
Witold NIEMIEC, Tomasz TRZEPIECIŃSKI
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

INNOWACYJNE URZĄDZENIA W SUSZARNICTWIE PŁODÓW ROLNYCH ORAZ ROŚLIN ZIELARSKICH

Streszczenie

Polska jest wiodącym w Europie Środkowej i Wschodniej producentem ziół. Uprawą dziurawca, melisy oraz mięty, której plon może być zbierany nawet cztery razy w ciągu roku, zajmuje się ponad 20 tysięcy gospodarstw rolnych, a sumaryczna powierzchnia upraw wynosi około 35 tys. ha. Zioła produkowane w Polsce charakteryzują się wysoką jakością związaną ze stosunkowo niską chemizacją rolnictwa, w porównaniu z krajami wysoko rozwiniętymi gospodarczo. Naturalne warunki konserwacji metodą suszenia płodów rolnych są charakterystyczne dla drobnej i średniej wielkości produkcji rolniczej, jak: zbieractwo grzybów, ziół i plonów pozyskiwanych w małych gospodarstwach o zróżnicowanych uprawach. W rozdziale przedstawiono charakterystykę metod suszenia oraz wybranych środków technicznych służących do suszenia roślin zielarskich i innych płodów rolnych. Prezentowane innowacyjne urządzenia są częścią technologii opracowanej przez pracowników Politechniki Rzeszowskiej, której celem jest dostarczenie na rynek maszyn i urządzeń wspomagających uprawę roślin energetycznych w małych i średnich gospodarstwach rolnych. Rozwój technologii jest sukcesywnie prezentowany podczas cyklicznej konferencji Błękitny San organizowanej przez Związek Gmin Turystycznych Pogórza Dynowskiego.

Słowa kluczowe: rośliny zielarskie, suszarnia, suszarnictwo, zielarstwo

INNOVATIVE DEVICES IN DRYING OF AGRICULTURAL PRODUCTS AND OF HERBAL PLANTS

Summary

Poland is a leading herbal producer in Central and Eastern Europe. The cultivation of St. John's wort, lemon balm and mint, the crop of which can be harvested up to four times a year, is occupied by over 20 thousand farms, and the total area of crops is about 35 thousand hectares. Herbs produced in Poland are characterized by high quality associated

with relatively low chemisation of agriculture compared to economically developed countries. Natural conditions of preservation by the method of drying crops are characterized by small and medium size of agricultural production like gathering of mushrooms, herbs and crops obtained in small farms with various crops. The chapter presents the characteristics of drying methods and selected technical measures for drying herbal plants and other agricultural products. The presented innovative devices are part of the technology developed by the employees of Rzeszow University of Technology, which aims to provide machines and devices supporting the cultivation of energy crops on small and medium-sized farms. The development of technology is successively presented during the cyclical conference of "Błękitny San" organized by the Association of Tourist Municipalities of the Dynów Foothills.

Keywords: herbal plants, dryer, dehydration, herb cultivation

1. Wprowadzenie

W Polsce, zaliczanej do potentatów w zakresie produkcji roślin zielarskich w Europie, średnia powierzchnia gospodarstw wynosi 0,5–2,5 ha [Biuletyn Statystyczny 2018]. Zioła pochodzące z upraw stanowią 80% wyrobów zielarskich (około 60 gatunków), a ze stanowisk naturalnych 20% [<http://www.netword3.com/artukul/ziolowy-interes/>, dostęp: 21.12.2019]. Głównym czynnikiem, który przemawia za uprawą danego gatunku ziół przez polskich plantatorów, jest wysokość potencjalnego zysku. Do ziół, które są najbardziej popularne w uprawie, należą majeranek ogrodowy (*Origanum majorana*), rumianek pospolity (*Matricaria chamomilla*), naparstnica wełnista (*Digitalis lanata*), kozłek lekarski (*Valeriana officinalis*), szalwia lekarska (*Salvia officinalis*), ostropest plamisty (*Sylibium marianum*), prawoślaz lekarski (*Althaea officinalis*) oraz mięta pieprzowa (*Mentha piperita*) [http://www.sadyogrody.pl/warzywa/102/rosnie_zainteresowanie_uprawa_roslin_zielarskich,238.html, dostęp: 21.12.2019].

Pozyskiwanie roślin zielarskich ze stanowisk naturalnych jest ograniczone zasadami ochrony środowiska naturalnego. Racjonalny zbiór roślin objętych ochroną częściową jest możliwy tylko po przeszkoleniu zbieraczy oraz po uzyskaniu zgody Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska. Ograniczenie to nie dotyczy roślin zaliczanych do chwastów pól uprawnych występujących na obszarach czystych ekologicznie, które można pozyskiwać bez ograniczeń. Rośliny podlegające częściowej ochronie na obszarze całego kraju to: grzybień biały (*Nymphaea alba* L.), przylaszczka pospolita (*Hepatica nobilis* Mill.), mącznica lekarska (*Arctostaphylos uva-ursi* L. Spreng), pierwiosnka lekarska (*Primula veris* L.), pokrzywa wilcza jagoda (*Atropa belladonna* L.), porzeczka czarna (*Ribes nigrum* L.), centuria pospolita (*Centaureum erythraea* Rafn), zimowit jesienny (*Colchicum autumnale*), marzanka wonna (*Galium odoratum*), paprotka słodka (*Polypodium vulgare*), konwalia majowa (*Convallaria majalis* L.), płucnica lekarska (*Cetraria*

islandica (L.) Ach.) [http://www.sadyogrody.pl/warzywa/102/rosnie_zainteresowanie_uprawa_roslin_zielarskich,238.html, dostęp: 21.12.2019].

Zioła zbiera się w czterech okresach: wiosennym, letnim, jesiennym i zimowym. Do roślin pozyskiwanych ze skupisk naturalnych zalicza się m.in.: jałowiec pospolity (*Juniperus communis* L.), głóg jednoszyjkowy (*Crataegus monogyna* Jacq.), głóg dwuszyjkowy (*Crataegus laevigata* Poir. DC.), bez czarna (*Sambucus nigra* L.), kasztanowiec zwyczajny (*Aesculus hippocastanum* L.), podbiał pospolity (*Tussilago farfara* L.), pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica* L.), mniszek lekarski (*Taraxacum officinale*), krwawnik pospolity (*Achillea millefolium* L.), brzoza (*Betula* L.), róża dzika (*Rosa canina* L.) [http://www.sadyogrody.pl/warzywa/102/rosnie_zainteresowanie_uprawa_roslin_zielarskich,238.html, dostęp: 21.12.2019].

Aspekty prawne pozyskiwania ziół ze stanu naturalnego w Polsce są ujęte w krajowych aktach prawnych dotyczących ochrony roślin oraz aktach prawnych Unii Europejskiej w zakresie ekologicznej produkcji rolniczej:

- ◆ Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz.U. Nr 101, poz. 444),
- ◆ Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. z 2009 r. Nr 151, poz. 1220),
- ◆ Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 28 grudnia 1998 r. w sprawie szczegółowych zasad ochrony i zbioru płodów runa leśnego oraz zasad lokalizowania pasiek na obszarach leśnych (Dz.U. Nr 6, poz. 42),
- ◆ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 9 lipca 2004 r. w sprawie gatunków dziko występujących roślin objętych ochroną (Dz.U. z 2004 r. Nr 168, poz. 1764),
- ◆ Rozporządzenie Komisji (WE) nr 889/2008 z dnia 5 września 2008 r. ustanawiające szczegółowe zasady wdrażania rozporządzenia Rady (WE) nr 834/2007 w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych w odniesieniu do produkcji ekologicznej, znakowania i kontroli,
- ◆ Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91.

Do kodeksu dobrych praktyk zbieracza ziół ze stanowisk naturalnych należy zaliczyć następujące wskazówki:

- ◆ przede wszystkim zbiór ziół należy przeprowadzać na terenach, których przeznaczenie zostało zaplanowane do zmiany;
- ◆ nie należy zbierać ziół corocznie z tego samego miejsca;
- ◆ na danym stanowisku nie należy zbierać wszystkich roślin danego gatunku, tak aby zapewnić możliwość odrodzenia się roślin;
- ◆ pozyskując tylko pewne części pędów (np. ziele, kwiat), nie można doprowadzić do zniszczenia całych roślin;
- ◆ korę należy pozyskiwać tylko z pni oraz gałęzi ściętych drzew.

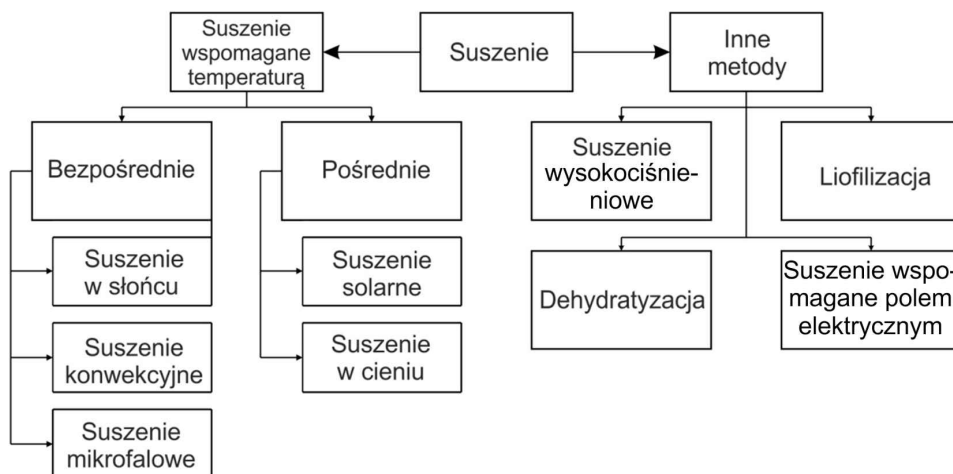
Dzięki uprawie ziół istnieje możliwość otrzymania odmian o określonym składzie chemicznym, a także wyższej odporności na choroby i szkodniki [Liu i wsp. 2006, s. 119; Tschiggerl, Bucar 2011, s. 905]. Do ziół, które cieszą się największym zainteresowaniem, zalicza się m.in.: rumianek pospolity (*Matricaria chamomilla*), szalwia lekarska (*Salvia officinalis*), naparstnica wełnista (*Digitalis lanata*), mięta pieprzowa (*Mentha piperita*), kozłek lekarski (*Valeriana officinalis*), ostropest plamisty (*Sylibium marianum*), majeranek ogrodowy (*Origanum majorana*) oraz prawoślaz lekarski (*Althaea officinalis*) [http://www.sadyogrody.pl/warzywa/102/rosnie_zainteresowanie_uprawa_roslin_zielarskich,238.html, dostęp: 21.12.2019].

Suszenie, będące najstarszym sposobem konserwacji żywności oraz pasz w żywieniu zwierząt gospodarskich, jest jednym z najbardziej energochłonnych procesów przetwarzania płodów rolnych, w tym produktów zielarskich. Najstarsze wzmianki o wykorzystaniu promieniowania słonecznego do suszenia żywności pochodzą z okresu około 12 tys. lat p.n.e i dotyczą cywilizacji Bliskiego Wschodu. Warunki klimatyczne (nasłonecznienie, opady, uwarunkowania termiczne) mają istotne znaczenie w procesach suszarniczych, które jak wiadomo, są kosztowne do stosowania przy zastosowaniu przemysłowych sposobów wytwarzania ciepła wykorzystujących siecią energię elektryczną [Mahanom i wsp. 1999, s. 48]. Celem rozdziału jest przedstawienie nowych, innowacyjnych konstrukcyjnie urządzeń, powstałych w ramach opracowywanej w Politechnice Rzeszowskiej technologii produkcji biomasy [Niemiec, Trzepieciński 2018], której rozwój jest prezentowany na organizowanych cyklicznie konferencjach „Błękitny San”.

2. Metody suszenia płodów rolnych

Podstawowe metody suszenia ziół przedstawiono na ryc. 1. Najczęściej wykorzystuje się metodę tradycyjnego suszenia, tzn. suszenie na słońcu, odpowiednio z bezpośrednim i pośrednim wykorzystaniem energii słonecznej lub suszeniem w cieniu [Janjai i wsp. 2008, s. 92; Orphanides i wsp. 2016, s. 168; Sagoo i wsp. 2009, s. 40]. Na mniejszą skalę stosuje się również suszenie sublimacyjne, suszenie konwekcyjne gorącym powietrzem i suszenie wspomagane ultradźwiękami. Suszenie gorącym powietrzem i suszenie w cieniu są szeroko stosowane ze względu na niski koszt [Soysal 2004, s. 168]. Z punktu widzenia jakości produktu, należy podkreślić, że zioła zawierające lotne olejki eteryczne powinny być zawsze suszone w cieniu. Podczas suszenia na słońcu substancje czynne zawarte w tych ziołach albo odparowują, albo ulegają rozkładowi.

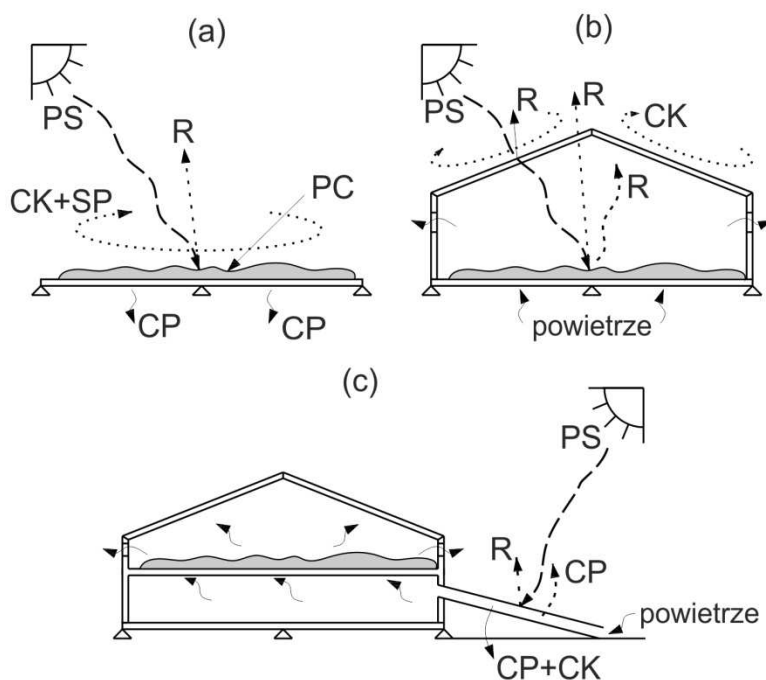
Suszenie na słońcu jest jedną z najstarszych metod suszenia wykorzystujących energię słoneczną. Proces ten jest powszechnie stosowany do suszenia produktów rolnych oraz roślin leczniczych na całym świecie [Janjai, Bala 2012, s. 42]. Suszarnie słoneczne można podzielić na bezpośrednie i pośrednie [Sharma i wsp. 2009, s. 1191; Shylaja, Peter 2004, s. 11]. Ze względu na obieg powietrza



Ryc. 1. Podstawowe metody suszenia ziół

Źródło: opracowanie własne

wyróżnia się suszarnie aktywne i pasywne, wykorzystujące bezpośrednio ciepło promieniowania słonecznego i ciepło zawarte w powietrzu, a także termiczne – głównie w suszeniu konwekcyjnym [Argyropoulos, Müller 2014, s. 118]. Zasada suszenia na otwartym słońcu, bezpośredniego suszenia słonecznego i pośredniego suszenia słonecznego została przedstawiona na ryc. 2. Część energii słonecznej jest pochłaniana przez powierzchnię plonu, a pozostała część energii słonecznej jest odbijana (ryc. 2a). Przekształcone pochłonięte promieniowanie powoduje wzrost temperatury plonu i jego częściowe odparowanie do otoczenia. Podmuchy wiatru nad powierzchnią plonu przyczyniają się do konwekcyjnych strat ciepła. Podczas suszenia bezpośredniego (ryc. 2b) część promieniowania słonecznego przechodzi przez przezroczystą pokrywę, a część ulega odbiciu do atmosfery. Pozostała część promieniowania słonecznego jest przenoszona do wnętrza suszarni. W wyniku adsorpcji promieniowania słonecznego wzrasta temperatura suszonej substancji. Obecność przezroczystej przesłony zapobiega ucieczce promieniowania. Jedną z wad bezpośredniego suszenia słonecznego jest kondensacja wilgoci wewnątrz suszarni z powodu zmniejszenia przepuszczalności przezroczystej pokrywy [Sagoo i wsp. 2009, s. 40]. Podczas pośredniego suszenia słonecznego (ryc. 2c) zioła są przechowywane w komorze suszącej. Powietrze jest ogrzewane w nagrzewnicy i dostarczane do komory suszącej. Ciepło z parowania wilgoci jest zapewniane przez konwekcyjny transfer ciepła między ciepłym powietrzem a mokrym plonem. Strumieniowy przepływ w komorze jest zapewniany przez konwekcyjny transfer wilgotnego powietrza we wnętrzu suszarni [Sagoo i wsp. 2009, s. 40].



Ryc. 2. Zasada suszenia: (a) na otwartej nasłonecznionej przestrzeni, (b) bezpośredniego suszenia na słońcu, (c) pośredniego suszenia na słońcu: CP – straty ciepła w wyniku przewodzenia, CK – straty konwekcyjne, SP – straty ciepła na skutek parowania, PC – pochłanianie ciepła, R – promieniowanie, PS – promieniowanie słoneczne

Źródło: opracowanie własne

Aby uniknąć bezpośredniego narażenia ziół na promieniowanie słoneczne, ich suszenie przeprowadza się na stanowiskach zacienionych. Okres suszenia w cieniu jest dłuższy niż w przypadku suszenia „na słońcu” [Pirbalouti i wsp. 2013, s. 2442]. Energia słoneczna jest wykorzystywana do podgrzewania powietrza, które następnie przechodzi przez rośliny zielone w wyniku ukierunkowanego przepływu [Arslan, Özcan 2008, s. 1260]. Ograniczeniem suszenia słonecznego są warunki klimatyczne, niekorzystne warunki pogodowe prowadzą do podatności na ponowne zawilgocenie wysuszonego produktu.

Suszenie gorącym powietrzem za pomocą pieców konwekcyjnych jest podstawową przemysłową technologią do ochrony roślin aromatycznych i leczniczych [Antal i wsp. 2011, s. 1837; Müller 2007, s. 2]. Promieniowanie podczerwone oraz mikrofalowe poprawia konwencjonalne suszenie i skraca czas suszenia w porównaniu z metodami konwencjonalnymi. Ograniczającą wadą suszenia gorącym powietrzem jest obniżenie jakości ziół leczniczych. Wysoka temperatura może rozkładać bioaktywne składniki, a tym samym prowadzić do utraty olejków eterycznych i przeciwutleniaczy [Prusinowska, Śmigielski 2015, s. 56]. Z drugiej

strony gorące powietrze zmniejsza stężenie toksycznych składników w gotowych produktach.

Metody suszenia mikrofalowo-próżniowego zmniejszają negatywne skutki nadmiernego niszczenia struktury ziół poprzez oddziaływanie wysokiej temperatury. Suszenie mikrofalowe skraca zarówno czas suszenia oraz zmniejsza koszt poprzez szybkie odparowanie wody z tkanki roślinnej [Di Cesare i wsp. 2003, s. 3579]. Napromieniowanie mikrofalami można również stosować w połączeniu z innymi metodami suszenia, takimi jak: suszenie gorącym i ciepłym powietrzem oraz suszenie konwekcyjne. Suszenie mikrofalowo-konwekcyjne ziół doprowadza do degradacji chlorofilów i zmiany koloru podczas suszenia ziół z rodziny *Apiaceae* [Śledź, Witrowa-Reichert 2012, s. 868].

Suszenie wspomagane ultradźwiękami opracowano w celu przyspieszenia procesu wymiany masy i skrócenia czasu suszenia bez ryzyka przegrzania ziół. Energia akustyczna wytwarza oscylacyjny ruch powietrza, co umożliwia rozerwanie wiązań cząsteczek wody. Suszenie ultradźwiękowe z niskimi częstotliwościami (20–100 kHz) i wysoką intensywnością ($10\text{--}1000\text{ W}\cdot\text{cm}^{-1}$) jest bardziej efektywne podczas przeprowadzania procesu w niskiej temperaturze, zmniejszając w ten sposób prawdopodobieństwo degradacji żywności.

Liofilizacja (suszenie sublimacyjne) jest procesem wieloetapowym polegającym na usuwaniu wody z zamrożonego materiału na drodze sublimacji lodu, tzn. bezpośredniego jego przejścia w stan pary, z pominięciem stanu ciekłego. Aby przyspieszyć proces liofilizacji, prowadzi się go pod znacznie obniżonym ciśnieniem. Ze względu na niską temperaturę wymaganą do suszenia zapobiega się większości reakcji mikrobiologicznych oraz utleniania. Główną wadą suszenia sublimacyjnego jest jego wysoki koszt, 4–8 razy wyższy niż w przypadku tradycyjnego suszenia gorącym powietrzem [Chan i wsp. 2009, s. 168].

3. Środki techniczne w suszarnictwie płodów rolnych oraz roślin zielarskich

W Politechnice Rzeszowskiej trwają wieloletnie prace badawcze w kierunku opracowywania innowacyjnych technologii produkcji zielarskiej oraz technologii produkcji biomasy na cele energetyczne, dostosowanych do wielkości gospodarstw rolnych oraz spełniających aspekty ochrony środowiska [Niemiec i wsp. 2015, s. 48; Niemiec i wsp. 2018, s. 229; Niemiec, Trzepieciński 2018, s. 158]. Rynek środków technicznych do produkcji rolniczej i przetwarzania plonów składa się z urządzeń profesjonalnych wytwórców. Ze względu na wysoką cenę oraz niedostosowanie wydajności tych urządzeń do małych i średnich arealów upraw, występuje konieczność uzupełniania braków w obszarze mechanizacji specjalistycznych prac w rolnictwie małoobszarowym. Wychodząc naprzeciw brakom rynkowym, opracowano innowacyjne urządzenia wspomagające proces przetwórstwa wybranych płodów rolnych, które powstały na bazie wieloletnich obser-

wacji i badań stanu mechanizacji prac w polskim rolnictwie [Niemiec, Trzepieciński 2018, s. 158]. Istotne rozwiązania potrzebne w rolnictwie w zakresie produkcji biomasy na cele energetyczne (zdrewniałe pędy roślin), a także konserwacji pasz i ziół (passe objętościowe i rośliny zielarskie), zdaniem autorów, mogą pomóc w ciężkich a niezbędnych pracach rolnych w sytuacji rosnących cen pracy żywej oraz malejącej liczby rąk do pracy na wsi.

Nowe konstrukcje zostały zgłoszone w Urzędzie Patentowym Rzeczypospolitej Polskiej i znajdują się na różnych poziomach rozpoznania i uznania zastrzeżeń (tab. 1.).

Tabela 1. Wykaz zgłoszonych opracowań wynalazków (P) i wzorów użytkowych (W) w trakcie postępowania w Politechnice Rzeszowskiej i Urzędzie Patentowym (twórcy: Niemiec W., Trzepieciński T.)

Poz.	Nr zgłoszenia	Data zgłoszenia	Wyszczególnienie
1.	W-126579	05.09.2017*	Piec do ogrzewania powietrza
2.	W-126578	05.09.2017*	Palnik do spalania biomasy, zwłaszcza w postaci zrębków
3.	P-422748	05.09.2017*	Suszarnia do objętościowych płodów rolnych
4.	P-428516	08.01.2019	Suszarnia do płodów rolnych zwłaszcza ziół
5.	P-424893	14.03.2018	Powietrzny kolektor słoneczny z ogniwami fotowoltaicznymi
6.	P-426793	28.08.2018	Kolektor słoneczny o budowie modułowej oraz sposób sterowania tym kolektorem
7.	P-424894	14.03.2018	Suszarnia kontenerowa
8.	P-427368	10.10.2018	Wóz asenizacyjny do podpowierzchniowego dawkowania nawozów płynnych
9.	P-428765	31.01.2019	Urządzenie do korowania wiotkich pędów zdrewniałych roślin
10.	P-430635	17.09.2019	Urządzenie do mechanicznego usuwania zanieczyszczeń ze zdrewniałych pędów roślin, zwłaszcza wikliny
11.	P-430634	17.07.2019	Urządzenie do korowania zdrewniałych pędów roślin, zwłaszcza wikliny
12.	P-430629	17.07.2019	Urządzenie do sortowania zdrewniałych pędów roślin oraz sposób sortowania zdrewniałych pędów roślin z wykorzystaniem tego urządzenia

* przyznane prawo ochronne

Źródło: opracowanie własne

4. Mobilna suszarnia

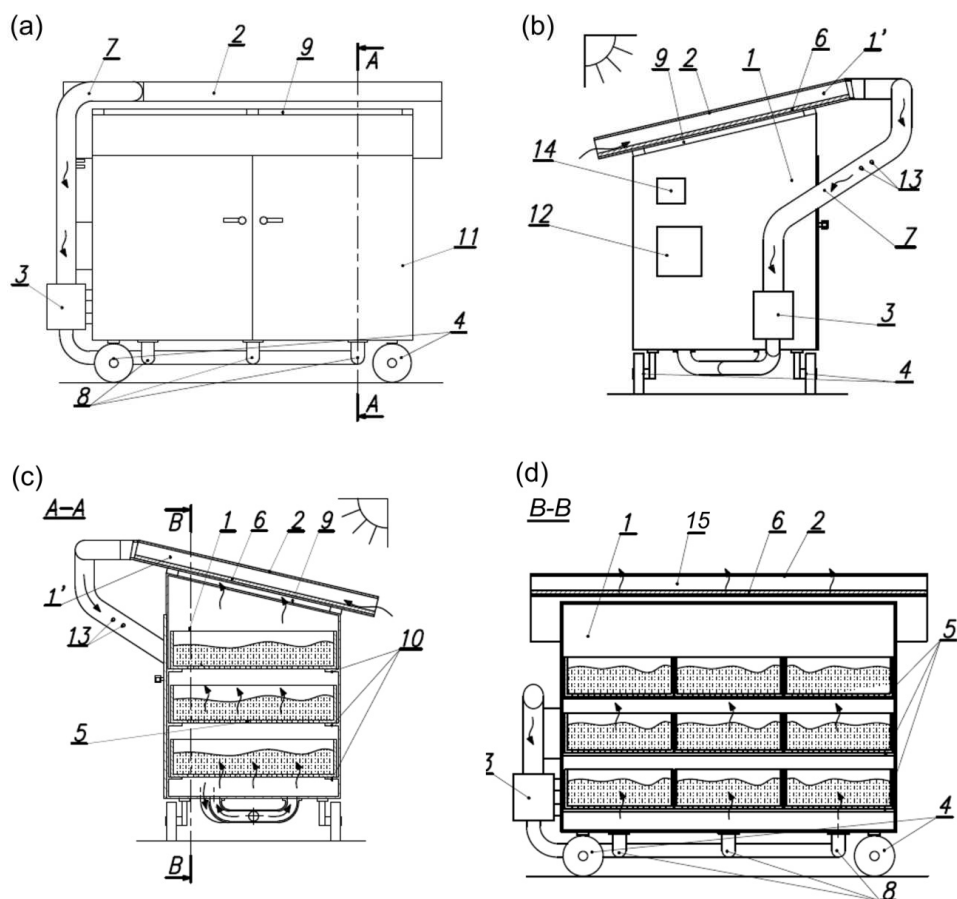
Wykorzystywanie naturalnych warunków otoczenia przy konserwacji metodą suszenia płodów rolnych z zastosowaniem powietrza z otoczenia sprzyja prostym sposobom pozyskiwania niewielkich ilości żywności i ziół takich jak

zbieractwo. Rolnictwo komercyjne cechuje się znacznymi ilościami obrabianego materiału takiego jak przykładowo pasze objętościowe czy ziarno, a zatem wymagają specjalistycznych rozwiązań technicznych umożliwiających efektywne suszenie w stabilnych, podwyższonych lub obniżonych temperaturach. Zielarstwo również najczęściej wykorzystuje procesy suszarnicze w trakcie obróbki plonu w stosunkowo niższych temperaturach suszenia, wymaganych w celu zachowania jak największej ilości składników, dla których produkuje się rośliny niezbędne w procesach leczniczych i żywieniu ludzi oraz zwierząt.

Suszarnia kontenerowa, według zgłoszenia wynalazku P-424894, zawierająca komorę suszarniczą, połączoną z kolektorem słonecznym, wentylator oraz układ sterowania wentylatora, charakteryzuje się tym, że jej kolektor słoneczny zawiera przepływową komorę powietrzną połączoną rurociągiem z komorą suszarniczą, a wentylator jest umieszczony na drodze przepływu strumienia powietrza z komory powietrznej do komory suszarniczej, przy czym na dnie komory powietrznej są ogniwa fotowoltaiczne, zaś układ sterowania oraz wentylator są co najmniej częściowo zasilane energią elektryczną wytworzoną w tych ogniwach.

Korzystnym rozwiązaniem dla pozyskania i wykorzystania jak największej energii słonecznej jest zastosowanie akumulatora. Następne korzyści uzyskuje się, jeżeli suszarnia zawiera układ jezdy, a jej układ sterowania procesem suszenia jest wyposażony w zestaw czujników obejmujący co najmniej termometr i wilgotnościomierz. Dalsze korzyści uzyskuje się, jeśli połączenie rurociągu z komorą suszarniczą suszarni jest za pomocą króćców przyłączeniowych, przy czym jej króćce są rozmieszczone równomiernie w podłodze komory suszarniczej. Kolejne korzyści uzyskuje się, jeżeli wentylator suszarni jest zamontowany w dolnej części jej rurociągu.

Dzięki zastosowaniu suszarni według wynalazku autorów jest możliwe ograniczenie kosztów suszenia objętościowych płodów rolnych, w tym zwłaszcza ziół. Urządzenie daje możliwość realizacji suszenia wyłącznie przy zastosowaniu energii słonecznej, co ma korzystny wpływ na środowisko. Ponadto suszarnia jest mobilna i ma prostą budowę. Konstrukcja suszarni daje również możliwość jej podłączenia, w razie zaistnienia takiej potrzeby, do specjalistycznego pieca do ogrzewania powietrza, wykorzystującego biomasę lub paliwo płynne. W przypadku suszenia ziół, suszarnia według wynalazku może nie tylko się przyczynić do obniżenia kosztów suszenia, ale także do podniesienia jakości wysuszonego materiału dzięki zapewnieniu optymalnych parametrów suszenia oraz dzięki układowi sterowania parametrami pracy. Szczegóły konstrukcyjne suszarni kontenerowej przedstawiono na ryc. 3.



Ryc. 3. Konstrukcja suszarni w widoku z przodu (a), z boku (b) oraz w przekrojach A-A (c) oraz B-B (d) według zgłoszenia wynalazku P-424894: 1 – komora suszarnicza, 2 – kolektor słoneczny, 3 – wentylator, 4 – układ jezdny, 5 – półki, 6 – ogniwo kolektora, 7 – rurociąg powietrza obiegowego, 8 – króćce łączące, 9 – wylot powietrza wilgotnego z suszarni, 10 – wsporniki, 11 – drzwi, 12 – układ sterowania, 13 – czujniki, 14 – akumulator, 15 – komora powietrzna kolektora słonecznego

Źródło: opracowanie własne

5. Suszarnia do płodów rolnych, zwłaszcza ziół

Surowiec zielarski zawierający olejki eteryczne, które są mieszaniną lotnych substancji zapachowych i biologicznie czynnych, należy suszyć powoli, w temperaturze 25–30°C. W czasie suszenia zachodzą procesy tworzenia się olejku eterycznego, tym sposobem zawartość olejków eterycznych w suszu będzie większa niż w surowej roślinie. Przykładowo, olejek eteryczny, będący produktem wtórnego metabolizmu tymianku, jest podstawowym wyróżnikiem jakości suszenia

tego surowca. Otrzymanie optymalnej zawartości olejków eterycznych w suszu wymaga ścisłego reżimu w zakresie temperatury suszenia i prędkości przepływu powietrza suszącego. Zapewnienie tych warunków w przypadku większości suszarni stosowanych w małych gospodarstwach rolnych jest niezwykle trudne.

Znane ze stanu techniki rozwiązania suszarni są często urządzeniami uniwersalnymi przeznaczonymi do suszenia płodów rolnych, które niekiedy są suszone jednocześnie podczas jednej sesji procesu, bez zachowania optymalnej temperatury suszenia każdego ze składników. Źródła gorącego powietrza bazują przede wszystkim na promieniowaniu słonecznym lub dodatkowych nagrzewnicach elektrycznych. Ogrzewanie powietrza promieniami słonecznymi jest obciążone dużymi wahaniami wartości temperatury, związanymi z warunkami atmosferycznymi w trakcie dnia. Temperatura powietrza nagrzanego w kolektorze przez promieniowanie słoneczne może dochodzić do 50–90°C, co znacznie przekracza optymalną temperaturę suszenia roślin zielarskich zawierających olejki eteryczne. Sterowanie temperaturą powietrza suszarniczego, w istniejących rozwiązaniach suszarni, wymaga stosowania odpowiedniego oprzyrządowania oraz regulatorów. Ponadto, przemysłowe suszarnie do ziół wymagają odpowiedniej infrastruktury oraz są energochłonne.

Suszarnia do płodów rolnych według zgłoszenia wynalazku P-428516 zawierająca komorę suszarniczą, słoneczną nagrzewnicę powietrza, a także kanał wylotowy odprowadzający ogrzane powietrze z komory suszarniczej do otoczenia, według wynalazku charakteryzuje się tym, że w kanale odprowadzającym jest zamontowany skraplacz, do którego na wlocie jest podłączony wymiennik ciepła. Skraplacz suszarni ma kanał spiralny o zewnętrznym uźebrowaniu. Dalsze korzyści są uzyskiwane, jeżeli pod skraplaczem suszarnia ma zamontowaną płytkę skraplającą z odpływem podłączonym, za pomocą rury odpływowej, do zbiornika. Następne korzyści uzyskuje się, jeżeli suszarnia ma sterownik podłączony do akumulatora zasilanego z ogniw fotowoltaicznych lub z mikroturbiny wiatrowej. Kolejne korzyści powstają, jeśli wymiennik ciepła suszarni jest powietrzny i ma kanał dolotowy z króćcem, na którym jest zamontowany wentylator, przy czym wymiennik ciepła jest połączony ze skraplaczem za pomocą rury dolotowej, a na wylocie skraplacza jest zamontowana rura wylotowa prowadzącą do atmosfery, natomiast na rurze dolotowej jest zamontowany zawór, do którego jest podłączony przewód prowadzący do komory suszarniczej.

W wariantcie wykonania wymiennik ciepła suszarni jest wodny. Na wylocie skraplacza jest zamontowany kanał dolotowy, prowadzący do wymiennika ciepła, a na rurze dolotowej znajduje się pompa wymuszająca zamknięty obieg cieczy. Dalsze korzyści są uzyskiwane, jeżeli nagrzewnica suszarni jest ułożona pod kątem ostrym względem podłoża i od góry ma przezroczystą płytę, a w jej wnętrzu na spodzie absorber płytowy, przy czym w jej komorze suszarniczej przy wlocie powietrza z nagrzewnicy jest zamontowany czujnik temperatury. Kolejne korzyści uzyskuje się, jeżeli wymiennik ciepła suszarni jest gruntowy, przy czym ma

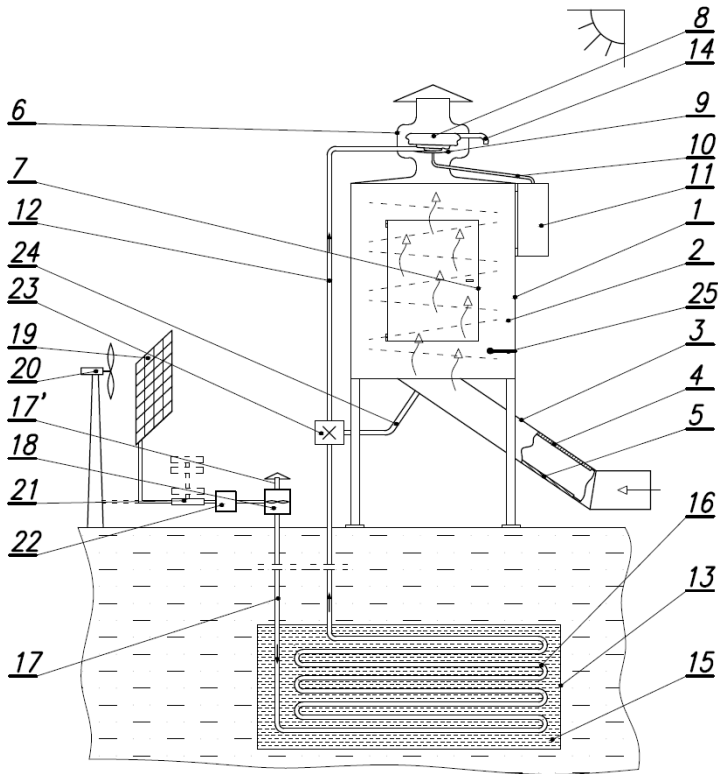
umieszczoną pod powierzchnią gruntu komorę chłodniczą, wewnątrz której jest wężownica.

Suszarnia umożliwia przechwytywanie ulatniających się wraz z wilgocią substancji eterycznych i innych związków wieloskładnikowych, które po skropleniu mogą zostać wyodrębnione, stosując różne metody: destylację, krystalizację, sublimację, ekstrakcję lub metody chromatograficzne. Wynalazek umożliwia wychwycenie ulatniających się substancji chemicznych, zwłaszcza olejków eterycznych, w warunkach zbyt wysokiej temperatury powietrza nagrzanego przez promieniowanie słoneczne.

Suszarnia jest zbudowana z drewna i innych surowców pochodzenia naturalnego, w komorze suszenia nie ma żadnych elementów pochodzenia sztucznego. Surowiec zielarski chroniony jest przed działaniem promieni słonecznych, dzięki czemu zioła nie tracą naturalnej barwy. Energia elektryczna do zasilania elementów pomocniczych suszarni jest wytwarzana przez kolektor słoneczny lub alternatywnie w korzystnych warunkach energią pochodzącą z mikroturbiny wiatrowej. Uniezależnienie suszarni od klasycznej infrastruktury energetycznej sprawia, że może być zastosowana w trudno dostępnych gospodarstwach agroturystycznych oraz leśnictwie. Nagrzane powietrze zawierające wilgoć odparowaną z suszonych roślin oraz inne związki chemiczne, zwłaszcza olejki eteryczne, są skraplane w skraplaczu ze stali stopowej odpornej na korozję, zainstalowanym w kanale wylotowym powietrza w górnej części suszarni. W skraplaczu znajdują się spiralne kanały zwiększające efektywność chłodzenia powierzchni skraplacza przez chłodne powietrze. Para wykrapla się tylko na elementach, których temperatura jest niższa od temperatury punktu rosy powietrza wylotowego. Wymaga to zapewnienia odpowiednio niskiej temperatury powierzchni skraplacza z wykresem Moliera. Możliwe jest to przez wykorzystanie wymiennika ciepła na odpowiedniej głębokości pod powierzchnią gruntu lub w przepływającym strumieniu wody płynącym stale lub okresowo.

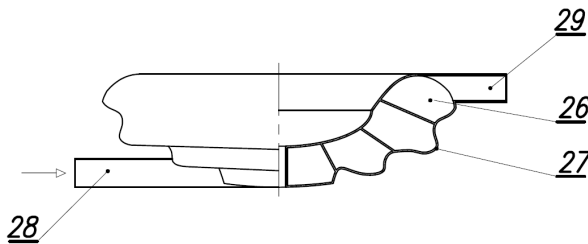
Należy pamiętać, że temperatura gruntu na danej głębokości i w danym czasie jest bardziej stabilna i niższa niż temperatura w cieku wodnym, który podlega nagrzewaniu promieniowaniem słonecznym. Stąd źródło gruntowe jest sposobem preferowanym do zapewnienia właściwej pracy suszarni. Wykorzystanie chłodnego powietrza do zapewnienia odpowiednio niskiej temperatury skraplacza jest jednym ze sposobów na poprawę efektywności procesu suszenia, pod kątem zachowania olejków eterycznych. Alternatywnie, chłodne powietrze pochodzące z gruntowego wymiennika ciepła może być wykorzystywane do stabilizacji temperatury powietrza w suszarni.

Suszarnia jest przeznaczona do suszenia roślin zielarskich w gospodarstwach o małym areale uprawowym z przedziału 0,5–2,5 ha, które przeważają w strukturze upraw zielarskich w Polsce, zwłaszcza w miejscach o utrudnionej dostępności infrastruktury energetycznej i komunikacyjnej. Suszarnia do płodów rolnych, przede wszystkim ziół, została przedstawiona na ryc. 4. i 5.



Ryc. 4. Suszarnia do płodów rolnych, zwłaszcza ziół, z wodnym wymiennikiem ciepła, według zgłoszenia wynalazku P-428516: 1 – komora suszarnicza, 2 – półki, 3 – nagrzewnica, 4 – płyta, 5 – absorber, 6 – kanał wylotowy, 7 – drzwi, 8 – skraplacz, 9 – płytka, 10 – rura odpływowa, 11 – zbiornik, 12 – rura dolotowa, 13 – wymiennik ciepła, 14 – rura wylotowa, 15 – komora chłodnicza, 16 – węzownica, 17 – kanał dolotowy, 17' – króciec, 18 – wentylator, 19 – ogniwa fotowoltaiczne, 20 – mikroturbina, 21 – akumulator, 22 – sterownik, 23 – zawór, 24 – przewód

Źródło: opracowanie własne



Ryc. 5. Skraplacz suszarni do płodów rolnych, według zgłoszenia wynalazku P-428516: 26 – kanał spiralny, 27 – uźebrowanie, 28 – wlot, 29 – wylot

Źródło: opracowanie własne

6. Podsumowanie

Energochłonność procesów suszenia jest decydującym składnikiem kosztów, a więc przy założeniu wykorzystania naturalnych i dostępnych na miejscu źródeł energii (słońce, wiatr, biomasa, woda), pozostaje optymalizacja warunków pracy i poszukiwanie rozwiązań konstrukcyjnych możliwych do zrealizowania przy niskich nakładach inwestycyjnych. W nowo projektowanych przedsięwzięciach związanych z suszarnictwem płodów rolnych należy zwrócić uwagę na czynniki, co do których brak wyboru parametrów energetycznych, np. natężenie promieniowania słonecznego, które jak wiadomo, jest uzależnione od stanu atmosfery i pory roku. Wybór miejsca lokalizacji inwestycji, w której przewiduje się wykorzystanie energii słonecznej, powinien uwzględniać „dostępność” promieniowania słonecznego (orientacja w odniesieniu do stron świata, poszukiwanie poprawnego wykonania dachu, zgodnie z lokalnymi uwarunkowaniami lokalizacji inwestycji, dojazd do obiektu, miejsce do składowania maszyn i surowca oraz produktu, zagospodarowanie odpadów produkcyjnych i socjalnych). Przedstawione w rozdziale rozwiązania konstrukcyjne suszarni stanowią odpowiedź na zapotrzebowanie rynku rolnego na innowacyjne urządzenia dostosowane do skali produkcji gospodarstw Pogórza Dynowskiego.

Bibliografia

1. Antal T., Figiel A., Kerekes B., Sikolya L., *Effect of drying methods on the quality of the essential oil of spearmint leaves (Mentha spicata L.)*, Dry Technology 2011, vol. 29.
2. Argyropoulos D., Müller J., *Changes of essential oil content and composition during convective drying of lemon balm (Melissa officinalis L.)*, Industrial Crops Production 2014, vol. 52.
3. Arslan D., Özcan M.M., *Evaluation of drying methods with respect to drying kinetics, mineral content and colour characteristics of rosemary leaves*, Energy Conversion and Management 2008, vol. 49.
4. *Biuletyn Statystyczny*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2018.
5. Chan E.W.C., Lim Y.Y., Wong S.K., Lim K.K., Tan S.P., Lianto F.S., Yong M.Y., *Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species*, Food Chemistry 2009, vol. 113.
6. Di Cesare L.F., Forni E., Viscardi D., Nani R.C., *Changes in the chemical composition of basil caused by different drying procedures*, Journal of Agriculture and Food Chemistry 2003, vol. 51.
7. Janjai S., Bala B.K., *Solar drying technology*, Food Engineering Review 2012, vol. 4.
8. Janjai S., Srisittipokakun N., Bala B.K., *Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices*, Energy 2008, 33.
9. Liu Y., Cao M., Chen Y., Hu Y., Luo G., *Study of blending method for the extracts of herbal plants*, Chinese Journal of Chromatography 2006, vol. 24.
10. Mahanom H., Azizah A.H., Dzulkifly M.H., *Effect of different drying methods on*

concentrations of several phytochemicals in herbal preparation of 8 medicinal plants leaves, Malaysian Journal of Nutrition 1999, vol. 5.

11. Müller J., *Convective drying of medicinal, aromatic and spice plants: a review*, Stewart Postharvest Review 2007, vol. 3.
12. Niemiec W., Trzepieciński T., *Zrównoważona mechanizacja upraw wierzby wiciowej w gospodarstwach małoobszarowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2018.
13. Niemiec W., Trzepieciński T., Stachowicz F., *Uprawa roślin zielarskich sposobem na zagospodarowanie nieużytków rolnych na terenie Pogórza Dynowskiego*, [w:] *Ochrona dziedzictwa przyrodniczego i kulturowego istotą zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego na terenie Pogórza Dynowskiego*, J. Krupa, K. Szpara (red.), Wydawnictwo Edytorial, Rzeszów 2018.
14. Niemiec W., Trzepieciński T., Stachowicz F., Pacana A., Jurgilewicz M., *Możliwości zaopatrzenia w energię gospodarstw agroturystycznych*, [w:] *Kreowanie przedsiębiorczości w turystyce na terenach wiejskich oraz ochrona środowiska i dziedzictwa kulturowego*, J. Krupa (red.), Wydawnictwo Edytorial, Dynów 2015.
15. Orphanides A., Goulas V., Gekas V., *Drying technologies: Vehicle to high-quality herbs*, Food Engineering Review 2016, vol. 8.
16. Pirbalouti A.G., Mahdad E., Craker L., *Effects of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil of two basil landraces*, Food Chemistry 2013, vol. 141.
17. Prusinowska R., Śmigielski K., *Losses of essential oils and antioxidants during the drying of herbs and species. A review*, Nauki Inżynierskie i Technologie 2015, nr 2.
18. Sagoo S.K., Little C.L., Greenwood M., Mithani V., Threlfall E.J., *Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs from production and retail premises in the United Kingdom*, Food Microbiology 2009, vol. 26.
19. Sharma A., Chen C.R., Lan N.V., *Solar-energy drying systems: A review*, Renewable and Sustainable Energy Review 2009, vol. 13.
20. Shylaja M.R., Peter K.V., *The functional role of herbal spices*, [in:] *Handbook of herbs and spices*, P.V. Kuruppacharil (ed.), Woodhead Publishing and CRC Press, Cambridge and Boca Raton, 2004.
21. Soysal Y., *Microwave drying characteristics of parsley*, Biosystems Engineering 2004, vol. 89.
22. Śledź M., Witrowa-Reichert D., *Influence of microwave-convective drying on chlorophyll content and colour of herbs*, Acta Agrophysica 2012, vol. 19.
23. Tschiggerl C., Bucar F., *Influence of saponin plants on the volatile fraction of thyme in herbal teas*, Fitoterapia 2011, vol. 82.

Źródła internetowe

24. <http://www.netword3.com/artykul/ziolowy-interes/> (dostęp: 21.12.2019).
25. http://www.sadyogrody.pl/warzywa/102/rosnie_zainteresowanie_uprawa_roslin_zielarskich,238.html (dostęp: 21.12.2019).

