

JOANNA SZULC, KATARZYNA CZACZYK, GRAŻYNA GOZDECKA

## METODY OTRZYMYWANIA KIEŁKÓW – OD UPRAW DOMOWYCH DO PRODUKCJI PRZEMYSŁOWEJ

### Streszczenie

Kiełki znane były już w starożytności, jednak na nowo zostały odkryte w XIX w., kiedy wegetarianizm zaczął zyskiwać na znaczeniu i świadomie oraz celowo, nie tylko z pobudek religijnych, konsumenci wyłączały lub ograniczały mięso w diecie. Dzięki m.in. walorom odżywczym kiełków przewiduje się, że ich udział w rynku żywności będzie coraz większy. Bogaty skład chemiczny i stosunkowo łatwa technologia produkcji powodują, że kiełki stają się pożądanym produktem. Dodatkowym atutem kiełków jest ich całoroczna dostępność na rynku w przeciwieństwie do warzyw i owoców, które występują sezonowo. Wraz ze wzrostem popularności kiełków pojawiły się także liczne metody i sposoby ich otrzymywania. W pracy przedstawiono i scharakteryzowano metody otrzymywania kiełków, zarówno na małą skalę, jak również na skalę przemysłową. Wśród przedstawionych metod produkcji kiełków wymieniono metodę słoikową, która jest najstarsza, a zarazem najprostsza. W warunkach domowych często wykorzystuje się kiełkownice składające się z perforowanych tac ułożonych jedna na drugiej, które okresowo przemywa się wodą. Na większą skalę stosuje się metodę zbiornikową, szafy klimatyczne czy kiełkowniki bębnowe. Obok metod opisano także rozwiązania spotykane w produkcji kiełków, jak automatyczne urządzenia do kiełkowania w postaci maszyny vendingowej. W urządzeniu można produkować kiełki w miejscu ich sprzedaży, a jego obsługa jest nieskomplikowana i ogranicza się do zaopatrywania urządzenia w nasiona na kiełki.

**Słowa kluczowe:** kiełki, metody otrzymywania kiełków, metoda słoikowa, metoda zbiornikowa, kiełkowniki bębnowe

### Wprowadzenie

Kiełki znane są od starożytności, jednak popularność zdobyły na początku XIX wieku, kiedy wegetarianizm zaczął nabierać znaczenia, a konsumenci celowo elimi-

---

*Mgr inż. J. Szulc, dr inż. G. Gozdecka, Zakład Technologii i Inżynierii Przemysłu Spożywczego, Wydz. Technologii i Inżynierii Chemicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, ul. Seminaryjna 3, 85-326 Bydgoszcz, prof. dr hab. inż. K. Czaczyk, Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 48, 60-627 Poznań. Kontakt: joanna.szulc@utp.edu.pl*

nowali mięso z diety [25, 38]. Wraz ze wzrostem popytu na kiełki opracowano liczne metody i sposoby ich produkcji. Coraz powszechniejsze jest stosowanie domowych metod kiełkowania. Kiełki charakteryzują się dużymi walorami odżywczymi i zdrowotnymi (tab. 1). Te młode rośliny stanowią źródło aminokwasów, błonnika, mikroelementów, witamin, flawonoidów i kwasów fenolowych [27, 41]. Z tego względu zalicza się je do żywności funkcjonalnej, której spożywanie przyczynia się do zmniejszenia ryzyka zachorowalności na tzw. choroby cywilizacyjne [41].

Kiełki w przeciwieństwie do większości warzyw i owoców są dostępne przez cały rok, dlatego zaczynają się coraz częściej pojawiać w diecie. Są spożywane głównie na surowo, np. jako składnik sałatek lub dodatek do zup [21]. Znane od dawna różne sposoby otrzymywania kiełków charakteryzują się prostotą i nie wymagają dużych nakładów finansowych [29].

Tabela 1. Zawartość wybranych składników odżywczych w kiełkach lucerny, rzodkiewki, zielonego groszku, soczewicy i fasoli mung w 100 g jadalnej porcji świeżych kiełków

Table 1. Content of selected nutrients in sprouts of alfalfa, radish, green peas, lentils, and mung beans, in 100 g of edible portion of fresh sprouts

Parametr Parameter	Jednostka Unit	Kiełki lucerny Alfalfa sprouts	Kiełki rzodkiewki Radish sprouts	Kiełki zielonego groszku Pea sprouts	Kiełki soczewicy Lentil sprouts	Kiełki fasoli mung Mung bean sprouts
Wartość energetyczna Energy	[kcal]	29,00	41,00	128,00	106,00	30,00
Białko / Protein	[g]	3,99	3,81	8,80	8,96	3,04
Węglowodany Carbohydrates	[g]	3,78	3,06	28,26	22,14	5,93
Żelazo / Iron	[mg]	0,96	0,86	2,28	3,21	0,91
Magnez Magnesium	[mg]	27,00	44,00	56,00	37,00	1,00
Miedź / Copper	[mg]	0,16	0,12	0,27	0,35	0,16
Cynk / Zinc	[mg]	0,92	0,56	1,05	1,51	0,41
Mangan Manganese	[mg]	0,19	0,26	0,44	0,51	0,19
Kwas askorbinowy Ascorbic acid	[mg]	8,20	29,80	10,40	16,50	13,50
Tiamina Thiamine	[mg]	0,08	0,10	0,23	0,23	0,08
Ryboflawina Riboflavin	[mg]	0,13	0,10	0,16	0,13	0,12
Niacyna Niacin	[mg]	0,48	2,85	3,09	1,13	0,75

Opracowanie własne na podstawie [24] / The authors' own study based on [24]

Ukierunkowanie na zdrowy tryb życia, ściśle związane z prawidłowym żywieniem, pojawiło się początkowo w USA i krajach Europy Zachodniej, a z czasem także w Polsce. Znajduje to odzwierciedlenie m.in. w zwiększającym się udziale kiełków w rynku owoców i warzyw w Polsce [33]. W 2011 roku sprzedaż kiełków w krajach Unii Europejskiej wynosił 600 mln USD [7]. W 2015 roku Polacy wydali na produkty o cechach prozdrowotnych, do których zalicza się także kiełki, 800 mln złotych. Przewiduje się, że w roku 2017 poziom sprzedaży takich produktów może osiągnąć wartość nawet 1 mld zł [15]. Popularność kiełków zwiększa się na całym świecie. W USA w 2015 roku wartość sprzedaży skiełkowanych nasion wyniosła 30 mln USD, a prognozy przewidują, że do 2018 roku przychód producentów kiełków wyniesie 250 mln USD [14].

Bogaty skład chemiczny i stosunkowo łatwa technologia produkcji powodują, że kiełki stają się produktem pożądanym na rynku. Kiełki odpowiadają wymaganiom stawianym przez świadomych konsumentów, oczekujących żywności minimalnie przetworzonej o dużej wartości odżywczej, której cechą jest dodatkowy pozytywny wpływ na organizm człowieka [29].

### **Kiełkowanie nasion**

Kiełkowaniem nazywa się procesy zachodzące wewnątrz nasion, które prowadzą do ożywienia zarodka i rozpoczęcia jego wzrostu. Proces ten inicjowany jest tylko wtedy, gdy panują sprzyjające warunki środowiska, głównie odpowiednia wilgotność, temperatura i dostęp tlenu [23]. Nasiona w stanie spoczynku charakteryzują się zredukowaną przemianą materii, małą zawartością wody i przez to odpornością na działanie niskich temperatur. Zachodzące przemiany powodują przejście nasion ze stanu spoczynku do rozwinięcia młodej rośliny [11].

Kiełkowanie jest jedną z metod zwiększania wartości odżywczej nasion [29]. W trakcie kiełkowania enzymy rozkładają polisacharydy do oligo- i monosacharydów, tłuszcze – do wolnych kwasów tłuszczowych, białka – do oligopeptydów i aminokwasów. Zachodzące procesy powodują, że składniki odżywcze zawarte w kiełkach są łatwiej przyswajalne przez organizm człowieka niż te obecne w nasionach [23]. Kiełkowanie, obok procesów rozkładu materiału zapasowego nasion, obejmuje procesy syntezy witamin i związków o właściwościach przeciwutleniających, które mają pozytywny wpływ na ludzki organizm. W nasionach strączkowych można znaleźć związki o właściwościach przeciwżywniowych, takie jak: kwas fitowy i jego pochodne, a także galaktocukry, w tym rafinozę, stachiozę, werbaskozę i ajugozę [9, 28]. W porównaniu z nasionami udział substancji przeciwżywniowych w kiełkach jest zdecydowanie mniejszy z powodu procesów zachodzących w trakcie kiełkowania, które prowadzą do zmniejszenia zawartości tych substancji w nasionach [13].

Procesy kiełkowania są najczęściej zapoczątkowywane pęcznieniem, czyli intensywnym pobieraniem wody. W ten sposób tworzą się warunki do przebiegu podstawowych procesów fizjologicznych [12]. Kiełkowanie składa się z kilku ściśle powiązanych ze sobą faz. Pierwszym etapem, określanym fazą fizyczną, nazywa się wnikanie wody do nasiona, hydratację i pęcznienie. Kolejny etap stanowi fazę biologiczną, kiedy substancje zapasowe nasion stają się dostępne dla enzymów i następuje uruchomienie procesów metabolicznych. Ostatni etap kiełkowania stanowi faza fizjologiczna, w której następuje wzrost zarodka. Kiedy zarodek przebija okrywą nasienną staje się kiełkiem. Wówczas przechodzi przez trzy okresy odżywiania:

- heterotroficzny, kiedy korzysta wyłącznie z substancji zapasowych oraz z wody i tlenu pobieranego z zewnątrz;
- mezotroficzny, w którym kiełek dalej wykorzystuje materiał zapasowy zgromadzony w nasionie, jednak przez obecność liścieni lub pierwszych liści rozpoczyna proces fotosyntezy, a wytworzony system korzeniowy pozwala na pobieranie wody i soli mineralnych z podłoża;
- autotroficzny, kiedy kiełek uzyskuje całkowitą zdolność do autotroficznego życia i staje się samodzielną siewką [11].

Z przedstawionych wyżej informacji wynika, że kiełkiem możemy nazwać zarodek, który przebił się przez okrywą nasienną i korzysta z materiałów zapasowych, mimo że wykształcił już narządy do samodzielnego odżywiania (system korzeniowy czy liścienie). Również definicja ujęta w Rozporządzeniu Komisji UE 208/2013 [31] z dnia 11 marca 2013 r. w sprawie wymogów dotyczących możliwości śledzenia kiełków i nasion przeznaczonych do produkcji kiełków, które definiuje kiełki jako produkt uzyskany w wyniku kiełkowania nasion i ich rozwoju w wodzie lub innym nośniku, zbierany przed wykształceniem się właściwych liści i przeznaczony do spożycia w całości, włącznie z nasionami.

### **Nasiona do produkcji kiełków**

Największe znaczenie w produkcji kiełków mają nasiona roślin kapustnych, strączkowych, oleistych oraz zbóż i pseudozbóż. Najbardziej znane są kiełki roślin strączkowych, które w krajach azjatyckich – Korei, Japonii i Chinach stanowią duży udział w diecie [20]. W handlu najczęściej dostępne są kiełki soi, fasoli mung, rzodkiewki, brokułu, słonecznika lub lucerny [38, 41]. Do produkcji kiełków wykorzystuje się nasiona kapusty czerwonej, fenkułu, jarmużu, rzepaku, gorczycy, ciecierzycy, łubinu, groszku cukrowego, lnu, sezamu, pszenicy, gryki, ryżu, amarantusa, komosy ryżowej oraz takich warzyw jak por czy cebula [6, 10, 27, 35, 38].

Wskazane jest profilaktyczne odkażanie nasion na kiełki, natomiast nie zaleca się ich zaprawiania chemicznymi środkami ochrony roślin [16]. Najlepiej jeśli nasiona na kiełki pochodzą z upraw ekologicznych, w których stosowanie substancji chemicznych

jest zabronione. Jeżeli nasiona są zanieczyszczone chemicznymi środkami ochrony roślin, to w trakcie rozwoju rośliny substancje te ulegają rozkładowi. Jednak czas kiełkowania nasion, od uruchomienia procesów metabolicznych do przekształcenia w kiełki, jest za krótki by związki te uległy przemianom do form nieszkodliwych i mogą wówczas stanowić zagrożenie dla zdrowia konsumentów.

Warunki produkcji kiełków sprzyjają rozwojowi mikroflory chorobotwórczej. Wśród zabiegów mających na celu eliminację szkodliwych patogenów występujących na materiale siewnym stosuje się odkażanie w gorącej wodzie [5], w roztworach chlorku(I) sodu i wapnia ( $\text{NaClO}$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ) [22, 37], etanolu ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) [26], nadtlenu wodoru ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) lub zabiegi wykorzystujące promieniowanie jonizujące [36]. Do oczyszczania nasion stosuje się także roztwory kwasu nadoctowego [17], roztwory ditlenku chloru [16], gorące suche powietrze, ozon ( $\text{O}_3$ ) lub promieniowanie UV [7].

### Metody otrzymywania kiełków

Technologie otrzymywania kiełków mogą się różnić w zależności od gatunku rośliny, z której pochodzą nasiona. Są one znane od dawna, zwłaszcza w krajach azjatyckich [29]. Cechują je prostota i niski koszt realizacji. W związku z coraz większą popularnością kiełków proponuje się nowe rozwiązania i unowocześnienie znanych technologii. Metody otrzymywania kiełków można podzielić ze względu na skalę na: niskotonażowe (na potrzeby własne) oraz wielkotonażowe (przemysłową).



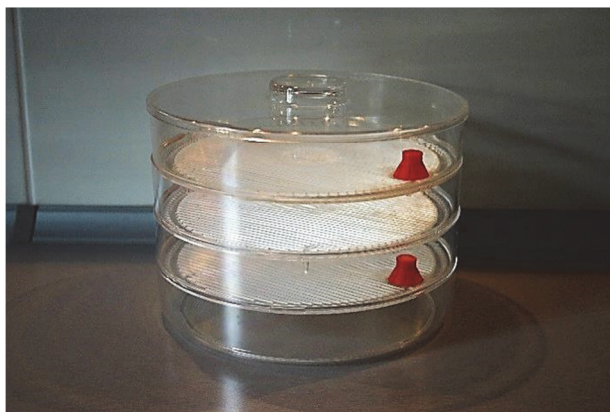
Fot. 1. Metoda słoikowa produkcji kiełków  
Photo 1. Production of sprouts using jar method

Tradycyjną metodą otrzymywania kiełków na małą skalę jest metoda słoikowa (fot. 1). Kiełkowanie prowadzone jest w wysokim naczyniu, najczęściej w słoiku [39]. W naczyniu nasiona okresowo są zanurzone w wodzie, początkowo od 2 do nawet 12 h. W górnej części naczynia znajduje się membrana z tkaniny lub perforowana po-

krywa, za pomocą której oddzielany jest nadmiar wody immersyjnej. Słoik odwraca się i ustawia pod kątem, aby zapewnić swobodny odpływ wody [39]. Czynność zwilżania nasion powtarza się do momentu uzyskania wykształconych kielków.

Innym sposobem otrzymywania kielków jest kiełkowanie nasion na warstwie materiału zwilżonego wodą. W zależności od potrzeb może to być metoda zaspokajająca własne zapotrzebowanie, jak również wykorzystana na skalę przemysłową [18]. Podłoże stanowi materiał, który chłonie wodę i utrzymuje ją. Na małą skalę wykorzystuje się podłoże z ligniny lub bibuły filtracyjnej [37]. Nasiona można także kiełkować na warstwie tkaniny bawełnianej czy też wytworzonej z konopi. Na skalę przemysłową wykorzystuje się włókno jutowe. Dużą zaletą tego materiału jest możliwość jego sterylizacji i ponownego użycia [18]. Aby spowolnić parowanie wody hodowlę można zabezpieczyć poprzez zastosowanie transparentnej folii z poli(winyłu) chlorku albo folii aluminiowej [2].

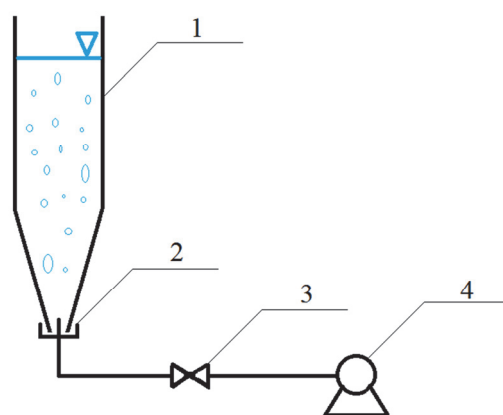
Odpowiednie do kiełkowania nasion jest podłoże agarowe. Lee i wsp. [20] porównali kiełki fasoli mung otrzymane tradycyjnie zmodyfikowaną metodą słoikową oraz kiełki, które rozwijały na podłożu agarowym. Kielki nie różniły się istotnie swoimi wymiarami, a czas ich wzrostu były porównywalny. Metoda wykorzystująca podłoże zestalone agarem wymaga mniejszych nakładów pracy w porównaniu z metodą tradycyjną, nie wymaga zraszania czy wstępnego namaczania nasion [20]. Z uwagi na nakłady finansowe metoda ta może być wykorzystywana na małą skalę lub w badaniach laboratoryjnych.



Fot. 2. Kielkownica  
Photo 2. Sprouting device

Bardzo popularne w produkcji kielków jest stosowanie kielkownic (fot. 2). Kielkownice składają się najczęściej z tac o perforowanym lub karbowanym dnie. Tace karbowane są dodatkowo wyposażone w zawór odprowadzający nadmiar wody. Po-

jemniki do kiełkowania są tak skonstruowane, by mogły być nakładane na siebie i tworzyć kolumnę. Podstawę tej kolumny stanowi taca, w której gromadzony jest nadmiar wody służącej do zraszania. To rozwiązanie ma wiele zalet, jednak podobnie jak w metodzie słoikowej wymagane jest wstępne namoczenie nasion przed umieszczeniem ich w kiełkownicy. Kiełki w kiełkownicy rosną pionowo i w przypadku tacy z transparentnego tworzywa mają taki sam dostęp do światła. Możliwość kiełkowania na wielu tacach w kolumnie pozwala na ograniczenie wykorzystywanej powierzchni [24].



Objaśnienia / Explanatory notes:

1 – reaktor / reactor; 2 – korek z króćcem doprowadzającym powietrze / cork with air inlet; 3 – zawór regulujący natężenie powietrza / air flow control valve; 4 – pompa powietrza / air pump;

Rys. 1. Schemat metody zbiornikowej stosowanej do produkcji kiełków

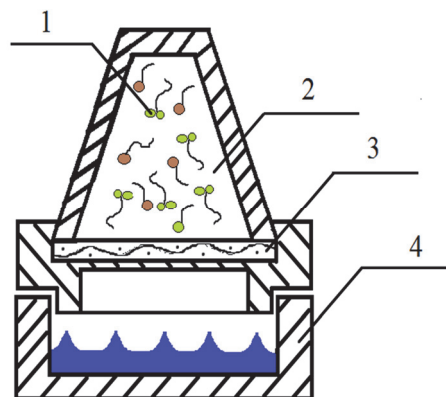
Fig. 1. Scheme of tank method applied in production of sprouts

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [16] / the authors' own study based on [16]

Do prawidłowego przebiegu procesu kiełkowania nasion wymagana jest obecność wody, tlenu, a w niektórych przypadkach światła. Wszystkie te warunki spełnia metoda zbiornikowa (rys. 1). W metodzie tej nasiona umieszcza się w reaktorze wypełnionym wodą. Najczęściej jest to zawiesina o udziale nasion  $5 \div 20$  %. Dobór proporcji nasiona : ciecz hodowlana jest uzależniony m.in. od masy 1000 nasion. Ciecz w reaktorze wymieniana jest w odstępach czasu od 12 do 24 h [10, 16]. Stożkowa, dolna część reaktora jest zaopatrzona w króciec, którym z pompy doprowadzane jest powietrze. Górna, cylindryczna część może być wyposażona w sito ułatwiające wymianę cieczy w reaktorze. Zawartość zbiornika jest napowietrzana i jednocześnie mieszana, dzięki czemu kiełki mają taki sam dostęp tlenu i światła, a ich wzrost jest wyrównany [16]. Zaletą metody zbiornikowej jest szybszy niż w tradycyjnej metodzie wzrost kiełków. Do wody można dodać substancje odżywcze lub elicytory, które spowodują zwiększenie za-

wartości wybranych substancji bioaktywnych lub zmniejszenie ilości substancji przeciwżywniowych w kielkach. Obecność elicytorów w cieczy hodowlanej wywołuje stres biotyczny u młodych roślin, który prowadzić może do zwiększenia syntezy związków stanowiących składniki odżywcze. Elicytacji nie należy mylić z nawożeniem [4]. Wśród substancji wykorzystywanych w elicytacji kielków znajduje się kwas jasmonowy i jego ester metylowy, kwas salicylowy, glukoza czy metionina [2, 5].

Powyższe rozwiązanie nawiązuje do hydroponiki, czyli uprawy bezglebowej. Połączenie metody słoikowej i hydroponicznej hodowli roślin występuje w wynalazku Sawyera z 1977 roku [32]. Opatentowane urządzenie składa się z przezroczystego słoja o kształcie ściętego stożka, membrany i pojemnika na wodę (rys. 2). Szklany zbiornik jest umieszczony nad zasobnikiem wody. Zbiornik i zasobnik rozdzielone są membraną. Rozwiązanie to jest przeznaczone do hodowli kielków z nasion strączkowych na skalę domową, jak również przemysłową. Szklany zbiornik, w którym następuje kiełkowanie nasion ma budowę ułatwiającą jego opróżnianie. Jako zaletę wymienia się gromadzenie wody immersyjnej w pojemniku pod membraną, dzięki czemu może być ona ponownie wykorzystana do zwilżenia nasion [32]. Biorąc jednak pod uwagę jakość mikrobiologiczną gotowych kielków, zaleca się każdorazową wymianę wody.



Objaśnienia / Explanatory notes:

1 – kielki / sprouts; 2 – szklany zbiornik do kiełkowania / frusto-conical glass jar; 3 – membrana / screening element; 4 – zbiornik na wodę / water receptacle;

Rys. 2. Hydroponiczne urządzenie do kiełkowania

Fig. 2. Hydroponic sprouting device

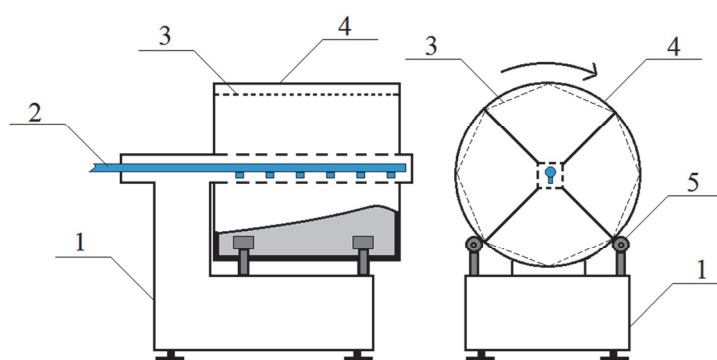
Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [25] / the authors' own study based on [25]

Na dużą skalę stosuje się przemysłowe urządzenia do kiełkowania, które są wyposażone w automatyczny system nawadniający i regulujący temperaturę. Najczęściej są to szafy klimatyczne, w których umieszcza się tace z tworzywa lub metalu. Tace,



podobnie jak w przypadku kielkownicy, mogą być z dnem karbowanym lub perforowanym. Często także wykorzystuje się różne podłoża – może to być włókno jutowe, gleba, lignina. Dzięki rozmieszczeniu tac na półkach zyskuje się dużą wydajność na małej powierzchni [24].

Kielkowanie niektórych nasion można prowadzić bez dostępu światła, ale szybciej proces ten przebiega w warunkach naświetlenia. Wzrost kielków bez naświetlania może skutkować ich mniejszą wartością odżywczą i mniej atrakcyjnym wyglądem w porównaniu z kielkami, które rozwijały się w świetle. Tak dzieje się w przypadku kielków fasoli, które powszechnie są produkowane w krajach azjatyckich. Najczęściej nasiona strączkowych są poddawane kielkowaniu w zbiornikach z odprowadzeniem wody i regulacją temperatury. Nasiona, a następnie kielki, zrasza się kilka razy dziennie aż do uzyskania wykształconych młodych roślin z białym korzeniem i żółtawymi liścieniami [30]. W ten sposób większość substancji odżywczych zużywanych jest na procesy wzrostowe i odżywianie, a brak dostępu światła nie pozwala na wytworzenie nowych związków w procesie fotosyntezy. Szafy klimatyczne, oprócz zraszaczy lub dysz wytwarzających mgłę wodną i systemu regulującego temperaturę, mogą być wyposażone w instalację oświetleniową. Zainstalowane może być źródło światła białego lub monochromatycznego. Światło monochromatyczne różnych barw, np. żółtej, zielonej i czerwonej w odpowiednich sekwencjach pozwala roślinie na prowadzenie procesu fotosyntezy, a także na zintensyfikowanie niektórych przemian, w tym syntezy składników odżywczych rośliny. Zastosowanie światła monochromatycznego różnych barw dawkowane interwałowo może na przykład doprowadzić do zwiększenia zawartości izoflawonów czy witaminy C w roślinach strączkowych [30, 40].



Objaśnienia / Explanatory notes:

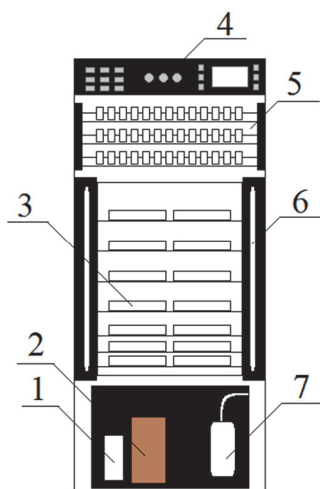
1 – podstawa kielkownika / germinator base; 2 – doprowadzenie wody / water inlet; 3 – blacha perforowana / perforated sheet metal; 4 – bęben kielkownika / germinator drum; 5 – rolki napędowe / drive rolls;

Rys. 3. Schemat obrotowego bębnowego kielkownika

Fig. 3. Diagram of drum rotary germinator

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [26] / the authors' own study based on [26]

Rozwiązaniem stosowanym w przemyśle są obrotowe bębnowe kielkowniki (rys. 3). Nasiona na kielki załadowywane są do obracającego się bębna podzielonego na sekcje. Bęben może obracać się bardzo wolno albo okresowo. Zraszacze zamontowane centrycznie mogą zraszać nasiona interwałowo lub stale w postaci mgły. Obracający się zbiornik jest wyłożony blachą perforowaną, dzięki czemu odprowadzany jest nadmiar wody. Spotyka się także rozwiązania, w których bęben jest częściowo zanurzony w wodzie i w wyniku obrotu kielki są okresowo nawilżane.



Objaśnienia / Explanatory notes:

1 – komputer sterujący / control computer; 2 – zasobnik nasion / seed feeder; 3 – tace z kiełkującymi nasionami / trays with germinating seeds; 4 – panel sterowania zakupem / control panel; 5 – opakowane kielki gotowe do sprzedaży / ready-to-buy wrapped sprouts; 6 – lampa UV / UV lamp; 7 – zasobnik wody / water tank;

Rys. 4. Automatyczny kielkownik w postaci maszyny vendingowej

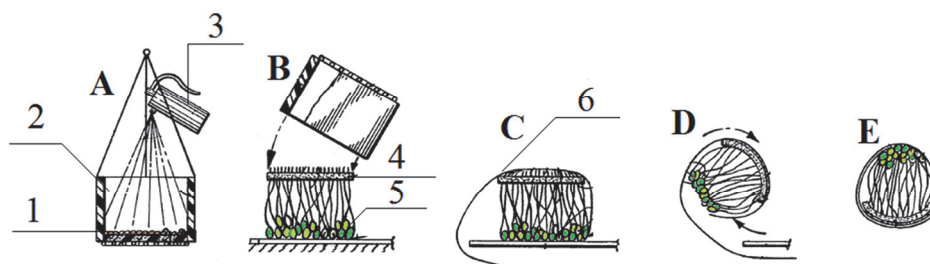
Fig. 4. Automatic germinator in the form of vending machine

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [1] / the authors' own study based on [1]

Innowacyjnym rozwiązaniem jest kielkownik opatentowany przez Azouleya [1], który automatycznie przeprowadza proces kiełkowania od dozowania nasion do pakowania wykształconych kielków. Urządzenie ma postać automatu do dystrybucji, w której można wyróżnić trzy sektory (rys. 4). W dolnej części urządzenia znajduje się zasobnik nasion do kiełkowania. W środkowej części na tacach w kontrolowanych warunkach przebiega kiełkowanie nasion. W górnej części wyeksponowane są opakowane kielki przeznaczone do sprzedaży. W urządzeniu zapewniony jest mikroklimat, który pozwala na zachowanie optymalnych warunków do kiełkowania nasion i wzrostu kielków. Kiełkowanie sterowane jest komputerowo, a proces przebiega bez ingerencji

człowieka. Takie rozwiązanie minimalizuje ryzyko zanieczyszczenia hodowli niepożądanymi mikroorganizmami. Kiedy kiełki są produkowane w jednej przestrzeni ogranicza się system dystrybucji generujący koszty i negatywnie wpływający na środowisko. Produkcja kiełków w urządzeniu pozwala też na ograniczenie nakładów pracy i oszczędność miejsca w ladach chłodniczych i stanowi jedno rozwiązanie do hodowli i ekspozycji kiełków.

W powyższym rozwiązaniu zastosowano w pełni zautomatyzowany proces kiełkowania: od wysiania na tacach do kiełkowania nasion aż do opakowania gotowego produktu. Metoda otrzymywania kiełków, urządzenia i sposób pakowania stanowią także przedmiot patentu US nr 4 292 761 [19]. Zaletą tego sposobu kiełkowania jest unieruchomienie kiełków w porowatym hydrofobowym podłożu, które jednocześnie stanowi membranę. Takie rozwiązanie pozwala na zwilżanie nasion i kiełków i odprowadzenie nadmiaru wody, a kiedy kiełki osiągną dojrzałość w łatwy sposób wydziela się ich porcję i pakuje (rys. 5).



Objaśnienia / Explanatory notes:

A – zapoczątkowanie kiełkowania, zwilżanie nasion / sprouting start, water spray; B – zakończenie kiełkowania, opróżnianie zbiornika kiełkowania / end of sprouting, emptying out container; C, D, E – pakowanie dojrzałych kiełków / wrapping up sprouts; 1 – nasiona / seeds; 2 – zbiornik do kiełkowania / sprouting container; 3 – zraszacz / sprinkler; 4 – hydrofobowe porowate podłoże / porous hydrophobic foam; 5 – folia opakowaniowa / wrap foil;

Rys. 5. Metoda kiełkowania i pakowania kiełków

Fig. 5. Method for sprouting and wrapping sprouts

Źródło / Source: opracowanie własne na podstawie [19] / the authors' own study based on [19]

## Podsumowanie

Dzięki rozpowszechnianiu wiedzy o walorach odżywczych, kiełki stanowią coraz większy udział w diecie, a nawet bywają jej podstawą, szczególnie w diecie wegetariańskiej i wegańskiej. Całoroczny dostęp i krótki czas produkcji czyni je jeszcze bardziej atrakcyjnymi dla producentów i konsumentów. Zwiększone zainteresowanie kiełkami prowadzi do rozwoju i unowocześniania metod kiełkowania, a także urządzeń do ich realizacji. Ze względu na możliwość zanieczyszczeń mikrobiologicznych coraz

bardziej zwraca się uwagę na jakość nasion i odpowiednie ich przygotowanie do procesu kiełkowania oraz warunki przebiegu samego procesu kiełkowania. Wydaje się, że przyszłością w produkcji kiełków będą metody zautomatyzowane, które zakładają minimalny udział człowieka. Pozwala to na eliminację jednego z potencjalnych źródeł zanieczyszczeń. Urządzenie zautomatyzowane przedstawione w pracy stwarza możliwość prowadzenia procesu kiełkowania w skali odpowiadającej potrzebom konsumentów. Automatyczny system hodowli kiełków stwarza również możliwość prowadzenia hodowli kiełków w miejscu ich sprzedaży, co skraca drogę dystrybucji i zapewnia świeży produkt.

### Literatura

- [1] Azoulay S.S.: Automatic sprout vending machine. USA. Patent US 2008/0172938 A1.
- [2] Baenas N., Ferreres F., García-Viguera C., Moreno D.A.: Radish sprouts – Characterization and elicitation of novel varieties rich in anthocyanins. *Food Res. Int.*, 2015, 69, 305-312.
- [3] Baenas N., García-Viguera C., Moreno D.A.: Biotic elicitors effectively increase the glucosinolates content in *Brassicaceae* sprouts. *J. Agric. Food Chem.*, 2014, 62, 1881-1889.
- [4] Baenas N., García-Viguera C., Moreno D.A.: Elicitation: A tool for enriching the bioactive composition of foods. *Molecules*, 2014, 19, 13541-13563.
- [5] Cao S., Liu T., Jiang Y., He S., Harrison D.K., Joyce D.C.: The effects of host defence elicitors on betacyanin accumulation in *Amaranthus mangostanus* seedlings. *Food Chem.*, 2012, 134, 1715-1718.
- [6] Ebert A.W.: Sprouts, microgreens, and edible flowers: The potential for high value speciality produce in Asia. SEAVEG 2012 Regional Symposium on High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand. Chiang Mai, Thailand, 2012, pp. 216-227.
- [7] EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ): Scientific opinion on the risk posed by Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) and other pathogenic bacteria in seeds and sprouted seeds. *EFSA J.*, 2011, 9 (11), #2424.
- [8] Enomoto K., Takiyawa T., Ishikawa N., Suzuki T.: Hot-water treatments for disinfecting alfalfa seeds inoculated with *Escherichia coli*. *Food Sci. Technol. Res.*, 2002, 8, 247-251.
- [9] Frias J., Zieliński H., Piskula M., Kozłowska H., Vidal-Valverde C.: Inositol phosphate content and trypsin inhibitor activity in ready-to-eat cruciferous sprouts. *Food Chem.*, 2005, 93, 331-336.
- [10] Gozdecka G., Kaniewska J., Wardęcka L., Gęsiński K.: Wykorzystanie nasion komosy ryżowej do produkcji kiełków konsumpcyjnych. *Acta Agrophys.*, 2014, 21 (1), 27-34.
- [11] Grzesiuk S., Kulka K.: Fizjologia i biochemia nasion. PWRiL, Warszawa 1981.
- [12] Gujjaiiah S., Kumari C.: Evaluation of changes in  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase and protease during germination of cereals. *IJASR*, 2013, 3 (3), 55-62.
- [13] Gulewicz P., Martínez-Villaluenga C., Frias J., Ciesiołka D., Gulewicz K., Vidal-Valverde C.: Effect of germination on the protein fraction composition of different lupin seeds. *Food Chem.*, 2008, 107, 830-844.
- [14] Crawford E.: Sales of sprouted grains to reach \$250 million in five years, expert predicts. [on line]. William Reed Business Media Ltd. Dostęp w Internecie [3.04.2017]: <http://www.foodnavigator-usa.com/Markets/Sprouted-grains-offer-significant-sales-growth-in-next-five-years>

- [15] Kaczmarek R.: W Polakach zaczyna kiełkować potrzeba zdrowego odżywiania. [on line]. Dostęp w Internecie [3.04.2017]: <http://www.portalspozywczy.pl/handel/wiadomosci/ekspert-w-polakach-zaczyna-kiełkowac-potrzeba-zdrowego-odzywiania,129578.html>
- [16] Kaniewska J., Domoradzki M., Poćwiardowski W.: Przygotowanie nasion do produkcji kiełków konsumpcyjnych. *Acta Agrophys.*, 2010, 16 (2), 315-325.
- [17] Kaniewska J., Płaczkowska M., Poćwiardowski W.: Wpływ stężenia kwasu nadoctowego na zdolność kiełkowania nasion rzodkiewki. *ZPPNR*, 2012, 570, 65-72.
- [18] Kayembe N.C., van Rensburg J.C.: Germination as a processing technique for soybeans in small-scale farming. *S. Afr. J. Anim.*, 2013, 43 (2), 167-173.
- [19] Krave C.A.: Method, apparatus and package for sprouting seeds. USA. Patent US 1981, 4.292.761.
- [20] Lee J.-D., Shannon J.G., Jeong Y.-S., Lee J.-M., Hwang Y.-H.: A simple method for evaluation of sprout characters in soybean. *Euphytica*, 2007, 153, 171-180.
- [21] Lee Y.Y., Park H.M., Hwang T.Y., Kim S.L., Kim M.J., Lee S.K., Seo M.J., Kim K.J., Kwon Y.-U., Lee S.C., Kim Y.H.: A correlation between tocopherol content and antioxidant activity in seeds and germinating seeds of soybean cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, 2015, 95 (4), 819-827.
- [22] Martínez-Villaluenga C., Frias J., Gulewicz P., Gulewicz K., Vidal-Valverde C.: Food evaluation of broccoli and radish sprouts. *FCT*, 2008, 46, 1635-1644.
- [23] Márton M., Mándoki Z., Csapó J.: Evaluation of biological value of wheat sprout: I. Fat content, fatty acid composition. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*, 2010, 3, 53-65.
- [24] Meyerowitz S.: Kiełki, cudowny pokarm. Kompletny poradnik kiełkowania. PURANA, Wrocław 2011.
- [25] Morabito S.: Developments in improving the safety of sprouts. In: *Advances in Microbial Food Safety*. Vol. 2. Ed. J. Sofos. Woodhead Publishing, Cambridge, UK, 2015, pp. 351-378.
- [26] Pająk P., Socha R., Gałkowska D., Rożnowski J., Fortuna T.: Phenolic profile and antioxidant activity in selected seeds and sprouts. *Food Chem.*, 2014, 143, 300-306.
- [27] Paško P., Bartoń H., Zagrodzki P., Gorinstein S., Fołta M., Zachwieja Z.: Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chem.*, 2009, 115, 994-998.
- [28] Piecyk M., Klepacka M., Worobiej E.: Zawartość inhibitorów trypsyny, oligosacharydów oraz fosforu fitynowego w preparatach białkowych otrzymanych z nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris*) metodą krystalizacji i izolacji klasycznej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 3 (44), 92-104.
- [29] Plaza L., de Ancos B., Cano M.P.: Nutritional and health-related compounds in sprouts and seeds of soybean (*Glycine max*), wheat (*Triticum aestivum*.L) and alfalfa (*Medicago sativa*) treated by a new drying method. *Eur. Food Res. Technol.*, 2003, 216, 138-144.
- [30] Roh J.-S., Chung I.-M.: Method for manufacturing green elemental bean sprouts using yellow light. USA. Patent US 2003/0235644 A1.
- [31] Rozporządzenie wykonawcze Komisji UE 208/2013 z dnia 11 marca 2013 r. w sprawie wymogów dotyczących możliwości śledzenia kiełków i nasion przeznaczonych do produkcji kiełków. *Dz. Urz. UE L 68 z 12.03.2013*.
- [32] Sawyer G.M.: Sprouting device. USA. Patent US 1977, 4.006.557.
- [33] Strojewska I.: Spożycie owoców, warzyw i ich przetworów w Polsce. *Biuletyn Inf. ARR*, 2015, 3, 2-9.
- [34] Suzuki T.: Sprouting vegetable cultivation apparatus. USA. Patent US 1987, 4.642.939.
- [35] Takahashi M., Shibamoto T.: Chemical compositions and antioxidant/anti-inflammatory activities of steam distillate from freeze-dried onion (*Allium cepa* L.) sprout. *J. Agric. Food Chem.*, 2008, 56, 10462-10467.
- [36] Taormina P.J., Beuchat L.R., Slutsker L.: Infections associated with eating seed sprouts: An international concern. *Emerg. Infect. Dis.*, 1999, 5, 626-634.

- [37] Urbano G., Aranda P., Vilcher A., Aranda C., Cabrera L., Porres J.M., López-Jurado M.: Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum*. L. Food Chem., 2005, 93, 671-679.
- [38] Weiss A., Hammes W.P.: Efficacy of heat treatment in the reduction of salmonellae and *Escherichia coli* O157:H<sup>+</sup> on alfalfa, mung bean and radish seeds used for sprout production. Eur. Food Res. Technol., 2005, 221, 187-191.
- [39] Xiao Z., Nou X., Luo Y., Wang Q.: Comparison of the growth of *Escherichia coli* O157: H7 and O104: H4 during sprouting and microgreen production from contaminated radish seeds. Food Microbiol., 2014, 44, 60-63.
- [40] Xu M.-J., Dong J.-F., Zhu M.-Y.: Effects of germination conditions on ascorbic acid level and yield of soybean sprouts. J. Sci. Food Agric., 2005, 85, 943-947.
- [41] Yuan G., Wang X., Guo R., Wang Q.: Effect of salt stress on phenolic compounds, glucosinolates, myrosinase and antioxidant activity in radish sprouts. Food Chem., 2010, 121, 1014-1019.

## METHODS OF SPROUTING – FROM GROWING AT HOME TO INDUSTRIAL PRODUCTION

### S u m m a r y

Sprouts were already known in ancient times; however, they were rediscovered in the 19<sup>th</sup> century when vegetarianism began to grow in importance and consumers excluded or limited meat in the diet consciously and deliberately, and not only for religious reasons. Among other things, owing to the nutritional qualities of sprouts, it is predicted that the foods market share of sprouts will be increasing. Rich chemical composition and relatively easy production technology make sprouts a desirable product. Another attractive feature of the sprouts is their all year long availability on the market unlike the seasonal fruits and vegetables. Along with the increase in the popularity of sprouts, numerous methods of their production also appeared. The paper presents and characterizes the methods for obtaining sprouts, both on the small and the industrial scale. Of the presented methods of sprouting, a jar method is named, which is the oldest yet the simplest method of producing sprouts. In a domestic environment, sprouters are often used; they consist of perforated trays arranged on top of each other and periodically washed with water. Larger tanks, climate cabinets or drum sprouters are used on a larger scale. In addition to the methods shown, those solutions are also described, which are found in the production of sprouts such as automatic machines in the form of vending machines. In the vending machine, sprouts can be produced at a place where they are vended, and the machine service is simple and limited to supplying the device with sprouting seeds.

**Key words:** sprouts, sprouting methods, jar method, tank method, drum sprouter ☒