

WPŁYW WILGOTNOŚCI NA ZUŻYCIE ENERGII BEZPOŚREDNIEJ W PROCESIE ROZDRABNIANIA ZIARNA ŻYTA I PSZENŻYTA

Norbert Marks

Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy była ocena energochłonności, czasu trwania i stopnia rozdrobnienia ziarna żyta i pszenżyta przy użyciu rozdrabniacza bijakowego. Wykazano istotny statystycznie wpływ wilgotności, gatunku i odmiany ziarna na wzrost nakładów energii i czasu (wydajność) oraz obniżenie stopnia rozdrabniania w procesie rozdrabniania udarowego ziarna zbóż.

Słowa kluczowe: energochłonność, rozdrabnianie, rozdrabniacz bijakowy, żyto, pszenżyto

Wprowadzenie i cel pracy

Rozdrabnianie materiałów, w tym materiałów ziarnistych (biologicznych) zaliczone do podstawowych procesów w przetwórstwie żywności realizowane jest głównie metodami mechanicznymi. Rozdrabnianie mechaniczne może być realizowane przy użyciu sił zewnętrznych takich jak: zgniatanie, łamanie, ścieranie, łupanie, ścinanie, miażdżenie, bądź inne, lub sił specjalnych jak: szok termiczny, zmiana ciśnienia, bombardowanie cząstkami lub fotonami i innymi. Proces rozdrabniania przy wykorzystaniu sił zewnętrznych może być realizowany przy pomocy rozdrabniaczy szczękowych, stożkowych, walcowych, udarowych, kulowych, wibracyjnych, żarnowych, obiegowych, rozcierających, strumieniowych i wielotarczowych. Różnią się one sposobem rozdrabniania, a na jego efekt mają wpływ zarówno parametry techniczne maszyn, jak i właściwości fizyczne rozdrabnianego materiału, a wśród nich szczególną rolę odgrywa zawartość wody. Z dostępnych aktualnie wyników badań w tym zakresie wynika, że wraz ze wzrostem wilgotności (zawartości wody) zwiększają się nakłady jednostkowe energii rozdrabniania [Kowalik, Opielak 2002; Opielak 1996, Dziki 2007; Panasiewicz i in. 2003], szczególnie w odniesieniu do rozdrabniania przy wykorzystaniu rozdrabniaczy udarowych (bijkowych) [Zawiślak 2006]. Charakteryzują się one tym, że rozdrabnianie (dekohezja) następuje w wyniku uderzeń bijaków o surowiec. W konsekwencji cząstkom zostaje nadana znaczna prędkość. Uderzają one o płyty rozbijające lub o sito, a aktywny stan rozdrabniania trwa aż do opuszczenia przez produkt komory roboczej [Flizikowski 2005]. Proces ten może być realizowany jednofazowo lub dwufazowo w układzie gniecenie – rozdrabnianie lub rozdrabnianie – rozdrabnianie [Dziki 2007; Rawa 1987]. Oprócz wilgotności materiału, istotny wpływ na zużycie energii w procesie rozdrabniania wywiera gatunek roślin [Opielak 1996; Marks i in. 2006;

Panasiewicz i in. 2003; Dziki i Laskowski 2004]. Obydwa te parametry (wilgotność, gatunek) wykazują istotną interakcję mającą wpływ na nakłady energii bezpośredniej w procesie rozdrabniania ziarna. Optymalizacja zużycia energii w procesie oraz jakość uzyskanego produktu będą w znacznym stopniu wpływały na koszty produkcji i konkurencyjność produktu. Stąd też celem pracy jest określenie wpływu wilgotności ziarna na wielkość nakładów energii bezpośredniej (elektrycznej) w procesie rozdrabniania, wydajność procesu oraz stopień rozdrobnienia materiału dla 2 odmian żyta i 2 odmian pszenżyta, przy użyciu rozdrabniacza bijakowego.

Material i metoda

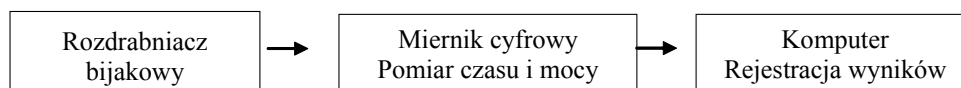
Badaniami objęto 2 odmiany żyta: Warko i Dańkowskie Diament oraz 2 odmiany pszenżyta: Magnat i Woltario. Masa próbki ziarna do badań wyniosła 2 kg z trzema replikacjami. Masa próbki została określona empirycznie i odpowiadała minimalnej podstawie czasowej trwania procesu rozdrabniania, którą przyjęto na poziomie 20-30s przy 1s kroku pomiarowym (20-30 pomiarów). Przyjęto 5 poziomów wilgotności: 10%, 12%, 14%, 16%, 18%, którą oceniano przy pomocy wagosuszarki WPE 30S, zgodnie z metodyką pomiarów. Próbki zbyt wilgotne dosuszano do określonego poziomu, a próbki zbyt suche nawilżano zgodnie z zależnością 1.

$$M_w = M_0 \frac{W_1 - W_0}{100 - W_1} \text{ [g]} \quad (1)$$

gdzie:

- M_w – masa wody potrzebnej do nawilżenia [g],
- M_0 – masa ziarna przed nawilżeniem [g],
- W_0 – wilgotność ziarna przed nawilżeniem [%],
- W_1 – wilgotność ziarna po nawilżeniu [%].

Aby uzyskać równomierne rozproszczenie wody w masie ziarna, próbki umieszczano w hermetycznych pojemnikach w stałej temperaturze i przez 24 godz. poddawano cyklicznemu mieszaniu w mieszarce. Badania przeprowadzono przy użyciu rozdrabniacza bijakowego H-950 przy stałej nastawie szczeliny roboczej 7 mm (nr 2), średnicy oczek sita 5 mm i prędkości obrotowej wirnika 3500 obr./min. Pomiar mocy prądu w procesie rozdrabniania i czas trwania tego procesu mierzono miernikiem cyfrowym Digital Multimeter PC 510 z dedykowanym oprogramowaniem i rejestrowano komputerowo, co przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy układu pomiarowego
Fig. 1. Block diagram of the measuring system

Wpływ wilgotności...

Minimalny czas pomiaru wynosił 30s z krokiem pomiarowym 1s, co w sumie dało 30 odczytów pomiarów każdej próbki. Czas pomiaru odczytywano tylko podczas trwania rozdrabniania (czas roboczy) odrzucając odczyty rozruchu i wyłączania maszyny. Stopień rozdrabniania określono przy użyciu odsiewacza SZ-1 z pięcioma wymiarami sit: 1–265 μm , 2–150 μm , 3–120 μm , 4–104 μm , 5–95 μm . W sumie uzyskano 6 różnych frakcji wymiarowych zgodnie z metodyką pracy tego urządzenia. Dokładność pomiaru masy frakcji wyniosła 0,1 g. Do analizy stopnia rozdrabniania przyjęto rozdrobnienie o wielkości cząstek poniżej 265 μm czyli pozostałość na sitach 2-5.

Wyniki badań

Przedstawione w tab. 1, 2, 3 wyniki, obejmują wpływ zróżnicowanej wilgotności nasion przyjętych gatunków i odmian zbóż na nakłady energii w procesie rozdrabniania, wydajność tego procesu oraz stopień rozdrabniania materiału.

Tabela 1. Wydajność i energia rozdrabniania 1 kg ziarna żyta dla rzeczywistych poziomów wilgotności

Table 1. Efficiency and energy of grinding 1 kilogram of rye grains at actual humidity levels

Odmiana Warko			Odmiana Dańkowskie Diament		
Wilgotność [%]	Wydajność [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]	Energia [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Wilgotność [%]	Wydajność [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]	Energia [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]
9,97	0,095	9,62	9,61	0,090	9,58
12,44	0,080	11,74	11,56	0,086	10,85
13,63	0,074	13,54	14,41	0,071	14,35
15,49	0,074	14,63	16,17	0,068	15,75
17,77	0,062	16,49	18,72	0,066	16,16

Tabela 2. Czas i energia rozdrabniania 1 kg ziarna pszenżyta dla rzeczywistych poziomów wilgotności

Table 2. Time and energy of grinding 1 kilogram of triticale grains at actual humidity levels

Odmiana Magnat			Odmiana Woltario		
Wilgotność [%]	Wydajność [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]	Energia [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	Wilgotność [%]	Wydajność [$\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$]	Energia [$\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]
10,25	0,077	9,33	10,50	0,095	8,16
12,01	0,066	11,45	12,08	0,086	8,99
13,79	0,071	11,43	14,59	0,068	11,41
15,49	0,064	13,01	16,45	0,066	12,49
18,31	0,062	13,75	18,74	0,052	14,9

Tabela 3. Zależność pomiędzy wilgotnością ziarna a jego a rozdrobnieniem na cząstki o wielkości poniżej 265 μ m

Table 3. Correlation between grain's humidity and its grinding into particles smaller than 265 μ m

Odmiana							
Warko		Dańkowskie Diament		Magnat		Woltario	
Wilgotność [%]	Masa [%]	Wilgotność [%]	Masa [%]	Wilgotność [%]	Masa [%]	Wilgotność [%]	Masa [%]
9,97	14,2	9,61	17,1	10,25	19,5	10,5	17,7
12,44	14,6	11,56	14,4	12,01	21,1	12,08	18,6
13,63	12,1	14,41	13,7	13,79	17,7	14,59	18,1
15,49	12,3	16,17	13,5	15,48	16,0	16,45	18,0
17,77	10,8	18,72	11,4	18,31	15,7	18,74	14,9

Tabela 4. Analiza wariancji w klasyfikacji pojedynczej. Energia i wydajność procesu rozdrabniania w zależności od gatunku zboża (żyto, pszenżyto)

Table 4. Single classification variance analysis. Energy and efficiency of the grinding process subject to the cereal species (rye, triticale)

Rodzaj zmienności	Liczba stopni swobody	Test F	Poziom istotności p
Energia rozdrabniania	1	8,56	0,00
Wydajność	1	6,81	0,01

Tabela 5. Analiza wariancji w klasyfikacji pojedynczej. Energia i wydajność procesu rozdrabniania w zależności od wilgotności ziarna dla obydwu gatunków zboża

Table 5. Single classification variance analysis. Energy and efficiency of the grinding process, depending on the humidity of both cereal species

Rodzaj zmienności	Liczba stopni swobody	Test F	Poziom istotności p
Energia rozdrabniania	4	50,92	0,00
Wydajność	4	25,44	0,00

Przeprowadzona analiza wariancji w klasyfikacji pojedynczej (tab. 4 i 5), wykazała wysoce istotny wpływ przyjętych zmiennych niezależnych (wilgotności, gatunków i odmian ziarna zbóż) na parametry oceny procesu rozdrabniania (energia, wydajność i stopień rozdrobnienia). I tak – wraz ze wzrostem zawartości wody w ziarnie wzrastały nakłady energii a spadały wydajność procesu i stopień rozdrobnienia ziarna. Nakład energii dla wilgotności ok. 18% był wyższy o 71,4% w porównaniu z wilgotnością ok. 10% dla żyta odmiany Warko i o 68,6% dla żyta odmiany Dańkowskie Diament. Podobnie dla pszenżyta dla analogicznych poziomów wilgotności, przyrost nakładu energii wyniósł 47,3% dla odmiany Magnat i 82,6% dla odmiany Woltario. Uzyskane wskaźniki nakładów jednostkowych energii procesu rozdrabniania są istotnie zróżnicowane, co potwierdził również test Dunca. Przeprowadzona analiza korelacji wykazała istotne skorelowanie pomiędzy wkładem

energii a wydajnością procesu (współczynnik korelacji 0,70) oraz wkładem energii a stopniem rozdrobnienia (współczynnik korelacji 0,69). Dla omawianych poziomów wilgotności przyrost wydajności procesu wyniósł 44,8% dla żyta odmiany Warko i 26,7% dla żyta odmiany Dańkowskie Diament oraz 19,5% dla pszenżyta odmiany Magnat i 45,3% dla pszenżyta odmiany Woltario. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie wydajności procesu rozdrabniania zarówno pomiędzy żytem, jak i pszenżytem oraz przyjętymi do badań odmianami żyta i pszenżyta, co potwierdził również przeprowadzony test Duncana. Przedstawiony w tab. 3 wpływ wilgotności ziarna na stopień jego rozdrobnienia, wskazuje, że wzrost wilgotności ziarna w badanych przedziałach powoduje spadek stopnia rozdrobnienia. Spadek ten pomiędzy wilgotnością ok. 10%, a wilgotnością ok. 18% wyniósł 3,9% dla żyta odmiany Warko i 33,4% dla żyta odmiany Dańkowskie Diament oraz 19,5% dla pszenżyta odmiany Magnat i 15,9% dla pszenżyta odmiany Woltario. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie stopnia rozdrobnienia pomiędzy żytem a pszenżytem, badanymi odmianami oraz poziomami wilgotności przy określonych nakładach energii i wydajności procesu rozdrabniania. Analizę tą potwierdził wykonany test Duncana. Uzyskane wartości jednostkowych nakładów energii rozdrabniania ziarna żyta i pszenżyta są niższe niż podaje Opielak [1996] dla pszenicy, Marks i in. [2006] dla pszenicy i żyta przy użyciu śrutownika tarczowego (laboratoryjnego), Dziki i in. [2009] przy użyciu rozdrabniacza udarowego, podobne dla uzyskanych przez Dzikiego [2007] przy zgniataniu ziarna pszenicy i niższe niż uzyskali Dziki i Laskowski [2004] przy rozdrabnianiu ziarna kukurydzy. Pozostałe parametry oceny (wydajność procesu i stopień rozdrobnienia materiału) wydają się potwierdzać spostrzeżenia i wnioski wykazane przez innych i cytowanych również w tym artykule autorów, chociaż uzyskane w odniesieniu do ziarna innych gatunków roślin uprawnych.

Wnioski

1. Wzrost poziomu wilgotności ziarna powoduje wzrost nakładów energii bezpośredniej procesu rozdrabniania.
2. Wysokość nakładów energii determinuje zarówno odmiana, jak i gatunek zbóż.
3. Wzrost poziomu wilgotności ziarna powoduje spadek wydajności procesu rozdrabniania.
4. Wydajność procesu rozdrabniania wykazuje zróżnicowanie międzygatunkowe i międzyodmianowe.
5. W odniesieniu do zakresu badań, najniższe nakłady energii bezpośredniej, najwyższą wydajność procesu i najlepszy stopień rozdrobnienia materiału uzyskano dla wilgotności wyjściowej ziarna około 10%.

Bibliografia

- Dziki D.** 2007. Ocena energochłonności rozdrabniania ziarna pszenicy poddanego uprzednio zgniataniu. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 8(96) Kraków. s. 51-58.
- Dziki D., Laskowski J.** 2004. Wpływ warunków kondycjonowania na energochłonność rozdrabniania ziarna jęczmienia i kukurydzy. *Motrol - Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa* 6. PAN Lublin. s. 88-94.

- Flizikowski J.B.** 2005. Konstrukcja rozdrabniaczy żywności. Wydawnictwo Akademii Rolniczo-Technicznej w Bydgoszczy. ISBN 83-89334-42-9.
- Kowalik K., Opielak M.** 2002. Badanie wpływu wilgotności i rodzaju ziarna zbóż na jednostkowe zużycie energii podczas rozdrabniania. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. Nr 10(4). Warszawa. s. 51-55.
- Marks N., Sobol Z., Baran D.** 2006. Energochłonność procesu rozdrabniania nasion różnych gatunków roślin przy użyciu rozdrabniacza tarczowego. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 3(78). Kraków. s. 271-279.
- Opielak M.** 1996. Rozdrabnianie materiałów w przemyśle rolno-spożywczym. Cz. II. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej. ISBN 83-86333-53-7.
- Panasiewicz M, Mazur M, Stadnik M.** 2003. Ocena energetyczna procesu płatkowania ziarniaków w produkcji płatków wieloziarnowych. *Acta Agrophysica* 82. s. 151-158.
- Rawa T.** 1987. Efektywność dwukrotnego rozdrabniania pszenicy bijakowym zespołem roboczym. *Acta Academiae Agricult. Tech. Olsteniensis*. Z. 311. s. 113-120.
- Zawiślak K.** 2006. Przetwarzanie ziarna kukurydzy na cele paszowe. *Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie*. Z. 304. s. 47.

THE IMPACT OF HUMIDITY ON THE DIRECT ENERGY CONSUMPTION IN THE PROCESS OF GRINDING RYE AND TRITICALE GRAINS

Abstract. The goal of this work was to estimate the energy consumption and duration of grinding as well as the fineness degree of rye and triticale after a beater grinder had been used. It was proved that humidity, species and variety of the grain have statistically relevant impact on the increase of energy and time expenditure (efficiency) as well as on the decrease of the fineness degree in the process of cereal grains impact grinding.

Key words: energy consumption, grinding, beater grinder, rye, triticale

Adres do korespondencji:

Norbert Marks: e-mail: norbert.marks@ur.krakow.pl
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków