Witold NIEMIEC, Tomasz TRZEPIECIŃSKI
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

POZYSKIWANIE I SUSZENIE SUROWCÓW ZIELARSKICH SZANSĄ NA PODNIESIENIE OPŁACALNOŚCI PRODUKCJI ROLNEJ NA OBSZARZE POGÓRZA DYNOWSKIEGO

Streszczenie

Wzrost liczby plantacji wierzby energetycznej zwiększył zainteresowanie glikozydami salicylowymi zawartymi w korze wierzby, które wykazują wielokierunkową aktywność farmakologiczną. Świeże surowce zielarskie, ze względu na wysoką zawartość wody, są nietrwałe. Wśród czynników wpływających na jakość roślin zielarskich po zbiorze należy wymienić warunki związane ze stabilizacją surowca oraz procesem jego przechowywania. Stabilizacja wiąże się głównie z procesem suszenia, który powinien być przeprowadzony w odpowiednich warunkach, nie powodujących obniżenia jakości surowca. Jedną z metod przedłużenia trwałości surowców zielarskich, przy jednoczesnym zachowaniu składników biologicznie czynnych, jest ich suszenie. W artykule przedstawiono wybrane środki techniczne służące do suszenia roślin zielarskich i innych płodów rolnych. Prezentowane 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.

Słowa kluczowe: rośliny zielarskie, suszarnia, suszarnictwo, zielarstwo

CULTIVATION AND DRYING HERBAL PLANTS AS A METHOD TO RISE AGRICULTURAL MANAGEMENT CAPACITY IN THE DYNOWSKIE FOOTHILS

Summary

The increase in the number of energy willow plantations has increased the interest in salicylic glycosides contained in bark of basket willow, which exhibit multidirectional pharmacological activity. Fresh herbal raw materials, due to their high water content, are unstable. Among the factors affecting the quality of herbal plants after the harvest should

be mentioned the conditions associated with the stabilization of the raw material and the process of its storage. Stabilization is mainly related to the drying process, which should be carried out under appropriate conditions that do not reduce the quality of the raw material. One of the methods of extending the durability of herbal raw materials, while preserving biologically active ingredients, is drying. This article presents selected technical devices for drying herbal plants and other crops. The presented machines are part of the technology developed by the employees of the Rzeszow University of Technology, whose aim is to provide the market with machines and devices supporting the cultivation of energy plants in small and medium-sized farms.

Keywords: herbal plants, dryer, dehydration, herb cultivation

1. Wprowadzenie

Suszenie płodów rolnych, w tym produktów zielarskich, jest najstarszym sposobem przechowalnictwa z wykorzystaniem procesów suszarniczych. Warunki klimatyczne (nasłonecznienie, opady, uwarunkowania termiczne) mają istotne znaczenie w procesach suszarniczych, które jak wiadomo, są najczęściej energochłonne, a zatem kosztowne do stosowania w praktyce [Mahanom i wsp. 2008, s. 47–54]. W ubiegłych epokach najczęściej wykorzystywano energię promieniowania słonecznego jako źródło ciepła, a wiatr jako istotną siłę napędową kinetyki suszenia. Suszenie naturalne to proces samoczynnej migracji wody z materiału suszonego do atmosfery z wykorzystaniem ciepła otoczenia. Suszenie sztuczne polega na dostarczeniu ciepła do suszonego materiału i odprowadzeniu pary wodnej przez strumień gazu pełniący rolę czynnika suszącego [Śledź, Witrowa-Reichert 2012, s. 865–876]. Suszenie substancji stosuje się w związku z celami technologicznymi, dla zmniejszenia ciężaru materiału i obniżenia kosztów transportu, dla zwiększenia wartości opałowej paliw oraz konserwacji pożywienia i pasz. Województwo podkarpackie bardzo dobrze spełnia podstawowe warunki geograficzne oraz hipsograficzne do osiągnięcia przedstawionych celów oraz cechuje się brakiem zagospodarowania ok. 200 tys. ha nieużytków i ziem odłogowanych [Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2017, s. 79–106]. W dalszej części opracowania przedstawiono przykłady rozwiązań instalacji suszarniczych, które można wykorzystać w suszeniu produktów zielarskich. W przypadku suszenia materiałów objętościowych, np. zielonek przeznaczonych na pasze, problem sprowadza się do takiego skonstruowania suszarni, by osiągnąć pożądane parametry suszenia (powierzchnia, warunki hydrauliczne panujące w złożu, temperatura) w suszarni, przy minimum dostarczanej ilości czynnika suszarniczego. Klasycznym przypadkiem w tym zakresie są suszarnie do siana i ziół. Okres lat 60–90. XX w. był czasem intensywnych badań procesów suszarniczych w konserwacji płodów rolnych [Biłowicki 1965, s. 26–32; Kulik, Pabis 1969, s.85–92; Kulik, Pabis 1971, s. 39–42; Niemiec, Michna 1991, s. 89–90; Niemiec, 1995, s. 101–112].

W przemyśle spożywczym, obejmującym przetwórstwo żywności, ważnym aspektem jest uzyskanie produktu końcowego o jak najwyższej wartości odżywczej. Utrata cennych składników w trakcie procesu suszenia, który został przeprowadzony nieprawidłowo, może obniżyć jakość suszu [Cuervo-Andrade, Hensel 2016, s. 1–8]. Dotyczy to zwłaszcza witamin, które ulegają degradacji w podwyższonej temperaturze i przy jednoczesnym kontakcie z tlenem [Jabłoński i wsp. 2010, s. 223–228]. Czynnikami istotnie wpływającymi na jakość roślin zielarskich po zbiorze są warunki związane ze stabilizacją surowca oraz procesem jego przechowywania [Arslan, Özcan 2008, s. 1258–1264]. Stabilizacja wiąże się głównie z procesem suszenia, który powinien być przeprowadzony w odpowiednich warunkach, niepowodujących obniżenia jakości surowca. Temperatura i czas suszenia powinny być dostosowane do określonego gatunku roślin.

Celem artykułu było zaprezentowanie urządzeń będących częścią technologii opracowanej przez pracowników Politechniki Rzeszowskiej, mającej dostarczyć na rynek maszyny i urządzenia wspomagające uprawę roślin energetycznych oraz przetwórstwo roślin zielarskich w małych i średnich gospodarstwach rolnych. W opracowaniu przedstawiono wybrane rozwiązania będące przedmiotem zgłoszeń patentowych, służące do wspomagania procesu suszenia płodów rolnych. Istotny wpływ na efektywność ekonomiczną produkcji płodów rolnych mają: powierzchnia i plonowanie upraw, uważne zaznajomienie się z charakterystyką fizjologiczną uprawianych roślin oraz wykorzystywanie specjalistycznego sprzętu w mechanizacji prac polowych i obróbki plonu. Ze względu na prostą konstrukcję zaproponowanych urządzeń oraz wykorzystanie ogólnie dostępnej energii słonecznej mogą one znaleźć zastosowanie w małych i średnich gospodarstwach rolnych zlokalizowanych na terenie Pogórza Dynowskiego.

Przedstawione w artykule konstrukcje nowych urządzeń powstały w ramach opracowywanej w Politechnice Rzeszowskiej technologii produkcji biomasy, której szczegóły omówiono w artykułach naukowych [Niemiec i wsp. 2012, s. 186-191; Niemiec, Trzepieciński i wsp. 2016, s. 185–199; Trzepieciński 2018b, s. 225–233] oraz materiałach konferencyjnych poprzednich edycji konferencji „Błękitny San" [Niemiec i wsp. 2016, s. 181–191; Niemiec i wsp. 2017, s. 121–132; Niemiec i wsp. 2018, s. 227–238]. Cechą charakterystyczną rozwiązań technicznych jest dostosowanie ich do wykorzystania w małych i średnich gospodarstwach rolnych, z uwzględnieniem hipsografii terenu Pogórza Dynowskiego.

2. Wybrane propozycje wspomagania procesu suszenia

2.1. Kolektor słoneczny o budowie modułowej

Suszenie płodów rolnych odbywa się w warunkach tzw. nisko- lub średniotemperaturowych konwekcyjnego procesu suszenia, z temperaturą powietrza

nieprzekraczającą 40°C [http://www.nfosigw.gov.pl/gfx/nfosigw/userfiles/files/aktualnosci/2010/kwiecien/prace_magisterskie/michal_kwasiborski.pdf, dostęp: 11.10.2018]. W tych warunkach kolektory słoneczne mogą stanowić alternatywę w stosunku do innych sztucznych metod suszenia, tym bardziej, że zapotrzebowanie na ciepło na cele suszarnicze w okresie zbioru roślin zielarskich pokrywa się z okresem największego promieniowania słonecznego. Badania [Odnawialne źródła energii w gospodarstwach rolnych 2013, s. 1–44] wskazują, że wykorzystanie powietrznych kolektorów słonecznych wspomaganych modułami fotowoltaicznymi umożliwia kontrolowane suszenie produktów rolnych oraz grzybów. W kolektorach powietrznych czynnikiem roboczym jest powietrze. Rozwiązania te posiadają prostą budowę, są stosunkowo tanie w instalacjach, a ich wykorzystanie w celach suszarniczych, z dostosowaniem do indywidualnych potrzeb, nie wymaga zaawansowanej wiedzy i oprzyrządowania [http://www.solaris.mistrz.com.pl/Mozliowsci%20wykorzystania%20slonca%20w%20rolnictwie-abstract.pdf, dostęp: 11.03.2018]. Wykorzystanie technologii suszenia na bazie energii słonecznej umożliwia zmniejszenie zużycia energii w suszarnictwie rolniczym [http://www.nfosigw.gov.pl/gfx/nfosigw/userfiles/files/aktualnosci/2010/kwiecien/prace_magisterskie/michal_kwasiborski.pdf,dostęp: 11.08.2018]. Chcąc racjonalnie zastosować kolektory słoneczne, należy każdorazowo przeanalizować obiekt pod kątem cech konstrukcyjnych możliwych do wykorzystania w trakcie budowy (więźba dachowa, rodzaj pokrycia) oraz warunków procesowych (usytuowanie względem stron świata, wielkość suszarni, rodzaj i ilość dosuszanego materiału).

Przedmiotem wynalazku zgłoszonego do Urzędu Patentowego (UP) Rzeczypospolitej Polskiej jest kolektor słoneczny fotowoltaiczny o budowie modułowej oraz sposób sterowania tym kolektorem [Niemiec, Trzepieciński 2018a, s. 1–5], mające zastosowanie zwłaszcza w suszarniach do suszenia płodów rolnych. Znane ze stanu techniki rozwiązania nie są przystosowane lub są częściowo przystosowane do stosowania w suszarnictwie płodów rolnych w warunkach nieskomercjalizowanych gospodarstw rolnych.

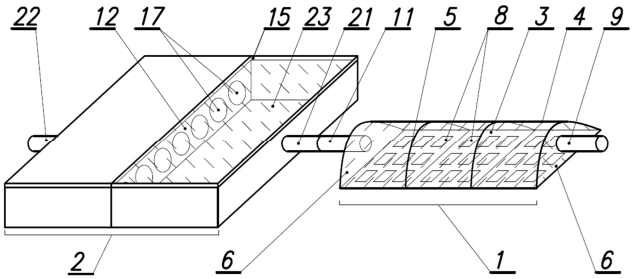
Kolektor słoneczny fotowoltaiczny o budowie modułowej, charakteryzuje się tym, że ma moduł grzewczy oraz co najmniej jeden moduł fotowoltaiczny, przy czym moduł fotowoltaiczny zawiera komorę powietrzną, wewnątrz której są rozmieszczone ogniwa fotowoltaiczne oraz posiada ścianę górną z przezroczystego materiału, a po przeciwległych stronach modułu fotowoltaicznego znajdują się kanał wlotowy do komory powietrznej oraz kanał wylotowy z komory powietrznej, natomiast moduł grzewczy ma komorę grzewczą podzieloną na sekcję wlotową oraz sekcję wylotową. Sekcja wlotowa ma przezroczystą pokrywę oraz króciec wlotowy podłączony do kanału wylotowego modułu fotowoltaicznego, zaś wewnątrz sekcji wylotowej rozmieszczone są promienniki podczerwieni oraz

odbiorniki promieniowania, a ponadto sekcja wylotowa zawiera króciec wylotowy. Korzystnie jest, jeśli moduł fotowoltaiczny kolektora jest wykonany w postaci tunelu. Dalsze korzyści uzyskuje się, jeżeli moduł fotowoltaiczny kolektora ma łukowate żebra stanowiące ramę konstrukcyjną tego modułu, a przezroczysty elastyczny materiał, z którego jest wykonana jego ściana górna, jest wsparty na tych żebrach. Następne korzyści uzyskuje się, jeśli do kanału wlotowego modułu fotowoltaicznego kolektora jest zamontowany wentylator. Kolejne korzyści są uzyskiwane, jeżeli moduł grzewczy kolektora jest podzielony ścianą grodziową na sekcję wlotową oraz sekcję wylotową, przy czym ściana grodziowa ma otwory przelotowe. Dalsze korzyści są uzyskiwane, jeśli kolektor zawiera co najmniej jeden akumulator i jeżeli w sekcji wlotowej modułu grzewczego kolektora jest zamocowany czujnik temperatury. Następne korzyści uzyskuje się, jeżeli rozmieszczenie promienników kolektora jest na spodzie sekcji wylotowej modułu grzewczego, zaś jego odbiorniki promieniowania są rozmieszczone powyżej promienników w dwóch równoległych do siebie rzędach, przy czym odbiorniki jednego rzędu są ułożone naprzemiennie w stosunku do odbiorników drugiego rzędu. Kolejne korzyści są uzyskiwane, jeśli powyżej odbiorników pod ścianą górną modułu grzewczego kolektora w sekcji wylotowej jest zamocowana płyta absorpcyjna.

Sposób obsługi kolektora słonecznego o budowie modułowej charakteryzuje się tym, że steruje się mocą grzewczą promienników oraz przepływem powietrza za pomocą układu sterowania, którego kontroler na wejściu łączy się z czujnikiem temperatury umieszczonym w sekcji wlotowej modułu grzewczego, a na wyjściu łączy się z promiennikami umieszczonymi w sekcji wylotowej modułu grzewczego oraz z wentylatorem. Korzystnie jest, jeżeli układ sterowania jest zasilany z ogniw fotowoltaicznych z alternatywnym buforowaniem energią pozyskiwaną z akumulatora.

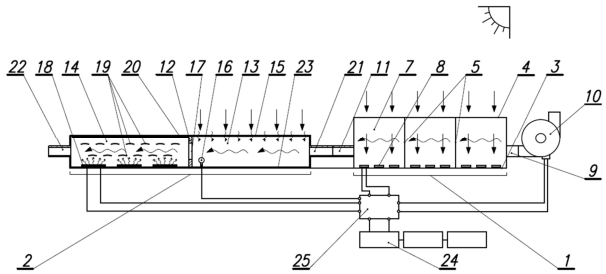
Budowa kolektora pozwala na zapewnienie odpowiedniej kinetyki procesu suszenia dużych ilości materiału o wysokiej wilgotności oraz uniezależnienie się od niekorzystnych warunków atmosferycznych. Przez dostawienie większej liczby modułów fotowoltaicznych istnieje możliwość łatwego zwiększenia mocy kolektora. Ponadto budowa modułu fotowoltaicznego pozwala na jego złożenie i wygodny transport. Dzięki wysokiej mobilności kolektora może on być przewieziony w dowolne miejsce i stosowany do zasilania suszarni płodów rolnych, zwłaszcza ziół, w miejscu ich zebrania, co przekłada się na lepsze właściwości suszonych surowców. Dzięki zastosowaniu czujnika temperatury i kontrolera jest możliwa kontrola temperatury i niedopuszczenie do zbyt wysokich temperatur w komorze suszarniczej suszarni, co jest istotne w szczególności przy suszeniu ziół. Stosowanie kolektora będzie szczególnie korzystne w małych i średnich gospodarstwach rolnych.

Kolektor słoneczny o budowie modułowej oraz sposób sterowania kolektorem słonecznym fotowoltaicznym o budowie modułowej według zgłoszenia wynalazku został przedstawiony na ryc. 1. oraz 2. Kolektor słoneczny o budowie modułowej według wynalazku ma połączone ze sobą kanałem moduł fotowoltaiczny 1 oraz moduł grzewczy 2. Moduł fotowoltaiczny 1 ma prostokątną ścianę dolną 3, ścianę górną 4 o łukowym przekroju poprzecznym. Ściana górna jest wykonana z przezroczystego elastycznego materiału oraz łukowych żeber 5, które stanowią podparcie dla tego materiału. Żebra 5 są ułożone równolegle względem siebie, a końce każdego żebra 5 są zamocowane na przeciwległych względem siebie dłuższych krawędziach ściany dolnej 3. Od strony krótszych krawędzi ściany dolnej moduł fotowoltaiczny 1 jest zamknięty zaślepkami 6. Wewnątrz modułu fotowoltaicznego 1 znajduje się komora powietrzna 7 (ryc. 2.), na spodzie której są rozmieszczone ogniwa fotowoltaiczne 8. Na jednej zaślepce 6 jest zamontowany kanał wlotowy 9 do komory powietrznej, na którym znajduje się wentylator 10. Na drugiej zaślepce jest zamontowany kanał wylotowy 11 z komory powietrznej.



Ryc. 1. Moduł fotowoltaiczny oraz moduł grzewczy kolektora w rzucie aksonometrycznym

Źródło: Opracowanie własne



Ryc. 2. Moduły kolektora w przekroju wzdłuż modułów

Źródło: Opracowanie własne

Moduł grzewczy ma prostopadłościenną budowę i zawiera komorę grzewczą podzieloną ścianą grodziową 12 na sekcję wlotową 13 oraz sekcję wylotową 14. Sekcja wlotowa 13 od góry jest przykryta przezroczystą pokrywą 15. We-

wnątrz sekcji wlotowej jest zamocowany czujnik temperatury 16. Ściana grodziowa 12 ma otwory 17 przelotowe, prowadzące z sekcji wlotowej 13 do sekcji wylotowej 14. Na spodzie sekcji wylotowej 14 są rozmieszczone promienniki podczerwieni 18, powyżej których zamocowane są pierwszy i drugi rząd odbiorników 19 promieniowania.

Odbiorniki 19 promieniowania są wykonane postaci metalowych listew z dłuższymi bocznymi krawędziami, zakrzywionymi do dołu, tak by były skierowane swoją wklęsłą powierzchnią w kierunku promienników 18. Odbiorniki 19 w obydwu rzędach są wykonane w równych odstępach, przy czym odbiorniki 19 pierwszego rzędu są zorientowane naprzemiennie z odbiornikami drugiego rzędu. Powyżej odbiorników 19 jest zamocowana płyta absorpcyjna 20. Sekcja wlotowa 13 ma na jednej ze swoich ścian zewnętrznych zamontowany króciec wlotowy 21, a sekcja wylotowa 14 ma na jednej ze swoich zewnętrznych ścian króciec wylotowy 22. Sekcja wlotowa 13 ma ponadto absorber 23, umieszczony na jej spodzie.

Króciec wylotowy 11 modułu fotowoltaicznego 1 jest podłączony do króćca wlotowego 21, tworząc w ten sposób przewód łączący moduły 1 i 2. Kolektor jest wyposażony w akumulator 24 oraz sterownik-kontroler 25. Promienniki 18, czujnik temperatury 16, ogniwa fotowoltaiczne 8, wentylator 10 oraz akumulator 24 podłączone są do kontrolera 25 i zasilane energią elektryczną wytworzoną w ogniwach fotowoltaicznych 8, bezpośrednio lub pośrednio pobierając ją z akumulatora 24. Powietrze wstępnie ogrzane w module fotowoltaicznym 1 przechodzi do sekcji wlotowej 13 modułu grzewczego 1, gdzie jest dogrzewane, a następnie przechodzi do sekcji wylotowej 14, gdzie jest podgrzewane do żądanej temperatury. Jeżeli temperatura uzyskana w sekcji wlotowej 13, mierzona za pomocą czujnika temperatury 16, jest wystarczająca, to wówczas promienniki 18 w sekcji wylotowej 14 są wyłączane.

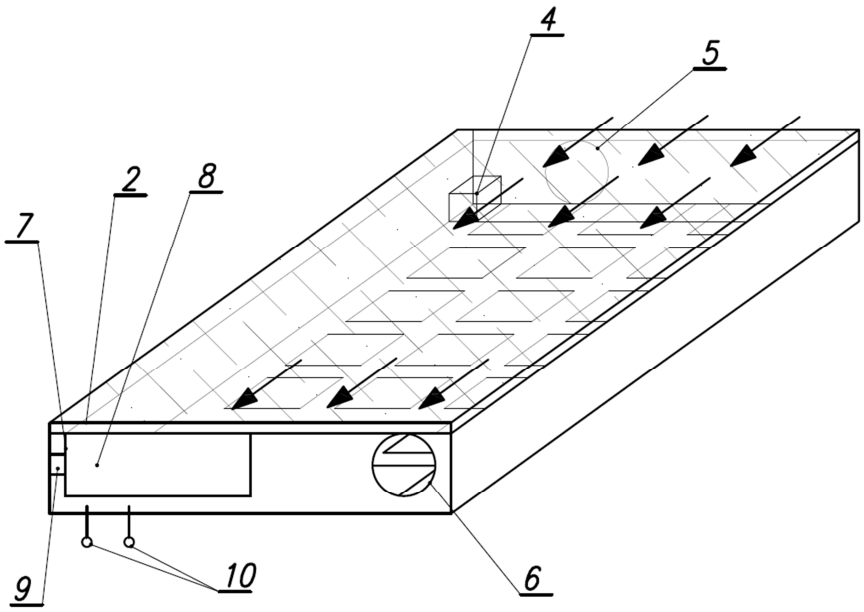
2.2. Powietrzny kolektor słoneczny z ogniwami fotowoltaicznymi

Powietrzny kolektor słoneczny z ogniwami fotowoltaicznymi według zgłoszenia wynalazku P-424893 [Niemiec, Trzepieciński 2018c, s.1–4] ma zastosowanie zwłaszcza w suszarnictwie do podgrzewania powietrza dopływającego do komory suszarniczej. Powietrzny kolektor według zgłoszenia wynalazku ma prostopadłościenną budowę, a jego ogniwa fotowoltaiczne są zamontowane wewnątrz komory przepływowej zamkniętej od góry przeźroczystą pokrywą, przepuszczającą promienie słoneczne. Po przeciwnych stronach komory przepływowej są umiejscowione: króciec wlotowy i króciec wylotowy. Kolektor charakteryzuje się tym, że w jego komorze przepływowej jest zamontowany czujnik temperatury podłączony do układu sterowania, a ogniwa fotowoltaiczne kolektora są rozmieszczone na dnie jego komory przepływowej. Korzystnie powietrzny ko-

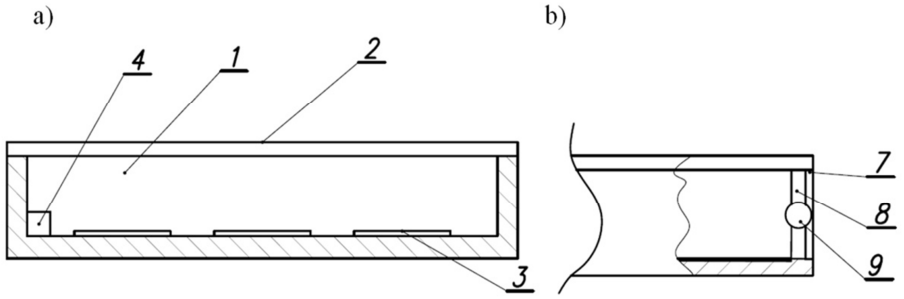
lektor ma na jednej ze ścian komory przepływowej wylot bezpieczeństwa z zamontowaną przesłoną sprzężoną z układem sterowania.

Dzięki zastosowaniu powietrznego kolektora słonecznego z ogniwami fotowoltaicznymi, według wynalazku, jest możliwe uzyskiwanie, z wykorzystaniem jednego urządzenia, zarówno energii cieplnej, jak i elektrycznej, przy jednoczesnym zabezpieczeniu ogniw fotowoltaicznych przed uszkodzeniem za pomocą przeźroczystej przegrody. Umiejscowienie ogniw na dnie komory przepływowej kolektora zabezpiecza je przed uszkodzeniem oraz zapewnia zwartą nieskomplikowaną budowę wpływającą pozytywnie na koszty produkcji.

Powietrzny kolektor słoneczny z ogniwami fotowoltaicznymi został przedstawiony w widoku izometrycznym na ryc. 3. Kolektor w przekroju poprzecznym oraz fragment kolektora z wyrwaniem na silnik i przegrodę ukazano na ryc. 4. Powietrzny kolektor ma prostopadłościenną budowę, a jego komora przepływowa 1 od góry jest zamknięta szklaną przegrodą 2. Wewnątrz komory przepływowej 1 powietrznego kolektora, na jej spodzie, są rozmieszczone ogniwa fotowoltaiczne 3 oraz czujnik temperatury 4 podłączony do układu sterowania. Króciec wlotowy 5 oraz króciec wylotowy 6 znajdują się na przeciwległych ścianach (przedniej i tylnej), komory przepływowej 1. Dodatkowo w kolektorze jest zamontowany wylot bezpieczeństwa 7 z przesłoną 8, która jest zamykana i otwierana elektromechanicznie i jest zamocowana na swojej osi symetrii na wale silnika elektrycznego 9. Silnik 9 jest zasilany energią elektryczną pozyskiwaną z ogniw kolektora i jest sterowany za pomocą układu sterowania.



Ryc. 3. Powietrzny kolektor słoneczny z ogniwami fotowoltaicznymi
Źródło: Opracowanie własne



Ryc. 4. Kolektor w przekroju poprzecznym (a) oraz fragment kolektora z wyrwaniem (b) na silnik i przegrodę
Źródło: Opracowanie własne

Dalej przedstawiono zasadę działania powietrznego kolektora według zgłoszenia wynalazku P-424893 [Niemiec, Trzepieciński 2018c, s. 1–4]. Ogniwa fotowoltaiczne 3 są opromieniowane widzialnymi i niewidzialnymi promieniami słonecznymi przenikającymi przez przegrodę 2 i w ten sposób jest wzbudzany przepływ energii elektrycznej. Do komory przepływowej kolektora 1 dopływa powietrze króćcem wlotowym 5, a odprowadzane jest króćcem wylotowym 6, na przykład do przestrzeni suszarniczej w suszarni. Przepływające powietrze jest ogrzewane w procesie konwersji promieniowania słonecznego na energię cieplną, a zarazem zapewnia chłodzenie ogniw fotowoltaicznych 3. Wytworzona w ogniwach 3 energia elektryczna jest wyprowadzana na zewnątrz kolektora za pomocą zacisków 10 i magazynowana w akumulatorze zasilającym silnik 9, przesłony 8 oraz układ sterowania. W przypadku zbyt wysokiej temperatury powierza, dla danego zastosowania, przesłona 8 wylotu bezpieczeństwa 7 jest otwierana elektromechanicznie, dzięki czemu komora przepływowa 1 ulega szybszemu schłodzeniu. Ma to zastosowanie zwłaszcza w sytuacji, gdy kolektor jest stosowany w suszarni, a zbyt wysoka temperatura powietrza może spowodować utratę korzystnych właściwości suszonego materiału, np. roślin zielarskich.

3. Zakończenie

Suszenie płodów rolnych, roślin leczniczych i materiałów biologicznie aktywnych jest ważnym procesem w przemyśle spożywczym oraz farmaceutycznym, którego celem jest zachowanie odpowiednich właściwości produktu. Zmniejszenie zawartości wody i wzrost temperatury suszonej substancji może prowadzić do zniszczenia lub obniżenia jakości suszu przez zmiany fizykochemiczne, takie jak: tworzenie twardej skorupy, obniżenie jakości organoleptycznej, obniżenie zawartości enzymów i olejków eterycznych, utrata składników odżywczych i aromatu. W celu uzyskania wysokiej jakości surowców zielarskich, w trakcie suszenia, niezbędne jest zachowanie podstawowych parametrów

technologicznych (czas, temperatura), zbliżonych do naturalnych warunków panujących w przyrodzie. Warunek ten spełniają kolektory słoneczne prezentowane w artykule wykorzystane do współpracy na przykład z suszarnią kontenerową. Korzyścią suszenia roślin zielarskich w budynkach wyposażonych w kolektory słoneczne jest wyeliminowanie szkodliwego efektu ultrafioletowego promieniowania słonecznego i minimalizacja utraty olejków eterycznych. Wielkoprzemysłowe procesy suszenia są bardzo energochłonne, co stanowi około 20-25% energii zużywanej w przemyśle przetwórczym. Wykorzystanie kolektorów słonecznych, zasilanych darmowym promieniowaniem słonecznym, jest w pełni uzasadnione w zastosowaniach do suszenia płodów rolnych w małych i średnich gospodarstwach rolnych Pogórza Dynowskiego.

Bibliografia

1. 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, vol. 49, 2008.
2. Biłowicki J. *Badania dosuszania siana łąkowego w stertach tunelowych,* Biuletyn Informacyjny Instytutu Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, nr 4, Warszawa 1965.
3. Cuervo-Andrade S.P., Hensel O., *Stepwise drying of medicinal plants as alternative to reduce time and energy processing*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 138, 2016.
4. Kulik T., Pabis S., *Opracowanie, wykonanie i wstępne badania dwu modeli podgrzewaczy powietrza na paliwo ciekłe w gospodarstwie rolnym*, Biuletyn Informacyjny Instytutu Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, nr 12, Warszawa 1969.
5. Kulik T., Pabis J., *Zastosowanie podgrzewaczy powietrza konstrukcji IBMER na paliwo ciekłe*, Biuletyn Informacyjny Instytutu Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, nr 7, Warszawa 1971.
6. 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 Jounal of Nutrition, vol. 5, no. 1, 1999.
7. Niemiec W., *Badanie składu spalin pochodzących z pieca do spalania trocin*, Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 2, 1995.
8. Niemiec W., Trzepieciński T., *Kolektor słoneczny o budowie modułowej oraz sposób sterowania tym kolektorem,* zgłoszenie wynalazku, 2018a.
9. Niemiec W., Trzepieciński T., *Machines and horticultural implements for the cultivation of small-scale herbs and spices*, Journal of Ecological Engineering, vol. 19, no. 5, 2018b.
10. Niemiec W., Trzepieciński T., *Powietrzny kolektor słoneczny z ogniwami fotowoltaicznymi*, zgłoszenie wynalazku P-424893, 2018c.
11. Niemiec W., Michna G., *Wykorzystanie kolektorów słonecznych do dosuszania siana*, Przegląd Hodowlany, nr 6, 1991.

12. Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T., *Rozwój technologii produkcji, zbioru i przetwarzania roślin energetycznych o zdrewniałych pędach*, Ekologia i Technika, t. 20, nr 3, 2012.
13. Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T., *Uprawa roślin zielarskich sposobem na zagospodarowanie nieużytków rolnych na terenie Pogórza Dynowskiego*, [w:] *Ochrona dziedzictwa narodowego i kulturowego istotą zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego na terenie Pogórza Dynowskiego*, J. Krupa, K. Szpara (red.), Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2018.
14. Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T., Wójcik M., *Możliwości zagospodarowania nieużytków i użytków rolnych do uprawy roślin energetycznych*, [w:] *Zrównoważona gospodarka zasobami przyrodniczymi i kulturowymi na Pogórzu Dynowskim,* J. Krupa, K. Szpara (red.), Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2017.
15. Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T., Kępa L., Dziurka M., *Nowe rozwiązania w mechanizacji upraw i zbioru roślin energetycznych na potrzeby środowisk wiejskich*, [w:] *Problemy środowiska przyrodniczego i kulturowego Pogórza Dynowskiego w rozwoju turystyki,* J. Krupa (red.), Wydawnictwo ZGTPD, Dynów 2016.
16. *Odnawialne źródła energii w gospodarstwach rolnych*, Centrum Doradztwa Rolniczego, Brwinów 2013.
17. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2017.
18. Śledź M., Witrowa-Reichert D., *Influence of microwave-convective drying on chlorophyll content and colour of herbs,* Acta Agrophysica, t. 19, nr 4, 2012.
19. Trzepieciński T., Stachowicz F., Niemiec W., Kępa L., Dziurka M., *Development of harvesting machines for willow small-sizes plantations in East-Central Europe*, Croatian Journal of Forest Engineering, vol. 37, no. 1, 2016.

Strony internetowe

20. http://www.nfosigw.gov.pl/gfx/nfosigw/userfiles/files/aktualnosci/2010/kwiecien/prace_magisterskie/michal_kwasiborski.pdf (dostęp: 02.10.2018).
21. http://www.solaris.mistrz.com.pl/Mozliowsci%20wykorzystania%20slonca%20w%20rolnictwie-abstract.pdf (dostęp: 05.09.2018).