

Rozwój biotechnologii otworzył przed nami nowe, fascynujące możliwości w dziedzinie medycyny, m.in. wprowadzenie do genomu roślin sekwencji kodujących antygeny, co umożliwi stworzenie tzw. jadalnych szczepionek. Choć koncepcja spożywania szczepionki może wydawać się niecodzienna, niesie ze sobą wiele korzyści. Taka metoda wprowadzania szczepionek do organizmu umożliwia zrewolucjonizowanie strategii w walce z różnymi chorobami [1,2].

1.KONSTRUKCJA WEKTORA GENOWEGO

Pierwszym kluczowym etapem procesu jest stworzenie odpowiedniego nośnika genetycznego – wektora ekspresyjnego, który dostarcza gen kodujący antygen do komórki roślinnej i zapewnia jego ekspresję [4, 5].

- Izolacja genu antygeny: Na początku, z organizmu dawcy (bakterii, wirusa lub zwierzęcia) zostaje wyizolowana sekwencja kodująca pożądane białko-antygen.
- Klonowanie genu: Izolowany gen jest wstawiany do odpowiedniego wektora genowego, który zawiera elementy niezbędne do ekspresji genu w komórkach roślinnych, takie jak: promotor, sekwencja kodująca antygen, terminator i markery selekcyjne [5].

2.TRANSFORMACJA KOMÓREK ROŚLINNYCH

Do wprowadzenia obcego materiału genetycznego do komórki roślinnej, czyli transformacji, stosuje się komórki roślinne, które są łatwe do uprawy w hodowli *in vitro* [7]. Istnieje wiele metod transformacji roślin, a najpopularniejsze to:

- Wykorzystanie naturalnej zdolności bakterii *Agrobacterium tumefaciens* lub *rhizogenes*, które wbudowują fragment swojego plazmidu *Ti* lub *Ri* do genomu komórek roślinnych [6-8]. Ryc.1 przedstawia korzenie rośliny opanowane przez *Agrobacterium rhizogenes*
- Mikroiniekcja: DNA jest bezpośrednio wprowadzane do jądra komórki za pomocą mikropipety [8]
- Elektroporacja - komórki są poddawane działaniu krótkich impulsów elektrycznych, co powoduje powstanie tymczasowych porów w błonie komórkowej, przez które może przeniknąć DNA [8].

3.HODOWLA ROŚLIN TRANSGENICZNYCH W WARUNKACH IN VITRO

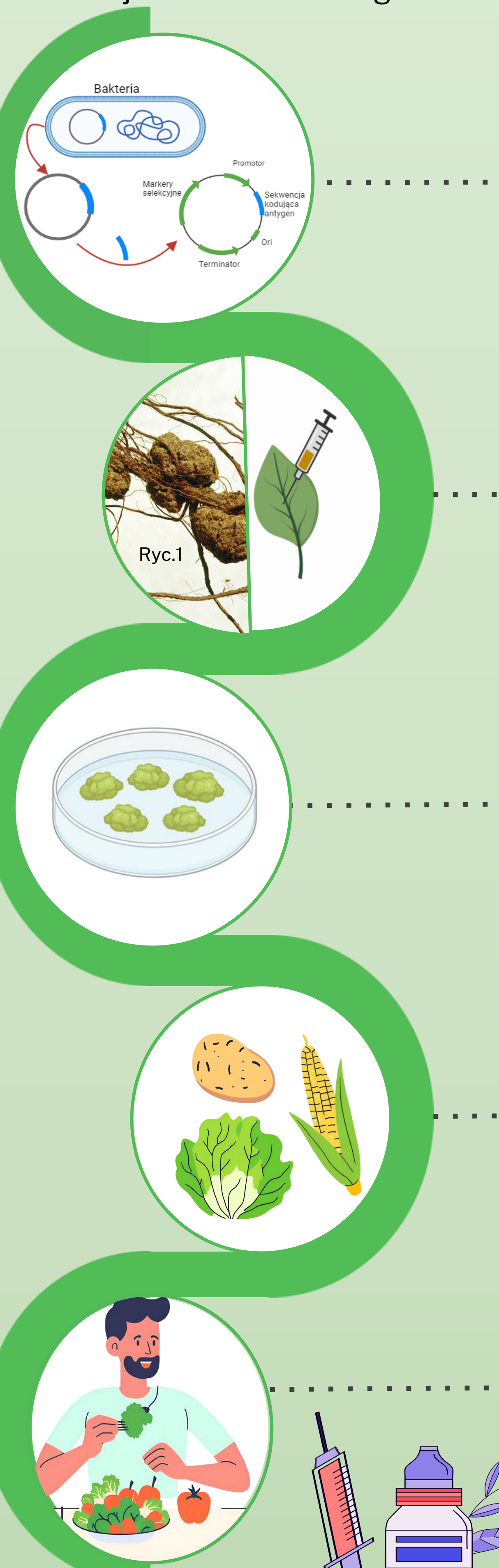
Rośliny transgeniczne, uprawiane w sterylnych warunkach laboratoryjnych, są wykorzystywane do produkcji różnorodnych substancji o znaczeniu medycznym. **Uprawiając rośliny transgeniczne w kontrolowanych warunkach, ogranicza się ryzyko ich krzyżowania z dzikimi gatunkami i potencjalnego negatywnego wpływu na środowisko [9].**

4.UPRAWA ROŚLIN TRANSGENICZNYCH

Wczesne eksperymenty koncentrowały się na gatunkach łatwych w hodowli *in vitro*, takich jak tytoń, sałata, kukurydza, czy ziemniak. Jednakże, perspektywa produkcji szczepionek na masową skalę wymaga zastosowania roślin uprawnych, które są łatwe w zbiorze i przetwarzaniu. **Zboża**, ze względu na wysoką zawartość stabilnych białek, wydają się być najbardziej obiecującym rozwiązaniem [3].

5. SPOŻYCIE

Po spożyciu rośliny, antygeny zawarte w jej tkankach rozpoczynają podróż przez układ pokarmowy. W jelitach stykają się z wyspecjalizowanymi komórkami układu odpornościowego. Te komórki, rozpoznając antygeny jako obce, uruchamiają złożony proces immunologiczny, którego efektem jest produkcja przeciwciał. Dzięki temu organizm zyskuje odporność na patogen, przeciwko któremu skierowana jest szczepionka.



WNIOSKI

- Dzięki modyfikacjom genetycznym, rośliny mogą produkować antygeny, które stymulują układ odpornościowy, chroniąc nas przed różnymi chorobami.
- Aby zapewnić bezpieczeństwo nam i środowisku, niezbędne są długofalowe badania nad potencjalnymi skutkami ubocznymi roślin transgenicznych i produktów z nich otrzymanych.
- Choć wymagają dalszych badań, mogą być przyszłością szczepień, oferując łatwy dostęp i niższe koszty.
- Wprowadzanie ich do środowiska naturalnego może mieć nieprzewidziane konsekwencje dla bioróżnorodności.
- Konieczne jest opracowanie odpowiednich zabezpieczeń, aby zapobiec niekontrolowanemu rozprzestrzenianiu się roślin transgenicznych.

CECHA	JADALNE SZCZEPIONKI	TRADYCYJNE SZCZEPIONKI
Dostępność	Ogólna dostępność, łatwość uprawy roślin	Wymaga specjalistycznych laboratoriów i produkcji
Koszty produkcji	Niskie	Wysokie
Wpływ na środowisko	Ekologiczne, mniej odpadów i niższe zużycie energii	Większy wpływ na środowisko, więcej odpadów
Podawanie	Proste, doustne	Wymaga przeszkolonego personelu, często iniekcje
Skutki uboczne	Potencjalnie mniej	Mogą powodować miejscowe reakcje, gorączkę, rzadziej alergie
Przechowywanie	Mniej wymagające warunki przechowywania	Wymagają specjalistycznych warunków chłodniczych
Precyzyjne dawkowanie	Trudniejsze	Łatwiejsze

Piśmiennictwo: [1] V. M. Kurup i J. Thomas, „Edible Vaccines: Promises and Challenges”, *Mol. Biotechnol.*, t. 62, nr 2, s. 79–90, luty 2020, doi: 10.1007/s12033-019-00222-1., [2] H. Daniell, S. J. Streatfield, i K. Wycoff, „Medical molecular farming: production of antibodies, biopharmaceuticals and edible vaccines in plants”, *Trends Plant Sci.*, t. 6, nr 5, s. 219–226, maj 2001, doi: 10.1016/S1360-1385(01)01922-7., [3] O. Tolmachov, „Designing Plasmid Vectors”, w *Gene Therapy of Cancer*, t. 542, W. Walther i U. S. Stein, Red., w *Methods in Molecular Biology™*, vol. 542, Totowa, NJ: Humana Press, 2009, s. 117–129, doi: 10.1007/978-1-59745-561-9_6., [4] E. Aliu i in., „Enhancing Agrobacterium-mediated plant transformation efficiency through improved ternary vector systems and auxotrophic strains”, *Front. Plant Sci.*, t. 15, s. 1429353, lip. 2024, doi: 10.3389/fpls.2024.1429353., [5] H. S. Mason, J. M. Ball, J. J. Shi, X. Jiang, M. K. Estes, i C. J. Arntzen, „Expression of Norwalk virus capsid protein in transgenic tobacco and potato and its oral immunogenicity in mice.”, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, t. 93, nr 11, s. 5335–5340, maj 1996, doi: 10.1073/pnas.93.11.5335., [6] I. I. Ozyigit, „Gene transfer to plants by electroporation: methods and applications”, *Mol. Biol. Rep.*, t. 47, nr 4, s. 3195–3210, kwi. 2020, doi: 10.1007/s11033-020-05343-4., Ryc.1-https://pl.wikipedia.org/wiki/Agrobacterium_tumefaciens#/media/Plik:Agrobacteriumgall.jpg