

Jacek MAJCHER

WYKORZYSTANIE UZWOJENIA BIFILARNEGO W PROCESIE ELEKTROSEPARACJI ROZDROBNIONYCH MATERIAŁÓW POCHODZENIA ROŚLINNEGO

STRESZCZENIE *W artykule przedstawiono sposoby separacji wybranych wtrąceń z materiałów pochodzenia roślinnego. Przedstawiono również metody elektrostatyczne stosowane w procesach separacji. Jako przykład elektroseparacji materiałów pochodzenia roślinnego zaprezentowano elektroseparację rozdrobnionych nasion rzepaku, gdzie jako źródło pola elektrostatycznego wykorzystane zostało uzwojenie bifilarne.*

Słowa kluczowe: *elektroseparacja, uzwojenie bifilarne, rzepak*

1. WSTĘP

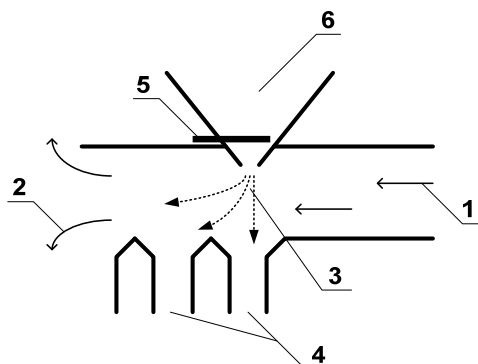
Jednym z czynników wpływających na wysoką jakość produktów końcowych jest właściwy sposób obróbki surowców. W przypadku materiałów pochodzenia roślinnego niezmiernie ważne jest oddzielenie surowców dobrych jakościowo od tych, które nie spełniają określonych wymagań. Jako kryteria separacji mogą być brane pod uwagę następujące czynniki: wymiary, masa, barwa, czy też skład chemiczny materiału pochodzenia roślinnego.

mgr inż. Jacek MAJCHER
e-mail: j.majcher@pollub.pl

Katedra Inżynierii Komputerowej i Elektrycznej
Politechnika Lubelska

Jednym ze sposobów separacji materiału roślinnego pod względem wymiarów jest zastosowanie sit. Materiał nieposiadający określonych wymiarów wpada przez oczka sit, a materiał spełniający kryteria ślizga się po sitach.

Inną metodą separacji materiałów pochodzenia roślinnego jest separacja pod względem masy. Do tego celu wykorzystywane są urządzenia, w których czynnikiem separującym jest wymuszony strumień powietrza (rys. 1).

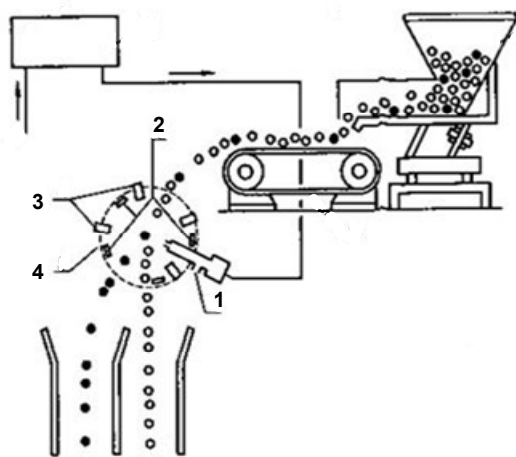


Rys. 1. Schemat budowy i działania separatora pneumatycznego:

- 1 – wlot powietrza,
- 2 – wylot powietrza i drobnych zanieczyszczeń,
- 3 – kierunek wylotu ziarna,
- 4 – wylot ziaren poszeregowanych względem masy,
- 5 – zasuw,
- 6 – podajnik

Materiał trafia z podajnika na strumień powietrza, którym jest przenoszony w kierunku wylotu. Cząstki cięższe pod wpływem siły grawitacji spadają wcześniej, natomiast lżejsze później. Można tak dobrać siłę strumienia powietrza, jak również ilość podawanego materiału, aby materiał poszeregować według pożądanej masy. Najlżejsze cząstki oraz drobne zanieczyszczenia są wydmuchiwane poza separator.

Kolejną cechą rozdzielczą materiałów może być kolor. Na podstawie tej cechy możemy rozróżnić materiał o jednakowych wymiarach i masie różniących się od pozostałych barwą. W tym przypadku możemy np. rozdzielić ziarna niedojrzałe od dojrzałych. Przykład separatora rozróżniającego pod względem barwy materiał przedstawiono na rysunku 2.

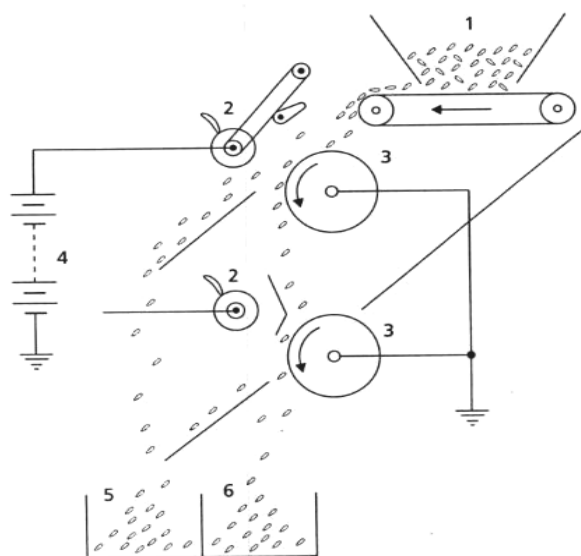


Rys. 2. Schemat działania pneumatycznego sortownika fotokomórkowego [1]:

- 1 – sprężone powietrze,
- 2 – kolorowe tło,
- 3 – fotokomórka,
- 4 – optyczna komora

Gdy materiał przemieszcza się obok fotokomórki, następuje pomiar odbitego światła od powierzchni każdej jednostki surowca. Sygnał ten jest porównywalny z nastawionym sygnałem wzorcowym i jeśli nie spełnia określonych kryteriów zostaje uruchomiony strumień powietrza, który wyrzuca cząstki wybrakowane od tych, które spełniają kryteria. Wadą tego separatora jest mała wydajność, ponieważ materiał musi przemieszczać się nad fotokomórką pojedynczo.

Innym czynnikiem separacji jest wilgotność materiału. Taką separację wykorzystano w przypadku oddzielenia liści od ogonków herbaty (rys. 3).



Rys. 3. Schemat budowy i działania separatora elektrostatycznego do oddzielenia liści i ogonków herbaty [3]:

- 1 – podajnik,
- 2 – wysokonapięciowe elektrody,
- 3 – bębny,
- 4 – zasilacz WN,
- 5 – liście herbaty,
- 6 – ogonki herbaty

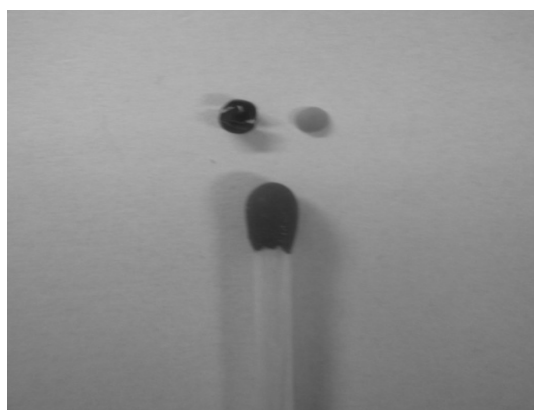
W procesie separacji wykorzystuje się niewielką różnicę wilgotności liści i ogonków herbaty, a tym samym różnice w ich przewodnictwie elektrycznym i przenikalności elektrycznej. Najlepsze rezultaty osiąga się przy wilgotności mieszaniny około 7% [2].

2. CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU BADANEGO

Rzepak jest jedną z najważniejszych roślin oleistych w Polsce. Jak wynika z danych za 2008 r., udział rzepaku w strukturze zasiewu wynosi około 7%. Przy rocznej produkcji około 1 mln ton nasion uzyskuje się ok. 400 tys. ton oleju i 600 tys. ton śruty o wysokiej zawartości białka dobrej jakości. Skład chemiczny suchej masy nasion jest ściśle związany z ich przynależnością gatunkową, odmianową i zależy przede wszystkim od czynników genetycznych [4]. Jednym z czynników ograniczającym wykorzystanie śruty jest wysoka zawartość skład-

ników niestrawnych, tzw. włókna pokarmowego. Włókno obniża zarówno wartość energetyczną paszy, jak też wykorzystanie składników pokarmowych – głównie białka. Głównym składnikiem włókna są ligniny, celuloza, hemiceluloza (grupa heterogennych polisacharydów zawierających cukry neutralne) oraz pektyny zawierające kwasy uronowe. Okrywa nasienna jest morfologiczną częścią nasiona zawierającą najwięcej włókna i najmniej tłuszczu oraz białek [5].

Do badań wykorzystano rozdrobnione nasiona rzepaku wczesno średniej odmiany Bazyl. Materiał rozdrobniono na kruszarce walcowej celem oddzielenia łupiny od zarodka.



Rys. 4. Łupina i zarodek rzepaku odmiany Bazyl

Celem badań było odseparowanie wybranych wtrąceń z nasion rzepaku. Głównym wtrąceniem, które starano się wyeliminować była łupina nasion rzepaku. W tabeli 1 przedstawiono skład chemiczny łupiny oraz zarodka dwu różnych odmian rzepaku.

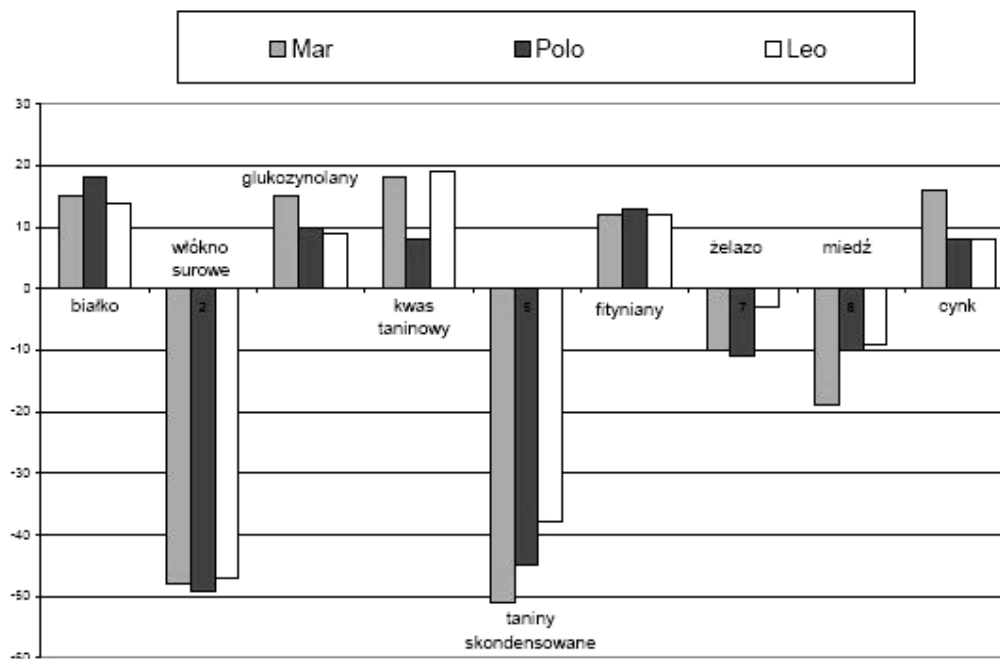
TABELA 1

Skład chemiczny łupiny oraz zarodka nasion rzepaku odmiany Mar i Polo [4]

Cechy	Odmiana			
	Mar		Polo	
	łupina	zarodek	łupina	zarodek
Sucha masa [%]	90,2	93,5	91	94,4
Tłuszcz [% sm.]	5,9	57,9	5,9	56,6
Białko ogółem [% smb.]	14,1	44,3	15,6	44
Włókno surowe [%smb.]	38,5	6,4	39,4	6,6
Glukozynolany [μ M/1g smb.]	6,1	26,1	5	17,4
Kwas taninowy [% smb.]	0,69	2,6	0,78	2,02
Taniny skondensowane [mg/100g smb.]	790	201	532	138
Fityniany [% smb.]	0,54	5,6	0,43	3,97
Żelazo [mg/kg smb.]	97,8	79,5	98	82,1
Miedź [mg/kg smb.]	9,4	4,5	11,1	6,2
Cynk [mg/kg smb.]	6,2	60,7	14,6	79,9

sm. – sucha masa; smb. – sucha masa beztłuszczowa; μ M – mikromole

Na rysunku 5 przedstawiono procentowe zmiany składników suchej masy beztłuszczowej nasion rzepaku po usunięciu z nich łupiny dla trzech różnych odmian rzepaku.

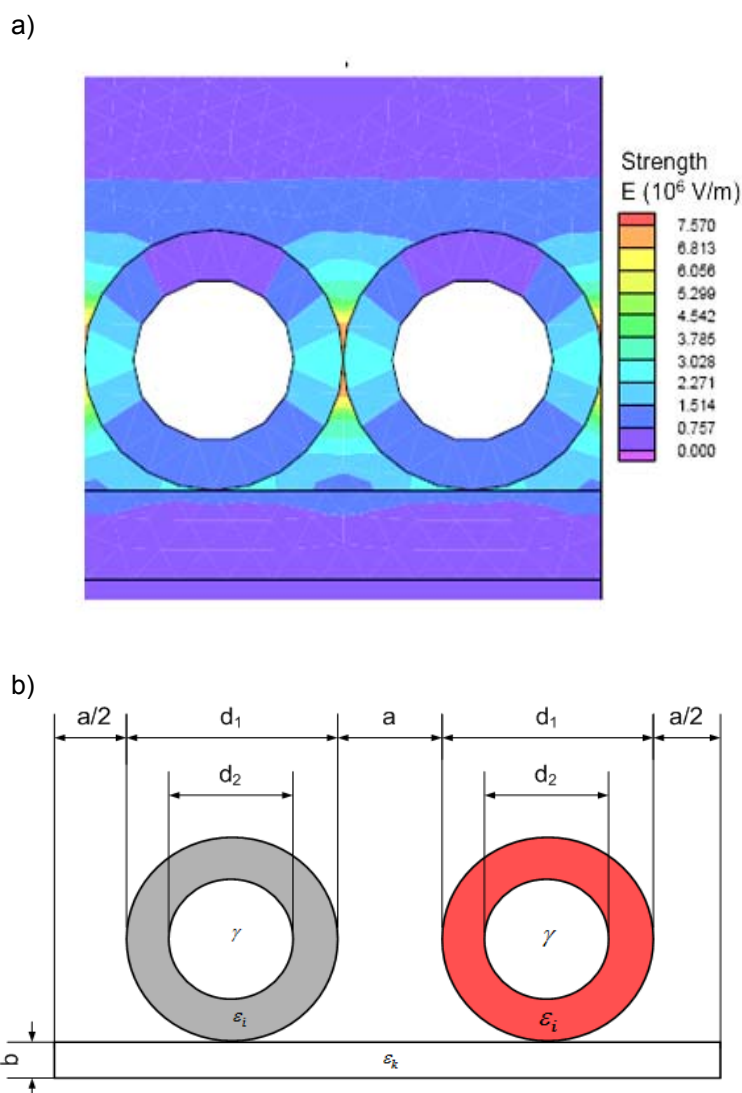


Rys. 5. Zmiany zawartości (%) składników suchej masy beztłuszczowej nasion rzepaku po usunięciu łupiny. Frakcja 1,6–2,0 mm [4]

Z wykresów (rys. 5) wynika, że gdyby możliwe było wyeliminowanie z rozdrobnionych nasion rzepaku łupiny, można by otrzymać produkty zawierające więcej składników odżywczych (białko), a mniej niestrawnych (włókna surowe).

3. METODYKA BADAŃ

Jako źródło pola elektrostatycznego wykorzystano uzwojenie bifilarne otwarte. To uzwojenie cechuje brak indukcyjności wynikający z naprzemiennego nawinięcia uzwojenia przewodami w taki sposób, że pole wytwarzane przez przewody jest wzajemnie kompensowane [7]. Uzwojenie wykonane zostało z przewodu o polu powierzchni przekroju $0,5 \text{ mm}^2$, o żyłce miedzianej jednodrutowej z izolacją z polwinitu zwykłego DY. Wokół tego uzwojenia wytwarzane jest niejednorodne pole elektryczne, jak przedstawiono na rysunku 6.



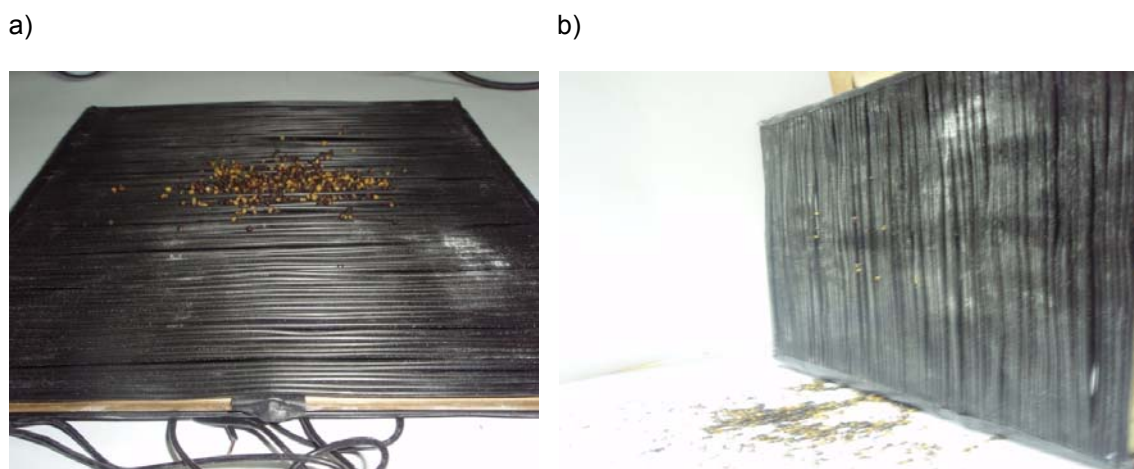
Rys. 6. Uzwojenie bifilarne [8, 9]:

a) rozkład natężenia pola elektrycznego wokół uzwojenia bifilarnego $d_1 = 5,8$ mm, $d_2 = 3,6$ mm, $a = 0$, $\varepsilon_i = 4,25$, a przenikalność dielektryczna karkasu (polichlorek winylu) wynosiła $\varepsilon_k = 3,6$. Uzwojenia były zasilane napięciem $U = 6000$ V;

b) model układu uzwojeń

W przypadku uzwojenia bifilarnego siła polaryzacji oddziaływująca między polem a cząstką jest proporcjonalna do kwadratu natężenia pola elektrycznego. Wartość natężenia pola zależy liniowo od napięcia zasilającego filtr [6].

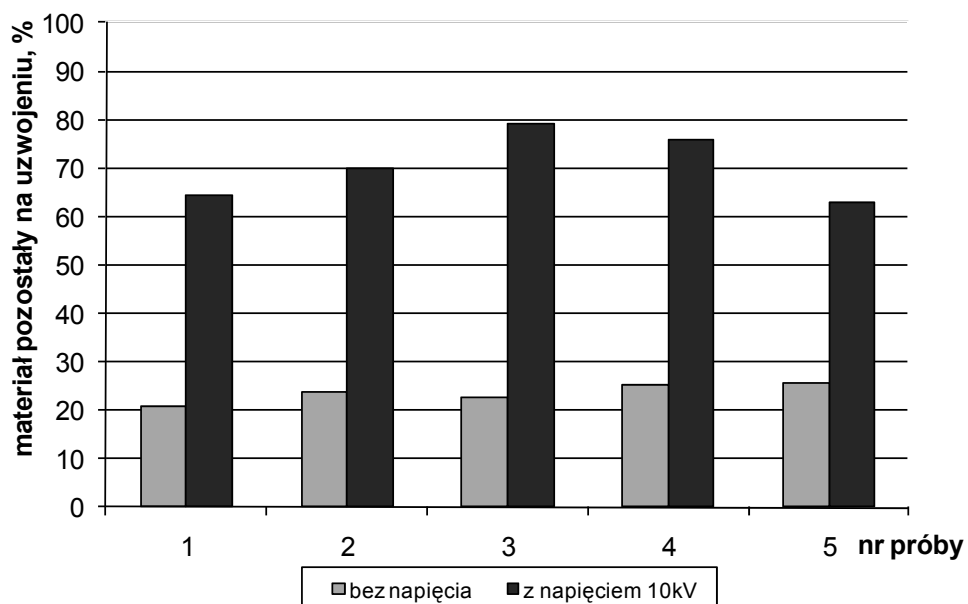
Pomiary przeprowadzone zostały według następującej metodyki: rozdrobione nasiona rzepaku po wcześniejszym zważeniu наносzone były na uzwojenie bifilarne, które zasilane było WN. Następnie uzwojenie było obracane o kąt 90° i ważono, ile nasion odpadło od uzwojenia. Na tej podstawie określone było procentowo, ile nasion pozostaje na filtrze (siła polaryzacji wytworzona przez uzwojenie bifilarne jest większa od siły grawitacji). Na rysunku 7 przedstawione zostało uzwojenie bifilarne oraz sposób wykonywania badań.



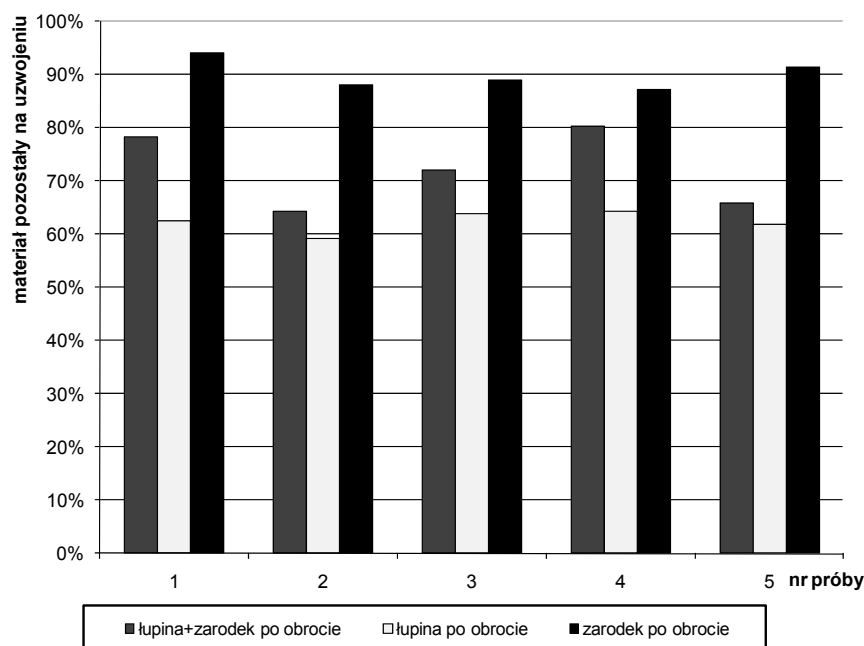
Rys. 7. Model uzwojenia bifilarnego:

a) sposób nanoszenia rozdrobnionego materiału; b) uzwojenie po obrocie o kąt 90°

Pierwsze badania prowadzone były pod kątem stwierdzenia, czy pole elektrostatyczne oddziałuje na rozdrobnione nasiona rzepaku (czy siła polaryzacji jest wystarczająca, by pokonać siłę grawitacji). Wyniki tych badań przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Materiał pozostały na uzwojeniu bifilarnym po obrocie o kąt 90° w funkcji kolejnych prób (bez napięcia oraz z napięciem zasilającym uzwojenie bifilarne 10 kV)



Rys. 9. Materiał pozostały na uzwojeniu bifilarnym po obrocie o kąt 90° w funkcji kolejnych prób dla zarodka, łupiny oraz mieszaniny: łupiny i zarodka

4. WYNIKI I WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynika, że pole elektrostatyczne wytworzone przez uzwojenie bifilarne wpływa na rozdrobnione nasiona rzepaku. Siła polaryzacji wytworzona przez uzwojenie jest większa niż siła grawitacji (około 50% więcej nasion pozostaje na uzwojeniu bifilarnym po obrocie niż w przypadku braku napięcia). W przypadku braku zasilania uzwojenia bifilarnego po obrocie pozostałość materiału na uzwojeniu (około 20%) można wytłumaczyć tym, że podczas kruszenia z rzepaku wytłaczany jest tłuszcz. Rozdrobniony rzepak „przykleja” się do uzwojenia.

W przypadku prób prowadzonych oddzielnie dla łupiny, zarodka i mieszaniny tych dwu składników można zaobserwować, że każdy z tych składników inaczej reaguje z polem elektrostatycznym. Największa siła polaryzacji występuje w przypadku zarodka (około 90% pozostaje na uzwojeniu po obrocie), a najmniejsza w przypadku łupiny (około 60% pozostaje na uzwojeniu). Różnice te wynikają z różnego składu chemicznego łupiny i zarodka, a tym samym z różnych parametrów elektrycznych (przenikalność elektryczna i przewodnictwo elektryczne).

Ponieważ oba składniki oddziałują inaczej z polem, istnieje możliwość odseparowania ich od siebie.

LITERATURA

1. Dłużewski M., Dłużewska A.: Technologia żywności cz 2. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 2001.
2. Gajewski A.: Procesy i technologie elektrostatyczne. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Kraków, 2000.
3. Masui N.: Electrostatic separation for removal from green tea of stems and from food of impurities. Proceedings of the IEJ, 6(3), 159, 1982.
4. Mińkowski K.: Wpływ odmiany i wielkości nasion rzepaku ozimego na zawartość i skład chemiczny łupiny oraz zarodka. Rośliny oleiste, Tom XXI, s. 157-166, Poznań, 2000.
5. Ochodźki P., Piotrowska A.: Właściwości fizyczne i skład chemiczny nasion rzepaku ozimego o różnym kolorze okrywy nasiennej. Rośliny oleiste, Tom XXIII, s. 235-241, Poznań, 2002.
6. Pietrzyk W., Horyński M., Sumorek A., Ścibisz M., Walusiak S., Grundas S.: Uzwojenie bifilarne do odpylania w przemyśle rolno-spożywczym. Acta Agrophysica PAN, Nr 43, Lublin, 2001.
7. Pietrzyk W.: Elektrofiltr bifilarny do usuwania pyłów pochodzenia roślinnego. Wydawnictwo Naukowe FRNA, Lublin, 2008.
8. Ścibisz M.: Komputerowa analiza rozkładu pola elektrycznego wokół uzwojenia odpylacza bifilarnego. Inżynieria Rolnicza, Nr 8 (68), s. 377-383, Kraków 2005.
9. Ścibisz M.: Komputerowa analiza wpływu geometrii uzwojeń na skuteczność filtra bifilarnego. Inżynieria Rolnicza, Nr 14 (74), s. 353-359, 2005.

Rękopis dostarczono dnia 11.05.2010 r.

Opiniował: dr hab. inż. Antoni Cieśla

USING BIFILAR WINDING
IN ELECTROSEPARATION PROCESS
OF FRAGMENTED PLANT MATERIAL

Jacek MAJCHER

ABSTRACT *This article presents some methods of the separation of selected parts from the plant materials. Also it presents the methods used in electrostatic separation processes. An example of electrostatic separation is separation crushed rape seeds using bifilar winding separator.*



Mgr inż. Jacek MAJCHER – ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. W 2007 r. rozpoczął studia doktoranckie.