

WŁAŚCIWOŚCI AERODYNAMICZNE ORZESZKÓW GRYKI FORMY RED COROLLA

Bronisława Barbara Kram¹, Jan Woliński², Joanna Wolińska³

¹Institut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Chełmońskiego 37/41, 51-630 Wrocław
email: kram@imr.ar.wroc.pl

²Zakład Mechanizacji Rolnictwa, Akademia Podlaska, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

³Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Podlaska, ul. B. Prusa, 14, 08-110 Siedlce

Streszczenie. Gryka (*Fagopyrum sagittatum Gilib*) należy do rodziny Rdestowate (*Polygonaceae*). Owocem gryki jest trójścienny orzeszek, najczęściej gładki, chociaż czasami u niektórych form występują skrzydełka. Podstawowym produktem otrzymywanym w przemyśle przetwórczym jest kasza, czyli orzeszki pozbawione okrywy nasiennej. Do przemieszczania nasion, zarówno w procesach produkcyjnych jak i w przetwórstwie wykorzystywany jest transport pneumatyczny. Do tej pory nie prowadzono badań nad właściwościami aerodynamicznymi nasion gryki, dlatego w Instytucie Inżynierii Rolniczej AR Wrocław, we współpracy z Akademią Podlaską Siedlce podjęto badania nad właściwościami aerodynamicznymi orzeszków gryki, zarówno z okrywą nasienną jak i pozbawionymi okrywy. W pionowym strumieniu powietrza wyznaczono prędkość krytyczną orzeszków gryki z okrywą, gdzie $v_k = 4,1-7,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a następnie bez okrywy gdzie $v_k = 5,66-9,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Obliczono dla nich współczynniki lotności $k_o = 0,1550-584 \text{ m}^{-1}$ (orzeszki z okrywą) i $k_o = 0,106-0,306 \text{ m}^{-1}$ (orzeszki bez okrywy) oraz współczynniki oporu aerodynamicznego k_x , (średnia wartość dla całych orzeszków $k_x = 0,497$ i dla wyłuskanych $k_x = 0,427$). Prędkości krytyczne i współczynniki lotności przedstawiono w funkcji masy badanych orzeszków gryki Red corolla.

Słowa kluczowe: gryka, orzeszki z okrywą i bez, prędkość krytyczna, współczynniki lotności i oporu aerodynamicznego

WYKAZ OZNACZEŃ

- p_{dyn} – ciśnienie dynamiczne (Pa),
- v_p – prędkość powietrza ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- v_k – prędkość krytyczna cząstki badanego materiału ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),
- ρ_p – gęstość powietrza ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$),
- γ_p – ciężar właściwy powietrza ($\text{N}\cdot\text{m}^{-3}$),
- g – przyspieszenie ziemskie ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$),
- k_o – współczynnik lotności (m^{-1}),

- k_x – współczynnik oporu aerodynamicznego (–),
 G – ciężar badanej cząstki materiału (N),
 S – powierzchnia nośna cząstki badanego materiału (m²) – (powierzchnia poprzecznego przekroju cząstki prostopadłego do kierunku strumienia powietrza).

WSTĘP I CEL PRACY

Powierzchnia uprawy gryki w Polsce w 2004 roku wynosiła około 60 tys. ha. Plon gryki waha się w granicach od 0,15 do 0,25 ton na hektar. W cyklu produkcyjnym jak i w przetwórstwie gryki występuje proces przeładunku, transportu i suszenia nasion. Jednym ze sposobów realizacji tych procesów jest przeładunek i transport pneumatyczny. Do zalet tego sposobu można zaliczyć: minimalny procent uszkodzeń i ubytków nasion, oszczędność na opakowaniach, łatwość obsługi, możliwość przeładunku na dużą odległość i w dowolnej płaszczyźnie, unikanie zanieczyszczeń, samooczyszczanie nasion, niewielkie wymiary urządzenia, możliwość automatyzacji, łatwość rozbudowy urządzenia i zmiany jego lokalizacji, a przede wszystkim ekologiczne warunki pracy.

W procesie produkcji kasz występuje wielokrotne sortowanie nasion, obróbka hydrotermiczna, krajanie i polerowanie oraz obłuskiwanie dające w efekcie produkt finalny jakim jest kasza gryczana. Wymagania jakościowe stawiane kaszy gryczanej to, między innymi, właściwy smak i zapach a także zawartość nasion nieobłuskanych i obcych, która nie powinna przekraczać 0,5% (Jurga 2001). Wymagania te łatwiej jest spełnić przy stosowaniu pneumatycznych urządzeń transportowych, przeładunkowych i czyszczących. Podstawą prawidłowej konstrukcji i właściwej eksploatacji takich urządzeń jest znajomość podstawowych cech aerodynamicznych (Dmitrewski 1978, Grochowicz 1994).

W piśmiennictwie brak jest danych dotyczących badań cech aerodynamicznych nasion gryki, dlatego podjęto prace nad wyznaczeniem prędkości krytycznej, współczynnika lotności i współczynnika oporu aerodynamicznego dla całych jak i obłuskanych nasion gryki formy Red corolla.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem użytym do badań były nasiona formy Red corolla. Forma ta powstała w wyniku krzyżowania odmiany Hruszowska i formy Buriatska, wyróżnia się czerwonym zabarwieniem listków okwiatu i większą odpornością na niskie temperatury i suszę w porównaniu z formami wyjściowymi. Red corolla odznacza się niezbyt wysoką łodygą (średnio 110 cm), niezbyt obfitym ulistnieniem, owocem jest brązowy, trójgraniasty orzeszek, okrywa nasienna nie jest przyrośnięta do owocu, daje się łatwo obłuskiwać bez uszkodzania wewnętrznej części nasienia. Średnia masa tysiąca nasion wynosi około 23 g.

Badania cech aerodynamicznych przeprowadzono na urządzeniu własnego projektu (Kram 1990). Całe orzeszki gryki umieszczano w strumieniu powietrza i dla stanu równowagi odczytywano ciśnienie dynamiczne. Następnie orzeszki ważono na wadze elektronicznej z dokładnością 0,001 g, w urządzeniu optycznym wyznaczano powierzchnię nośną S . Ten cykl pomiarowy zastosowano dla orzeszków całych i obłuskanych.

Po określeniu ciśnienia dynamicznego, masy i powierzchni nośnej badanych orzeszków obliczono prędkość krytyczną, współczynnik lotności i współczynnik oporu aerodynamicznego.

Prędkość krytyczna v_k to prędkość pionowej strugi powietrza v_p utrzymującej badany materiał w stanie równowagi.

Aby wyznaczyć prędkość krytyczną należy określić prędkość strumienia powietrza. Wielkość tę najdokładniej można obliczyć mierząc ciśnienie dynamiczne.

Ponieważ

$$p_{dyn} = \frac{\rho_p \cdot v_p^2}{2} = \frac{\gamma_p \cdot v_p^2}{2 \cdot g} \quad (\text{Pa}), \quad (1)$$

to dla stanu równowagi $v_p = v_k$, prędkość krytyczna cząstki badanego materiału wynosi:

$$v_k = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot p_{dyn}}{\gamma_p}} \quad (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}). \quad (2)$$

Siła oporu w pionowym strumieniu powietrza wyznaczana jest wzorem Newtona:

$$R = k_x \cdot S \cdot p_{dyn} = k_x \cdot S \cdot \frac{\gamma_p \cdot v_k^2}{2 \cdot g} \quad (\text{N}) \quad (3)$$

W stanie równowagi, gdy $R = G$ cząstka będzie utrzymywać się w strumieniu powietrza (gdy $R < G$ nasiona będą spadać w dół, a gdy $R > G$ nasiona będą unosić się w górę razem ze strumieniem powietrza). Z równania stanu równowagi wyznaczono współczynnik oporu aerodynamicznego k_x :

$$G = R = k_x \cdot S \cdot \frac{\gamma_p \cdot v_k^2}{2 \cdot g} \quad (\text{N}) \quad (4)$$

stąd:

$$k_x = \frac{G \cdot 2 \cdot g}{S \cdot \gamma_p \cdot v_k^2} \quad (-) \quad (5)$$

Zdolność nasion do stawiania oporu strumieniowi powietrza określa się mianem współczynnika lotności [2] opisanego wzorem:

$$k_o = k_x \cdot S \cdot \frac{\gamma_p}{G} \quad (\text{m}^{-1}). \quad (6)$$

Obliczone właściwości aerodynamiczne poddano analizie statystycznej, uzyskano przebiegi zależności prędkości krytycznych i współczynników lotności od masy całych i wyłuskanych orzeszków gryki Red corolla.

WYNIKI I DYSKUSJA

Prędkość krytyczna orzeszków całych wynosi od $v_k = 4,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $v_k = 7,95 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ dla nasion o masie od $m = 10,7 \text{ mg}$ do $m = 40,8 \text{ mg}$. Większość całych orzeszków gryki zawiera się w przedziale masowym od $m = 15,0 \text{ mg}$ do $m = 35,0 \text{ mg}$ i dla tego przedziału prędkość krytyczna wynosi od $v_k = 5,22 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $v_k = 7,59 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Orzeszki wyłuskane charakteryzują się podobnym kształtem, choć ich masa jest niższa. Mimo to prędkość krytyczna jest zdecydowanie wyższa i wynosi (dla całego przedziału masowego od $m = 6,6 \text{ mg}$ do $m = 31,8 \text{ mg}$), od $v_k = 5,66 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $v_k = 9,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Dla najliczniejszego przedziału masowego wyłuskanych orzeszków (od $m = 10,0 \text{ mg}$ do $m = 25,0 \text{ mg}$) prędkość krytyczna wynosiła od $v_k = 5,91 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ do $v_k = 9,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Najważniejsze wartości cech aerodynamicznych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka aerodynamiczna orzeszków gryki Red corolla
Table 1. Aerodynamic characteristic of Red corolla buckwheat nutlets

Badana cecha – Tested traits	Orzeszki całe Whole nutlets	Orzeszki wyłuskane Nutlets after husking
Przedział masowy Whole weight interval (mg)	10,70-40,80	6,60-31,80
Zakres prędkości krytycznych w tym przedziale masowym Critical velocity range in the weight interval v_k ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	4,10-7,95	5,66-9,64
Zakres wartości współczynnika lotności w tym przedziale masowym Volatility coefficient range in the weight interval k_o ($1/\text{m}$)	0,155-0,584	0,106-0,306
Najliczniejszy przedział masowy Most numerous weight interval (mg)	15,00-25,00	10,00-25,00
Zakres prędkości krytycznych w tym przedziale masowym Critical velocity range in the weight interval v_k ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	5,22-7,59	5,91-9,64
Średnia wartość oporu aerodynamicznego Average aerodynamic drag coefficient (-)	0,497	0,4274

Prędkość krytyczna zależy od masy orzeszków i zależność tę można bardzo dokładnie opisać równaniami potęgowymi.

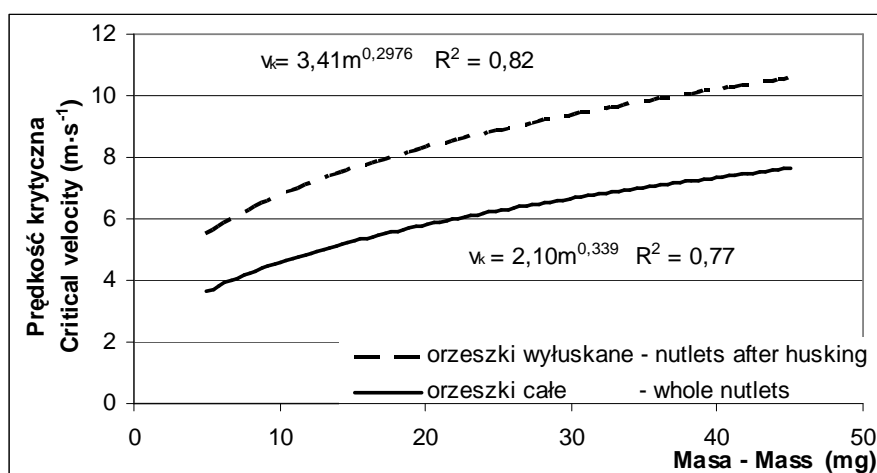
Dla całych orzeszków prędkość krytyczna rosła wraz ze wzrostem masy orzeszków według równania:

$$v_k = 2,1m^{0,339} \quad R^2 = 0,77$$

Dla orzeszków wyłuskanych zależność orzeszków od masy opisuje równanie:

$$v_k = 3,41m^{0,2976} \quad R^2 = 0,82$$

Przedstawione na rysunku 1 wykresy ilustrujące te zależności bardzo wyraźnie wskazują różnice pomiędzy orzeszkami całymi i wyłuskanych. W całym przedziale masowym badanych orzeszków przebiegi krzywych orzeszków całych i orzeszków wyłuskanych są podobne (nasiona mają podobny kształt), ale dla wyłuskanych orzeszków wartości prędkości krytycznych są zdecydowanie wyższe. Może to wynikać z tego, że powierzchnia wyłuskanych orzeszków to materiał o większej porowatości i innej teksturze.



Rys. 1. Prędkość krytyczna v_k orzeszków gryki formy Red corolla w funkcji ich masy m

Fig. 1. Critical velocity v_k of Red corolla buckwheat nutlets as a function of their weight m

W przebadanym zakresie masowym orzeszków gryki, wartości współczynnika lotności k_o zawierają się w przedziale od $k_o = 0,155$ do $k_o = 0,584$ dla całych orzeszków i w przedziale od $k_o = 0,106$ do $k_o = 0,306$ dla wyłuskanych orzeszków. Stwierdzono, że wartość współczynnika lotności malała ze wzrostem prędkości (u badanej formy także ze wzrostem masy). Wartości współczynnika lotności przedstawia tabela 1.

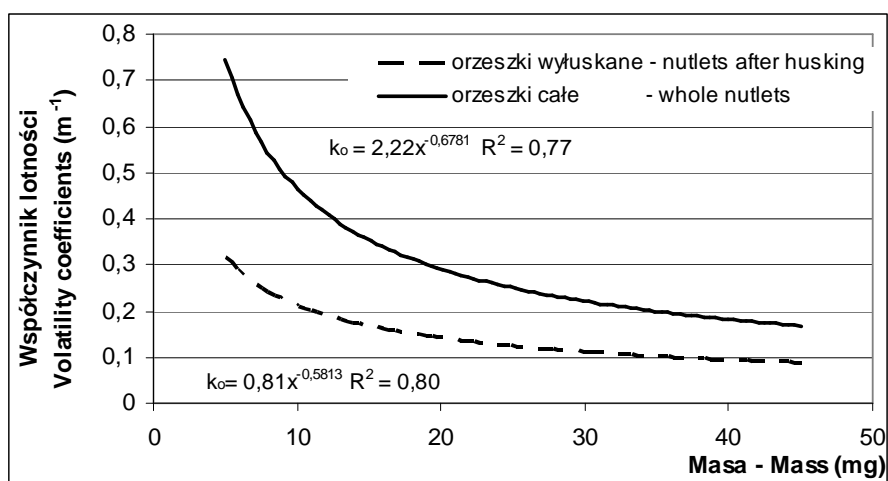
Wartość współczynnika lotności zdecydowanie malała wraz ze wzrostem masy badanych orzeszków. Zależność tę opisano równaniami potęgowymi: dla całych orzeszków:

$$k_o = 2,22m^{-0,6781} \quad R^2 = 0,77,$$

dla wyłuskanych orzeszków:

$$k_o = 0,81m^{-0,5813} \quad R^2 = 0,80.$$

Na rysunku 2 przedstawiono graficznie podane zależności, pokazano zdecydowane różnice pomiędzy orzeszkami całymi i wyłuskanyymi.



Rys. 2. Współczynnik lotności orzeszków gryki formy Red corolla w funkcji ich masy m

Fig. 2. Volatility coefficient of Red corolla buckwheat nutlets as a function of their weight m

Współczynnik oporu aerodynamicznego k_x jest trudny do wyznaczenia, pomimo iż jest ogólnie definiowany odpowiednim wzorem. Dla niektórych materiałów zależny jest też od masy. W przypadku nasion gryki nie stwierdzono występowania takiej zależności. Wartości współczynnika oporu aerodynamicznego oscylowały wokół stałej wartości, co w badanym przypadku można traktować jako cechę charakterystyczną, dla całych orzeszków $k_x = 0,390-0,654$, a dla wyłuskanych orzeszków $k_x = 0,314-0,599$.

Średnia wartość współczynnika oporu aerodynamicznego dla całych orzeszków wynosiła $k_x = 0,497$ (odchylenie standardowe 0,055), a dla wyłuskanych $k_x = 0,427$ (odchylenie standardowe 0,047). Wartości współczynnika oporu aerodynamicznego przedstawiono w tabeli 1.

WNIOSKI

1. Prędkość krytyczna, w zależności od masy całych orzeszków gryki Red corolla, rośnie zgodnie z równaniem potęgowym $v_k = 2,1m^{0,339}$, prędkość krytyczna tych orzeszków wynosi od $v_k = 5,22$ do $7,59 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2. Struktura powierzchni orzeszków gryki ma decydujący wpływ na wartość prędkości krytycznej. Wyłuskane orzeszki (o innej powierzchni niż nasiona całe) charakteryzują się większą prędkością krytyczną. Prędkość krytyczna wyłuskanych orzeszków wynosi od $v_k = 5,66$ do $9,26 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Wraz ze wzrostem masy orzeszków rośnie prędkość krytyczna, która jest opisana równaniem potęgowym $v_k = 3,41m^{0,2976}$.

3. Współczynniki lotności całych i wyłuskanych orzeszków różnią się i maleją zgodnie z równaniami potęgowymi. Wyższymi współczynnikami charakteryzują się całe orzeszki.

4. Współczynniki oporu aerodynamicznego osiągają niższe wartości dla orzeszków wyłuskanych (średnia wartość $k_o = 0,427$) niż dla całych (średnia wartość $k_o = 0,497$).

PIŚMIENNICTWO

- Dmitrewski J., 1978. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. Warszawa PWRiL, tom 3.
Grochowicz J., 1994. Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Lublin Wyd. AR.
Jurga R., 2001. Prawie wszystko o kaszach. Przegląd Zbożowo-Młynarski 8.
Kram B., 1990. Badanie cech aerodynamicznych granul superfosfatu potrójnego. Roczn. Nauk Roln., tom 79, C-1.

AERODYNAMIC PROPERTIES OF NUTLETS
OF RED COROLLA BUCKWHEAT

Bronisława Barbara Kram¹, Jan Woliński², Joanna Wolińska³

¹Institute of Agricultural Engineering, Wrocław University of Environmental and Life Sciences
ul. Chełmońskiego 37/41 50-630 Wrocław
email: kram@imr.ar.wroc.pl

²Department of Agricultural Engineering, University of Podlasie, ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

³Department of Plant Breeding and Seed Science, University of Podlasie
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce

Abstract. Buckwheat (*Fagopyrum sagittatum* Gilib) belongs to the *Polygonaceae* family. Buckwheat fruit is a triangular nutlet, generally smooth, however, sometimes wings appear in some forms. Groats, i.e. means nutlets without seed cover, are the basic product obtained in the processing industry. Pneumatic transport is used to relocate seeds, both in production processes and in process-

ing industry. There have been no studies on aerodynamic properties of buckwheat seeds so far. Therefore, experiments on aerodynamic properties of buckwheat nutlets, both with and without seed cover, were carried out in the Institute of Agricultural Engineering of Agricultural Academy in Wrocław in co-operation with the University of Podlasie in Siedlce. The critical velocity of buckwheat nutlets with seed cover was determined in vertical air flow, where $v_k = 4.1-7.95 \text{ m s}^{-1}$, and then without the cover, where $v_k = 5.66-9.26 \text{ m s}^{-1}$. Volatility coefficients k_o (average value $k_o = 0.272$) were calculated. Nutlets without cover were characterized by lower values (average value $k_o = 0.163$). Moreover, aerodynamic drag coefficients k_x were calculated and average value for the whole nutlets amounted to 0.497, while for seeds after husking 0.427. The critical velocity was shown as a function of weight of the tested buckwheat nutlets of Red Corolla form.

Keywords: buckwheat, nutlets with cover, nutlets without cover, weight, critical velocity, volatility coefficient, aerodynamic drag coefficient