НУТРИЦІОЛОГІЧНЕ КОРЕГУВАННЯ ТА ЗАХИСТ ОРГАНІЗМУ ВІД РАДІОАКТИВНИХ УШКОДЖЕНЬ

Сімахіна Галина Олександрівна
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна
Науменко Наталія Валентинівна
доктор філологічних наук, професор, професор кафедри іноземних мов професійного спрямування, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна
Грегірчак Наталія Миколаївна
кандидат технічних наук, доцент, декан факультету біотехнології та екологічного контролю, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна
Науменко Іван Юрійович
здобувач вищої освіти факультету автоматизації та комп'ютерних систем (АКС-3-1), Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ. 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 спричинюють різноманітні захворювання, зокрема онкологічні. І в такій ситуації все більше уваги і в медицині, і в нутриціології приділяється профілактичним заходам захисту організму людини від радіоактивних ушкоджень, а пріоритетного значення набувають нутрієнти радіопротекторної та адаптогенної дії. Ці чинники визначають актуальність даної роботи, а практична реалізація такої профілактики пов'язана з розробленням та виробництвом функціональних харчових продуктів і дієтичних добавок на основі сировини з підвищеним вмістом радіопротекторів.
Метою даної роботи є науково обґрунтований вибір рослинних джерел сполук із підвищеним вмістом компонентів радіопротекторної, адаптогенної та антиоксидантної дії і розроблення способу отримання дієтичної добавки для захисту організму людини від малих доз іонізуючої радіації.
Завдання роботи: на основі літературних даних сформулювати сучасну концепцію радіопротекторного харчування; обґрунтувати вибір природних джерел для створення дієтичної добавки цільового призначення на основі їхнього біохімічного складу; запропонувати рецептурний склад і спосіб отримання дієтичної добавки; оцінити показники якості та безпеки добавки.
У роботі використано стандартні методи дослідження якісних показників сировини і отриманої дієтичної добавки.
Усі поставлені завдання виконано, отримано дієтичну добавку, яка, завдяки компонентному складові, може бути використана для зменшення дози внутрішнього опромінення, прискорення процесу дезактивації організму, підвищення його адаптаційних можливостей.
Ключові слова: *радіонукліди, опромінення, радіопротектори, адаптогени, рослинні матеріали, дієтична добавка.*

Практично все населення України перебуває під постійним впливом малих та надмалих доз радіоактивного опромінення, яке викликає більш серйозні наслідки, ніж високі дози короткочасного опромінення. І на основі того, що відомо на сьогодні, можна говорити про високу активність малих і надмалих доз, зокрема показано, що надмалі дози опромінення викликають розриви в молекулах ДНК, впливаючи на геном людини.

У зв'язку з цим, необхідно виділити один із найважливіших чинників, що впливає на стан здоров'я людини і популяції та здатен захистити організм від ендо- та екзогенних забруднювачів – чинник харчування. Хімічний склад їжі як у традиційному її розумінні (вміст харчових та біологічно активних речовин), так і з урахуванням неаліментарних компонентів, зокрема радіонуклідів, справляє регульований вплив на всі системи живого організму, які відповідають за транспорт, метаболізм, знезараження та елімінацію ксенобіотиків. Ось чому проблема профілактики їх надходження та виведення з організму людини – одна з найважливіших для населення України.

Серед багатьох медикаментозних речовин та компонентів харчових продуктів, вивчених як засіб зменшення всмоктування у шлунково-кишковому тракті та накопичення в організмі радіонуклідів стронцію та цезію (одних із найбільш радіотоксичних елементів), увагу дослідників привернула альгінова кислота, органічні кислоти, вітаміни-антиоксиданти. Однак спектр природних біокомпонентів з радіопротекторними властивостями набагато ширший. І тому розвиток ґрунтовних досліджень з пошуку нових природних джерел для отримання широкого спектру функціональних інгредієнтів, дієтичних добавок та продуктів радіопротекторної дії як для безпосереднього вживання, так і для збагачення традиційних харчових середовищ, є **актуальним** напрямом сьогодення і в медицині, і в сфері харчових технологій.

Найбільш швидким і економічно вигідним шляхом створення композицій радіопротекторної дії є виробництво дієтичних добавок, яке можна організувати на підприємствах фармацевтичної і харчової промисловості, приватних підприємствах (таких, наприклад, як ПП «Доктор Хелсі», м. Дніпро; ТОВ «Еліт-Фарм», м. Дніпро; «БіоТехнологія», м. Київ). Відповідно до Закону України №771/97-ВР «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», дієтичні добавки віднесено до харчових продуктів, що споживаються у невеликих кількостях додатково до звичайного раціону і які є концентрованим джерелом поживних речовин. Тобто, і з законодавчої точки зору дієтичні добавки можна розглядати як ефективні засоби забезпечення організму людини інгредієнтами радіопротекторної дії.

Метою роботи є науково обґрунтований вибір рослинних джерел сполук із підвищеним вмістом компонентів радіопротекторної, адаптогенної та антиоксидантної дії і розроблення способу отримання дієтичної добавки для захисту організму людини від малих доз іонізуючої радіації.

Для реалізації поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

- на основі літературних даних сформулювати сучасну концепцію радіопротекторного харчування;
- обґрунтувати вибір природних джерел для створення дієтичної добавки цільового призначення на основі їхнього біохімічного складу;
- створити композиційну суміш цільового призначення, акцентуючи увагу на тих компонентах, які безпосередньо визначають радіопротекторну спрямованість дієтичної добавки;
- запропонувати спосіб отримання дієтичної добавки;
- оцінити показники якості та безпеки добавки.

У роботі використано стандартні методи дослідження якісних показників сировини і отриманої дієтичної добавки.

Наукова новизна роботи полягає у створенні дієтичної добавки радіопротекторної дії на основі традиційної та нетрадиційної сировини, біохімічний склад якої та фармакологічну активність компонентів доведено літературними даними та результатами власних досліджень з застосуванням принципів харчової комбінаторики.
Практичне значення полягає у створенні алгоритму оцінки придатності певних видів сировини для отримання дієтичної добавки та прогнозування її властивостей.
За останні 35 років загальний фон радіоактивності довкілля значно зріс. Подальшому його підвищенню сприяє дифузія радіоактивних речовин з місць захоронення відходів АЕС і особливо аварія на Чорнобильській атомній станції. Не існує безпечних способів зберігання радіоактивних відходів і немає безпечних доз опромінення. Радіоактивний фон в усьому світі призводить до передчасної старості, природжених дефектів, росту дитячої смертності, поширенню раку та лейкемії, а також раніше не відомих інфекційних захворювань. Основною причиною цих страждань людства є непередбачувано серйозний вплив малих доз опромінення протягом тривалого часу.
В умовах впливу іонізуючої радіації складаються ефекти онкогенних чинників, таких як джерела гепатотоксичних нітросполук, поліциклічні ароматичні вуглеводні, різноманітні забруднювачі харчових продуктів, що утворюються при технологічному та кулінарному обробленні. Небезпека виникнення злоякісних новоутворень різко підвищується при сумісній дії іонізуючої радіації та названих онкогенних чинників.
Загальновідомо, що використання засобів специфічної профілактики радіаційних уражень є важливим елементом захисту організму в умовах загального опромінення від зовнішніх джерел. Водночас доведено, що при ураженні радіоактивними сполуками динаміка накопичення організмом поглинутої дози істотно відрізняється від характеру її формування в умовах миттєвого чи швидкоплинного – нейтронного або рентгенівського опромінення. При постійному надходженні радіоактивних сполук в організм період формування гостроефективної дози в органах і тканинах виявляється більш тривалим, оскільки цей процес визначається ядерно-фізичними властивостями радіонуклідів і часом перебування їх в організмі.
Звідси висновок – одноразове профілактичне використання радіопротекторів (термін ефективної дії яких переважно короткий) з метою «нейтралізації» частини сумарної дози опромінення явно недостатнє та й недоцільне.
Тому в концептуальному плані можна ставити питання щодо тривалого використання радіопротекторів на фоні постійного внутрішнього опромінення для підтримання в організмі ефективно діючої концентрації препарату захисної дії. З цією метою використовують різноманітні ентеросорбенти, високоокислену целюлозу, сорбенти на основі природних полімерів – пектинів, феррацину тощо.
Однак декорпоруюча дія цих препаратів обмежена. Доведено, наприклад, що пектини малоефективні стосовно зменшення всмоктування радіонуклідів стронцію в шлунково-кишковому тракті, оскільки вони не утворюють стійких комплексних сполук зі Sr^{2+}. Тривале (понад місяць) використання ентеросорбентів на основі активованого вугілля та природних полімерів призводить до істотного мінерального дисбалансу, погіршення формули крові, викликає стійкий дисбактеріоз, оскільки будь-який сорбент, поглинаючи і виводячи із організму радіоактивні елементи, одночасно зв'язує і нерадіоактивні.
Тому на даний час склалась ситуація, що виключає доцільність ефективного застосування названих моносорбентів. Реальнішим видається досягнення зазначеної мети, якщо йти шляхом розроблення радіозахисних рецептур та багатокомпонентних комплексів. Таким чином можливо вирішити декілька завдань: забезпечення вищого рівня захисту, зниження побічних та небажаних ефектів протипроменевих препаратів, і, нарешті, досягнення більш

раннього прояву дії та подовження її, що сприяє корегуванню доз на підставі потенціювання або простої сумації зазначених ефектів.

Серед багатьох медикаментозних речовин та компонентів харчових продуктів, вивчених як засіб зменшення всмоктування у шлунково-кишковому тракті та накопичення в організмі радіонуклідів стронцію та цезію (одних із найбільш радіотоксичних елементів), увагу дослідників привернула альгінова кислота, органічні кислоти, вітаміни-антиоксиданти тощо, тобто натуральна сировина та її біокомпоненти. Разом з тим, пошук таких інгредієнтів необхідно проводити і далі, зважаючи на багатий рослинний світ України.

Вони здатні не лише знизити накопичення радіонуклідів в організмі, а й підвищити його опірність до багатьох шкідливих чинників, у тому числі до іонізуючого опромінення, нормалізувати стан ендокринної, імунної та кровотворної систем.

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 фоновою токсичністю середовища та харчових продуктів.

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:

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. 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, 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.

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.

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, 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 провідниками в організм та накопичувачами гідрофобних ксенобіотиків, зокрема пестицидів, що потенціюють дію іонізуючого опромінення.

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.

Антиоксидантна дія функціонального харчового продукту великою мірою забезпечується наявністю *вітаміну А та каротиноїдів, вітамінів С та Е, а також мікроелементу селену*. 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. ß-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. При цьому навіть невелику аліментарну недостатність ß-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.

Харчові волокна різних рослин можуть також зв'язувати певні радіоізотопи, не впливаючи на інші сполуки. Тому важливо споживати різні харчові волокна в дозі 25-40 г на добу, що забезпечує фізіологічну детоксикацію організму.

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. 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).

Цинк і селен у значних кількостях – 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.

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.* Важливість амінокислот для радіопротекції переконливо доведено на досвіді наслідків аварії на ЧАЕС, у тому числі клінічно; *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.

Отже, аварія на Чорнобильській АЕС, випробування ядерної зброї, радіоактивні відходи атомних об'єктів спростували поняття «мирний атом» та призвели до радіоактивного забруднення великих територій нашої країни. У зв'язку з цим, радіонукліди переходять у сільськогосподарську сировину і, відповідно, отримання з неї продукти. Така ситуація прогнозується і на майбутні десятиліття, тому науковці здійснюють інтенсивний пошук засобів профілактики накопичення радіонуклідів в організмі тварин та людей, а також прискорення їх виведення природним шляхом.

Аналіз сучасного стану проблеми, відповідно до літературних даних, показує, що у випадку ураження організму радіоактивними речовинами основний акцент має бути зроблено на запобігання інкорпорації та видалення радіоактивних речовин з організму, в результаті чого досягається зниження поглинутої дози і, як наслідок, ослаблення, а то і знешкодження біологічних ефектів опромінення.

Засоби для реального захисту організму від тривалої дії низькоінтенсивного опромінення мають бути спрямовані на обмеження розвитку післярадіаційних реакцій, підтримання та підвищення власних захисних сил організму. Вони мають бути нетоксичними і придатними до тривалого застосування. Тому в системі такого захисту важлива роль відводиться спеціально розробленим харчовим продуктам, окремим нутрієнтам та дієтичним добавкам. Аліментарний шлях їх надходження в організм людини є найбільш природним, широкодоступним і не сприймається споживачами як лікування.

Різноманітний спектр рослинної сировини на території України дає можливість обрати найбільш придатні види для отримання дієтичних добавок радіопротекторної дії. Це передусім культивовані і дикорослі ягоди, зелена маса рослин, зародки зернових, прянощі, які й стали предметом наших досліджень.

Предмети досліджень – ягоди чорної смородини різних сортів; зародки пшениці; бурштинова кислота; чорний перець; якісні та органолептичні властивості свіжих матеріалів і дієтичної добавки. Об'єкти досліджень – спосіб попередньої підготовки компонентів добавки; низькотемпературне сушіння компонентів; рецептура дієтичної добавки; спосіб отримання добавки. При вирішенні поставлених у роботі завдань застосовували загальноприйняті і спеціальні методи. Відбір проб та підготовка до аналізу здійснювалася за ДСТУ 8567:2015 та ДСТУ 7040:2009 відповідно.

Визначення вмісту сухих речовин проводили за ДСТУ ISO 751:2004. Визначення пектинових речовин засновано на титруванні лугом попередньо виділених і підготовлених зразків до і після гідролізу за ДСТУ 8069:2015. Визначення аскорбінової кислоти проводили за загальновідомою методикою, яка ґрунтується на використанні 2,6-дихлорфеноліндофенолу за ДСТУ ISO 6558-2:2004. Мікробіологічні дослідження із загальної бактеріальної забрудненості проводили за стандартною методикою шляхом посіву й вирощування колоній мікроорганізмів чашковим методом. Вміст каротиноїдів визначали фотометричним методом, який базується на екстрагуванні каротину за допомогою органічних розчинників, та вимірювали оптичну густину розчину на спектрофотометрі в кюветах з відстанню між робочими гранями 10 мм за довжини хвилі 450 нм за ДСТУ 4305:2004. Загальний вміст поліфенольних сполук визначали методом спектрофотометрії з реактивом Фоліна-Чокальтеу на спектрофотометрі за ДСТУ 4373:2005. Кількісний вмісту суми флавоноїдів визначали методом спектрофотометрії в перерахунку на рутин (лютеолін), кількісний аналіз амінокислот – методом іонообмінної хроматографії. Сформульовано алгоритм прогнозування, отримання та використання дієтичних добавок радіопротекторної дії, дано коментарі до кожної його складової і обґрунтовано відповідність створеної композиції принципам харчової комбінаторики.

Відповідно до зазначених у розділі 2 предметів дослідження, експериментальну частину роботи розпочинали із з'ясування відповідності складу ягід чорної смородини тим критеріям, які визначають радіопротекторну спрямованість дієтичної добавки. На сьогодні відомо понад 50 сортів чорної смородини, що культивується і вирощується в Україні. Для проведення досліджень ми обрали сорти смородини, що, за літературними даними, відзначаються найбільшим вмістом аскорбінової кислоти: «Неаполітанська», «Єдина», «Находка», «Лія плодюча», «Чемпіон Примор'я», «Солодкоплідна», «Голубка», «Велетень», «Каскад». У вибраних сортах смородини визначали вміст основних показників і отримані дані систематизували у таблиці 1.

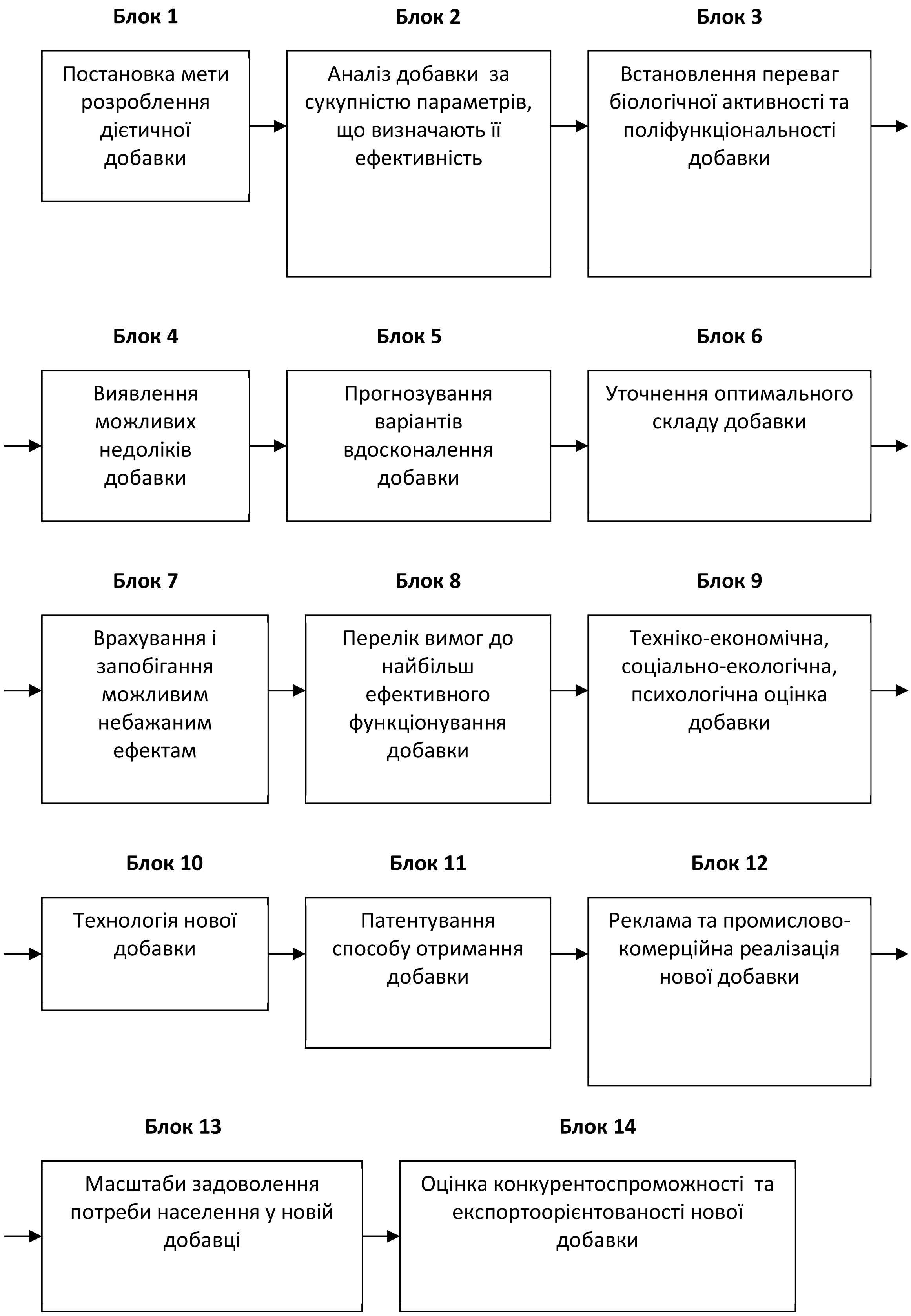

Рис. 1. Алгоритм прогнозування, отримання та використання дієтичної добавки радіопротекторної дії

Таблиця 1. Біохімічний склад свіжих ягід смородини різних сортів

Сорт	Вміст сухих речовин, %	Загальна кількість цукрів, %	Вміст інвертно-го цукру, %	Вміст вітаміну С, мг / 100 г	Кислот-ність, %
Неаполітанська	14,2±0,03	6,1 ± 0,04	5,2 ± 0,04	220±0,09	3,32±0,06
Єдина	12±0,08	6,0±0,03	5,1±0,06	215±0,08	3,58±0,09
Находка	11,4±0,02	4,8±0,06	4,6±0,07	198±0,3	3,36±0,001
Лія плодюча	14±0,07	5,4±0,02	4,8±0,05	284±0,1	3,78±0,05
Чемпіон Примор'я	9±0,05	4,5±0,07	4,0±0,03	245±0,02	3,70±0,02

З даних таблиці видно, що ягоди смородини вирізняються багатим хімічним складом. Загальна кількість цукрів коливається від 4,5 до 6,1 за масою ягід. Цінним є те, що понад 90% загального вмісту цукрів складає інвертний цукор, причому переважає фруктоза, а глюкози значно менше.

Вміст вітаміну С коливається від 198 до 284 мг %, хоча в літературі зустрічаються дані, за якими вміст аскорбінової кислоти досягає 1000...1500 мг %. Разом з тим, слід зазначити, що для будь-яких сортів смородини максимальну кількість вітаміну С містять незрілі ягоди. В міру їхнього достигання С-вітамінна активність знижується і різко падає для перестиглих ягід. Тому для отримання дієтичних добавок та поліфункціональних збагачувачів із підвищеним вмістом аскорбінової кислоти доцільно в якості її природного джерела обирати недозрілі ягоди. Кислотність ягід смородини коливається від 3,32 до 3,78 % (за органічними кислотами). В основному це лимонна, яблучна, щавлева, кавова кислоти.

Створюючи дієтичні добавки радіопротекторної дії, основну увагу надаємо тим компонентам рослинної сировини, які підвищують адаптаційні можливості організму людини [26] за рахунок високого вмісту вітаміну С, біофлавоноїдів, органічних кислот. До таких сортів ягід смородини слід віднести наступні: Солодкоплідна, Голубка, Велетень, Каскад (таблиця 2).

Таблиця 2. Вітамінний склад ягід смородини різних сортів

Сорт	Вміст аскорбінової кислоти, мг / 100 г	Вміст біофлавоноїдів, мг / 100 г	Вміст органічних кислот, %
Солодкоплідна	285 ± 0,04	2346 ± 0,2	3,8 ± 0,006
Голубка	224 ± 0,06	1994 ± 0,04	4,2 ± 0,004
Велетень	315 ± 0,03	3234 ± 0,1	4,6 ± 0,003
Каскад	162 ± 0,04	1744 ± 0,3	3,6 ± 0,002

Аналіз табличних даних свідчить про те, що за складом БАР перші три сорти ягід смородини є ефективним джерелом і аскорбінової кислоти, і біофлавоноїдів, і органічних кислот, тобто вони цілком придатні для виробництва дієтичних добавок. Для отримання порошкоподібних дієтичних добавок із ягід чорної смородини використали низькотемпературний спосіб сушіння (рис. 2).

Рис. 2. Низькотемпературне сушіння ягід чорної смородини

Для вибору оптимального значення температурного режиму, при якому втрати БАР будуть найменшими, дослідження проводили при температурах 35, 45 та 55 ℃, у сушарці EZIDRI. Для того, щоб висушені ягоди не провалювалися крізь ґратки, сушіння проводили на піддонах із перфорацією малих розмірів, а з метою інтенсифікації процесу сирі ягоди розкладали тонким шаром. Аналізуючи співвідношення зміни вмісту води в ягодах і тривалості сушіння при постійній температурі, виявили цікавий факт. У період постійної швидкості сушіння видалення вологи незначно залежить від температури процесу – протягом 180 хв. залишкова вологість становить 58% при 35 °C, 46 % – при 45 °C, 44% – при 55°C. В період спадаючої швидкості (через 210 хв. після початку процесу) ефект видалення вологи уже істотно залежить від температури: через 260 хв. сушіння при 55 °C уже практично видалено всю вільну вологу і досягнуто 10 % вологості, тоді як при температурі 35 °C залишкова вологість становить 48% і лише через 480 хв. вона досягає рівня 10%. З точки зору інтенсифікації процесу, доцільнішою є температура 55°C, однак додаткові дослідження показали, що менші втрати БАР досягаються при температурі 45°C, яку й було обрано оптимальною.
У висушених ягодах смородини визначили вміст основних біокомпонентів у зіставленні зі свіжими ягодами (табл. 3 і 4).

Таблиця 3. Вміст основних вітамінів, мг / 100 г

Показники	Свіжі ягоди	Висушені ягоди
Вітамін С	238,5±0,01	482±0,05
Поліфенольні сполуки	2445±0,05	4384±0,8
Каротиноїди	13,4±0,01	67±0,04

Таблиця 4. Вміст мінеральних елементів

Показники	Вміст	Добова потреба
Калій, мг	1230	2,0…4,0 г
Кальцій, мг	28670	0,8…1,2 г
Магній, мг	476	0,3…0,4 г
Фосфор, мг	412	1,0…1,2 г
Хлорид, мг	324	4,5…5,0 г
Натрій, мг	366	3,5…4,0 г
Залізо, мг	180	10,0…18,0 мг
Селен, мкг	76	150…200 мкг

З наведених даних видно, що, порівняно зі свіжою сировиною, вміст біологічно активних речовин у готовому продукті за рахунок концентрування у процесі сушіння перевищує аналогічні показники у декілька разів, що свідчить про його високу харчову та біологічну цінність. Поєднання біофлавоноїдів з аскорбіновою кислотою та каротиноїдами потенціює їхні властивості. 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.

До числа нутрицевтиків, що широко вживаються для зниження всмоктування і прискорення виведення ксенобіотиків, входять пектинові речовини. У таблиці 5 наведено експериментальні дані з визначення їх вмісту у ягодах смородини.

Таблиця 5. Вміст пектинових речовин у різних сортах ягід чорної смородини, г / 100 г

Сорт	Прото-пектин	Пектин	Сума пектинових речовин	% прото-пектину
Неаполітанська	0,910	1,080	1,990	41,0
Єдина	1,410	1,510	2,910	44,6
Находка	1,210	0,795	2,005	60,3
Лія плодюча	1,080	1,030	2,110	72,7
Чемпіон Примор’я	1,000	1,056	2,056	50,0
НІР0,5	0,9	1,1	1,0	1,3

З отриманих даних видно, що максимальну кількість пектинових речовин містять ягоди сорту Єдина. 55,4% цієї кількості припадає на розчинний пектин, який відзначається високою біологічною активністю. Інші сорти смородини за цими показниками майже ідентичні.

За літературними даними, основним чинником комплексної дії люцерни є унікальний комплекс мікронутрієнтів 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, К, РР, B_1, B_5, B_6, B_9, Н), в тому числі такими рідкісними для рослин, як вітаміни D_2, D_3 і навіть B_{12}, необхідним для нормального функціонування щитоподібної залози, що серйозно страждає від опромінювання. Теоретичний аналіз сучасних підходів до радіопротекторного харчування свідчить про надзвичайно важливу роль білкової складової, яка підвищує

загальну резистентність організму до хронічного внутрішнього опромінення і знижує рівень інкорпорації радіонуклідів.
Таким багатим джерелом білку у складі дієтичної добавки є люцерна. Для підтвердження об'єктивності цього вибору проведено ряд експериментальних досліджень із вивчення біохімічного складу люцерни, частину з яких наведено у цій роботі (зважаючи на обмеження обсягу поданого матеріалу). Насамперед нас цікавили дослідження амінокислотного та білкового складу люцерни, особливо співвідношення їхніх окремих фракцій за розчинністю, оскільки саме ці чинники визначають рівень ефективності білків, які надходять в організм із їжею чи дієтичними добавками.
Відомо, що за розчинністю у різних системах білкові сполуки поділяються на альбуміни, глобуліни, проламіни та глютеліни. Альбуміни – водорозчинні білки – характеризуються найбільшою харчовою та біологічною цінністю. Вони з мінімальними витратами енергії перетворюються в організмі людини на найбільш збалансовані за амінокислотним складом. Глобуліни – солерозчинні білки – також відзначаються високою біологічною цінністю, але здебільшого лімітовані за сірковмісними амінокислотами. В спирто- та лужнорозчинних фракціях білків (глютеліни та проламіни) відсутні деякі незамінні амінокислоти, вони важче піддаються дії протеолітичних ферментів і знижують біологічну цінність харчових продуктів.
У літературі відсутні дані щодо фракційного складу білків люцерни, тому такі дослідження було проведено в цій роботі. Білкові сполуки люцерни за розчинністю у різних середовищах фракціонували необхідним чином (табл. 1.6). Витяжки отримували на центрифузі протягом 15 хвилин при 6000 об/хв. Осад промивали і промивними водами доводили об'єм кожної витяжки до 150 см^3. Вміст білкових речовин люцерни визначали у відповідних витяжках та в осаді після останнього екстрагування за розробленим нами методом, заснованим на біуретовій реакції.

Таблиця 6. Умови фракціонування білків люцерни

Умови аналізу	Фракції білкових сполук			
	альбуміни	глобуліни	глютеліни	проламіни
Розчинники	вода	1 М NaCl у 0,1 М фосфатному буфері (pH 6,8)	0,1 н NaOH	70 % етиловий спирт
Зелена маса: розчинник	1 : 3	1 : 3	1 : 2,5	1 : 2,5
Час екстрагу-вання, хв.	60	60	60	60

Отримані результати фракційного складу білків люцерни за розчинністю у різних розчинниках наведено в табл. 7.

Таблиця 7. Фракційний склад білків люцерни

Фракція білку	Масова частка фракціонованих білків, % від загального білку	σ±
Водорозчинна (альбуліни та легкорозчинний глобулін)	44,4	0,36
Солерозчинна (важкорозчинні глобуліни)	23,9	0,89
Лужнорозчинна (глютеліни)	10,4	0,17
Спирторозчинна (проламіни)	3,06	0,44
Нерозчинний залишок	18,1	0,67

Результати таблиці підтверджують доцільність отримання дієтичних добавок з використанням люцерни, оскільки її білкові сполуки майже на 70,0% представлені легкорозчинними компонентами високої біологічної цінності.

Уявлення щодо змін у фракційному складі білків при різних методах оброблення люцерни дають дані таблиці 8. Вони свідчать про те, що фізичні дії викликають істотні зміни у якісному складі люцерни, впливаючи на розчинність окремих білкових фракцій. При цьому дія низьких і високих температур приводить до різних наслідків.

Вплив низьких температур викликає позитивні зміни, що виражаються у збільшенні розчинності кожної з білкових фракцій: водорозчинної – на 7,2%; солерозчинної – на 3,9%; лужнорозчинної – на 1,5%. В результаті частка нерозчинного залишку зменшується з 18,24 до 4,5 % від загального білку, тобто на 75%.

Таблиця 8. **Перерозподіл фракційного складу білків люцерни при різних методах оброблення**

Умови експерименту	Масова частка фракцій білків, % від загального білку				
	Водорозчинна	Солерозчинна	Лужнорозчинна	Спирторозчинна	Нерозчинний залишок
Свіжа люцерна	44,4	23,9	10,4	3,06	18, 24
Люцерна після низькотемпературного сушіння	46,2	29,4	9,6	4,2	10,6
Люцерна після теплового оброблення (100…110 °С)	31,7	17,8	7,5	3,9	39,1

І лише підвищені температури сушіння (100…110 °С) призводять до небажаних незворотних змін, зумовлених денатурацією білків, утворенням нерозчинних комплексів з іншими компонентами люцерни, в результаті чого кількість нерозчинного білкового залишку збільшується вдвічі порівняно зі свіжою сировиною і в 4 рази – порівняно із низькотемпературним способом.

Для повнішої характеристики білкового та амінокислотного складу люцерни в таблиці 9 наведено результати визначення вмісту амінокислот у водорозчинній, солерозчинній, лужнорозчинній та спирторозчинній фракціях.

Порівняльний аналіз даних таблиць дає змогу зробити ряд узагальнень. Білки люцерни містять 18 основних амінокислот, серед них усі незамінні – ізолейцин, лейцин, лізин, метіонін, фенілаланін, треонін, триптофан, валін. Це свідчить про біологічну повноцінність білків люцерни. Загальний вміст білків люцерни, залежно від сорту, становить від 3,2 до 4,8% до маси.

У свіжій люцерні за незамінними амінокислотами переважають водо- та солерозчинні фракції білків. Вони містять значну кількість лізину, фенілаланіну, треоніну тощо. На дикарбоновані амінокислоти багаті кожна з чотирьох фракцій білків. Тіоамінокислоти представлені меншою мірою, однак навіть менша їх концентрація свідчить про біологічну цінність білків люцерни. Триптофаном багаті альбумінові та проламінові фракції.

Таблиця 9. Масова частка амінокислот білків люцерни у різних фракціях, % від загального вмісту білку

Амінокислоти	Вміст амінокислот			
	Альбуміни	Глобуліни	Глютеліни	Проламіни
Лізин	0,93	0,70	0,40	0,60
Фенілаланін	0,61	0,81	0,46	0,62
Тирозин	0,98	1,86	1,6	0,70
Лейцин	2,12	2,08	0,85	0,90
Ізолейцин	2,94	2,30	0,80	0,44
Метіонін	1,93	0,08	-	-
Валін	2,94	1,38	0,55	0,16
Цистин	0,017	0,74	-	1,64
Аланін	3,58	1,08	0,18	0,56
Гліцин	1,05	6,07	0,7	0,65
Пролін	11,84	1,10	1,05	0,84
Глютамінова к-та	8,17	0,97	1,31	0,74
Сірин	1,16	1,19	1,34	0,85
Треонін	1,08	1,68	0,88	0,66
Аспарагінова к-та	1,94	1,88	1,61	0,87
Аргінін	7,40	-	1,42	0,74
Триптофан	1,63	сліди	-	0,85
Гістидин	3,07	0,70	0,40	0,66

Відомо, що біологічна цінність продукту і розроблюваної в даній роботі дієтичної добавки визначається не лише вмістом білку, а й його якістю, від якої значною мірою залежить перетравлюваність білків в організмі людини. Ця здатність білків гідролізуватись ферментами шлунково-кишкового тракту є найважливішим показником якості білків. Відомі методи визначення перетравлюваності білків in vitro добре узгоджуються з даними, отриманими in vivo. У роботі використано дослідні зразки люцерни, амаранту та білків молока як стандартного субстрату. Перетравлюваність визначали за стандартним методом. Умови протеолізу, визначені в результаті підбору фермент-субстратного співвідношення, оптимальна тривалість проведення реакції та кислотність середовища відповідають умовам у шлунково-кишковому тракті людини.

До наважки досліджуваного матеріалу додавали водний розчин пепсину, підкисленого HCl до pH 2, у співвідношенні фермент : субстрат = 1 : 12,5. Тривалість гідролізу – 3 години, температура 37,5 °С. Після зазначеного часу фермент інактивували додаванням 20%-ного розчину трихлороцтової кислоти. Проби витримували ще деякий час. Потім їх центрифугували для найповнішого осадження білків і визначали в центрифугатах їх вміст. Перетравлюваність трипсином знаходили таким же чином, приливаючи до наважки зразка 1%-ний розчин ферменту в 0,05 М фосфатному буфері pH 7,0. Потім визначали ступінь пептидазного гідролізу. Уже зазначали, що білки люцерни відзначаються високою біологічною цінністю, а за амінокислотним складом (табл. 9) наближаються до білків тваринного походження. Про це свідчать отримані нами результати вивчення гідролізу білків люцерни порівняно зі стандартним білком молока та легкоперетравними білками зерна амаранту (табл. 10). Результати досліджень виражали в ммоль NH_2 на 1 г білку.

Таблиця 10. Кількість гідролізованих in vitro білків досліджених матеріалів

Вид матеріалу	Стадія протеолізу							
	Пепсинова	σ±	Трипсинова	σ±	Пептидазна	σ±	Загальний протеоліз	σ±
Білки молока (контроль)	3,50	0,76	11,24	0,39	15,27	0,34	30,01	1,46
Люцерна	3,14	0,34	11,19	1,44	15,04	0,19	29,37	0,94
Зерно амаранту	1,22	0,14	11,07	0,56	16,52	2,32	28,81	1,16

З наведених даних видно, що на всіх стадіях протеолізу перетравність білків люцерни становить 78…82% і дуже мало відрізняється від аналогічних показників для контрольного білку – молока та дещо переважає показники для амаранту. Тому білки люцерни при надходженні в організм людини в шлунково-кишковому тракті під дією протеолітичних ферментів легко розпадатимуться до амінокислот і повністю всмоктуватимуться в кров.
Літературні дані та отримані результати експериментальних досліджень дають підстави для формування дієтичної добавки радіопротекторної дії.
При створенні нової фітокомпозиції слід також ураховувати синергізм дії аскорбінової кислоти з бурштиновою (у співвідношенні 10 : 1), що сприяє відтворенню природних реакцій мобілізації енергетичного обміну в організмі. 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).
Усі компоненти суміші отримуємо у вигляді сухих матеріалів із застосуванням низькотемпературного сушіння (рис. 2). Особливістю отримання компонентів дієтичної добавки є те, що всі складники потрібно сушити окремо, зважаючи на те, що вони мають різну вихідну вологість. При цьому температура залишається в межах 40-45 ℃, а тривалість буде визначатися початковою вологістю матеріалу і необхідністю отримання сухого продукту з вологістю 10-12%. Отримана дієтична добавка відповідає принципам харчової комбінаторики і алгоритмові прогнозування, отримання та використання дієтичної добавки радіопротекторної дії (рис. 1).
Доцільно прокоментувати деякі із складових цього алгоритму. Так, блок 2 передбачає підбір багатокомпонентних композицій. Це можуть бути сільськогосподарські культури, лікарська сировина із фармакопейних (дозволених для використання Міністерством охорони здоров'я України). Вони повинні взаємно доповнювати одна одну, потенціюючи дію біологічно активних речовин, що входять до їх складу. Блок 3 призначений для установлення переваг обраних біокомпонентів.

У подальшому коментарі блок-схеми слід зазначити, що блок 4 потребує медико-біологічної оцінки обраних складників із точки зору виявлення можливих недоліків готової дієтичної добавки – наявність сильнодіючих сполук, підвищена концентрація певної біологічно активної речовини тощо.
Наступний блок алгоритму дає можливість усунути виявлені недоліки шляхом введення до фітокомпозиції іншої сировини, позбавленої встановлених вад. Блок 7 алгоритму передбачає застосування технологічних прийомів, які дають можливість уникнути накопичення в настоянці небажаних компонентів (наприклад, шляхом використання певних екстрагентів); тут же необхідно сформулювати протипоказання до вживання отриманої фітокомпозиції. Такому ж аналізові можна піддавати всі інші блоки алгоритму.
Запропоновані нами підходи до отримання дієтичної добавки узгоджуються з першим принципом харчової комбінаторики – принципом безпеки та доброякісності. Згідно з ним, при розробленні нових видів харчової продукції необхідно використовувати сировину, матеріали та різноманітні добавки, рекомендовані та дозволені санітарними органами для використання в харчовій промисловості (блок 2 рис. 1).
Другий принцип харчової комбінаторики – принцип необхідності (достатності) використання. Кодекс Аліментаріс трактує його принцип таким чином: коли бажаного ефекту можна досягти шляхом технологічного оброблення природної сировини або напівфабрикатів, то використовувати хімічні добавки недоцільно. Не дозволяється також введення харчових (хімічних) добавок з метою маскування технологічних дефектів, псування або зниження цінності харчових продуктів.
Аналіз запропонованого нами алгоритму свідчить, що отриманий продукт не лише повністю відповідає даному принципу, а й запобігає можливим негативним побічним явищам (наприклад, токсичним навантаженням на організм людини).
Третій принцип харчової комбінаторики – принцип сумісності. При підборі композиції ми враховували технологічну та фізико-хімічну сумісність їхніх інгредієнтів. Особливої уваги надано сумісності інгредієнтів окремих рослин за біологічними ефектами. В одній і тій же композиції не повинно бути складників із різноспрямованою дією (наприклад, тонізуючої та заспокійливої дії; судинорозширювальної та судинозвужувальної дії тощо). Разом з тим, має бути виключена можливість безпосередньої хімічної взаємодії між компонентами рослин та отриманих на їхній основі дієтичних добавок, оскільки це знижує активність біологічно активних речовин композиції і може спричинити виникнення шкідливих для організму людини сполук.
Четвертий принцип – принцип переваги використання і рівнозначності контролю. Сутність цього принципу полягає в тому, що при створенні продукції функціонального призначення перевагу необхідно надавати природним сировинним матеріалам. Разом з тим, якщо обрані для досліджень рослини маловивчені, їх потрібно перевірити на токсичність, мутагенність та інші критерії безпеки (рівнозначність контролю як для хімічних сполук, так і речовин природного походження).
П’ятий принцип харчової комбінаторики – принцип кінцевого контролю і вірогідності декларування. Реалізація цього принципу визначає необхідність перевірки показників безпеки не лише маловивченої сировини, а й продуктів на її основі. Бажано підтвердити ці дослідження не лише в експерименті, а й на добровольцях, причому за методологією і регламентом клінічних випробувань, аналогічних як при впровадженні в практику лікарських препаратів.
Останній принцип – принцип виключення, суть якого полягає в необхідності змінити рецептуру композиції в разі отримання негативних результатів та можливих побічних ефектів. Саме цим питанням присвячено реалізацію блоків 4-7 у запропонованому нами алгоритмі.

Послідовність отримання дієтичної добавки така: попередньо підготовлені висушені матеріали, відповідно до рецептури, подрібнюють до дисперсності 150-250 мкм і змішують у необхідних пропорціях, основну частку яких становить порошок ягід чорної смородини (65%). Отриману суміш можна представити у вигляді порошку, гранул, мікрокапсул. Дієтичну добавку використовують як додаткове джерело сполук антиоксидантної дії або для збагачення традиційних харчових середовищ і, оскільки дієтичні добавки належать до групи харчових сполук, а не фармпрепаратів, то розраховувати добову дозу їх вживання не потрібно, а лише орієнтуватись на рекомендації з добових потреб в основних біокомпонентах.

Наводимо орієнтовний склад дієтичної добавки за основними біокомпонентами (на 100 г добавки): вміст пектинових речовин – 9,6-14,0 г; вміст білків – 12,8-15,6 г; вміст аскорбінової кислоти – 160-201 мг%; вміст поліфенольних сполук – 2345-2470 мг%; вміст каротиноїдів – 12-16 мг%; вміст кальцію – 24015 мг%; вміст калію – 1020 мг%, вміст бурштинової кислоти – 5 г.

Рівень мікробіологічної чистоти такої композиційної суміші у вигляді дієтичної добавки як щойно отриманої, так і через 6 місяців зберігання не перевищує гігієнічних нормативів (таблиця 11).

Таблиця 11. Рівень мікробіологічної чистоти дієтичної добавки

Показник	Гігієнічний норматив	Щойно отримана	Через 6 місяців 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

Загальні 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 дієтичних добавок із 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, дієтичних добавок для масової профілактики радіаційних впливів.

Такими є основні напрями протипроменевого використання компонентів харчових продуктів та дієтичних добавок як засобів подолання певних механізмів променевого ураження. Зрозуміло, що найбільш перспективними є ті дієтичні добавки, котрі діють на декілька механізмів регулювання процесів в організмі людини, для виробництва яких в Україні є достатня кількість сировини і які мають компоненти з вираженими радіопротекторними, антиоксидантними, адаптогенними властивостями. Використані в роботі ягоди чорної смородини, люцерна, зародки пшениці, чорний перець, бурштинова кислота є досить перспективними для виробництва дієтичних добавок. Разом з тим, спектр рослинної сировини для дієтичних добавок цільового призначення може бути значно розширений, тобто даний напрям роботи є перспективним і вартим уваги науковців та практиків.

Список літератури

1. Health effects of the Chernobyl accident and special health care program. Report of the UN Chernobyl Forum. Expert Group "Health". Ed. by Burton Bennett, Michael Repacholi, Zhanat Carr. Geneva, 2006.

2. Oh, J.Y., Fernando, I.P.S., Jeon, Y.J. Potential applications of radioprotective phytochemicals from marine algae. *Algae*. 2016. Vol. 31(4). P. 403– 414. https://doi.org/10.4490/algae.2016.31.12.1.

3. Smith, T.A., Kirkpatrick, D.B., Smith, S. et al. Radioprotective agents to prevent cellular damage due to ionizing radiation. Journal of Translational Medicine. 2017. Vol. 15. P. 232. https://doi.org/10.1186/s12967-017-1338-x.

4. Zakariya, N.I., Kahn, M.T.E. Benefits and biological effects of ionizing radiation. *Scholars Academic Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 2. P. 583–591. https://www.researchgate.net/publication/329557937_Review_Article_Benefits_and_Biological_Effects_of_Ionizing_Radiation

5. Сімахіна Г.О., Стеценко Н.О., Науменко Н.В. Біологічно активні речовини в харчових технологіях: підручник. Київ: НУХТ, 2016. 455 с.

6. Simakhina, G.O., Naumenko, N.V. Antioxidant Effectiveness of Plant Cultures. *Ukrainian Food Journal*. 2021. Vol. 10. Issue 1. P. 62-77.

7. Корзун В.Н., Сагло В.І., Парац А.М. Харчування в умовах широкомасштабної аварії та її наслідків. *Український медичний часопис*. 2002. №11-12. С. 99-105.

8. Українець А.І., Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Перспективні технологічні процеси виробництва нових продуктів та дієтичних добавок: підручник. Київ: НУХТ, 2018. 335 с.

9. Корзун В.Н., Недоуров С.И. Радиация: защита населения. Киев: Наукова думка, 1995. 112 с.

10. Jae-Young, O., Shanura Fernando, I.P., Jeon, Y.-J. Potential applications of radioprotective phytochemicals from marine algae. *Algae*. 2016. Vol. 31 (4). P. 403–414.

11. Toor, R.K., Savage, G.P., Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. *Food Chemistry*. 2006. Vol. 99 (4). P. 724–727.

12. Simakhina G., Naunemko R. Using the Non-Traditional Raw Materials to Create the Food Fiber Complexes. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Universum View-11"*, Вінниця: ТОВ "Нілан-ЛТД", 2018. С. 6–9.

13. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Технологія оздоровчих харчових продуктів: підручник. Київ: НУХТ, 2015. 405 с.

14. ДСТУ ISO 6558-2:2004 Фрукти, овочі та продукти перероблення. Визначення вмісту каротину. Частина 2. Стандартні методи.

15. Шумова Г. С., Георгіянц В. А., Євтіфеєва О. А. Розробка методики кількісного визначення флавоноїдів різних видів лікарської рослинної сировини спектрофотометричним методом та визначення її валідаційних характеристик. *Фітотерапія. Часопис*. 2013. № 2. С. 48–52.

16. Сорочан О.О., Штеменко Н.І. Методи аналізу амінокислот: Навч.-метод. посіб. Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2005. 60 с.

17. Сімахіна Г.О., Науменко Н.В. Ягідні культури як концентратори ефективних антиоксидантів. *Наукові праці НУХТ.* 2021. Т. 27, №6. С. 123—133.

18. Сімахіна Г.О., Межубовський О.М., Науменко Н.В. Створення композицій радіопротекторної дії для захисту організму людини від малих доз іонізуючої радіації. *Наукові праці НУХТ.* 2021. Т. 27, №5. С. 123-133.

19. Singh, V.P., Gupta P. Synthesis and spectral studies of metal (II) complexes with succinic acid dihydrazones and their biological activity. *Pharmaceutical Chemistry Journal.* 2008. Vol. 42. P. 196–202.