на европейското население [EFSA Journal, 2012] - средната стойност на седмичната хранителна експозиция на кадмий на изследваната популация е между 7 и 6 пъти по-ниска от тази на европейското население. Максималната изчислена хронична експозиция за кадмий е между 0,41(LB) и 0,733 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица (UB) е между 6 и 7 пъти по-ниски от установеният прием на кадмий в проучване на хранителната експозиция на кадмий в европейското население за Р 95 на хроничната експозиция, където варира от 2,47 до 4,81 $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица [EFSA Scientific report, 2012].

Резултатите от хроничната седмична експозиция на кадмий също показват разлика между половете. Седмичната хранителна експозиция на кадмий при жените също е в по-широки граници за средна стойност от хранителна експозиция на мъжете (което се установи и при дневната хранителна експозиция на олово, което може да съответства с по-големите различия в телесния статус на изследваните жени и мъже.

Принос на основните групи храни към хранителния прием (експозиция) на олово и кадмий:

Преди да се изчисли хранителната експозиция на разглежданите тежки метали, отделните анализирани хранителни продукти се групираха в основни категории храни, съгласно класификационната система FoodEx 2 на Европейския орган по безопасност на храните, за да се покаже техния принос към общата експозиция на олово и кадмий [EFSA, FoodEx, 2011]. Изчислена е средната дневна експозиция за всяка категория, с цел да се изчисли приносът (в %) на всяка една от тях към общата експозиция на олово и кадмий.

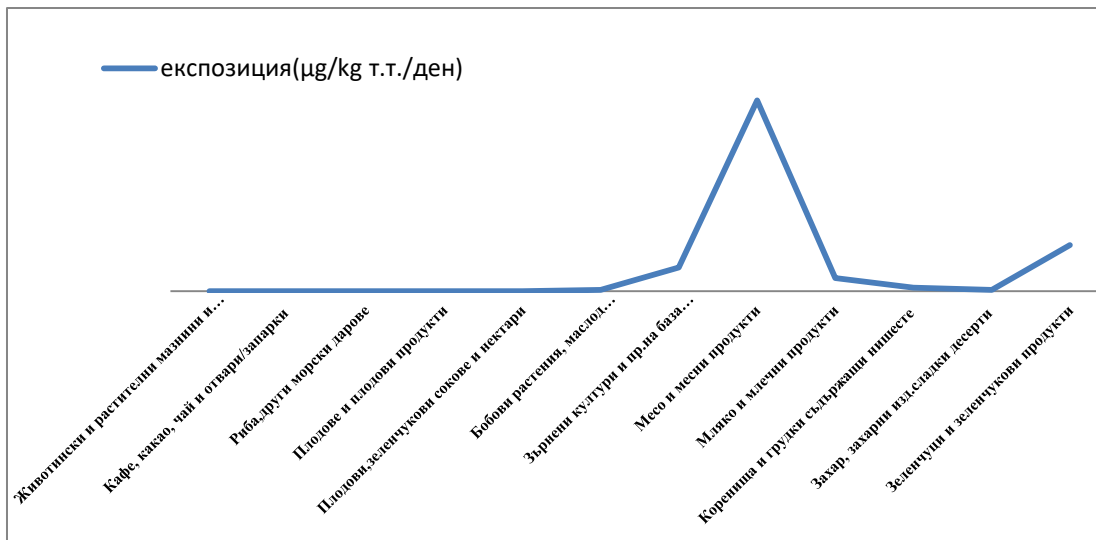
Общата средна дневна хранителна експозиция на олово ($\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден) е получена чрез сумиране на изчислените средни дневни експозиции за всяка категория храни. Общата средната седмична хранителна експозиция на кадмий ($\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./седмица) е получена чрез сумиране на средните дневни експозиции от всички храни, след което е умножена по седем.

Тези хранителни експозиции са изчислени въз основа на средното телесно тегло от 70 kg на участниците в настоящото проучване.

За да се установи приносът на отделните групи храни за приема на олово и кадмий са използвани хранителни експозиции, изчислени при сценария на долната (LB) граница за концентрация на разглежданите тежки метали, с оглед да се намали ефектът на лявоцензурираните данни от лабораторните резултати.

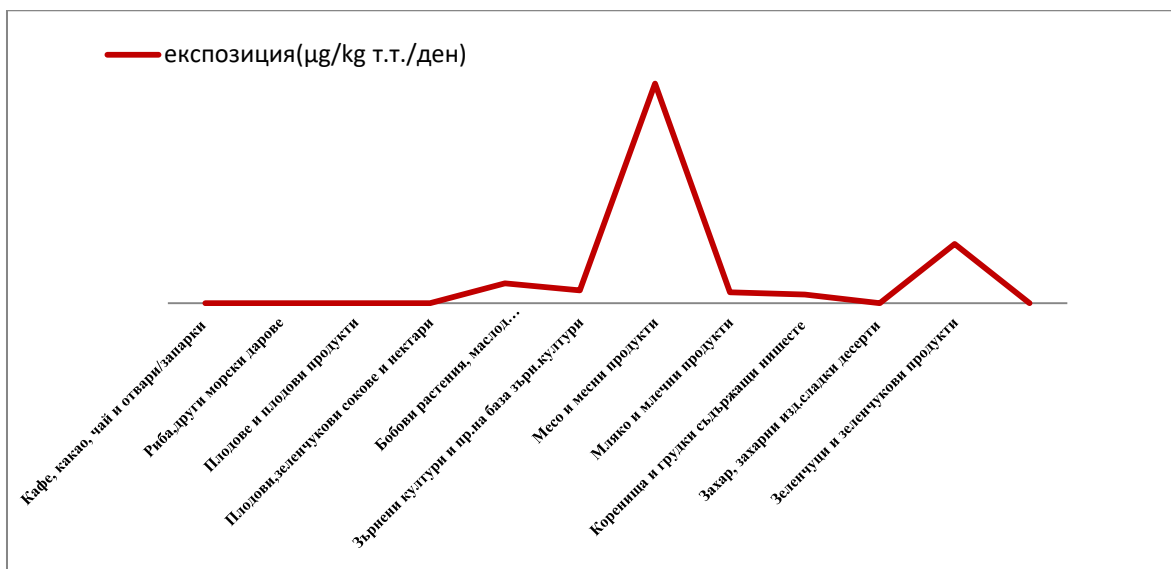
Също така, за изчисляване на средните стойности за консумация (g/ден) на категориите храни са използвани данните за консумация на храни на всеки участник в настоящото проучване.

Категориите храни, с основен принос за експозицията на олово в храната в настоящото проучване са: Месо и месни продукти (включително карантии) има най-голям относителен принос към общата хранителна експозиция на олово (59%), следвана от категориите: Зеленчуци и зеленчукови продукти (15,2 %); Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури“ (3,6%). Най-ниско ниво на прием на олово е това с Животински и растителни мазнини или масла и техни първични производни и Плодови и зеленчукови сокове и нектари (вкл. концентрати) (0,19%) (Фиг. 26). Тези резултати се различават от проведеното проучване на експозицията на олово в храната в европейското население [EFSA Scientific report, 2012], където се подчертават Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури (16,1 %), като основен фактор за експозицията на олово чрез храната.



Фигура 26. Категориите храни с принос за експозицията на олово

Най-ниско ниво на прием на кадмий с храната (% от) е от категорията Риба и морски дарове, (1,2 %), а най-високото (съответно 61.5%) от Месо и месни продукти (Фиг. 27). Най-високото ниво на прием на олово с храната също е от категорията Месо и месни продукти. Проучване на хранителната експозиция на кадмий в европейското население [EFSA Scientific report, 2012] подчертава основните категория храни - Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури (26,9 %); зеленчуци и зеленчукови продукти (16,0 %) и Коренища и грудки с високо съдържание на нишесте и продукти от тях, растения за производство на захар (13,2 %) като основен фактор за експозицията на кадмий в храната, което не потвърждава резултатите от това проучване за категорията Месо и месни продукти (включително карантин).



Фигура 27. Категориите храни с принос за експозицията на кадмий

Характеризирането на риска е четвъртият етап от оценката на риска, в който обобщените данни от предните три етапа - идентификация на опасността, характеристика на опасността и оценка на експозицията служат за консолидирана оценка на нежеланите резултати, които могат да възникнат [Богоева И., и др. 2017]. Характеристиката на риска дава оценка за възможния риск, същността му и

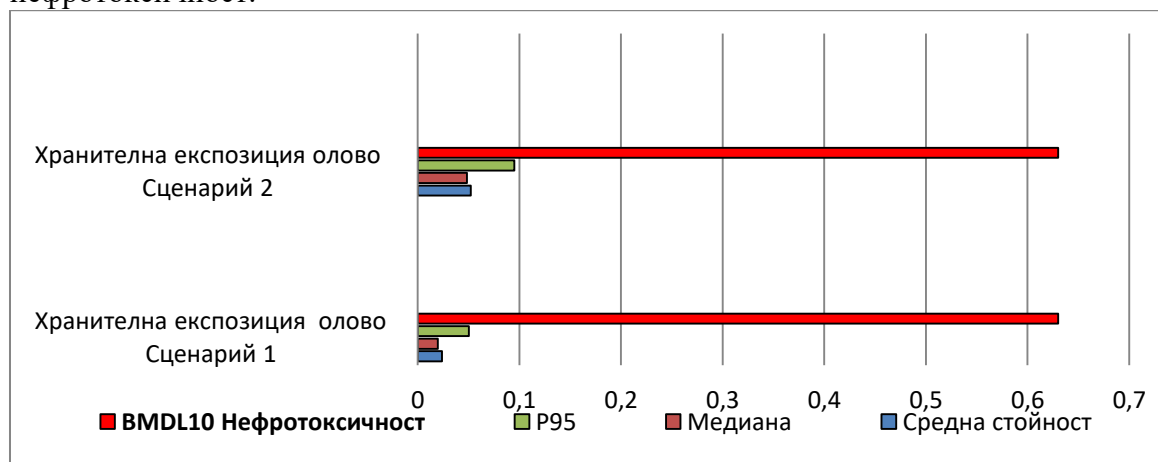
значимостта на риска за здравето. [Dorne J.L.C.M., et al., 2013]. Характеристиката на риска от настъпване на неблагоприятните здравни ефекти на олово и кадмий, приемани с храната е количествена оценка за вероятността за поява на увреждане на здравето на изследваната популация, свързани с идентифицирането на опасностите и оценката на хранителната експозиция.

За оценка на потенциалния здравен риск, в резултат на експозицията на олово с храните изчислих граница на експозиция (MOE), която представлява съотношение между BMDL (долна граница с 95% доверителност на бенчмарк дозата, в $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден) и определените от EFSA и изчислените хронични хранителни експозиции (в $\mu\text{g}/\text{kg}$ т.т./ден) на изследваната популация за сценариите LB и UB, за да преценим степента на безпокойство за здравето на изследваната група млади хора.

Средната стойност на хранителната експозиция на олово при изследваната група, изчислена на база на приетите два сценария за долна граница (lower bound) и горна граница (upper bound) на концентрация на олово в храните, Медианата на хроничната хранителна експозиция на олово и 95 перцентил (P95) на хранителната експозиция за високите консуматори са по-ниски от установените от Европейския орган по безопасност на храните стойности за BMDL_{0,1} от 1,5 μg олово/kg т.т./ден във връзка с въздействието върху систоличното кръвно налягане и BMDL₁₀ от 0,63 μg олово/kg т.т./ден във връзка с поява на хронични бъбречни заболявания.

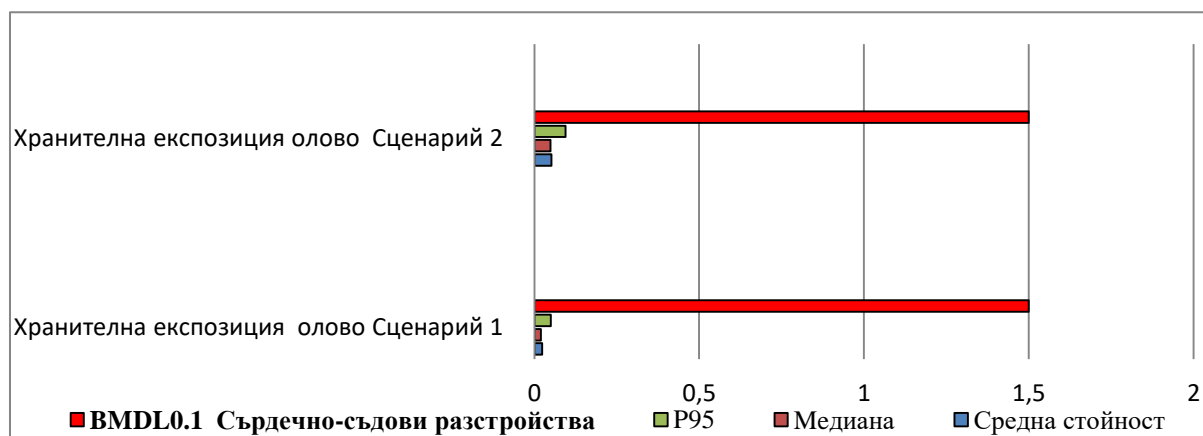
Средните стойности на изчислена хронична експозиция на олово са между 26 и 12 пъти съответно по-ниски от стойността на BMDL₁₀ и съответно 28 пъти по-ниски от стойността BMDL_{0,1}. При изследваната група медианата на хранителната експозиция е по-ниска от изчислената средна стойност на хранителната експозиция на олово, което се установи и при изчислената средна стойност на хранителната експозиция на кадмий.

При 95 перцентил (P95) на хранителната експозиция за високите консуматори при изследваната ни популация максималната изчислена хронична експозиция за сценарий UB е около 6,6 пъти по-ниска от стойността на BMDL₁₀ за ефекти върху бъбречната функция и около 16 пъти по-ниска от стойността на BMDL_{0,1} за ефекти върху систоличното кръвно налягане [EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM); Scientific Opinion on Lead in Food, 2010]. При 95-ия перцентил на хранителната експозиция за високите консуматори при изследваната ни популация, максималната изчислена хронична хранителна експозиция на олово за сценарий LB е 12 пъти по-ниски от стойността на BMDL₁₀ и 30 пъти по-ниски от стойността на BMDL_{0,1}. На Фигура 28 е представена изчислената хронична хранителна експозиция на олово при сценарии LB и UB сравнено със стойността на BMDL₁₀ за ефекти върху нефротоксичност.



Фигура 28. Хранителна експозиция на олово за сценарии LB и UB и стойност на BMDL₁₀ за олово

На Фигура 29 е представена изчислената хронична хранителна експозиция на олово при сценарии LB и UB сравнено със стойността на $BMDL_{0,1}$ за ефекти върху сърдечно-съдови разстройства.



Фигура 29. Хранителна експозиция за сценарии LB и UB и стойността на $BMDL_{0,1}$ за олово

За генотоксичните канцерогени и някои канцерогенни вещества няма установен безопасен прием като TWI и TDI. Поради това, за такива вещества, каквото е и оловото, се изчислява границата на експозицията (MOE) [EFSA, 2009a]. MOE представлява съотношението между $BMDL$ и изчислената хронична хранителна експозиция на олово. Изчисляването на границите на експозиция (MOE) извърших на базата на получените стойности на приема на олово с храната.

В настоящото проучване при изследваната популация:

- Стойността на MOE за ефекти върху систоличното кръвно налягане за експозицията на олово е 62,7 при сценарий LB, което е число по-голямо от 10;
- Стойността на MOE за ефекти върху систоличното кръвно налягане за експозицията на олово е 28,8 при сценарий UB, което е число по-голямо от 10.

Следователно не съществува сериозна опасност за здравето на изследваните лица за ефекти върху систоличното кръвно налягане.

В настоящото проучване при изследваната популация:

- Стойността на MOE за ефекти върху бъбречната функция за експозицията на олово е 26 при сценарий LB, което е число по-голямо от 10;
- Стойността на MOE за ефекти върху бъбречната функция за експозицията на олово е 12 при сценарий UB, което е число по-голямо от 10.

Следователно не съществува сериозна опасност за здравето на изследваните лица за ефекти върху върху бъбречната функция. Вероятната опасност за здравето на изследваните лица за ефекти върху върху бъбречната функция е много по – малко вероятна от възможната опасност за здравето на респондентите за ефекти върху систоличното кръвно налягане.

Изчислените стойности на MOE, съгласно подхода на Европейския орган за безопасност на храните, а именно съотношението между $BMDL$ и изчислената хронична хранителна експозиция на олово са равни или > 10 за двата определени от EFSA - $BMDL_{10}$ и $BMDL_{0,1}$ и показват, че при изчислените хранителни експозиции на олово не съществува опасност за здравето на респондентите

Определянето на вероятността за възникване на неблагоприятен здравен ефект в изследваната популация като резултат на хранителната експозиция на кадмий е крайната стъпка за характеризиране на риска. За оценка на степента на потенциалния здравен риск, произлизащ от този прием, сравних определеният от EFSA поносим седмичен прием (TWI) за кадмий от 2.5 5 µg/kg т.т./седмица и изчислената хронична хранителна експозиция на кадмий за изследваната популация, за да се направи заключение относно риска за здравето им. Отнасянето на експозицията към TWI се изразява в проценти от TWI и показва при дадената експозиция дали TWI се надвишава и дали има, и в каква степен риск за човешкото здраве [Dorne J.L.C.M., et al., 2013].

С цел да се прецени степента на потенциалния риск за здравето на изследваните лица, сравних хранителна експозиция на кадмий при сценарии LB и UB на изследваните лица с поносимия седмичен прием за кадмий. Хранителната експозиция на кадмий при изследваната група, изчислена на база на приетите два сценария за долна граница (lower bound) и горна граница (upper bound) на концентрация на кадмий в храните, като средна стойност, медиана на хроничната експозиция и 95-тия перцентил на хранителната експозиция за високите консуматори не превишават установената от Европейския орган по безопасност на храните токсикологична референтна стойност от 2.5 µg кадмий/kg т.т./седмица, наречена поносим седмичен прием.

В настоящото проучване:

Средните стойности на хранителната експозиция на кадмий са:

- 0,21 µg / kg телесното тегло/седмица при сценарий LB;
- 0,38 µg / kg телесното тегло/седмица при сценарий UB.

Средните стойности на изчислените от нас хронични хранителни експозиции са съответно между 6,7 и 11 пъти по-ниски от поносимия седмичен прием от 2,5 µg/kg телесното тегло/седмица. В своето изследване медианата на хроничната хранителна експозиция е по-ниска от изчислената средна стойност на хроничната хранителна експозиция за кадмий.

Медианата на хроничната хранителна експозиция е:

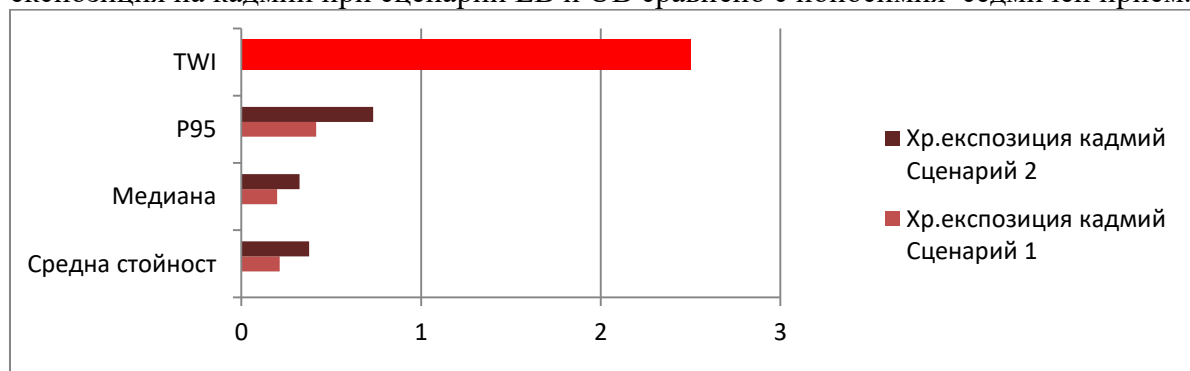
- 0,2 µg / kg телесното тегло/седмица при сценарий LB;
- 0,32 µg / kg телесното тегло/седмица при сценарий UB.

Това са между 12,5 и 8 пъти съответно по-ниски от поносимия седмичен прием.

Хроничната хранителна експозиция на кадмий при 95 перцентил за високите консуматори е:

- 0,41 µg / kg телесното тегло/седмица при сценарий LB;
- 0,73 µg / kg телесното тегло/седмица при сценарий UB.

Това представлява от 5 пъти до 3 пъти съответно по-ниски от поносимия седмичен прием. На Фигура 30 е представена изчислена хронична хранителна експозиция на кадмий при сценарии LB и UB сравнено с поносимия седмичен прием.



Фигура 30. Хронична хранителна експозиция на кадмий при сценарии LB и UB, сравнени с поносимия седмичен прием (TWI)

В настоящото проучване при изследваната популация:

- средната стойност на изчислена хронична хранителна експозиция за кадмий е между 8,4% и 15% от TWI ;
- медианата на хроничната експозиция е по-ниска от изчислената средна стойност на хранителната експозиция за кадмий и е между 7,8% и 12,9% от TWI;
- хранителна експозиция за кадмий при 95 персентил за високите консуматори е между 16,5% и 15% от TWI.

При изчислените стойности на хранителна експозиция на кадмий при сценарии LB и UB при изследваната група не могат да се очакват нежелани здравни ефекти.

Предложените препоръки за намаляване на хранителния прием на олово и кадмий са свързани с информираност и обучение на потребителите за по-честа консумация на здравословни и безопасни храни, насърчаване на биологичното земеделие, подпомагане на производителите от техните професионални асоциации и сдружения, по отношение на техните отговорности за превантивен контрол за минимизиране на рисковете до приемливи нива.

VI. ИЗВОДИ

1. Не се установява съществено замърсяване с олово и кадмий на изследваните храни, предлагани на българския пазар за периода 2013 – 2020 г., тъй като в значителен брой от изследваните проби храни, стойностите на олово и кадмий са в границите на нормативно установените максимално допустими количества. Следователно третата ни работна хипотеза не се потвърждава;
2. Установени са наднормени концентрации на двата метала в единични проби от категориите храни „Месо и месни продукти (включително карангии), „Зеленчуци и зеленчукови продукти“ (включително гъби) и „Плодове и плодови продукти“.
3. Най-високо съдържание за олово е установено при проби от месо от глиган (15.44 mg/kg) - 154 пъти над МДК; чушки (0,9 mg/kg) – 18 пъти над МДК; пчелен мед (1,06 mg/kg) – 10,6 пъти над МДК; мляко (0,19 mg/kg) – 9,5 пъти над МДК; спанак (2.1 mg/kg) - 7 пъти над МДК; ябълки (0,50 mg/kg) - 5 пъти над МДК; черен дроб (0.30 mg/kg) и бъбрек на бозайници (0.42 mg/kg) - 3 пъти над МДК; черен дроб от домашни птици (0.42 mg/kg) - 4 пъти над МДК; маруля (0.96 mg/kg) - 3 пъти над МДК.
4. Най-високо съдържание за кадмий е докладвано за проби от ябълки (0,44 mg/kg) - 22 пъти над МДК; месо от риба (0.43 mg/kg) и чушки (0,18 mg/kg) - 9 пъти над МДК; месо от коне (0.946 mg/kg) и месо от диво прасе (0,25 mg/kg) - 5 пъти над МДК; гъби (0.53 mg/kg) – 3,5 пъти над МДК; спанак (0,45 mg/kg), маруля (0,2 mg/kg) и билки (0,45 mg/kg) - 2 пъти над МДК.
5. Над половината от лабораторните резултати на изследваните проби храни за съдържание на олово (51%) и кадмий (52%) са докладвани като „не се установява“, т.е. със стойности под границата на количествено определяне на метода.
6. Средната стойност на хранителната експозиция на олово при изследваната група, изчислена на база на приетите два сценария за долна граница (lower bound) и горна граница (upper bound) на концентрация на олово в храните, е в границите от 0,024 µg/kg т.т./ден до 0,052 µg/kg т.т./ден; медианата на хроничната хранителна експозиция на олово е в границите на 0,02 µg/kg т.т./ден и 0,021 µg/kg т.т./ден и 95-тия перцентил на хранителната експозиция за високите консуматори е в рамките на 0,050 µg/kg т.т./ден и 0,095 µg/kg т.т./ден. Тези стойности са по-ниски от установените от Европейския орган по безопасност на храните BMDL01 от 1,5 µg олово/kg т.т./ден във връзка с въздействието върху систоличното кръвно налягане и BMDL10 от 0,63 µg олово/kg т.т./ден във връзка с поява на хронични бъбречни заболявания.
7. Хранителната експозиция на кадмий при изследваната група, изчислена на база на приетите два сценария за долна граница (lower bound) и горна граница (upper bound) на концентрация на кадмий в храните, като средна стойност варира от 0,21 µg/kg т.т./седмица до 0,38 µg/kg т.т./седмица; медианата на хроничната експозиция е в рамките 0,2-0,32 µg/kg т.т./седмица и 95-тия перцентил на хранителната експозиция за високите консуматори е в диапазона от 0,41 µg/kg т.т./седмица до 0,73 µg/kg т.т./седмица. Тези стойности не превишават установената от Европейския орган по безопасност на храните токсикологична референтна стойност от 2.5 µg/kg т.т./седмица като допустим седмичен прием.

8. Хроничната хранителна експозиция на олово и кадмий при жените от изследваната възрастова група 19-29 г. е по-висока в сравнение с тази установена при мъжете. Въз основа на това, те биха могли да бъдат оценени като по-рискова група за хронична експозиция на олово и кадмий от мъжете.
9. Категорията храни „Месо и месни продукти“ има най-голям относителен принос към общата хранителна експозиция на олово (59%) и кадмий (62%) при изследваните лица, следвана от категориите: „Зеленчуци и зеленчукови продукти“ – (15% за олово и 17% за кадмий) и „Плодове и плодови продукти“ (2% за олово и 4% за кадмий) и Зърнени култури и продуктите на база зърнени култури (8% за олово и 4% за кадмий). Значителният принос на месото и месните продукти към хроничната хранителна експозиция на олово и кадмий се дължи на голямата им средно дневна консумация при изследваната група.
10. Здравният риск, свързан с хранителната експозиция на олово за изследваната група, е оценен с прилагането на подхода за границата на експозиция (МОЕ). Изчислените стойности на МОЕ за средната хранителна експозиция, както и за медианата и 95-тия перцентил на хранителната експозиция, са по-високи от 10. Поради това, рискът за здравето, свързан с приема на олово с храните, е нисък за изследваната група
11. Хроничната хранителна експозиция на кадмий не надвишава установения поносим седмичен прием от 2.5 μg кадмий/kg т.т./седмица, поради което не се очаква появата на неблагоприятни здравни ефекти за изследваната популация.

VII. ПРЕПОРЪКИ

Препоръки към Министерство на земеделието

1. Компетентните органи следва да вземат ефективни мерки за постоянен контрол на съдържанието на олово и кадмий в храните, предлагани на българския пазар.
2. Компетентните органи следва да извършват оценка на риска от експозиция с храната на олово и кадмий на различни възрастови групи от населението.
3. Професионалните асоциации и сдружения на производителите на храни следва да подпомагат достъпа на производителите до лаборатории, които имат компетентност за извършване на анализ на ниските граници на откриване на олово и кадмий в храните.

Препоръки към Министерство на здравеопазването

1. Важно значение за степента на излагане на тежки метали има приемът на разнообразни и безопасни храни и във връзка с това могат да се планират дейности за повишаване на нивото на информираност на населението над 19 години по отношение на националните препоръки за здравословно хранене и връзката на здравословно хранене с хранителната експозиция на тежки метали (олово и кадмий).
2. Дирекциите "Обществено здраве" към Регионалните здравни инспекции в рамките на своята здравно образователна дейност, могат да насочат ресурси за повишаване на знанията и изграждане на поведение на децата и учениците към здравословно хранене.

VIII. ПРИНОСИ

Приноси с оригинален характер

1. Проведено е комплексно систематично проучване на съдържанието на тежки метали (олово и кадмий) в храните, предлагани на българския пазар, както и оценка на здравния риск от хранителния прием на олово и кадмий при млада популация, чрез прилагане на съвременни методи за анализ, европейски норми и критерии за оценка на здравен риск.
2. Установена е хроничната хранителната експозиция за олово и кадмий при млада българска популация.
3. Определени са приоритетните категории храни, които имат съществен принос за хранителната експозиция на олово и кадмий при млада българска популация.
4. Идентифицирана е липса на значителен риск за здравето на изследваната група, свързан с приема на олово с храните, не се очаква появата на неблагоприятни здравни ефекти за изследваната популация, свързани с приема на кадмий с храните.
5. Проведеното комплексно проучване за съдържание на тежки метали в храни, предлагани на българския пазар, може да бъде научна основа при разработване на стратегии за управление на безопасността на храните.

Приноси с потвърдителен и приложен характер

1. Установени са стойности на олово и кадмий в значителен брой хранителни продукти в границите на нормативно установените количества, съпоставими с резултатите от европейските бази данни.
2. Установени са категориите храни и конкретните хранителни продукти с високо съдържание на олово и кадмий.
3. Потвърждава се важната роля на здравословното хранене в превенцията на химичните опасности, свързани с храните.
4. Формулирани са препоръки за намаляване на хранителния прием на олово и кадмий, които отразяват съвременните политики, национални и международни стратегии за укрепване на здравето.
5. Получените резултати могат да бъдат използвани за оптимизиране на насоките на мониторинга по отношение на официалния контрол на храните.

ПУБЛИКАЦИИ И НАУЧНИ СЪОБЩЕНИЯ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Научни публикации:

1. Average daily consumption of foods and of foods accumulating lead and cadmium in young people, Vanya Birdanova, Irena Stoilova, **Ivelina Ruseva**, Zdravka Radionova, Journal of IMAV 2023 Jan-Mar;29(1), ISSN: 1312-773X
2. Study of the content of heavy metals in foods in Bulgaria, **Ivelina R. Drambozova**, J Biomed Clin Res Volume 14 Number 2, 2021
3. Някои аспекти на замърсяването с тежки метали на храните, **Драмбозова И.**, Бирданова В. Списание "Превантивна медицина" се реферира в база данни "Българска медицинска литература" IX, 2021, 2(20)

Научни съобщения:

1. Study of the levels of metals in bulgarian food products for period 2013-2019, **Ivelina Drambozova**, Vanya Birdanova, 14th International congress on nutrition: „A place where science meets practice“ Belgrade 8-10th November 2021
Участия във форуми с международно участие у нас:
2. Some aspects of contamination with heavy metals in foods, **I. Drambozova**, V. Birdanova, 11th South-East European Conference of Chemotherapy, Infections and Cancer and 31st Annual Assembly of International Medical Association Bulgaria, 28–31 October 2021 Medical University – Plovdiv, Bulgaria
3. Нагласи за здравословно хранене на българските потребители на социални мрежи, Бирданова В., Гафурова, Георгиев, Виткова, **Драмбозова И.**, XI Национален конгрес по хранене с международно участие, 26-29 Май 2022 г.