BUG‘DOYDAGI ANTOTSIANLAR, ULARNING GENETIKASI, SELEKSIYA VA OZIQ-OVQATDAGI AHAMIYATI

Buzurukov Sanjar Saidazimovich[1], Baboyeva Sevara Saidmuratovna[2], Baboyev Saidmurot Kimsanboyevich[3]

[1]O‘zR FA Genetika va o‘simliklar eksperimental biologiyasi instituti [2]tayanch doktoranti, [3]katta ilmiy hodimi bosh ilmiy hodim

https://doi.org/10.5281/zenodo.15545542

Annotatsiya. *Mazkur maqolada bug‘doy (Triticum aestivum L.) donida mavjud bo‘lgan antotsianlar sog‘liq uchun muhim bo‘lgan bioaktiv birikmalar, antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, qarishga qarshi va metabolik kasalliklarning oldini olish xususiyatlariga egaligi, bug‘doy donidagi binafsha va ko‘k rangli pigmentlanish antotsianlarning mavjudligi bilan bog‘liq bo‘lib, ushbu pigmentlarni nazorat qiluvchi genlar yovvoyi bug‘doy turlaridan, xususan Thinopyrum ponticum va Triticum aephiopicum turlaridan yumshoq bug‘doyga o‘tkazilganligi yoritilgan. Ushbu seleksiya va genetik modifikatsiya ishlari orqali antotsianga boy, sog‘liq uchun foydali, lekin hosildorligi pastroq bo‘lgan navlar hosil qilingan. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, antotsianga boy navlar oziq-ovqat mahsulotlarining sifatini oshirish hamda funksional oziq-ovqatlar ishlab chiqarish imkoniyatini kengaytiradi.*

Kalit so‘zlar: *Bug‘doy, antotsianlar, Binafsha va ko‘k donli bug‘doy, Pp genlari, Thinopyrum ponticum*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются антоцианы, содержащиеся в зерне пшеницы (Triticum aestivum L.), как важные биоактивные соединения, обладающие антиоксидантными, противовоспалительными, антивозрастными свойствами и способные предотвращать развитие метаболических заболеваний. Фиолетовая и синяя окраска зерна пшеницы связана с наличием антоцианов, синтез которых регулируется генами, интродуцированными из диких видов пшеницы, в частности Thinopyrum ponticum и Triticum aephiopicum. Путём селекции и генетической модификации были получены сорта, обогащённые антоцианами, обладающие высокой пользой для здоровья, но с относительно низкой урожайностью. Исследования показывают, что такие сорта пшеницы способствуют повышению качества пищевых продуктов и открывают новые возможности для производства функционального питания.*

Ключевые слова: *пшеница, антоцианы, фиолетовое и синее зерно пшеницы, гены Pp,* Thinopyrum ponticum

Annotation. *This article discusses anthocyanins found in wheat (Triticum aestivum L.) grains as important bioactive compounds that possess antioxidant, anti-inflammatory, anti-aging properties and contribute to the prevention of metabolic diseases. The purple and blue pigmentation of wheat grains is associated with the presence of anthocyans, which are regulated by genes introduced from wild wheat species, particularly Thinopyrum ponticum and Triticum aephiopicum, into common wheat. Through selection and genetic modification efforts, anthocyanin-rich varieties beneficial for human health but with relatively lower yield have been developed. Studies indicate that anthocyanin-rich wheat varieties enhance the quality of food products and expand the potential for functional food production.*

Keywords: *wheat, anthocyanins, purple and blue wheat grain, Pp genes, Thinopyrum ponticum.*

Bug‘doy (*Triticum aestivum* L., 2n = 6x = 42, AABBDD) —keng tarqalgan donli ekinlaridan biri hisoblanadi. Bug‘doy donidan tayyorlangan non maxsulotlarida insonlar uchun energiya, balki ko‘plab aminokislotalar, fitokimyoviy moddlarni ham o‘zida saqlaydi, ularning orasida klechatka, fenollar, tokoferollar, karotinoidlar va antotsianlar mavjud [11]. Bu moddalar oziq ovqat ratsionining asosiy komponentlari hisoblanadi, ular ko‘plab kasalliklar xavfini kamaytirishga yordam beradi. Antotsianlarning turli xil salomatlikka foydasi, shu jumladan antioksidant, antiinflamator, kanserogenga qarshi, qarishga qarshi, yog‘ kislotalarini tartibga solish, semizlik va diabetga qarshi, giperglikemiya himoyasi kabi ta’sirlari sababli, antotsianlarga boy don ekinlari ishlab chiqarishga qiziqish kundan kunga oshmoqda [14; 18].

Bug‘doyda binafsha va ko‘k rangi bo‘lgan donlar antotsianlar bilan bog‘liq bo‘lib, ularning tarkibi farq qiladi. Bug‘doyda binafsha va ko‘k rangli donlar turli tuzilishga ega antotsianlar tomonidan keltirib chiqariladi. Binafsha donlarda eng ko‘p antotsianlar sianidin asosidagi birikmalar bo‘lsa, ko‘k donlarda esa delfinidin asosidagi antotsianlardir [2; 4]. Ushbu birikmalar don qobig‘i ostida, qo‘shimcha *Pp* genlari nazorati ostida, va aleyron qavatida *Ba* geni nazorati ostida to‘planadi. Geksaploid bug‘doyda ko‘k ham, binafsha ham don pigmentlanishi topilmagan. *Pp* genlari maxalliy bug‘doy navlariga tetraploid Efiopiya bug‘doylaridan kiritilgan [16]. Qo‘shimcha Pp-1 va Pp3 genlari mos ravishda gomologik 7-xromosomaning kalta yelkasiga va 2-xromosomaning uzun yelkasiga xaritalashtirilgan [3; 7]. Pp-1 va Pp3 genlari mos ravishda R2R3-MYB va bHLH oilalariga mansub transkripsiya omillarini kodlaydi, ular birgalikda don qobig‘i osti to‘qimalarida antotsian biosintezini qo‘zg‘atadi [12; 8].

Geksaploid ko‘k donli bug‘doylarda aleron qavati antotsian biosintezini tartibga soluvchi uchta to‘liq bo‘lmagan dominant Ba genlari aniqlangan [16]. Bu genlar yovvoyi avlodlaridan olingan. Zheng et al. Ba1 genini yovvoyi bug‘doy (*Thinopyrum ponticum* (Podp.)) turidan Barkworth va Dewey olimlar olganini ta’kidlashgan [17]. Ba1 genidan foydalanish, antotsianlar sintezini tartibga solishda yangi yo‘nalishlarning nazariy va amaliy tadqiqotlarini ko‘rsatadi [9]. Antotsian sintezini nazorat qiladigan regulyator genlar, Pp-A1, Pp-D1 va Pp3, ning turli kombinatsiyalari bilan yaqin izogen liniyalar ilgari Saratovskaya- 29 navining genetik fondida yaratilgan [13].

Binafsha va ko‘k donli bug‘doy genotiplari o‘rtasida antotsianlar miqdori va tarkibida farqlar mavjud bo‘lsa-da, tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, har qanday rangli bug‘doy donining ranglar fraksiyasi tabiiy antioksidantlarning manbaidir [1]. Tarkibida yuqori miqdorda antotsian bo‘lgan bug‘doy navlarini yaratish antotsianga boy non, shirinliklar va qandolat mahsulotlari kabi oziq-ovqatlar ishlab chiqarishda muhim qadam bo‘lib, oziq-ovqat sanoatida yangi yo‘nalishni ochmoqda [15].

Nonboplik xususiyati yuqori bug‘doy navlarini genetik zaxiralardan kerakli navlarga antotsian pigmentlanishini nazorat qiluvchi genlarni o‘tkazish orqali antotsianlar bilan to‘yintirish mumkin. Hosildorlik va don sifati bo‘yicha donor liniyalarini yaratish va tavsiflash antotsianga boy bug‘doy navlarini yaratishga qaratilgan seleksiya dasturlaridagi dolzarb vazifadir. Antotsianlar va ularga bog‘liq polifenollarning sog‘liq uchun foydasi tufayli, antotsianlarga boy bug‘doy navlariga bo‘lgan talab kundan-kunga ortib bormoqda. Hozirgi vaqtda bug‘doyda yuqori darajada antotsianlar yig‘iladigan navlar ba’zi mamlakatlarda ro‘yxatga olingan [10]. Antotsianlarga boy navlarni rivojlantirish uchun to‘g‘ri donorlar kerak. Don qobig‘i ostidagi antosianin biosintezini boshqaruvchi Pp geni, bug‘doy donining qobiq osti antotsianlar

sintezini boshqaruvchi, oldingi tadqiqotlarda tetraploid bug‘doy T. aephiopicum turidan yumshoq bug‘doyga o‘tkazilgan [16].

Ko‘k rangli donlar yaratish uchun, *Th.ponticum* va *Th.bessarabicum* bug‘doy turlarining *Ba* genlarini donor sifatida foydalanilgan. Bu genlar odatda bug‘doy genomiga qo‘shimcha xromosomalar yoki xromosomalarini o‘rnini almashtirish orqali kiritiladi [5]. Ammo *Ba* genini tashuvchi rekombinant tizmalarni olishda qyinchiliklar mavjud. Liu va boshqa olimlarning tajribalariga ko‘ra, Blue58 tizmasi asosida ^{60}Co-γ nurlanish yordamida *Th.ponticum* bug‘doy turining xromosomalari yumshoq bug‘doy xromosomalariga o‘tkazilib, ko‘k rangli translokatsiya liniyalari yaratilgan. Bu jarayonda ^{60}Co-γ nurlanish maxsus xromosoma segmentlarini *Th.ponticum* turidan yumshoq bug‘doy xromosomalariga o‘tkazish uchun qo‘llaniladi. Bu usul natijasida yumshoq bug‘doy doniga ko‘k rang berish uchun kerakli genlar almashinuvi va integratsiyasi ta’minlandi [9]. Gordeeva va boshqa olimlarning tajribalari natijasida Saratovskaya -29 yumshoq bug‘doy bilan *Thinopyrum ponticum* yovvoyi bug‘doy turi bilan bekross usulining 7 avlodida ko’k rangli donga ega yangi tizma olingan. Bu bekkrossning 7-avlodi, ya’ni xromosomalarni almashtirish yo‘li bilan olingan tizma. Yaratilgan kuk rangli donga ega tizmaning don qobiq qismidagi antotsian miqdori 475,7 mg/g bo‘lib, bu 355,6 mg/g bo‘lgan binafsha donli rangli bug‘doyning yaqin izogenik tizmasidan yuqori, hamda boshlang‘ich material sifatida qatnashgan Saratovskaya-29 bug‘doy donida antotsianlik xususiyat umuman yo‘q bo‘lgan. To‘liq xromosoma almashinishga qaramay, yangi tizmaning hosildorlik ko‘rsatkichlari taxlil qilinganda, Saratovskaya-29 bug‘doy navidan nisbatan past natija ko‘rsatgan [6].

Ilmiy adabiyotlar taxlili bo‘yicha yangi bug‘doy navlarini antotsian bilan boyitish, inson salomatligini asrash, oziq ovqat maxsulotlari sifatini aminokislotar, minerallar va vitaminlar bilan boyitishining asosiy usullaridan, seleksiya, genetika, biotexnologiya va molekulyar seleksiya yutuqlaridan foydalanish orqali genlarni birlashtirish bo‘yicha yutuqlarga erishish mumkinligi taxlil qilingan. Transkripsiya omillarining asosiy seleksiyasi va genetik muhandisligi ham hosildorlikni sezilarli darajada pasaytirmasdan antotsianga boy germplazmani yaratishda muvaffaqiyatli qo‘llanilgan. Shunday qilib, vitaminlar va fitokimyoviy moddalarga boy asosiy oziq-ovqat ekinlari navlarini yaratish uchun mikroelementlarga boy antostian rangli qishloq xo‘jalik ekinlaridan foydalanish zarurati ortib bormoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdel-Aal, E.S.M.; Hucl, P.; Shipp, J.; Rabalski, I. Compositional Differences in Anthocyanins from Blue-and Purple-Grained Spring Wheat Grown in Four Environments in Central Saskatchewan. Cereal Chem. 2016, 93, 32–38.
2. Abdel-Aal, E.S.M.; Young, J.C.; Rabalski, I. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains. J. Agric. Food Chem. 2006, 54, 4696–4704.
3. Dobrovolskaya, O.B.; Arbuzova, V.S.; Lohwasser, U.; Röder, M.S.; Börner, A. Microsatellite mapping of complementary genes for purple grain colour in bread wheat (Triticum aestivum L.). Euphytica 2006, 150, 355–364.
4. Ficco, D.B.M.; De Simone, V.; Colecchia, S.A.; Pecorella, I.; Platani, C.; Nigrom, F.; Finocchiaro, F.; Papa, R.; De Vita, P. Genetic variability in anthocyanin composition and nutritional properties of blue, purple, and red bread (Triticum aestivum L.) and durum (Triticum turgidum L. ssp. turgidum convar. durum) wheats. J. Agric. Food Chem. 2014, 62, 8686–8695.

5. Garg, M.; Chawla, M.; Chunduri, V.; Kumar, R.; Sharma, S.; Sharma, N.K.; Kaur, N.; Kumar, A.; Mundey, J.K.; Saini, M.K.; et al. Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization. J. Cereal Sci. 2016, 71, 138–144.
6. Gordeeva, E., Badaeva, E., Yudina, R., Shchukina, L., Shoeva, O. and Khlestkina, E., 2019. Marker-assisted development of a blue-grained substitution line carrying the Thinopyrum ponticum chromosome 4Th (4D) in the spring bread wheat Saratovskaya 29 background. Agronomy, 9(11), p.723.
7. Gordeeva, E.I.; Shoeva, O.Y.; Khlestkina, E.K. Marker-assisted development of bread wheat near-isogenic lines carrying various combinations of purple pericarp (Pp) alleles. Euphytica 2015, 203, 469–476.
8. Jiang,, W.; Liu, T.; Nan, W.; Jeewani, D.C.; Niu, Y.; Li, C.; Wang, Y.; Shi, X.; Wang, C.; Wang, J.; et al. Two transcription factors TaPpm1 and TaPpb1 co-regulate anthocyanin biosynthesis in purple pericarps of wheat. J. Exp. Bot. 2018, 69, 2555–2567.
9. Liu, L.; Luo, Q.; Li, H.; Li, B.; Li, Z.; Zheng, Q. Physical mapping of the blue-grained gene from Thinopyrum ponticum chromosome 4Ag and development of blue-grain-related molecular markers and a FISH probe based on SLAF-seq technology. Theor. Appl. Genet. 2018, 131, 2359–2370.
10. Musilová, M.; Trojan, V.; Vyhnánek, T.; Havel, L. Genetic variability for coloured caryopses in common wheat varieties determined by microsatellite markers. Czech J. Genet. Plant Breed. 2013, 49, 116–122.
11. **Shewry, P.R.; Hey, S.J. The contribution of wheat to human diet and health. Food Energy Secur. 2015, 4, 178–202.**
12. Shoeva, O.; Gordeeva, E.; Khlestkina, E. The regulation of anthocyanin synthesis in the wheat pericarp. Molecules 2014, 19, 20266–20279.
13. Tereshchenko, O.; Gordeeva, E.; Arbuzova, V.; Börner, A.; Khlestkina, E. The D genome carries a gene determining purple grain colour in wheat. Cereal Res. Commun. 2012, 40, 334–341.
14. Tsuda, T. Dietary anthocyanin-rich plants: Biochemical basis and recent progress in health benefits studies. Mol. Nutr. Food Res. 2012, 56, 159–170.
15. Usenko, N.I.; Khlestkina, E.K.; Asavasanti, S.; Gordeeva, E.I.; Yudina, R.S.; Otmakhova, Y.S. Possibilities of enriching food products with anthocyanins by using new forms of cereals. Foods Raw Mater. 2018, 6, 128–135.
16. Zeven, A.C. Wheats with purple and blue grains: A review. Euphytica 1991, 56, 243–258.
17. Zheng, Q.; Li, B.; Mu, S.; Zhou, H.; Li, Z. Physical mapping of the blue-grained gene(s) from Thinopyrum ponticum by GISH and FISH in a set of translocation lines with different seed colors in wheat. Genome 2006, 49, 1109–1114.
18. Zhu, F. Anthocyanins in cereals: Composition and health effects. Food Res. Int. 2018, 109, 232–249.