

Józef FLIZIKOWSKI, Urszula TARANOWSKA

e-mail: fliz@utp.edu.pl

Instytut Techniki Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Dokładność rozdrabniania liści mięty pieprzowej

Wprowadzenie

Adiustacja (przygotowanie do użycia celowego) ziół obejmuje mechaniczną obróbkę surowców polegającą na sortowaniu, krajaniu czy mieleniu, łącznie z ważeniem, pakowaniem i etykietowaniem. Schemat adiustacji surowców zielarskich opracowany wg [Karwowska i Przybył, 2005] przedstawiono na rys. 1.



Rys.1. Techniki, sposoby adiustacji, przygotowania ziół do celowego wykorzystania [Karwowska i Przybył, 2005]

Z suszarni pobierane są próbki surowców, które badane są w zakładowych laboratoriach kontrolnych. Kontrola ta polega głównie na wykrywaniu zanieczyszczeń, względnie zafałszowań oraz na sprawdzeniu, czy surowiec jest wolny od insektów. Surowiec bez owadów trafia bezpośrednio do magazynu, a stąd do dalszych działań produkcyjnych.

Celem głównym pracy są badania nowego procesu rozdrabniania mięty pieprzowej w trzech pasażach, na jednym zestawie roboczym wielootworowym – siedmiotarczowym RWT-7JA produkcji ZBPP w Bydgoszczy. Dodatkowym celem jest określenie dokładności pomiaru wskaźników zmiennych procesu innowacyjnego rozdrabniania liści ziół.

Rozdrabnianie

Jest to jeden z ważniejszych etapów procesu technologicznego [Karwowska i Przybył J., 2005; Flizikowski, 2005; Zawada, 2005; Sidor, 2005; Sadkiewicz i Sadkiewicz, 2009; Sadkiewicz, 2014]. Część rozdrobnionych surowców użytkowana jest bezpośrednio jako pojedyncze zioła lub w mieszankach. Pozostała część służy do sporządzenia ekstraktów. Od stopnia rozdrobnienia zależy przebieg ekstrakcji, a tym samym zawartość związków biologicznie czynnych w otrzymanych produktach leczniczych. Stosując odpowiednią technikę rozdrabniania doprowadza się surowiec do standardu określonego w *Farmakopei Polskiej* lub normach, względnie standardu wymaganego przez odbiorcę.



Rys.2. Stanowisko badań dokładności rozdrabniania liści mięty pieprzowej: rozdrabniacz siedmiotarczowy RWT-7JA, pulpit i szafa sterownicza z systemem LabVIEW

Wyróżnia się dwie grupy surowców: rozdrabniane na sucho i na mokro. Rozdrabnianie na sucho polega na łamaniu, mieleniu lub rozgniataniu surowca. Rozdrobniony w ten sposób materiał może znacznie podwyższyć swoją temperaturę, co prowadzi do strat związków lotnych. Po rozdrobnieniu suchych surowców powstają duże ilości pyłów, które mogą powodować niebezpieczeństwo wybuchu, a w przypadku roślin silnie działających i trujących stanowią zagrożenie dla personelu. Surowce rozdrabniane na mokro poprzez krajanie, zaliczane są do drugiej grupy. Obecność wody w surowcu umożliwia lepsze rozdrobnienie, zapobiega wzrostowi jego temperatury i ogranicza utlenianie związków czynnych (co ma znaczenie w przypadku surowców olejkowych), zmniejsza ilość rozkruszu, eliminuje zapylenie hali produkcyjnej i możliwość eksplozji pyłów. Surowce te należy przed krojeniem nawilżyć. Nawilżenie przeprowadzane jest w specjalnych komorach, a proces trwa ok. 12 godzin przy załadunku około 3 ton. W zależności od rodzaju surowca nawilżanie prowadzone jest do uzyskania 15÷19% wilgotności. W przypadku braku odpowiednich urządzeń surowiec nawilżyć można rozkładając go w warstwach 15÷25 cm i zraszając dyszą mgławicową. Zroszony surowiec należy przykryć brezentem. Nawilżony surowiec krojony jest na odcinki 2÷10 cm. Do krajania stosowane są krajalnice i siewkarnie. Pokrojony materiał poddaje się odsiewaniu. Następnie surowiec podsuszany jest do wilgotności określonej w *Farmakopei Polskiej* lub normach.

Rozdrabnianie liści mięty pieprzowej na sucho w warunkach rozdrabniacza RWT-7JA, spełnia określone wymagania.

Dokładność pomiarów

W celu określenia dokładności pomiarów wskaźników zmiennych procesu rozdrabniania ziół, w tym mięty pieprzowej, dokonuje się klasyfikacji zmiennych niezależnych oraz zależnych [Kotulski i Szczepiński, 2004; Adamczak i Makieta, 2007; Flizikowski i Bieliński, 2013].

Moc czynna rozdrabniania wyznaczana jest metodą pośrednią, a średni błąd mocy czynnej ΔP_r określa się metodą różniczkową zupełnej:

$$\Delta P_r = \sqrt{\left(\frac{\partial P_r}{\partial U} \Delta U\right)^2 + \left(\frac{\partial P_r}{\partial I} \Delta I\right)^2} = \sqrt{(\sqrt{3}I \cos \phi \cdot \Delta U)^2 + (\sqrt{3}U \cos \phi \cdot \Delta I)^2} \quad (1)$$

gdzie:

ΔP_r – średni błąd pomiaru mocy czynnej rozdrabniacza, [W]

ΔU – błąd pomiaru napięcia

ΔI – błąd pomiaru natężenia prądu

U – napięcie rozdrabniacza, [V]

I – natężenie prądu rozdrabniacza, [A]

$\cos \phi$ – kąt przesunięcia fazowego.

Wydajność rozdrabniacza wyznacza się metodą pośrednią, a średni błąd wydajności $\Delta(Q)$ określa się metodą różniczkową zupełną:

$$\Delta Q = \sqrt{\left(\frac{\partial Q}{\partial m} \Delta m\right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial t} \Delta t\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{t} \Delta m\right)^2 + \left(\frac{-m}{t^2} \Delta t\right)^2} \quad (2)$$

gdzie:

ΔQ – średni błąd pomiaru wydajności rozdrabniacza, [$\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$]

Q – wydajność rozdrabniacza, [$\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$]

m – masa rozdrobnionej próbki badawczej, [g]

Δm – błąd pomiaru masy rozdrobnionej próbki badawczej, [g]

t – całkowity czas pomiaru, [s]

Δm – błąd pomiaru czasu rozdrabniania próbki badawczej, [s]

Błąd średni pomiaru energochłonności jednostkowej wylicza się metodą różniczkową zupełną [Adamczak i Makiela, 2007]:

$$\Delta E_j = \sqrt{\left(\frac{\partial E_j}{\partial P_r} \Delta P_r\right)^2 + \left(\frac{\partial E_j}{\partial Q} \Delta Q\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{1}{Q} \Delta P_r\right)^2 + \left(\frac{-P_r}{Q^2} \Delta Q\right)^2} \quad (3)$$

gdzie:

ΔE_j – średni błąd pomiaru energochłonności jednostkowej, [$\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$]

E_j – energochłonność jednostkowa, [$\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$]

ΔP_r – błąd pomiaru mocy czynnej rozdrabniacza, [W]

ΔQ – średni błąd pomiaru wydajności rozdrabniacza, [$\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$]

Q – wydajność rozdrabniacza, [$\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$]

P_r – moc czynna rozdrabniacza, [W]

Tab. 1. Wyniki pomiarów mocy czynnej

Wskaźnik	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
U, [V]	146,37	147,21	147,01
I, [A]	1,24	1,53	1,54
$\cos \phi$, [-]	0,86	0,86	0,86
P_r , [W]	270,09	335,10	337,33

Pierwszy pomiar

$$\Delta P_r = \sqrt{\left[\left(\sqrt{3} \cos(0,86) \cdot 1,24\right) \cdot 0,1\right]^2 + \left[\left(\sqrt{3} \cos(0,86) \cdot 146,37\right) \cdot 0,1\right]^2} = 25,35$$

$$P_r = 270,09 \pm 25,35 \text{ [W]}$$

Drugi pomiar

$$\Delta P_r = \sqrt{\left[\left(\sqrt{3} \cos(0,86) \cdot 1,53\right) \cdot 0,1\right]^2 + \left[\left(\sqrt{3} \cos(0,86) \cdot 147,21\right) \cdot 0,1\right]^2} = 25,50$$

$$P_r = 335,10 \pm 25,50 \text{ [W]}$$

Trzeci pomiar

$$\Delta P_r = \sqrt{\left[\left(\sqrt{3} \cos(0,86) \cdot 1,54\right) \cdot 0,1\right]^2 + \left[\left(\sqrt{3} \cos(0,86) \cdot 147,01\right) \cdot 0,1\right]^2} = 25,46$$

$$P_r = 337,33 \pm 25,46 \text{ [W]}$$

a) **Wydajność**

$$Q = \frac{m_i}{t} = \frac{900}{275,6 + 67,4 + 69,2} = 2,18 \text{ [g}\cdot\text{s}^{-1}\text{]}$$

$$\Delta Q = \sqrt{\left(\frac{1}{412,2} \cdot 0,01\right)^2 + \left(\frac{-900}{412,2^2} \cdot 0,01\right)^2} = 0,02183$$

$$Q = 412,20 \pm 0,02 \text{ [g}\cdot\text{s}^{-1}\text{]}$$

b) **Energochłonność jednostkowa**

Tab. 2. Wyniki pomiarów energochłonności jednostkowej

Wskaźnik	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3
P_r , [W]	270,09	335,10	337,33
Q, [$\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$]	2,18	2,18	2,18
E_j , [$\text{J}\cdot\text{g}^{-1}$]	123,89	153,72	154,74

Pierwszy pomiar

$$\Delta E_j = \sqrt{\left(\frac{1}{2,18} \cdot 25,35\right)^2 + \left(\frac{-270,09}{2,18^2} \cdot 0,02\right)^2} = 11,68$$

$$E_j = 123,89 + 11,68 \text{ [J}\cdot\text{g}^{-1}\text{]}$$

Drugi pomiar

$$\Delta E_j = \sqrt{\left(\frac{1}{2,18} \cdot 25,50\right)^2 + \left(\frac{-335,10}{2,18^2} \cdot 0,02\right)^2} = 11,71$$

$$E_j = 153,72 + 11,71 \text{ [J}\cdot\text{g}^{-1}\text{]}$$

Trzeci pomiar

$$\Delta E_j = \sqrt{\left(\frac{1}{2,18} \cdot 25,46\right)^2 + \left(\frac{-337,33}{2,18^2} \cdot 0,02\right)^2} = 11,76$$

$$E_j = 154,74 + 11,76 \text{ [J}\cdot\text{g}^{-1}\text{]}$$

Dokładność procesu rozdrabniania liści mięty pieprzowej na sucho w warunkach rozdrabniacza RWT-7JA w zakresie poboru mocy, wydajności i energochłonności wypełnia wymagania określone przez producenta.

Podsumowanie

Główny cel pracy, polegający na badaniu nowego procesu rozdrabniania na sucho liści mięty pieprzowej, osiągnięto w trzech pasażach na jednym, innowacyjnym zestawie roboczym wielootworowym, siedmiotarczowym RWT-7JA produkcji ZBPP w Bydgoszczy.

Dodatkowo określono dokładność pomiaru mocy, wydajności i energochłonności procesu, wskaźników efektywności produkcyjnej innowacyjnego rozdrabniania liści mięty pieprzowej.

LITERATURA

- Adamczak S., Makiela W., (2007). *Metrologia w budowie maszyn*. WNT, Warszawa
- Flizikowski J., (red.) (2002). *Maszyny środowiska rolno-spożywczego i chemicznego*. Wyd. ATR, Bydgoszcz
- Flizikowski J., (2005). *Konstrukcja rozdrabniaczy żywności*. Wyd. UTP, Bydgoszcz
- Flizikowski J., Bieliński K., (2013). *Technology and energy sources monitoring: control, efficiency and optimization*. IGI Global, USA, (ISBN 978-1-4666-2664-5)
- Karwowska K., Przybył J., (2005). *Suszarnictwo i przetwórstwo ziół*. Wyd. SGGW, Warszawa
- Kotulski Z., Szczepiński W., (2004). *Rachunek błędów dla inżynierów*. WNT, Warszawa
- Kusińska E., Kobus Z., Nadulski R., (2010). *Wpływ wilgotności na właściwości fizyczne i geometryczne ziarna żyta odmiany Słowiańskie*. Inż. Roln., 4, 151-156
- Sadkiewicz J., (2014). *Prowadzeniowe badanie efektywności pracy wielotarczowego rozdrabniacza ziaren zbóż*. Praca doktorska, Wyd. Inż. Mech., UTP, Bydgoszcz
- Sadkiewicz K., Sadkiewicz J., (1998). *Urządzenia pomiarowo-badawcze dla przetwórstwa zbożowo-mącznego*. Wyd. ATR, Bydgoszcz
- Sidor J., (2005). *Badania, modele i metody projektowania młynów wibracyjnych*. Monografia AGH nr 150, Kraków
- Zawada J. (red.), (2005). *Wprowadzenie do mechaniki maszynowych procesów kruszenia*. Wyd. Inst. Tech. Eksp., Radom/Warszawa (ISBN 8372044139)