

Przesłano: 01-03-2021

Zaakceptowano do druku: 19-03-2021

BIOAKTYWNE METABOLITY GRYKI (*Fagopyrum* Mill.)

Agnieszka Zawadzka¹, Joanna Kobus-Cisowska², Barbara Stachowiak³

Abstrakt: Gryka jest rośliną nie wymagającą specjalnych warunków glebowych i doskonale rośnie w trudnych warunkach środowiskowych, wykazując wysoką odporność na szkodniki i choroby. Gryka zwyczajna (*Fagopyrum esculentum* Moench) i gryka tatarska (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) są bogatym źródłem wielu składników odżywczych oraz związków bioaktywnych, m.in. takich jak rutyna, kwercetyna, emodyna, fagopiryryna. Dzięki znaczącym ilościom tych związków gryka została zaliczona do związków, które mogą wpływać na zdrowie. Warunki uprawy odgrywają ważną rolę w kształtowaniu cech nasion gryki.

Słowa kluczowe: uprawa, gryka, flawonoidy, rutyna, kwercetyna, emodyna, fagopiryryna

BIOACTIVE MATEBOLITES OF BUCKWHEAT (*Fagopyrum* Mill.)

Agnieszka Zawadzka¹, Joanna Kobus-Cisowska², Barbara Stachowiak³

Abstrakt: Buckwheat is a plant that does not require special soil conditions and grows perfectly in harsh environmental conditions, showing high resistance to pests and diseases. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) are rich sources of many nutrients and bioactive compounds, such as rutin, quercetin, emodin, phagopyrin, among others. Thanks to significant amounts of these compounds, buckwheat has been classified as one of the compounds which positively affect health. Growing conditions play an important role in shaping the characteristics of buckwheat seeds.

Keywords: breeding, buckwheat, flavonoids, rutin, quercetin, emodin, fagopyrin

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy: 70% | e-mail: Agnieszka.Zawadzka@KUBARA.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | ORCID 0000-0003-2834-0405 | wkład pracy: 15% | e-mail: joanna.kobus-cisowska@up.poznan.pl

³ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu (Poznań University of Life Sciences) | wkład pracy: 15% | e-mail: barbara.stachowiak@up.poznan.pl

1. Wstęp

Gryka (*Fagopyrum* Mill.) należy do roślin rdestowatych, rodziny *Polygonaceae* i obejmuje 15 gatunków rosnących w klimacie umiarkowanym Europy i Azji (Li, 2003). Gryka jest rośliną nie wymagającą specjalnych warunków glebowych i doskonale rośnie w trudnych warunkach środowiskowych, wykazując wysoką odporność na szkodniki i choroby. Z tego względu idealnie nadaje się do upraw ekologicznych (Sytar, 2016). Na świecie uprawiane są w zasadzie głównie dwa gatunki gryki - gryka zwyczajna (*Fagopyrum esculentum*) oraz gryka tatarska (*Fagopyrum tataricum*). Owoce gryki to trójkątne ciemnobrunatne orzeszki o ostrych krawędziach, zwane potocznie ziarnem.

Z uwagi na skład i obecność bioaktywnych metabolitów, oba gatunki stanowią dobry składnik żywności funkcjonalnej (Inglett, 2011; Kim, 2008). W tym rozumieniu żywność funkcjonalna stanowi produkty (również przetworzone), których działanie może wpłynąć na zdrowie ponad zwykły efekt odżywczy. Z orzeszków gryki najczęściej wytwarza się kasze, mąkę i płatki, które mogą być podstawą pełnowartościowych posiłków i dań. Gryka zwyczajna i gryka tatarska wykazują różnice w smaku. Pierwsza jest bardziej słodka, ma większe orzeszki i wykazuje łatwość obłuszczenia okrywy nasiennej, podczas gdy gryka tatarska zawiera znacznie więcej gorzkich flawonoidów (Nina, 2003). Różnice te stanowią przedmiot wielu badań (Sun, 2008). Zarówno gryka zwyczajna, jak i gryka tatarska były używane w tradycyjnej ludowej medycynie chińskiej jako środek korzystnie wpływający na prawidłowe funkcjonowanie układu pokarmowego. W brytyjskiej farmakopei ziołowej (British Herbal Pharmacopoeia, 2019) orzeszki gryki zwyczajnej wymieniane są jako lek przeciwzakrzepowy i hipotensyjny. Gryka posiada właściwości przeciwzapalne, detoksykacyjne i obniżające gorączkę (Kim, 2008). Nasiona gryki tatarskiej za względu na wysoką zawartość przeciwutleniaczy wspomagają profilaktykę chorób nowotworowych, cukrzycy i nadciśnienia (Ren, 2001). Uprawa i wykorzystanie określonego gatunku gryki zależy od strefy klimatycznej. W Europie w USA, Kanadzie, Brazylii, RPA i Australii w uprawie dominuje gryka zwyczajna. Gryka tatarska może rosnąć w trudniejszych warunkach klimatycznych, w Nepalu i w północnych Indiach ale także w Chinach, Rosji czy na Ukrainie (Singh, 2020). Bez względu jednak na gatunek, gryka ma korzystny i zbilansowany skład aminokwasowy białek, wysoką zawartość błonnika pokarmowego oraz składników mineralnych, a także witamin i przeciwutleniaczy. Kasza gryczana nie zawiera białek glutenowych, dzięki czemu może być wykorzystana w diecie osób cierpiących na celiakię lub inną formę nietolerancji glutenu (Huda, 2020). Do tej pory hodowla i uprawa gryki zwyczajnej i tatarskiej koncentrowały się na zwiększeniu plonowania i odporności na niekorzystne warunki środowiskowe. Obecnie trwają prace nad

optymalizacją parametrów uprawy gryki celem zwiększenia jej wartości odżywczej (Kreft, 2020).

2. Uprawa gryki

Gryka zwyczajna jest rośliną owadopylną, w ponad 90% zapylaną przez pszczoły i jest bardzo ceniona za swą miododajność. Efektywność zapyłania zależy od wielu czynników: zdolności rośliny do przyciągania owadów (pszczoły miodne), morfologii kwiatów oraz zdolności produkcji pyłku i nektaru przez owady, a także od zdolności do zbierania, transportu i deponowania pyłku. Gryka tatarska jest rośliną samopylną. Najwięcej oryginalnych odmian gryki można jeszcze spotkać w krajach o długiej tradycji jej uprawy i spożycia, szczególnie w Himalajach, skąd pochodzi rodzaj *Fagopyrum*. Ze względu na szeroką niejednorodność fenotypową i genetyczną gryki poszukiwanie recesywnych genów w heterozygotycznej roślinie jest dużym wyzwaniem, ale może odnieść wiele korzyści w uprawie (Škrabanja, 2018).

Gryka kwitnie od lipca do sierpnia. Jest rośliną ciepłolubną, najlepiej rozwija się w temperaturze ok. 20°C, a do rozpoczęcia kiełkowania wymaga 8-10°C. Jest bardzo wrażliwa na przymrozki. Jej zapotrzebowanie na wodę zależy od fazy rozwoju. Gryka preferuje słoneczne stanowiska i średnio żyzne, świeże, umiarkowanie wilgotne gleby o lekko kwaśnym odczynie pH. Nie toleruje suszy, ani nadmiaru wilgoci, dlatego nie na wszystkich podłożach udaje się zebrać plon (nieodpowiednie gleby to zbyt lekkie, suche i piaszczyste oraz ciężkie, podmokłe).

Przed siewem, glebę pod uprawę gryki można wzbogacić nawozami wieloskładnikowymi z przewagą fosforu i potasu oraz zmniejszoną ilością azotu. Metody uprawy gryki zwyczajnej i tatarskiej znacznie się różnią. Gryka zwyczajna jest bardzo wrażliwa na czynniki klimatyczne, termin siewu, światło słoneczne i lokalne praktyki agrotechniczne, które mają silny wpływ na plon nasion. Czynniki abiotyczne, takie jak warunki pogodowe, susza, promieniowanie słoneczne, chwasty i dostępne składniki odżywcze mogą wpływać na rozwój gryki (Yabe, 2018). Grykę wysiewa się gdy gleba jest odpowiednio nagrzana i minie prawdopodobieństwo pojawienia się przymrozków. Optymalna temperatura kiełkowania to 15°C, natomiast temperatura wzrostu to 20°C. Siew gryki wykonuje się z użyciem siewnika zbożowego w rzędach w zakresie 15-45 cm, na głębokości 2-3 cm na glebach lepszych i wilgotnych oraz 4-5 cm na glebach słabszych i bardzo suchych. Najkorzystniejszy czas siewu to 15-25 maja. Wielkość siewu w przeliczeniu na obszar wynosi 70 kg/ha na glebach lepszych oraz 80 kg/ha na glebach słabszych. Podczas gdy siew odbywa się w opóźnionym terminie należy zwiększyć ilość wysiewanych nasion o 10 kg/ha.

Ważnymi celami w powszechnej uprawie gryki to stabilny plon, najwyższa jakość nasion, odporność na wyleganie, łatwe obłuszczenie, niewielkie rozdrobnienie nasion, odporność na nadmiar wody w środowisku, wysoka zawartość rutyny, niska zawartość białka alergennego, korzystne walory sensoryczne i odporność na kiełkowanie przed zbiorem (Hara, 2020). W polskich populacjach gryki tatarski występują linie wsobne, które mogą różnić się pod względem specyficznych cech, w tym poziomów bioaktywnych metabolitów, a także jakością plonów, sposobem łuszczenia (Zhang, 2020). Tak więc poziomy pożądanych metabolitów obecnych w różnych odmianach gryki nie są takie same i mogą różnicować właściwości funkcjonalne. Dlatego duże znaczenie odgrywa zarówno wydajność plonu (na jednostkę powierzchni), jak i wydajność metabolitów w zbiorze (na jednostkę powierzchni). W przemyśle farmaceutycznym ważne jest zatem, aby osiągnąć wysokie poziomy metabolitu w roślinach np. rutyny, aby zoptymalizować proces ekstrakcji, izolacji i koncentracji pożądanego metabolitu (Singh, 2020). Dla przemysłu spożywczego kluczowa jest jednak wydajność plonu. Na chwilę obecną trudno znaleźć genotypy o pożądanym właściwościach zaspokajających potrzeby przemysłu farmaceutycznego i spożywczego jednocześnie.

3. Aspekt ekonomiczny uprawy gryki

Plon zależy od warunków klimatycznych w danym roku. Dane z 2019 roku wskazują, że plon ziarna był niższy niż w poprzednich latach i w roku 2020 i wyniósł 13 dt z ha, co było skutkiem ograniczonych opadów i suszy. Stąd też wynika różnica w cenie zbytu. Ważnym kosztem oprócz kosztu materiału siewnego są koszty mechanizacji tj. koszt pracy ciągnika oraz jego amortyzacji i amortyzacji sprzętu towarzyszącego w uprawie gryki w przeliczeniu na 1 ha. Koszty ogólnogospodarcze stanowią 6% kosztów bezpośrednich. Dodatkowymi kosztami produkcji są obciążenia płatnicze (ubezpieczenia w KRUS), ubezpieczenia komunikacyjne i podatek rolny przeliczony na 1 ha. W 2019 roku koszt uprawy gryki przy plonie 13 dt z ha po uwzględnieniu kosztów produkcji i dopłat do 1 ha produkcji, wyniósł 468 zł. Jednostkowy koszt produkcji gryki z uwzględnieniem dopłat obszarowych to 94 zł za dt. Średnia cena zbytu wyniosła 130 zł za dt. Wskaźnik opłacalności, wyrażony stosunkiem ceny zbytu 1 dt do kosztów produkcji 1 dt, to 1,33% (Zwolak, 2020).

4. Rutyna i kwercetyna w gryce

W literaturze tematu dostępne są liczne dane wskazujące, że zarówno orzeszki jak i liście gryki są bardzo dobrym źródłem rutyny i kwercetyny, związków na-

leżących do flawonoidów (Zhang, 2018). Flawonoidy i ich glikozydy to wtórne metabolity roślin. Są szeroko rozpowszechnione i mają szczególne znaczenie ze względu na swoje właściwości przeciwutleniające (Kreft, 2016; Ikeda, 2017). Flawonoidy należą do związków fenolowych, charakteryzujących się budową chemiczną, której podstawą jest 15-węglowy szkielet. Związki polifenolowe posiadają pierścień benzenowy z dwoma lub więcej grupami hydroksylowymi. Większość związków fenolowych występuje w połączeniu z cukrami, kwasami organicznymi oraz estrami, a niewielka część występuje w postaci aglikonów. Rutyna jest glikozydem flawonolowym, podczas gdy kwercetyna jest aglikonem powstałym w wyniku enzymatycznej degradacji rutyny. Dominującym flawonoidem jest rutyna, która występuje we wszystkich częściach rośliny. Najwięcej jest jej w kwiatach (373 mg/100 g), liściach (116 mg/100 g), ziarnie (23 mg/100 g), a najmniej w łodygach i korzeniach (5-10 mg/100 g). Zawartość kwercetyny jest niższa i mieści się w zakresie 20-50% zawartości rutyny w odpowiednich częściach morfologicznych rośliny (Kawabata, 2015). Jedną z funkcji rutyny w gryce jest jej ochrona przed promieniowaniem ultrafioletowym (UV), którego źródłem jest promieniowanie słoneczne (Suzuki, 2005). Ponadto pochodne kwercetyny wydzielane przez korzenie gryki do gleby, chronią roślinę przed drobnoustrojami (Kalinova, 2007). Wilgoć oddziaływująca na ziarna gryki stymuluje enzymatyczny rozkład rutyny do kwercetyny pod wpływem rutynozydazy. Proces ten ma również miejsce po zmieleniu gryki i kontakcie mąki gryczanej z wodą (Suzuki, 2005; Fujita, 2019). W badaniach realizowanych na Słowenii symulowano proces wyrabiania ciasta na chleb z mąki gryczanej (z gryki tatarskiej), poprzez połączenie 66% mąki i 44% wody. Ciasto przetrzymywano w temperaturze 20°C pod przykryciem przez odpowiednio 5 min, 30 min, 60 min i 24 godziny (Vombergar, 2020). Po przechowywaniu oceniono stężenie rutyny i kwercetyny (HPLC). W ciągu pierwszych 5 minut większość rutyny uległa degradacji, a kwercetyna pojawiła się w mieszaninie mąki i wody. Stężenie kwercetyny było po tym stabilne przez co najmniej 24 godziny (Vombergar, 2020). Rutyna jest związkiem wielkocząsteczkowym, glikozydem, o właściwościach przeciwbakteryjnych, przeciwzapalnych, przeciwnowotworowych i przeciw cukrzycowych (Kreft, 2016; Kawabata, 2015). Wykazano, że produkty pochodzące z gryki zwyczajnej i gryki tatarskiej mogą zmniejszać objawy zmęczenia, obniżyć poziom cholesterolu i poprawiać wydolność oddechową (Wieslander, 2020). Wykazano działanie ochronne metanolowych ekstraktów gryki wobec uszkodzeń DNA spowodowanych rodnikami hydroksylowymi (Vogrinčić, 2013).

Rutyna jak i kwercetyna mają duże znaczenie żywieniowe (Shin, 2016). Jednak wyższa zawartość rutyny w ziarnie gryki, obniża odczucie gorzkiego smaku, za który odpowiedzialna jest wysoka zawartość kwercetyny (Sun, 2020). W Japonii udało się wyhodować nową odmianę gryki tatarskiej o niższej aktywności rutynozydazy (Su-

zuki, 2015). Otrzymaną z niej mąkę wykorzystano do produkcji pieczywa i makaronu, które zawierały znacznie więcej rutyny niż kwercetyny i charakteryzowały się wysoką akceptowalnością wśród konsumentów (Duarte, 2020). Zatem kasza gryczana o niskiej aktywności rutynozydazy może zyskać na popularności w krajach (np. w Polsce), w których potrawy z gryki tatarskiej są mniej popularne niż z gryki zwyczajnej z powodu bardziej gorzkiego smaku. Produkty na bazie gryki z wyższą zawartością kwercetyny są akceptowane tylko przez niektórych konsumentów, np. wywodzący się z Japonii makaron soba. Z drugiej strony Europejczycy, spożywając bardziej gorzkie produkty na bazie gryki tatarskiej, mogą zyskać wiele korzyści zdrowotnych, np. złagodzenie objawów cukrzycy (Ikeda, 2017).

Nowe odmiany gryki tatarskiej o niskiej aktywności rutynozydazy nie wykazują aktywności hamowania α -glukozydazy po spożyciu, podczas gdy tradycyjne odmiany taką aktywność posiadają, co jest ważne w profilaktyce i wspomaganiu leczenia cukrzycy (Ren, 2018). Innym sposobem zapobiegania degradacji rutyny do kwercetyny jest termiczna inaktywacja enzymów zawartych w mące z gryki tatarskiej poprzez utrzymywanie mąki w stanie mokrym przez 20 minut w temperaturze 80–95°C. Ten proces pozwala zachować nawet 80% pierwotnej zawartości rutyny co skutkuje jej wyższym poziomem w produkcie końcowym, takim jak chleb lub makaron (Germ, 2019).

5. Fagopiryne i emodyna

Fagopiryne to kolejny ważny metabolit wtórny występujący w zielonych częściach roślin gryki, a w mniejszej ilości w ziarnie (Stojilkovski, 2013). Poziom fagopiryny jest najwyższy podczas kiełkowania nasion. Wówczas działanie promieniowania słonecznego decyduje o przemianie protofagopiryny w fagopiryne (Huda, 2020; Kim, 2020). Fagopiryne bierze udział w regulacji wzrostu rośliny gryki (Zambonis, 2020). Badania wskazują, że nadmierne spożycie zielonych części roślin gryki przez zwierzęta może wywoływać efekt fotouczulający, powodujący podrażnienie skóry, obrzęk i wysięk surowiczy. Prowadzone są badania nad możliwością obniżenia poziomu fagopiryny w gryce na drodze modyfikacji jej uprawy. Jednak w roślinie fagopiryne odgrywa rolę ochronną przed promieniowaniem UV, szkodnikami i chorobami inicjowanymi przez drobnoustroje. Zatem uprawa odmian o obniżonych poziomach fagopiryny może nie sprawdzić się na obszarach mocno nasłonecznionych, o wysokiej ekspozycji na promieniowanie UV. Innym wtórnym metabolitem gryki jest emodyna. Jest to prekursor fagopiryny (Rolta, 2020). W literaturze dostępne są badania wskazujące, że emodyna wyizolowana z ziarna gryki tatarskiej dobrze wiąże się ze wszystkimi trzema miejscami aktywnymi domeny wiążącej RNA fosfoproteiny nukleokapsydu Sars-CoV-2 (Robson,

2020). Jednak szlaki biosyntezy emodyny w gryce tatarce pozostają do dziś niejasne a jej wykorzystanie w profilaktyce zdrowia wymaga jeszcze wielu badań.

6. Podsumowanie

Orzeszki gryki zwyczajnej i gryki tatarskiej są powszechnie spożywane w wielu krajach i zawierają wiele korzystnych z żywieniowego punktu widzenia składników (Inglett, 2011). Ziarna gryki zwyczajnej i gryki tatarskiej są źródłem bioaktywnych metabolitów, m.in. rutyny, kwercetyny, emodyny. Rutyna, glikozyd flawonolowy, wykazuje właściwości przeciwbakteryjne, przeciwzapalne i przeciwnowotworowe. Kwercetyna wspomaga leczenie cukrzycy. W ziarnie gryki tatarskiej kwercetyna pochodząca z degradacji rutyny jest odpowiedzialna za gorzki smak produktów pochodzących z gryki. Zapobieganie degradacji rutyny do kwercetyny jest ważne dla konsumentów, zwłaszcza w krajach azjatyckich, gdzie tradycyjnie uprawiana i przetwarzana jest gryka tatarska. Fagopiryna i emodyna biorą udział w ochronie roślin przed promieniowaniem UV. Najważniejszymi celami uprawy gryki są stabilny plon i wysoka jakość nasion. Gryka, w tym mniej znana i uprawiana w krajach europejskich tatarska, z uwagi na wysokie walory żywieniowe i obecność związków bioaktywnych o cennych właściwościach prozdrowotnych zyskuje coraz większe zainteresowanie rolników, producentów żywności funkcjonalnej i wśród konsumentów. Ma wysoki potencjał uprawowy i może być uprawiana w różnych regionach świata (Kim, 2008).

LITERATURA

1. British Herbal Pharmacopoeia. (2019). The British Pharmacopoeia Commission Secretariat of the Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency (MHRA), Publisher: TSO (The Stationery Office), ISBN 9780113230709.
2. Duarte, A. C., Santos, J., Costa, A. R., Ferreira, C. L., Tomas, J., Quintela, T., Ishikawa, H., Schwerk, C., Schroten, H., Ferrer, I., et al. (2020). Bitter taste receptors profiling in the human blood-cerebrospinal fluid-barrier. *Biochem. Pharmacol.*, 177, 113954.
3. Fujita, K., Yoshihashi, T. (2019). Heat-treatment of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) provides dehulled and gelatinized product with denatured rutinase. *Food Sci. Technol. Res.*, 25, 613–618.
4. Germ, M., Arvay, J., Vollmannova, A., Toth, T., Golob, A., Luthar, Z., Kreft, I. (2019). The temperature threshold for the transformation of rutin to quercetin in Tartary buckwheat dough. *Food Chem.*, 283, 28–31.
5. Hara, T., Shima, T., Nagai, H., Ohsawa, R. (2020). Genetic analysis of photoperiod sensitivity associated with difference in ecotype in common buckwheat. *Breed. Sci.*, 70, 101–111.
6. Huda, M. N., Lu, S., Jahan, T., Ding, M., Jha, R., Zhang, K., Zhang, W., Georgiev, M. I., Park, S. U., Zhou, M. (2020). Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat. *Food Chem.* 335, 127653.

7. Ikeda, K., Ishida, Y., Ikeda, S., Asami, Y., Lin, R. (2017). Tartary, but not common, buckwheat inhibits glucosidase activity: Its nutritional implications. *Fagopyrum*, 34, 13-18.
8. Inglett, G. E., Chen, D., Berhow, M., Lee, S. (2011). Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chem.*, 125, 923–929.
9. Kalinova, J., Vrchotova, N., Triska, J. (2007). Exudation of allelopathic substances in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). *J. Agric. Food Chem.*, 55, 6453–6459.
10. Kawabata, K., Mukai, R., Ishisaka, A. (2015). Quercetin and related polyphenols: New insights and implications for their bioactivity and bioavailability. *Food Funct.*, 6, 1399–1417.
11. Kim, J., Hwang, K. T. (2020). Fagopyrins in different parts of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and Tartary buckwheat (*F. tataricum*) during growth. *J. Food Compos. Anal.*, 86.
12. Kim, S. J., Zaidul, I. S.M., Suzuki, T., Mukasa, Y., Hashimoto, N., Takigawa, S., Takahiro, N., Chie, M.-E., Hiroaki, Y. (2008). Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts. *Food Chem.*, 110, 814–820.
13. Kreft, I., Zhou, M. L., Golob, A., Germ, M., Likar, M., Dziedzic, K., Luthar, Z. (2020). Breeding Buckwheat for Nutritional Quality. *Breed. Sci.*, 70, 67–73.
14. Kreft, M. (2016). Buckwheat phenolic metabolites in health and disease. *Nutr. Res. Rev.*, 29, 30–39.
15. Li, A. R. (2003). “*Fagopyrum*” Flora of China; Science Press and the Missouri Botanical Garden Press: Beijing, China.
16. Nina, F., Janko, R., Jože, K. I., Wang, Z., Zhang, Z., Ivan, K. (2003). Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 6452–6455.
17. Ren, Q., Liu, W., Zhao, M., Sai, C.M., Wang, J.A. (2018). Changes in α -glucosidase inhibition, antioxidant, and phytochemical profiles during the growth of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). *Int. J. Food Prop.*, 21, 2689–2699.
18. Ren, W., Qiao, Z., Wang, H., Zhu, L., Zhang, L., Lu, Y., Cui, Y., Zhang, Z., Wang, Z. (2001). Tartary buckwheat flavonoid activates caspase 3 and induces HL-60 cell apoptosis. *Methods Find. Exp. Clin. Pharmacol.*, 23, 427–432.
19. Robson, B. (2020). Computers and viral diseases. Preliminary bioinformatics studies on the design of a synthetic vaccine and a preventative peptidomimetic antagonist against the Sars-Cov-2 (2019-Ncov, Covid-19) coronavirus. *Comput. Biol. Med.*, 119.
20. Rolta, R., Yadav, R., Salaria, D., Sourirajan, A., Dev, K. (2020). In silico screening of hundred phytocompounds from medicinal plants as potential inhibitors of nucleocapsid phosphoprotein of Covid-19: An approach to prevent virus assembly. *J. Biomol. Struct. Dyn.*
21. Singh, M., Malhotra, N., Sharma, K. (2020). Buckwheat (*Fagopyrum* sp.) genetic resources: What can they contribute towards nutritional security of changing world? *Genet. Resour. Crop Evol.*, 67, 1639–1658.
22. Shin, N. R., Moon, J. S., Shin, S. Y., Li, L., Lee, Y. B., Kim, T. J., Han, N.S. (2016). Isolation and characterization of human intestinal enterococcus avium EFEL009 converting rutin to quercetin. *Lett. Appl. Microbiol.*, 62, 68–74.

23. Škrabanja, V., Kreft, I., Germ, M. (2018). Screening of common buckwheat genetic resources for recessive genes. In *Buckwheat Germplasm in the World*; Zhou, M., Kreft, I., Suvorova, G., Tang, Y., Woo, S.H., Eds.; Academic Press, An Imprint of Elsevier: London, UK; pp. 127–143.
24. Stojilkovski, K., Kočevar Glavač, N., Kreft, S., Kreft, I. (2013). Fagopyrin and flavonoid contents in common, Tartary, and cymosum buckwheat. *J. Food Compos. Anal.*, 32, 126–130.
25. Sun, B. H., Wu, Y. Q., Gao, H. Y., Huang, J., Wu, L. J. (2008). Chemical constituents of *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. *J. Shenyang Pharm. Univ.*, 25, 541–543.
26. Sun, Y. L., Zhou, W. M., Huang, Y. G. (2020). Encapsulation of Tartary buckwheat flavonoids and application to yoghurt. *J. Microencapsul.*, 37, 445–456.
27. Suzuki, T., Honda, Y., Mukasa, Y. (2005). Effects of UV-B radiation, cold and desiccation stress on rutin concentration and rutin glucosidase activity in Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) leaves. *Plant Sci.*, 168, 1303–1307.
28. Suzuki, T., Morishita, T., Takigawa, S., Noda, T., Ishiguro, K. (2015). Characterization of rutin-rich bread made with ‘Manten-Kirari’, a trace-rutinosidase variety of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.). *Food Sci. Technol. Res.*, 21, 733–738.
29. Sytar, O., Svediene, J., Loziene, K., Paskevicius, A., Kosyan, A., Taran, N. (2016). Antifungal properties of hypericin, hypericin tetrasulphonic acid and fagopyrin on pathogenic fungi and Spoilage yeasts. *Pharm. Biol.*, 54, 3121–3125.
30. Vogrinčič, M., Kreft, I., Filipič, M., Žegura, B. (2013). Antigenotoxic Effect of Tartary (*Fagopyrum tataricum*) and common (*Fagopyrum esculentum*) buckwheat flour. *J. Med. Food*, 16, 944–952.
31. Vombergar, B. (2020). Rutin and quercetin in common buckwheat and Tartary buckwheat flour. *Folia Biol. Geol.*, 61, 257–280.
32. Wieslander, G., Fabjan, N., Vogrinčič, M., Kreft, I., Vombergar, B., Norbäck, D. (2012). Effects of common and Tartary buckwheat consumption on mucosal symptoms, headache and tiredness: A double-blind crossover intervention study. *J. Food Agric. Environ.*, 10, 107–110.
33. Yabe, S., Iwata, H. (2020). Genomics-assisted breeding in minor and pseudo-cereals. *Breed. Sci.*, 70, 19–31.
34. Zambounis, A., Sytar, O., Valasiadis, D., Hilioti, Z. (2020). Effect of photosensitisers on growth and morphology of *Phytophthora citrophthora* coupled with leaf bioassays in pear seedlings. *Plant Prot. Sci.*, 56, 74–82.
35. Zhang, L. J., Ma, M. C., Liu, L. L. (2020). Identification of genetic locus underlying easy dehulling in rice-Tartary for easy postharvest processing of Tartary buckwheat. *Genes*, 11, 459.
36. Zhang, C. N., Zhang, R., Li, Y. M., Liang, N., Zhao, Y. M., Zhu, H. Y., He, Z. Y., Liu, J. H., Hao, W.J., Jiao, R. (2017). Cholesterol-lowering activity of Tartary buckwheat protein. *J. Agric. Food Chem.* 65, 1900–1906.
37. Zwolak Z., (2020). Koszty produkcji i opłacalność uprawy gryki zwyczajnej, Kalendarz Rolników.pl