

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ НОВЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СЕЛЕКЦИИ

С.Д. Киру

*ГНУ ГНЦ ВНИИР (ВИР) им. Н.И. Вавилова
190000. Санк- Петербург, ул Б. Морская 44.
e-mail: s.kiru@vir.nw.ru*

Резюме

Картофель используют в пищу почти на всем земном шаре. Все его знают, как довольно калорийного продукта, богатого углеводами и витаминами. Однако далеко не многие знают о значении для здоровья человека его разнообразия. Эволюция и тысячелетний искусственный отбор способствовали образованию широчайшего разнообразия культурного картофеля в Южной Америке. Благодаря этому сегодня в мире создано более 14 тысяч сортов картофеля.

Сегодня благодаря генетическому разнообразию картофеля в мире начинает развиваться новое направление селекции этой культуры – создание диетических сортов – специальных сортов для поддержания и улучшения здоровья человека, защиты от болезней. Основой для такой селекции служат южноамериканские формы культурных видов картофеля с высоким содержанием антоцианинов и каротиноидов, обладающих высокой антиоксидантной способностью. Использование в пищу такого картофеля помогает защитить организм от таких серьезных заболеваний как рак, атеросклероз, сердечные коронарно-сосудистые заболевания, ухудшение зрения и др. В США, при поддержке Конгресса активно развивается селекция сортов данного направления.

В ВИРе проводится исследование по поиску генетических источников и созданию исходного материала для нового направления селекции. Созданы первые гибриды с цветной мякотью клубней

Ключевые слова: диетический картофель, антиоксиданты, антоцианины, каротиноиды, источники, селекция.

Введение

Картофель как продукт, прежде всего, популярен благодаря высокому содержанию в его клубнях углеводов и витамина С, фолиевой кислоты и железа. Однако он содержит и многие другие биохимические соединения, среди которых антоцианины и каротиноиды, которые могут функционировать как антиоксиданты. Исследованиями ученых доказано, что антиоксиданты в человеческой диете снижают уровень сердечной

болезни, атеросклероза некоторых раковых образований. В пределах генетического разнообразия картофеля возможен выбор из различных видов таких форм, которые богатыми красными, фиолетовыми и синими пигментами, которые обеспечивают окраску и могут действовать как антиоксиданты в диете человека, усиливая защиту организма от образования оксидативных свободных радикалов.

В США уже более 5 лет развивается новая программа селекции специальных диетических сортов картофеля. Создано несколько новых сортов с высоким содержанием антоцианинов и каротиноидов в мякоти, которые рекомендованы министерством здравоохранения для использования в пищу как диетический продукт.

В нашей стране, как и в европейских странах, подобные селекционные программы еще не получили широкое развитие. Однако, учитывая возрастающий интерес населения к новым экзотическим продуктам питания и их значению для здоровья, велика вероятность, что спрос на диетический картофель пока значительно может превысить предложения создателей такого картофеля. Во Всероссийском научно-исследовательском институте растениеводства им. Н.И. Вавилова ведутся исследования по поиску и созданию исходного материала для нового перспективного направления селекции создание диетических сортов картофеля.

Значение картофеля с цветной мякотью для здоровья человека

Сегодня многие американские домохозяйки при покупке в магазине свежего картофеля бело- или желтоклубневым сортам предпочитают красноклубневые, а картофелю с белой или желтой мякотью предпочитают сорта с красной, оранжевой, фиолетовой или синей мякотью.

Исследования, проведенные в клиниках США (Lachman, 2000) показали, что ежедневное использование в пищу картофеля с красной, синей или фиолетовой мякотью резко снижает развитие некоторых онкологических болезней, атеросклероза, укрепляет стенки кровеносных сосудов, ингибирует накопление холестерина в организме, также улучшает зрение человека. Один из наиболее обычных каротиноидов – лютеин необходимый для нормального функционирования в сетчатке человека, содержится в большом количестве в клубнях картофеля.

Изучение пигментов окрашивающих мякоть клубней различных образцов южноамериканских культурных видов картофеля показывает, что содержание этих пигментов связано с уровнем антиоксидантов; чем насыщеннее окраска, тем больше антиоксидантная активность продукта (Al-Saikhan et al. 1995).

Американские ученые рекомендуют использовать в пищу каждый день по четыре–пять видов овощей и фруктов, в составе которых содержатся антиоксиданты. Теперь к таким овощам как свекла, капуста

брокколи, зеленные овощи, потребители будут иметь новый выбор – картофель с красной, синей или фиолетовой мякотью как новый источник антиоксидантов в диете.

Биохимических соединения в клубнях картофеля и их значение для здоровья человека

Биохимическое содержание компонентов в клубнях картофеля, которые могут действовать как антиоксиданты в человека диете, еще недостаточно широко изучено. Каротиноиды присутствуют в клубнях всех сортов и видов картофеля только в разном количестве. В научных публикациях отмечается что их количество составляет от 50 до 100 мг в 100г сырой мякоти клубней с белой мякоти и до 2000 мг в клубнях темно-желто и оранжевой мякотью. Содержащиеся в клубнях картофеля каротиноиды: лютеин, зексантин, виолаксантин относятся к группе ксантофиллов. Установлены только следы альфа – и бета-каротина, из чего следует, что картофель не является богатым источником провитаминов.

Мякоть клубней картофеля содержит фенольные соединения, среди которых преобладает хлористая кислота, включающая приблизительно 80 % от общего количества фенольной кислоты. В клубнях с белой и желтой мякотью присутствует до 30 мг флавоноидов (антоцианинов) в 100 г сырой мякоти, а в клубнях с красной, синей или фиолетовой мякотью их содержится в 2-2,5 раза больше. Преобладающие антоцианины в клубнях картофеля с красной и или фиолетовой мякотью – катехин и эпикатехин. Именно они обеспечивают красный и фиолетовую окраску мякоти или кожуры. У клубней может быть пигментирована только кожура, но может быть окрашена мякоть - полностью или частично.

Целый неочищенный с полной пигментацией мякоти клубень может содержать антоцианинов до 40 мг в 100 г сырого вещества. Красная мякоть картофеля содержит гликозид пеларгодин, а фиолетовая, кроме него содержит гликозиды мальвидин, петундин, пионидин и дельфинидин. Гидрофилическая антиоксидантная способность красной, синей или фиолетовой мякоти картофеля сопоставима с таким же уровнем способности капусты брокколи, брюссельской капустой и шпината. Таким образом, картофель должен рассматриваться как продукт, который могут иметь высокую антиоксидантную способность в зависимости от сорта.

Доказано (Brawn, 2003), что у картофеля с окрашенной антоцианом мякотью содержится в 4 раза больше таких антиоксидантов, как зеаксантин и лютеин, чем в клубнях с белой или желтой мякотью. У клубней с фиолетовой мякотью антиоксидантная способность в 6-7 раз больше чем у клубней с белой или желтой мякотью.

Установлено, что антиоксидантная способность картофеля с окрашенной мякотью выше таковой у брюссельской капусты, лука,

моркови, желтого и белого перца, и только чуть ниже, чем у капусты брокколи

Антоцианины

Антоцианины присутствуют во многих растениях и в различных их частях. Они служат, например, как фотозащита в тканях листьев. Некоторые надземные и подземные части растений содержат разное количество антоцианинов, что и обеспечивает им окраску различной яркости. Плоды многих овощных и фруктово-ягодных растений обычно богаты антоцианинами, особенно если они красные или синие. Клубни некоторых видов и сортов картофеля также богаты антоцианинами.

Американскими учеными была изучена антиоксидантная способность, т.е. способность поглощения радикалов кислорода антоцианинами содержащимися в клубнях с цветной мякотью у образцов с содержанием от 10 до 40 миллиграммов антоцианинов в 100 г. сырой мякоти. Оценка проводилась на экстракте из сырой мякоти клубней, которая заключалась в смешивании этого экстракта с флюоресцентным веществом, который теряет флюоресцентную способность при окислении радикалами образующимися в результате реакции. Экстракт мякоти в зависимости от уровня содержания антоцианина в определенной степени защищает флюоресцентную способность какое-то время. Было установлено, что степень антиоксидантной способности колеблется в пределах от 100 до 350 мг Trolox на 100г сырого вещества. У сортов с красной кожурой и красной мякотью, фиолетовой кожурой и мякотью, а также фиолетовой кожурой и синей мякотью уровень антиоксидантной способности антоцианина имеет одинаковое значение. То есть уровень антиоксидантной способности не зависит от места их концентрации в клубне, а от генотипа. У некоторых сортов антиоксидантная способность в антоцианина, содержащегося в кожуре была выше, чем в мякоти (AL-Saikhan et al., 1995)

Каротиноиды

Каротиноиды это группа веществ, которые придают желтую, оранжевую или красную окраску подземным или надземным частям многих растений, включая плоды, клубни или корни. Обычно они придают окраску отдельным органам растений от желтого, оранжевого до красного оттенков. Они содержатся и в клубнях картофеля с белой, желтой, оранжевой или красной мякотью. Однако, их количество значительно больше в клубнях с оранжевой и красной мякотью. Каротиноиды очень необходимы в пище человека и могут функционировать как антиоксиданты. Они главные необходимые элементы для нормального функционирования человеческой сетчатки. Каротиноиды, содержащиеся в картофеле - прежде всего ксантофилы и они не являются компонентами

провитаминов. Исследования показали, что диетические продукты, богатые каротиноидами заметно снижают развитие некоторых раковых образований и риск заболевания коронарно-сердечными, а также атеросклерозными заболеваниями.

Установлено, что отдельные аборигенные сорта, относящиеся к андийским культурным видам содержат каротиноиды в клубнях с ярко желтой и красной мякотью в 4 раза больше, чем в клубнях современных сортов с белой мякотью клубня. Поэтому селекция сортов картофеля с высоким содержанием каротиноидов имеет актуальное значение.

Оценку антиоксидантных свойств каротиноидов проводят по аналогичному методу, описанному выше. В качестве основы используется свойство флюоресцентности циклодекстрина, используется принципа оценки способности поглощения свободных кислородных радикалов каротиноидами. Обычные сорта с мякотью от белой до светло желтой окраски содержат до от 150 до 250 микрограммов каротиноидов, а сорта с окраской мякоти от желтой до темно желтой содержат до 800мг каротиноидов. Исследование перуанский аборигенных сортов картофеля относящихся к культурным видам *S. goniocalyx* и *S. phureja* с желтой и темно-желтой окраской мякоти показало содержание в их клубнях от 1700 до 2000 мг на 100 г сырой мякоти. Соответственно антиоксидантная способность этих образцов была в пять раз выше чем у сортов с белой мякотью клубня (Brawn, 2003).

Таким образом, создание высококаротиноидных сортов и высокоантоцианиновых сортов будет способствовать созданию новых продуктов для поддержания и улучшения здоровья людей.

Картофель как краситель пищевых продуктов

Клубни картофеля с красной мякотью (*Solanum tuberosum*, *S. andigenum*, *S. goniocalyx* и *S. stenotomum*) оцениваются как потенциальные источники для естественного красного красителя. Качественный состав антоцианина, содержание пигмента и фенольных компонентов состав были оценены на 33 сортах. От 2 до 40 мг/100г клубень новый(свежий) вес. В составе антоцианина входит пеларгодин, *p*-кумариновая кислота, составляющая главную его часть (приблизительно 70 %). Установлено (Luis E. et al.,1998), что некоторые сорта картофеля с красной мякотью могут быть успешно использованы в качестве сырья для производства пищевых красителей.

Экстракт антоцианина из красной и фиолетовой кожуры может быть использован в качестве антиоксиданта для соевого масла (Ur-Rehman et al.2004) с целью предотвращения окисления липидов.

В последнее десятилетие картофель с фиолетовой и красной мякотью были предложены как новые источники естественных фенольных красителей (Rodrigues-Saona et al., 1999a). Последний связан с повышенным интересом

в использовании натуральных красителей для производства пищевых продуктов по причине отсутствия токсичности или какого либо вреда для человека.

Селекция диетических сортов картофеля

Исходя из вышеизложенного, картофель, богатый антоцианами может способствовать появлению новых продуктов на рынке продовольствия, а следовательно, новой отрасли, деятельность которой может быть направлена на улучшение здоровья человека. Потребитель такого продукта может извлечь двойную выгоду: здоровая и недорогая пища; улучшение здоровья с минимальными затратами за счет природного продукта. И, хотя картофель с красной и синей или фиолетовой мякотью еще отсутствуют в наших магазинах, как только он появится, спрос на него будет очень высок, потому что, узнав об их ценности для здоровья, он будет покупать его постоянно в качестве альтернативы химическим лекарствам и пищевым добавкам.

В американской литературе такие необычные сорта картофеля называют специальными (имеется в виду специальные для поддержания и улучшения здоровья людей). Создание специальных сортов с высоким содержанием каротиноидов и антоцианинов должно развивать новое направление селекции картофеля – диетические сорта картофеля. Эти сорта имеют довольно хорошую перспективу, учитывая острую необходимость во всем мире в натуральных продуктах, способствующих оздоровлению организма человека. Укрепление этого направления селекции будет способствовать развитию рынка продуктов переработки картофеля. Спектр этих продуктов значительно расширится благодаря повышению спроса со стороны потребителя. Уже сейчас во многих странах натурально окрашенный картофель пользуется высоким спросом в ресторанах, а также у садоводов-любителей, выращивающих необычные экзотические культуры, куда относят и картофель с цветной мякотью клубня. В США картофелеперерабатывающие заводы уже производят продукты из цветного картофеля, в виде салатов и цветных картофельных чипсов. Наибольшим спросом у домохозяек пользуются такие сорта, как Kongo, Baue Hindelblank, All Blue, Red Pearl, Purple Peruvian, Alaska Sweetheart, Granberry Red и особенно новые сорта Mountain Rose, All Red и Purple Majesty.

Картофельные блюда будущего могли быть еще привлекательнее для использования в лечебных целях и более колоритными если селекционеры будут использовать в качестве исходного материала разнообразие южноамериканских культурных видов картофеля.

Создать гибриды с высоким содержанием антоцианинов и каротиноидов в принципе не составляет большой сложности для селекционера. Этого можно добиться при помощи межвидовой

гибридизации, если удачно подобрать исходные материал. Ч. Браун (Brawn, 2003) установил, что при использовании в качестве родительских форм генотипов с красной мякотью клубня с обеих сторон выщепляется до 24 % семян с красной мякотью. При скрещивании же генотипов с красной и белой мякотью количество семян с окрашенной мякотью не превышает 4 %.

Несколько олигогенов контролируют присутствие или отсутствие антоциановых (красных, фиолетовых и синих) пигментов.

Генетическая система, контролирующая окраску клубней была выявлена еще в 50-е годы Доддсом (Dods & Long, 1955;1956) и подтверждена позже Де Йонгом (De Jong, 1991) и Ван Эйком (Van Eck, 1994). Они доказали экспериментально, что все олигогены, контролирующие окраску клубней картофеля принадлежат одному геному.

Один единственный ген *D* контролирует красного пигмента и расположен он во второй хромосоме; синтез синего пигмента контролируется геном *P* (De Jong, 1987,1991) van Eck et al 1994) расположен в одиннадцатой. Ген *P_{sc}* контролирует окраску кожуры фиолетовым пигментом. Олигоцен *P_f* определяет концентрацию фиолетового пигмента кожуры и мякоти. Гебхард (1989) установила, что локус контролирующей фиолетовую окраску кожуры *P_{sc}* расположен в четвертой хромосоме. Ч. Брауном (2003) установлено что для создания гибридов с желаемой окраской мякоти клубней можно использовать различные комбинации, с вовлечением диплоидных и тетраплоидных форм южноамериканских культурных видов с антоциановой окраской мякоти и кожуры и селекционных сортов *S. tuberosum*.

В ВИРе с определенным оптимизмом уже несколько лет ведется работа по поиску и созданию исходного материала для селекции нового направления, которое по нашему убеждению, имеет перспективу развития и в нашей стране. И следует отметить, что поиски оказались успешными, благодаря широкому разнообразию коллекции южноамериканских культурных видов картофеля, которая насчитывает более 3300 образцов. Тем не менее, следует отметить что образцов, с окрашенной антоцианом мякотью найдено пока не так уж много. Однако первые же проведенные скрещивания, в которые были вовлечены подобные образцы, оказались удачными. Получены первые гибриды с окрашенной мякотью клубней. Предстоит расширение исследований, как по поиску новых источников желаемых признаков, так и по улучшению полученных гибридов, в том числе повышению их устойчивости к основным патогенам картофеля.

Литература

AL-Saikhan, L.R. Howard, J.C. Miller (1995) Antioxidant Activity and Total Phenolics in Different Genotypes of Potato (*Solanum tuberosum*, L.) Journal of Food Science 60 (2) , 341–343.

- Brawn C.R., R. Wrolstadt, R. Durst, C.P. Yang, B. Clevidence Breeding Studies in Potato Containing High Concentrations of Anthocyanins. Am. J. of Potato Res. 2003 V. 80; pp.241-250.
- De Jong H., 1987 Inheritance of pigmented tuber flesh in cultivated diploid potatoes. Am Potato Journal V. 64 pp 337-343.
- De Jong H., 1991 Inheritance of anthocyanin pigmentation in the cultivated potato: a critical review. American Potato Journal V 64; pp585-593
- Dodds K.S., D.H. Long. 1955. The inheritance of colour in potato: types of anthocyanins and their genetic loci. Genetics V 53 pp 136-149
- Dodds K.S., D.H. Long. 1956 The inheritance of colour in diploid potatoes: II. A tree-factor lineage group. J. Genetics, V. 54, pp. 27-41.
- Gebhardt C., E.Ritter, T. Debener, U. Schnachtschabel, B. Walkemeier, H.Uhrig and F. Salamini 1989 RFLP analysis and linkage mapping in *S. tuberosum*. Theor. Appl. Genet. V. 78; 65-75
- Hung Chen-Yi, Murray J.K., Ohman S.M. Tong S.B (1997) Anthocyanin accumulation during potato tuber development Amer. Soc. For Horticulturel Sc; NV 69; 122 pp-20-23.
- Lachman J, HamouzK., Orsok M., Pivec V., 2001 Potato tubers as a significant source of antioxidants in human nutrition, Rostlina Viroba, 46, pp-231-236.
- Lachman J., Homouz K. Red and purple colored potatoes as a significant antioxidant source in human nutrition (review) Plant Soil environment, V, 51 2005, (11) pp. 477-482.
- Rodrigues-Saona L., M.Giusti, R. E. Wrolstad (1998) Anthocyanin Pigment Composition of Red-fleshed Potatoes. Journal of Food Science 63 (3) , 458–465
- Reyes L., et al (1998) Reyes L., Miller J., Cisneros-Zebvallos L. (2004) Environmental conditions influence the content any yield of antocyanins and total phenolics in purple and red flesh potatoes during tuber development/ Am J. of Potato Res. 81, 187-193.
- Ur-Rehman, Farzana H, Shah W.H (2004) Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil. Food Chemistry, 85; pp215-220
- Van Eck H.J. J. Jacobs .P.M.M. Van den Berg, W.J. Stiekema and E. Jacobsen. 1994 The inheritance of athocyanin pigmentation in potato (*Solanum tuberosum* L.) and mapping of tuber skin colour using RFLP's. Heredity V. 73, pp410-421.
- Vogel R., Shuler K.,Flamme, W, Jansen F.G., Junghands H, Christiansen C. Mohing H,Jacobs R (2004) Investigations of exstraction of pigments from potatoes (*Solanum tuberosum* genepool) and testing of economic utilisability in them contained pigments for non-food utilization (Final Reports) Landesumnweltamt, Brandenburg, Germany.