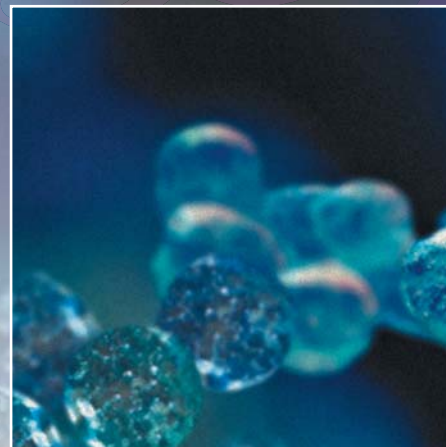


УДК 581.19

К ВОПРОСУ ОБ АНТИОКСИДАНТНОМ МЕТАБОЛОМЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР СЕЛЕКЦИИ ВНИИССОК



Гинс М.С. – доктор биологических наук, зав. лабораторией интродукции, физиологии и биохимии и биотехнологии функциональных продуктов

Гинс В.К. – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории интродукции, физиологии и биохимии и биотехнологии функциональных продуктов

ФГБНУ «Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур»
143080, Россия, Московская область, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14
E-mail: vniissok@mail.ru

Изучение антиоксидантного метаболома овощных растений, в том числе, интродуцированных во ВНИИССОК, связано с развитием представления о месте антиоксидантного метаболома, который является частью метаболома высших растений, его функциях и роли в живом организме. Антиоксидантный метаболом представляет собой совокупность низкомолекулярных гидрофильных и гидрофобных метаболитов с антиоксидантной активностью, участвующих в защитных и регуляторных реакциях клетки. В задачу антиоксидантной метаболомики входит изучение состава и содержания метаболитов – антиоксидантов в ходе онтогенеза растений и при действии стрессоров и исследование влияния растительного антиоксидантного метаболома на функциональную активность организма человека. Основная функция низкомолекулярных метаболитов – антиоксидантов антиоксидантного метаболома в клетке заключается в обезвреживании активных форм кислорода и свободных радикалов, возникающих в большом количестве при действии абиогенных и биогенных стрессоров, различающихся по силе воздействия на растения. При этом уровень устойчивости каждого растения к окислительному стрессу определяется суммарным индивидуальным метаболомом антиоксидантов (составом, содержанием, скоростью синтеза, накопления и расходования) индивидуального растения, который формируется генотипом, но может изменяться под воздействием сопутствующих факторов среды.

Ключевые слова: антиоксидантный метаболом, антиоксидантная метаболомика, низкомолекулярные антиоксиданты, абиогенный и биогенный стресс, устойчивость, интродукция.

Лаборатория интродукции, физиологии и биохимии и биотехнологии функциональных продуктов ВНИИССОК является единственной в России комплексно изучающей фундаментальные проблемы интродукции сельскохозяйственных овощных культур и их практическое использование в интересах человека, в том числе, создание и внедрение продуктов переработки сырья в качестве

функциональных пищевых продуктов.

Научные исследования лаборатории в области интродукции связаны с изучением адаптивного, биохимического и антиоксидантного потенциала интродуцируемых овощных растений с повышенным содержанием антиоксидантов и возможности их фитотерапевтического действия на живой организм. Эти растения служат воспроизводимым

биологически активным сырьем для создания функциональных продуктов многоцелевого направления, способствующих оздоровлению и увеличению продолжительности жизни населения России [1,2].

В фундаментальных исследованиях особое место занимает новое направление, развиваемое в лаборатории – антиоксидантная метаболомика, связанное с изучением антиоксидантного метаболома

овощных растений, который является составной частью метаболома высших растений [3]. Антиоксидантный метаболом представляет собой совокупность всех низкомолекулярных метаболитов с антиоксидантной активностью, участвующих в защитных и регуляторных реакциях клетки.

Одной из основных задач антиоксидантной метаболомики овощных растений является получение и обобщение данных по составу и содержанию антиоксидантов - метаболитов для составления более целостного представления о формировании антиоксидантного потенциала в клетке: синтезе, накоплении и расходовании отдельных антиоксидантов, их взаимодействии друг с другом в различных органах и тканях растения в процессе жизнедеятельности. Другой не менее актуальной задачей является выявление характерных изменений состава и содержания антиоксидантов в ходе онтогенеза, а также при инициации стрессорами защитных реакций, их динамики и закономерностей ответа антиоксидантного метаболома до и после прекращения действия стрессоров. Следующей важной задачей является сравнительное изучение состава и содержания антиоксидантов-метаболитов у интродуцируемых растений, выращенных в различных географических и эколого-климатических регионах России (Дагестан, Московская область) и Республики Эквадор).

Помимо вышеуказанных актуальной задачей антиоксидантной метаболомики является исследование действия суммарного содержания метаболитов антиоксидантного метаболома овощных растений на

возникновение и развитие риска свободно-радикальных патологий (сердечно-сосудистых, онкологических, желудочно-кишечных заболеваний и др.) в организме человека.

Антиоксидантный метаболом листьев овощных растений включает разнообразный по химическому составу набор низкомолекулярных гидрофильных и гидрофобных метаболитов с антиоксидантной активностью: первичные метаболиты, например, аминокислоты, полиамины, органические кислоты, сахара, глутатион, жирные кислоты и др.; вторичные метаболиты – фенольные соединения, токоферолы, каротиноиды, алкалоиды, фитостерины, глюкозинолаты и продукты их распада и др.

Основная функция антиоксидантного метаболома в клетке заключается в обезвреживании активных форм кислорода и свободных радикалов, возникающих в большом количестве при действии абиогенных и биогенных стрессоров, и формировании устойчивости организма к окислительному стрессу. При этом уровень устойчивости каждого отдельного растения к окислительному стрессу определяется его собственным индивидуальным метаболомом антиоксидантов: составом, содержанием и соотношением, а также скоростью синтеза, накопления и расходования метаболитов. Антиоксидантный метаболом обусловлен генотипом, но формируется под воздействием сопутствующих факторов среды. В ходе онтогенеза и под контролем окружающей среды (абиогенный и биогенный стресс) происходит неспецифическое изменение состава и содержания метаболитов антиоксидантного метаболома.

Изучение «ответов» антиоксидантного метаболома поможет понять формирование механизмов устойчивости растений при окислительном стрессе.

Идея о том, что при разной силе окислительного стресса уровень содержания специфического типа антиоксидантов в растении отражает степень его устойчивости, была положена нами в концепцию индивидуальности антиоксидантного метаболома, которая отражает свой специфический состав метаболитов – антиоксидантов и степень их участия в защитных реакциях каждого отдельного растения.

Поскольку антиоксидантный метаболом – система динамичная, находящаяся под контролем генотипа и внешней среды, то для получения информации о закономерностях его изменения можно использовать либо интегральный показатель – суммарное содержание антиоксидантов, либо индивидуальное количество каждого антиоксиданта, входящего в состав антиоксидантного метаболома [4,5]. При этом вариабельность показателя суммарного содержания антиоксидантов может изменяться на порядок и более в зависимости от продолжительности и силы действия стрессора [6].

Большинство метаболитов – антиоксидантов проявляют широкий спектр биологической активности в живом организме. Поэтому помимо защитной функции первичные и вторичные метаболиты с антиоксидантной активностью принимают непосредственное участие в качестве регуляторов биохимических реакций, протекающих при обмене веществ, ростовых процессах, развитии и репродукции не

1. Состав, локализация и функции в овощных растениях

Название антиоксидантов	Локализация	Органы растения	Функция
аскорбиновая кислота (витамин С)	хлоропласты митохондрии апопласт	листья, корни, цветочные почки, плоды, стебли	донор атомов Н или е для восстановления H_2O_2 , O_2 , R-
восстановленный глутатион (γ-Glu-Cys- Glu)	хлоропласты цитозоль	листья, стебли, корни, плоды	донор атомов Н для восстановления SH-связей в белках
Фенольные соединения			
простые фенолы: гидрохинон, гидрооксикоричные кислоты, галловая и п-оксибензойная кислоты	вакуоли клеточные стенки	листья, стебли, плоды	нейтрализуют O_2^-
флавоноиды: флавонолы (кверцетин, кемпферол, мирицитин, рутин)	вакуоли клеточные стенки	листья, стебли, соцветия, луковицы	нейтрализуют O_2^- и H_2O_2
флавоны (лютеолин, апигенин, анацетин, диосметин и др.)	вакуоли клеточные стенки	листья, стебли, корнеплоды	нейтрализуют O_2^- и H_2O_2
флавононы (нарингенин, гесперегин)	вакуоли	листья, стебли	нейтрализуют O_2^- и H_2O_2
дигидрофлавонолы (дигидрокверцетин, дигидрокемпферол)	вакуоли	листья	нейтрализуют O_2^- и H_2O_2
прантоцианидины	вакуоли	листья	нейтрализуют O_2^- и H_2O_2
флаван-3-олы (катехины)			нейтрализуют O_2^- и H_2O_2
антоцианы	вакуоли	цветки, плоды, листья, корнеплоды, стебли	ингибируют, ликвидируют свободные радикалы
изофлавоны	вакуоли	листья	обезвреживают АФК
алозмодин		стебли, корни	обезвреживают АФК
полимерные полифенолы танины	клеточные стенки	плоды, орехи, ягоды, листья (чай)	нейтрализуют АФК
убихинон, нафтохинон	биомембраны	листья	нейтрализуют АФК

только растений, но и в организме человека. Большую важность в этом отношении представляют лекарственные растения, которые обладают огромным набором биологически активных веществ с антиоксидантной активностью, определяющих их устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам [7,8,9], а также овощные культуры, внесенные в фармакопею [8,9].

В овощных и лекарственных растениях синтезируется огромное число метаболитов – антиоксидантов, многие из которых попадая в организм человека с растительной пищей, принимают участие в реакциях обмена веществ в качестве экзогенных регуляторов. Под их воздействием может изменяться направленность метаболизма. Они индуцируют работу генов, запус-

кают механизмы синтеза определенных белков, активизируют защитные реакции, участвуют в реакциях адаптации [7,8]. В организме человека экзогенные антиоксиданты растительного происхождения участвуют в детоксикации активных форм кислорода и свободных радикалов. Протекторная роль метаболитов - антиоксидантов особо значима в

2. Состав специфических метаболитов - антиоксидантов интродуцированных во ВНИИССОК растениях с широким спектром биологической активности

Название метаболитов - антиоксидантов	Локализация		Биологическая активность
	Растение	Органы растения	
иридоиды монотерпеновые соединения	стахис	клубеньки	антистрессовая, антимикробная, гепатопротекторная, антиметастазная
Глюкозинолаты: глюкотропасолин синигрин глюконастурцин, метоксиглюкобрасицин, фенилтилизотиоцианат	водяной кресс	листья, стебли	противоопухолевая, антимикробная антигельминтная
глюкобрасицин, 4-метоксиглюкобрасицин, глюконастурцин неоглюкобрасицин	капуста китайская	листья черешки	противоопухолевая антимикробная
Антрахиноны: эмодин, хризофанол	хризантема овощная	листья черешки	противоопухолевая радиопротекторная
Флавоноиды, терпеноиды	якон	листья	Гипогликемическое, антимикробное
Бетацианины: амарантин	амарант	листья	противоопухолевое, антимикробное

осенне-зимний и весенний период, когда на большей территории России существенно снижается уровень потребления овощей и фруктов [9].

Уникальность аскорбиновой кислоты и вторичных метаболитов заключается в том, что эти соединения не синтезируются в организме человека, но крайне необходимы для его жизнедеятельности. Поэтому овощные растения служат источниками многих незаменимых и дефицитных первичных метаболитов и, особенно, вторичных. К первичным метаболитам – антиоксидантам относятся соединения, которые образуются во всех живых организмах и представляют собой унифицированный набор метаболитов,

проявляющих антиоксидантную активность. Практически во всех овощных растениях образуются органические кислоты, аминокислоты, жирные кислоты, витамины, витаминоподобные вещества и др., многие из которых являются продуктами фотосинтеза и обнаружены во всех растениях (табл. 1). Ко вторичным метаболитам относятся незаменимые метаболиты – антиоксиданты, которые синтезируются только в растениях, но многие из них являются жизненно необходимыми для человека [5,10].

Ценность интродуцированных лауреатом Государственной премии РФ и премии Правительства РФ в области науки и техники, доктором сельскохозяйственных наук,

профессором Кононковым П.Ф. растений: амаранта, стахиса, водяного кресса, якона, хризантемы съедобной, капусты китайской, спаржевого салата помимо высокого содержания пищевых ингредиентов (белков, жиров, углеводов) определяется уникальными антиоксидантами. Наряду со стандартным составом антиоксидантов, характерным для каждого растения, такими как органические кислоты, в том числе, аскорбиновая кислота, а также глутатион и вторичные метаболиты, интродуцированные растения содержат специфические соединения с высокой антиоксидантной активностью и широким спектром биологической активности. Например, красноокрашенные

растения амаранта содержат бета-цианины [11,12], водяной кресс и капуста китайская – глюкозинолаты, продукты гидролиза которых обладают антиокислительной активностью [13,14], хризантема съедобная богата антрахинонами [15], клубеньки стахиса – иридоидами [16], листья якона – флавоноидами [17], (табл.2).

Чтобы не допустить разрушения важных незаменимых структур и молекул клетки, необходимо постоянное ежедневное поступление антиоксидантов в организм человека в виде овощей и продуктов их переработки. Антиоксидантный метаболом овощных культур, в том числе интродуцированных растений с высокой антиоксидантной активностью и разнообразным составом метаболитов – антиоксидантов, представляет собой фармакологический комплекс для

профилактики и снижения риска возникновения и развития свободно-радикальных заболеваний в живом организме.

Таким образом, антиоксидантный метаболом овощных растений содержит два типа метаболитов – антиоксидантов, широко распространенных во всех овощных культурах, как аскорбиновая кислота, уби-хинон, нафтохинон, моносахара и др. Помимо унифицированных метаболитов – антиоксидантов в состав антиоксидантного метаболома входят специфические антиоксиданты, характерные для отдельных семейств и родов высших растений. Изучение суммарного и индивидуального содержания гидрофильных и гидрофобных метаболитов – антиоксидантов необходимо для составления базы данных антиоксидантного метаболома овощных растений.

ANTIOXIDANT METABOLOME OF VEGETABLE CROPS OF VNISSOK'S BREEDING

Gins M.S., Gins V.K.

Federal State Budgetary Scientific Research Institution "All-Russian Scientific Research Institute of vegetable breeding and seed production" 143080, Russia, Moscow region, Odintsovo district, p. VNISSOK, Selectionnaya street, 14
E-mail: vniissok@mail.ru

Abstract

The antioxidant metabolome as a part of metabolome of Embryophytes presents the total low molecular weight hydrophilic and hydrophobic metabolites with antioxidant activity which take part in protection and regulatory plant reactions. The main function of antioxidant metabolites is deactivation of active forms of oxygen and free radicals appearing due to biotic and abiotic stresses. The level of resistance to oxidative stress of each plant is defined by total metabolome of antioxidants (content, speed of synthesis, accumulation, utilization) depending on genotype, but can be changed under the action of environment.

Keywords: antioxidant metabolome, metabolites with antioxidant activity, biotic and abiotic stresses, resistance, introduction

Литература

1. Гинс В.К., Гинс М.С. Физиолого-биохимические основы интродукции и селекции овощных культур. - М.: РУДН, 2007. - 128 с.
2. Гинс В.К., Гинс М.С. Физиолого-биохимические основы интродукции и селекции овощных культур. - М.: РУДН, 2011. - 190 с.
3. Кононков П.Ф., Пивоваров В.Ф., Гинс М.С., Гинс В.К. Интродукция и селекция овощных культур для создания нового поколения продуктов функционального действия. - М. РУДН. 2008. - 170 с.
4. Гинс М.С., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Байков А.А., Торрес Миньо Карлос, Романова Е.В., Лапо О.А. Методика анализа суммарного содержания антиоксидантов в листовых и листостебельных овощных культур. - М. РУДН. 2013. - 40 с.
5. Гинс М.С., Гинс В.К., Колесников М.П., Кононков П.Ф., Чекмарев П.А., Каган М.Ю. Методика анализа фенольных соединений в овощных культурах - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. - 48 с.
6. Гинс М.С., Кононков П.Ф., Байков А.А., Рабинович А.Н., Гинс В.К. Содержание антиоксидантов в лекарственных и овощных растениях, проявляющих антиоксидантную активность // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. - 2013. - №1. - С. 10-15.
7. Быков В.А., Масляков В.Ю., Сидельников Н.И., и др. Изучение ресурсов дикорастущих лекарственных растений в виляре: основные направления и результаты // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. - 2012. - Т. 10. - № 1. - С. 32-39.
8. Пушкина Г.П., Бушковская Л.М., Сидельников Н.И., Морозов А.И., Тхаганов Р.Р., Мельникова Г.В. Адаптация лекарственных культур к абиотическим и биотическим стрессам // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. - 2012. - Т.10. - № 7. - С. 14-17.
9. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Пивоваров В.Ф., Гинс М.С. и др. Овощи как продукт функционального питания / - М.: ООО «Столичная типография», 2008. - 128 с.
10. Музычкина Р.А., Корулькин Д.Ю., Абилов Ж.А. Основы химии природных соединений. Алматы: Каз. ун-т, 2010. - 564 с.
11. Гинс М.С. Биологически активные вещества амаранта: Амарантин: свойства, механизмы действия и практическое использование. - М. РУДН, 2002. - 183 с.
12. Бодягин Д.А., Исакова Е.Б., Гинс М.С., Бухман В.М., Лученко И.М., Каган М.Ю., Кононков П.Ф., Гинс В.К., Влияние водного экстракта из листьев амаранта на рост перевиваемой опухоли мышей // Российский биотерапевтический журнал. №3. - Т. 11. - 2012. - С. 53-57.
13. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Водяной кресс – перспективная овощная противораковая культура. М.: ВНИССОК. - 2012. - 14 с.
14. Козарь Е.Г. Биологическая активность вторичных метаболитов растений семейства Brassicaceae. // Овощи России. - 2011. - №1. - С.46-53.
15. Колесников М.П., Гинс В.К., Кононков П.Ф., Тришин М.Е., Гинс М.С., Оксидантрахиноны и флавоноиды хризантемы съедобной (овощной) // Прикладная биохимия и микробиология. - 2000. - Т.36. - №3. - С. 344-353.
16. Коновалова Н.П., Дьячковская Р.Ф., Волкова Л.М., Карцев В.Г., Доброхотов В.Г., Кононков П.Ф., Патент № 1811849 от 20 сентября 1993 г. Противоопухолевое средство.
17. Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С., Сидорова Н.В., Чекмарев П.А., Мельник Л.С. Интродукция якона в России. - М., ФГНУ «Росинформагротех», 2011. - 137 с.