

CREATING THE COMPOSITIONS WITH RADIOPROTECTIVE ACTION TO PROTECT THE HUMAN ORGANISM FROM LOW DOSES OF IONIZING RADIATION

G. Simakhina, O. Mezhubovsky, N. Naumenko

National University of Food Technologies

Key words:

*Low-dose radiation,
Radionuclides,
Decorporation,
Radioprotectors,
Adaptogens, antioxidants*

Article history:

Received 03.09.2021
Received in revised form
15.10.2021
Accepted 30.10.2021

Corresponding author:

G. Simakhina
E-mail:
npnuht@ukr.net

ABSTRACT

There is proven today that even the low doses of ionizing radiation may cause the light form of radiation sickness, immunity decrease and negative remote consequences. Upon being taken in, radionuclides are able to accumulate in tissues and organs, are removed from the organism very slowly, and therefore lead to various diseases, including those oncologic. What is more, the numerous updated studies show that nay the ultra-low doses cause the sporadic breakages in DNA molecules. In other words, DNA molecules are very labile to low and ultra-low radiation doses that, in turn, are capable of affecting the genomic activity.

Since the reduction of radionuclides (formed after the Chernobyl accident and constantly emanating due to the nuclear fuel cycle of nuclear power plants) to the natural level is seen to be possible even in the distant future, more and more attention in both medicine and nutritiology is paid to the measures to prevent the human body from radioactive damage. Therefore, the nutrients with radioprotective and adaptogenic actions are gaining the priority. Because the low radiation doses affect the human organism constantly, constant should be protection from them. Scilicet, the radioprotective substances should permanently fill the organism, which is possible in case of their intake with foodstuffs. Owing to the fact that the essential role in formation of radioprotective effect belongs to amplification of lipid peroxide oxidation, the sufficient content of antioxidant compounds in foodstuffs is of no less importance.

The authors of the presented article accomplished the scientifically proven selection of plant-based compounds with obvious radioprotective, adaptogenic, and antioxidant actions. There was shown that these compounds, alongside with mentioned above, have high anti-histamine and anti-hemorrhage properties, help remove the radionuclides and heavy metals from the organism, and normalize the certain links of metabolism. Henceforth, it would be expedient to use plant-based substances to create various compositional mixtures with special purposes.

СТВОРЕННЯ КОМПОЗИЦІЙ РАДІОПРОТЕКТОРНОЇ ДІЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ВІД МАЛИХ ДОЗ ІОНІЗУЮЧОЇ РАДІАЦІЇ

Г. О. Сімахіна, О. М. Межубовський, Н. В. Науменко

Національний університет харчових технологій

На сьогодні доведено, що навіть малі дози постійно діючого радіоактивного опромінення можуть викликати легку форму променевої хвороби, зниження імунітету і негативні віддалені наслідки. Радіонукліди, які потрапили в організм людини, здатні накопичуватись у тканинах і органах, дуже повільно виводяться і спричиняють різноманітні захворювання, зокрема онкологічні. Більш того, численні наукові дослідження показали, що і надмалі дози радіоактивного опромінення викликають поодинокі розриви в молекулах ДНК. Тобто молекули ДНК дуже чутливі до малих і надмалих доз опромінення, а вони, своєю чергою, здатні регулювати активність геному.

Оскільки і в далекому майбутньому скоротити до природного рівня надходження в атмосферу радіонуклідів, які утворилися після аварії на ЧАЕС і постійно виникають за рахунок ядерного паливного циклу АЕС, не вбачається за можливе, то все більше уваги і в медицині, і в нутриціології приділяється профілактичним заходам захисту організму людини від радіоактивних ушкоджень. Тому в такій ситуації пріоритетного значення набувають нутрієнти радіопротекторної та адаптогенної дії. Малі дози опромінення діють постійно, то й захист від них теж має бути постійним. Тобто радіопротекторні сполуки повинні надходити постійно в організм людини, а це можливо лише шляхом їх введення разом із харчовими сполуками. Зважаючи на той факт, що у формуванні радіобіологічного ефекту важлива роль належить процесові посилення перекисного окислення ліпідів, то суттєве значення має також наявність у харчових продуктах достатньої кількості антиоксидантів.

У статті здійснено науково обґрунтований вибір рослинних джерел сполук із підвищеним вмістом компонентів радіопротекторної, адаптогенної та антиоксидантної дії. Вони мають антигістамінні та антигеморагічні властивості, сприяють виведенню радіонуклідів і важких металів, нормалізують окремі ланки метаболізму. На основі підібраних рослин можна створювати різноманітні композиційні суміші цільового призначення.

Ключові слова: опромінення, радіонукліди, декорпорація, радіопротектори, адаптогени, антиоксиданти.

Постановка проблеми. Заходи профілактичного та оздоровчого харчування в зоні хронічного опромінення життєво важливі, особливо за умов, коли більшість населення має постійний мікроелементний, вітамінний та амінокислотний дефіцит, недостатнє надходження поліненасичених жирних кислот та вітамінів при вуглеводно-жировому надлишку харчування. Такі хронічні деформації гомеостазу призводять до закономірного зниження резервного потенціалу імунних

(вітамінний та амінокислотний дефіцити) та нейроендокринних (мікроелементний дефіцит) функцій, що різко підсилюються фоновією токсичністю середовища та харчових продуктів (Пивоваров & Михалев, 2004).

Сучасна концепція радіопротекторного харчування, тобто загального дієтичного захисту, вкупі із фоновим дотриманням загальних норм здорового харчування, особливо щодо достатньої кількості натуральних амінокислот, вітамінів та мікроелементів для профілактики імунних та нейроендокринних дисфункцій, охоплює три основних напрями (Пивоваров & Михалев, 2004; Українець, Сімахіна & Науменко, 1018):

1. *Попередження* надходження радіонуклідів шляхом насичення організму стабільними сполуками за принципом конкуренції, коли радіоактивні елементи не можуть включатись до складу клітин організму. Для цього необхідна достатня кількість органічного йоду. Поповнення конкурентів цезію (калію, меншою мірою — натрію) та стронцію (кальцію, меншою мірою — магнію та міді) також повинно надходити з відповідними продуктами, мінеральною водою, екстрактами (Баштан, Почерняева, Жукова, Васько & Лымарь, 2016). Таким чином можна запобігти вторинному внутрішньому опромінюванню.

2. *Гальмування* процесу накопичення радіонуклідів і попередження їхньої руйнівної активності, внутрішньоклітинне гасіння біологічної агресивності радіації шляхом введення в організм металів-мішеней, перехоплювачів (перш за все заліза, кобальту, міді, нікелю, кремнію), сірковмісних тіолових ферментів (Ильин, 1997), сполук-пасток, антиоксидантів та адаптогенів, що не лише веде до достовірного захисту, а й до ефекту стимулювання загальних біологічних, імунних процесів.

3. *Видалення* радіотоксинів та інших ксенобіотиків з організму як профілактичний захід завдяки достатній кількості в раціоні різних харчових волокон, перш за все низькометильованих пектинів, та вживанню сорбуючих компонентів, зокрема альгінатів (Стожаров та ін., 2000; Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2000).

Варто ще раз підкреслити, що зазначені заходи будуть успішними в разі дотримання загальних норм здорового харчування, передусім надходження з їжею достатньої кількості повноцінних білків. Це дає змогу підвищити загальну резистентність до хронічного внутрішнього опромінення та інфекцій, а також знижує рівень інкорпорації радіонуклідів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Саме тому при конструюванні продуктів радіопротекторної дії необхідно за можливості збагачувати не лише їхній мікроелементний, а й амінокислотний склад. Перспективними джерелами функціональних інгредієнтів, багатих на амінокислоти, є спіруліна, зародки пшениці, проросле зерно пшениці та інших зернових, культури міцелію вищих грибів (Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2016), а також люцерна.

Серед пріоритетних застережень щодо харчування в умовах хронічного опромінення фахівці називають також неприпустимість зловживання неякісними жирами, оскільки вони являють собою основу для перекисного окислення ліпідів, беруть участь в утворенні радіотоксинів, руйнуючи імунну систему, є провідни-

ками в організм та накопичувачами гідрофобних ксенобіотиків, зокрема пестицидів, що потенціюють дію іонізуючого опромінення (Корзун & Недоуров, 1995).

Система антиоксидантного захисту організму забезпечує цілісність найважливіших субклітинних біоструктур — мембран та ядерного геному. Речовини-антиоксиданти харчових продуктів підсилюють внутрішні протипроменеві ресурси організму, уповільнюють чи зупиняють реакції вільнорадикального окислення і, отже, зменшують утворення ендогенних радіосенсибілізаторів, радіотоксинів (Jae-Young, Shanura Fernando & Jeon, 2016).

Антиоксидантна дія функціонального харчового продукту великою мірою забезпечується наявністю вітаміну А та каротиноїдів, вітамінів С та Е, а також мікроелементу селену (Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2016). Крім того, необхідна оптимальна кількість біогенних мінералів.

Каротиноїди належать до незамінних чинників харчування, оскільки не є ендогенними сполуками. Вони мають регулярно надходити в організм з їжею, особливо як антиоксиданти, оскільки інактивують синглетний кисень. Доцільніше використовувати каротиноїди в якості профілактичного, а не терапевтичного радіопротекторного засобу (Баштан, Почерняева, Жукова, Васько & Лымарь, 2016). β -каротин, що міститься зокрема в гарбузах, порівняно з ретинолом (вітаміном А) має вкрай низьку токсичність навіть у найвищих дозах. Дослідники відзначають його важливе значення для лікування віддалених наслідків радіації і рекомендують збільшити споживання продуктів, багатих каротиноїдами, з метою зменшення ризику радіаційного і спонтанного канцерогенезу (Корзун & Недоуров, 1995). При цьому навіть невелику аліментарну недостатність β -каротину або ретинолу, що не веде до якихось клінічних проявів гіповітамінозу, слід розглядати як фактор, що підвищує чутливість організму до радіації і збільшує канцерогенний ризик (Toor & Savage, 2006).

Харчові волокна різних рослин можуть також зв'язувати певні радіоізотопи, не впливаючи на інші сполуки (Simakhina & Naunemko, 2018). Тому важливо споживати різні харчові волокна в дозі 25—40 г на добу, що забезпечує фізіологічну детоксикацію організму. Усі інші сорбенти можуть лише корегувати недостатнє надходження харчових волокон. Недоліком харчових волокон є відсутність селективної дії: однаковою мірою вилучаються, наприклад, як стронцій та цезій, так і кальцій та калій.

Перспективним інгредієнтом для конструювання продукції з радіопротекторною дією є бурштинова кислота, або харчова добавка Е 363 за європейською системою кодифікації. Бурштинова кислота сприяє підвищенню неспецифічної імунорезистентності, протекції клітинних структур від перекисного і вільнорадикального окислення, нормалізації нейроендокринної регуляції, зниженню ступеня прояву гостроти стресових реакцій, попередженню розвитку станів астенії і розладів, що виникають в постстресовий період; профілактиці депресій та інших дисфункцій центральної нервової системи тощо. Вкрай важливим є антигіпоксичний ефект бурштинової кислоти, що уповільнює накопичення вільнорадикальних продуктів у крові та мозку. Бурштинова кислота запобігає перекисному окисленню ліпідів (ПОЛ) в організмі, яке різко активізується при опромінюванні.

Радіопротекторна дія бурштинової кислоти в основному пов'язана із впливом на метаболічні клітинні процеси (зменшення оксигенації цитоплазми і ядра, активація клітинного дихання, збільшення числа АТФ і білків) (Шахмарданова, Гулевская & Хананашвили, 2016; Кожокару, 2008).

Метою статті є науково обґрунтований вибір рослинних джерел сполук із підвищеним вмістом компонентів радіопротекторної, адаптогенної та антиоксидантної дії. На основі підібраних матеріалів можна створювати різноманітні композиційні суміші цільового призначення.

Викладення основних результатів дослідження. Відповідно до поставленої мети, здійснено аналіз біохімічного складу рослинних матеріалів, які відзначаються підвищеними концентраціями сполук радіопротекторної, антиоксидантної та адаптогенної дії. До числа таких матеріалів потрапили ягоди чорної смородини, зародки пшениці, люцерна, чорний перець, бурштинова кислота.

Наводимо детальний опис біохімічного складу кожного з цих предметів дослідження, акцентуючи увагу на тих компонентах, які безпосередньо визначають їхні радіопротекторні властивості.

Так, ягоди чорної смородини містить наступні біокомпоненти:

1. Біофлавоноїди як антиоксиданти у вигляді катехинів та аскорбінову кислоту. Поєднання біофлавоноїдів з аскорбіновою кислотою потенціює їхні властивості (Українець & Сімахіна, 2006). Для композицій радіопротекторної дії суттєвим є також факт синергії вітаміну С та селену і сприяння відновленню у кишківнику іонів Fe^{3+} до Fe^{2+} , що є умовою всмоктування заліза — металу-мішені радіоактивного стронцію.

2. Пектини. Вони входять до числа нутрицевтиків, широко вживаних у раціоні здорового харчування як один із украй необхідних чинників зниження всмоктування, накопичення і прискорення виведення ксенобіотичних сполук (Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2016). Наявність у пектинових речовинах вільних карбоксильних груп галактуранової кислоти зумовлює їхню властивість зв'язувати в травному каналі іони металів з подальшим утворенням нерозчинних комплексів (пектинати, пектати), які не всмоктуються і виводяться з організму (Донченко, 2000; Смульський, Поязитис & Клусковская, 1993). Отже, пектини належать до комплексуютьовуючих сполук (комплексони, хелати), основна властивість яких — здатність утворювати стійкі комплекси з багатьма двовалентними і тривалентними важкими металами і рідкоземельними елементами, а також їхніми солями.

3. Цинк і селен у значних кількостях (Смульський, Поязитис & Клусковская, 1993) як потужні антиоксиданти. Роль ультрамікроелементу селену серед біологічних антиоксидантів варто виділити особливо. Спектр дії селену досить широкий. Він виконує каталітичну, структурну та регуляторну функції, взаємодіє з вітамінами, ферментами та біологічними мембранами, бере участь в обміні жирів, білків і вуглеводів. Під його впливом відбувається зміна швидкості утворення АТФ. Селен функціонує в окисно-відновлювальній системі клітинних мембран і входить до одного з найпотужніших антиоксидантних ферментів — глутатіонпероксидази (Шабалина, Моргунова, Орлова & Фадеев, 2011). Подібно до цинку і на відміну від інших металів зі змінною валентністю,

поводиться як антиоксидант і майже ніколи — як прооксидант (Баштан, Почерняева, Жукова, Васько & Лымарь, 2016). Органічна форма селену в сировині означає, що цей критичний для онкопрофілактики та радіопротекції елемент без побічних ефектів значно інтенсивніше накопичуватиметься в організмі людини (Георгиевский, 2009). Є достовірні наукові дані про прямий зв'язок споживання селену і захворюваннями щитоподібної залози та синергічну дію його з вітамінами А, С, Е, В2, В6 та йодом (Шабалина, Моргунова, Орлова & Фадеєв, 2011). Селен є антагоністом важких металів, що особливо важливо для жителів міст і забруднених територій.

4. Органічні кислоти — бурштинова, лимонна, яблучна.

5. Унікальний комплекс макро- та мікроелементів, у тому числі кобальт, необхідний для щитоподібної залози, оскільки входить до складу вітаміну В12 та впливає на стан системи кровотворення. Це сприяє здоровому нейроендокринному фону в організмі, який зазнає руйнівного впливу хронічного радіоактивного опромінення.

Наступним компонентом, який ми пропонуємо включити до композиційної радіопротекторної суміші, є зародки пшениці.

Зародки пшениці є побічним продуктом у виготовленні пшеничного борошна, який використовується в харчовій промисловості для збагачення продукції. Містять наступні компоненти, суттєві для досягнення радіопротекторного ефекту:

- селен, цинк та вітамін Е у значній кількості як потужні антиоксиданти;
- унікальний комплекс незамінних амінокислот (аргініну — 1,867; валіну — 1,198; гістидину — 0,643; ізолейцину — 0,847; лейцину — 1,571; метіоніну — 0,456; триптофану — 0,317; треоніну — 0,968; фенілаланіну — 0,928 г / 100 г) та замінних амінокислот (аланіну — 1,472; аспарагінової кислоти — 2,07; гліцину — 1,424; глютамінової кислоти — 3,995; проліну — 1,231; серину — 1,102; тирозину — 0,704; цистеїну — 0,458 г / 100 г). Важливість амінокислот для радіопротекції переконливо доведено на досвіді наслідків аварії на ЧАЕС, у тому числі клінічно (Баштан, Почерняева, Жукова, Васько & Лымарь, 2016; Стожаров, 2000).

- залізо як метал-мішень, що сприяє гасінню ефекту опромінювання шляхом зв'язування каталізаторів вільнорадикальних процесів;

- мідь, що виступає конкурентом Sr^{85} ;

- інші макро- та мікроелементи як чинник загального нейроендокринного здоров'я організму людини;

- поліненасичені жирні кислоти (лінолева, ліноленова), що забезпечують засвоюваність каротиноїдів;

- вітаміни групи В як синергісти антиоксидантної дії селену.

Основним чинником комплексної дії люцерни є унікальний комплекс мікро- та макроелементів цієї рослини, що його просто неможливо отримати з городини. Виступає як фітоадаптоген та імуностимулятор, потужний фактор очищення організму та насичення його органічними мікро- та макроелементами (особливо кальцієм, фосфором, залізом, цинком, міддю, калієм, кремнієм) і унікальним полівітамінним комплексом (А, Е, К, С, РР, В1, В5, В6, В9, Н), в тому числі такими рідкісними для рослин, як вітаміни D2, D3 і навіть В12, необхідним для

нормального функціонування щитоподібної залози, що серйозно страждає від опромінювання.

Завдяки значному вмісту вітаміну К, що використовується печінкою для продукування гормонів, відповідальних за зсідання крові, разом з вітамінами С, Е, В1 люцерна попереджає крововиливи й кровоточивість, застосовується при геморагічному синдромі, коли порушується формула крові внаслідок радіаційного опромінення. Цей вітамін сприяє також нормалізації загального обміну речовин в організмі. Значний вміст кальцію забезпечує конкурентне заміщення і видалення з організму радіоактивного стронцію. За даними вітчизняних і закордонних дослідників, збагачення харчового раціону засвоюваним кальцієм знижує небезпеку впливу радіоактивного стронцію на організм людини приблизно в півтора рази (Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2016). Численні органічні кислоти сприяють покращенню формули крові та очищенню організму. Залізо в активній формі сприяє запобіганню анемії та покращує транспорт кисню до усіх клітин та органів. Наявність вітамінів групи В додатково забезпечує його максимальне засвоєння. Вміст йоду та міді сприяє здоров'ю щитовидної залози.

Люцерна містить велику кількість білків (у тому числі 8 незамінних амінокислот), і саме в якості альтернативи генномодифікованій сої успішно продається на світовому ринку. Хлорофіл люцерни сприяє подоланню хронічних запальних процесів та мікозів, фактично виступаючи в якості природного антибіотика.

Чорний перець виступає як радіопротектор завдяки вмістові:

- біофлавоноїдів як антиоксидантів у вигляді лігнанів (Баштан, Почерняева, Жукова, Васько & Лымарь, 2016);

- заліза як металу-мішені, що сприяє гасінню ефекту опромінювання шляхом зв'язування каталізаторів вільнорадикальних процесів (Сімахіна, Стеценко & Науменко, 2016);

- калію як конкурента радіоактивного цезію;

- кальцію та міді як конкурентів радіоактивного стронцію;

- цинку та селену як потужних антиоксидантів;

- вітамінів групи В як синергістів антиоксидантної дії селену;

- вітаміну К, що попереджає геморагічний синдром при опроміненні.

Як ендегенна сполука бурштинова кислота бере участь у так званому циклі трикарбонових кислот, або циклі Кребса, універсальному метаболічному шляху окислення в клітинах живих організмів продуктів розпаду жирів, вуглеводнів і білків, при якому виділяється енергія, необхідна для життєдіяльності. Клінічно доведено, що в малих дозах бурштинова кислота стимулює організм людини без ксенобіотичних ефектів порівняно із синтетичними препаратами, запобігає старінню, чинить онкопротекторний, антивірусний та антимікробний ефект, нейтралізує молочну кислоту у спортсменів. На сьогодні існує велика кількість вітчизняних і зарубіжних фармацевтичних препаратів бурштинової кислоти чи з її вмістом («Лимонтар», «Реамберин», «Мексидол», «Цитофлавін», «Конферон», «Офтан-Катахром» тощо), а також харчових добавок («Янтамир», «Яна», «Янто-вит», «Бизон», «Янтарний еликсир»). Вони підвищують адаптаційні можливості організму до дії факторів і сприяють підтримці гомеостазу, при цьому багато з них мають досить широкую терапевтичну дію і, що важливо, є низькотоксичними.

Отож, на основі літературних даних ми підібрали ті рослинні матеріали, які здатні захищати клітини живого організму від радіоактивних уражень.

Цілющі властивості багатьох рослин відомі давно, однак їхні біологічно активні речовини, які й зумовлюють і профілактичний, і лікувальний ефекти ще недостатньо вивчено. Тому необхідно для створення фітокомпозицій обирати ті сировинні матеріали, біохімічний склад і фармакологічна активність яких не викликають сумнівів.

Розглянемо на конкретному прикладі, як проводиться прогнозування та створення композиції радіопротекторної дії. Таку фітокомпозицію можна використати як основу для бальзамів, збагачення слабоалкогольних, безалкогольних, соковмісних напоїв та харчових продуктів.

Настоянки — це забарвлені рідкі спиртові або водно-спиртові витяжки з лікарської сировини, отримані без нагрівання і видалення екстрагентів. Вони належать до лікарських форм, які введені до медичної практики ще Парацельсом (1493—1541) і досі не втратили свого значення. Їх широко використовують як у медицині, так і в харчовій промисловості. При виготовленні настоянок з однієї масової частини рослинної сировини отримують п'ять об'ємних частин готового продукту; із сильнодіючої сировини — 10 частин продукту.

Настоянки можуть бути простими (їх отримують з одного виду сировини) і складними, що представляють собою суміш витяжок з кількох рослин. Для отримання настоянок використовують або висушений рослинний матеріал, або свіжий.

У межах цього дослідження це має бути багатокомпонентна витяжка з підібраних матеріалів, що мають широкий спектр профілактичного та лікувального впливу, передусім захищають організм людини від невеликих доз постійного радіоактивного опромінення, яким піддається практично все населення України.

Наукові дослідження в галузі хіміко-фармацевтичних наук, нутриціології, фармаконутриціології, харчової хімії, використання ресурсощадних, високо-ефективних технологій і наявність обладнання дає можливість створювати все досконаліші науково обґрунтовані фітокомпозиції з доведеним позитивним впливом на всі органи та функції організму людини. Наприклад, для розроблюваної нами композиції важливе значення мають мембранопротекторні функції біофлавоноїдів, оскільки саме завдяки їм зберігається цілісність клітинних мембран навіть при несприятливих екологічних впливах. Ця група біологічно активних сполук, яка на сьогодні налічує понад 350 речовин різної ефективності, представлена в усіх рослинах, які входять до складу нової фітокомпозиції. Хоча найбільша їх кількість припадає на ягоди чорної смородини. Тому саме ця сировина склала основу даної композиції.

Літературні дані і власні експериментальні дослідження свідчать про те, що біофлавоноїди ягід смородини представлені катехінами, лейкоантоціанами, фенол-кислотами, антоціанами, флавонолами. Кожна із цих сполук має певну мембрано-стабілізуючу активність і запобігає накопиченню радіонуклідів в організмі людини (Laczko-Zold, Komlósi & Ülkei, 2018).

Вміст лейкоантоціанів та катехинів у більшості сортів смородини значно вищий, ніж інших Р-активних сполук, що зумовлює значну біологічну активність

їх плодів. Так, вміст катехінів коливається від 856 до 2712 мг%, а лейкоантоціанів — в межах від 72 до 1696 мг%. Сумарний вміст катехінів та лейкоантоціанів корелює для всіх вивчених нами сортів смородини з сумарною кількістю дубильних та барвних речовин, які також відзначаються здатністю зв'язувати і виводити з організму людини різні за структурою ксенобіотики.

Ягоди чорної смородини відзначаються також оптимальним поєднанням концентрацій біофлавоноїдів та аскорбінової кислоти. Причому ці сполуки містяться у різних вегетативних органах рослини, про що свідчать отримані нами експериментальні дані (табл. 1).

Таблиця 1. Масова частка основних груп вітамінів у вегетативних органах смородини

Вегетативний орган	Масова частка вітамінів, мг%				
	C	P	B2	B5	B7
лист	469,0	5020,0	сліди	2,42	0,02
бруньки	544,0	4422,0	0,53	3,54	0,056
ягоди	580,0	2010,0	0,16	0,93	0,1

Багатство ягід, листя та бруньок чорної смородини на вітаміни C і P робить її надзвичайно цінним джерелом для виробництва продуктів оздоровчого та профілактичного призначення, зокрема радіопротекторної дії. Природна комбінація цих вітамінів має виключно високу фізіологічну активність, вони спільно беруть участь у процесах біологічного окислення (Laczkó-Zold, Komlósi & Ülkei, 2018).

Відзначено синергізм дії P-активних речовин і аскорбінової кислоти. Саме цим пояснюється висока ефективність біологічної дії природних джерел вітаміну C — продуктів рослинного походження, особливо чорної смородини, у яких йому завжди є супутнім вітамін P, що сприяє засвоєнню і накопиченню аскорбінової кислоти в тканинах та органах.

При створенні нової фітокомпозиції слід також ураховувати синергізм дії аскорбінової кислоти з бурштиною (у співвідношенні 10:1), що сприяє відтворенню природних реакцій мобілізації енергетичного обміну в організмі (Singh & Gupta, 2008). Саме перетворення бурштинової кислоти пов'язане з виробленням підвищеної кількості енергії, необхідної для забезпечення життєдіяльності організму в умовах несприятливого екологічного довкілля. І при зростанні навантаження на будь-яку із систем організму підтримання її функціонування забезпечується переважно за рахунок окислення бурштинової кислоти. А взаємодія з аскорбіновою кислотою дає можливість значно підвищити потужність системи енерговироблення, активізуючи адаптаційні та резистентні властивості організму в умовах постійного радіоактивного опромінення малими дозами.

Враховуючи усі зазначені чинники, пропонуємо такий якісний та кількісний склад композиційної суміші (по свіжій сировині):

- ягоди чорної смородини — 68%;
- зародки пшениці — 10%;
- люцерна — 15%;
- чорний перець — 2%;
- бурштинова кислота — 5%.

У такій композиції дотримано оптимальне співвідношення між вмістом аскорбінової кислоти та біофлавоноїдами (1:4) і аскорбіновою та бурштиновою кислотами (10:1).

Рівень мікробіологічної чистоти такої композиційної суміші у вигляді настоянки як свіжоприготовленої, так і через 3 місяці зберігання не перевищує гігієнічних нормативів, тобто вона є безпечною для споживачів (табл. 2).

Таблиця 2. Рівень мікробіологічної чистоти настоянки

Показник	Гігієнічний норматив	Свіжоприготовлена	Через 3 місяці зберігання
МАФАнМ, КУО/г	$5,0 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^2$
БГКП (коліформи) в 0,1 г	Не допускається	Не виявлено	Не виявлено
Плісені, КУО/г	$5,0 \cdot 10^2$	Не виявлено	Не виявлено
Дріжджі, КУО/г	$2,0 \cdot 10^2$	Не виявлено	Не виявлено

Висновки

Малі дози іонізуючої радіації підвищують частоту генетичних порушень в опромінених клітинах організму. Це викликає різноманітні генетичні дефекти, що, окрім виникнення різних захворювань, призводить до народження дітей зі спадковими аномаліями. Використання штучних ентеросорбентів та класичних медикаментозних радіопротекторів неефективне для масової профілактики радіаційних уражень. Більш того, фахівці-радіобіологи переконані, що у вирішенні проблеми первинної та вторинної профілактики застосування таких препаратів є інколи навіть шкідливим. Їх використання виправдане лише в разі гострих променевих уражень. Тому таку профілактику доцільно реалізувати аліментарним шляхом. Це пов'язано з розробленням і виробництвом оздоровчих продуктів з оптимальною концентрацією сполук радіопротекторної, адаптогенної, антиоксидантної дії. Їх постійне надходження в організм людини зменшує дозу внутрішнього опромінення, прискорює процес декорпорації радіонуклідів, підвищує стійкість організму до несприятливих зовнішніх впливів. Сільськогосподарська, лікарська, дикоросла сировина, розповсюджена на території України, є багатим джерелом сполук-протекторів. Науково обґрунтований вибір рослинних культур і створення композицій цільового призначення дає можливість розробити рецептури нових продуктів, напоїв, екстрактів тощо для масової профілактики радіаційних впливів.

Література

Баштан, В. П., Почерняева, В. Ф., Жукова, Т. А., Васько, Л. Н., Лымарь, Л. А. (2016). Средства защиты организма от действия ионизирующего излучения. Полтава Взято з: http://elib.umsa.edu.ua/jspui/bitstream/umsa/2573/1/Sredstva_zaschiti_organizma.pdf.

Георгиевский, В. И., Анненков, Б. В., Самохин, В. Т. (2009). *Минеральное питание животных*. Москва: Колос.

Донченко, Л. В. *Технология пектина и пектинопродуктов*. Киев: Наукова думка, 2000.

- Ильин, Л. А. (1997). *Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ*. Москва: Атомиздат.
- Кожокару, А. Ф. (2008). Механизм действия радиопротекторов и космической радиации на мембранных системах и целом организме. *Фундаментальные исследования*, 9, 100—102. Взято з: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=3766> (дата звернення 25.05.2021).
- Корзун, В. Н., Недоуров, С. И. (1995). *Радиация: защита населения*. Киев: Наукова думка, 112 с.
- Пивоваров, Ю. П., Михалев, В. П. (2004). Радиационная экология: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Москва: Издательский центр «Академия». Взято з: <http://kursak.net/pivovarov-yu-p-radiacionnaya-ekologiya/>.
- Салеба, Л. В. (2018). Пектин: структура, властивості, біологічні функції. *Вісник Херсонського національного технічного університету. Серія: Технологія легкої і харчової промисловості*, 2(65), 143—149. Взято з: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtu_2018_2_21.
- Сімахіна, Г. О., Стеценко, Н. О., Науменко, Н. В. (2016). *Біологічно активні речовини в харчових технологіях*: підручник. Київ: НУХТ
- Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В. (2015). *Технологія оздоровчих харчових продуктів*: підручник. Київ: НУХТ.
- Смульский, С. П., Поязитис, В. Г., Клуковская, И. Б. (1993). Взаимодействие антоцианов винограда со слоями тяжелых металлов и пектинов и получение пищевых продуктов с радиозащитным действием. *Медико-биологические аспекты разработки продуктов питания*. Киев: НИИ гигиены питания.
- Стожаров, А. Н., Квиткевич, Л. А., Солодкая, Г. А., Аветисов, А. Р., Синякова, О. К., Сычик, С. И. (2000). *Радиационная медицина*. Минск: Изд-во МГМИ.
- Українець, А. І., Сімахіна, Г. О., Науменко, Н. В. (2018). *Перспективні технологічні процеси виробництва нових продуктів та дієтичних добавок*: підручник. Київ: НУХТ.
- Українець, А. І., Сімахіна, Г. О. (2006). Нові технології оздоровчих харчових продуктів радіопротекторної дії. *Колега*, 6, 9—15.
- Шабалина, Е. А., Моргунова, Т. Б., Орлова, С. В., Фадеев, В. В. (2011). Селен и щитовидная железа. *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*, 5, 7—15.
- Шахмарданова, С. А., Гулевская, О. Н., Хананашвили, Я. А. и др. (2016). Препараты янтарной и фумаровой кислот как средства профилактики и терапии различных заболеваний. *Журнал фундаментальной медицины и биологии*, 3, 16—30. Взято з: <https://cyberleninka.ru/article/n/preparaty-yantarnoy-i-fumarovoy-kislot-kak-sredstva-profilaktiki-i-terapii-razlichnyh-zabolevaniy>.
- Laczkó-Zold, E., Komlósi, A., Ülkei, T. et al. (2018). Extractability of polyphenols from black currant, red currant and gooseberry and their antioxidant activity. *Acta Biologica Hungarica*, 69(2), 159—169.
- Jae-Young, O., Shanura Fernando, I. P., Jeon, Y.-J. (2016). Potential applications of radio-protective phytochemicals from marine algae. *Algae*. Vol. 31(4). P. 403—414.
- Simakhina, G., Naunemko, R. (2018). Using the Non-Traditional Raw Materials to Create the Food Fiber Complexes. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Universum View-11”, Вінниця: ТОВ “Нілан-ЛТД”.
- Singh, V. P., Gupta P. (2008). Synthesis and spectral studies of metal (II) complexes with succinic acid dihydrazones and their biological activity. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 42, 196—202.
- Toor, R. K., Savage, G. P. (2006). Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*. Vol. 99(4). P. 724—727.