

GROCHOWICZ Józef¹⁾, ZAWIŚLAK Kazimierz²⁾¹⁾ Wyższa Szkoła Hotelarstwa, Gastronomii i Turystyki w Warszawie²⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych

Energooszczędne przetwarzanie ziarna kukurydzy

Streszczenie

W pracy przedstawiono badania związane z opracowaniem nowej technologii przetwarzania ziarna kukurydzy po zbiorze kombajnowym na cele paszowe. Zgniecenie wilgotnego ziarna kukurydzy a następnie suszenie w tej postaci prowadzi do oszczędności około 50% energii wykorzystywanej w tradycyjnym procesie otrzymywania śruty kukurydzianej.

Słowa kluczowe: ziarno kukurydzy, zgniatanie, suszenie

Energy consumption of corn grain processing

Summary

The paper presents a study related to the development of new processing technologies of corn after combine harvesting for fodder purposes. Crushed corn wet and then drying in this form leads to savings of about 50% of the energy used in the traditional corn meal preparation.

Key words: corn grain, crushing, drying

Wstęp

Analizując poszczególne zabiegi technologiczne, występujące w procesie produkcji mieszanek paszowych, pod względem wielkości jednostkowych nakładów energetycznych, można wykazać, że największe ilości energii wykorzystane są na suszenie, a następnie na rozdrabnianie (Opielak 1995, 1997; Laskowski 1999a, 1999b, 2000; Mieszkalski 2000a, 2000b; Romański 1999, 2002; Grochowicz 2000; Niemiec 2001; Korpysz i in. 2007). Z danych literaturowych wynika, że ok. 65% całej rocznej produkcji ziarna zbóż zużywane jest na paszę, natomiast w przypadku kukurydzy wynosi to powyżej 90%. Dlatego należy postawić pytanie, czy dla zboża paszowego należy stosować takie same zabiegi technologiczne przy konserwowaniu, jak dla ziarna siewnego i konsumpcyjnego.

Zbierane ziarno zbóż, a zwłaszcza kukurydzy, która w naszych warunkach dojrzewa późno i posiada podczas zbioru wilgotność ok. 30%, wymaga stosowania różnego rodzaju zabiegów związanych z jego konserwacją. Najczęściej stosowanym zabiegiem jest suszenie, które stanowi 37% kosztów całej uprawy. Oprócz dążenia do zmian w konstrukcjach suszarek, prowadzi się badania mające na celu obniżenie energochłonności suszenia.

Konserwacją ziarna po zbiorze zajmowało się i zajmuje wielu badaczy, którzy prowadzą prace zarówno eksperymentalne jak i studialne, mające na celu opracowanie optymalnych parametrów technologicznych pozwalających na uzyskanie wysokiej jakości produktu (Walton 1988, Reimers 1988; Kamiński 1995; Niedziółka 1993, 1995, 1999).

Hipoteza badawcza

Płatkowane wilgotne ziarno kukurydzy wymaga mniejszych nakładów energetycznych na proces suszenia.

Metodyka badań

Badanie procesu płatkowania przy użyciu Instrona

Badania prowadzono poddając pojedyncze ziarna kukurydzy, o wilgotności 20 i 24%, płatkowaniu pomiędzy płaszczycznymi o średnicy 50 mm. Płatkowanie przeprowadzano do chwili, gdy szczelina pomiędzy płytami zgniatającymi wynosiła 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 mm. Do pomiarów siły płatkowania ziarno kukurydzy umieszczano na dolnym stoliku Instrona zarodkiem do dołu. Prędkość przesuwu powierzchni ściskającej wynosiła 50 mm·min⁻¹.

Badanie procesu płatkowania z wykorzystaniem gniotownika

Płatkowanie ziarna kukurydzy, przy zastosowaniu gniotownika, prowadzono stosując szczeliny robocze pomiędzy walcami: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 mm dla ziarna kukurydzy o wilgotności 20 i 24%. Prędkość obrotowa walców gniotownika była stała. Do pomiarów stosowano próby o masie 1000 g.

Badanie procesu suszenia metodą konwekcyjną

Prędkość powietrza w poszczególnych pomiarach ustalono na 0,2; 0,3 i 0,4 m·s⁻¹, zaś temperatura była stała 60 ±1°C, masa próbki 50g. Próbkę z koszykami zdejmowano w określonych interwałach czasowych (na początku suszenia ok. 15 minut dla ziarna, 2 minut dla płatków). W późniejszym okresie suszenia częstotliwość pomiarów zmniejszono ze względu na coraz wolniejszy proces suszenia. Masę próbki mierzono na wadze elektronicznej WPE-300 z dokładnością 0,05g. Prędkość powietrza mierzono na wylocie przy pomocy anemometru skrzydełkowego A-1200E z dokładnością do 0,005 m·s⁻¹. Po zakończeniu suszenia, próbki umieszczano w suszarce laboratoryjnej KC 100/200 nastawionej na temperaturę 105 ±3°C dla uzyskania suchej masy. Wilgotność w trakcie suszenia obliczano ze wzoru:

$$w = \frac{m(\tau) - m_s}{m(\tau)} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

$m(\tau)$ – masa w czasie τ ;
 m_s – masa sucha.

Zawartość wody u przeliczano z wilgotności wg wzoru:

$$u(\tau) = \frac{w(\tau)}{100 - w(\tau)} \quad (2)$$

Zredukowaną (bezwymiarową) zawartość wody wyliczano ze wzoru:

$$U_{red} = \frac{u(\tau) - u_r}{u_o - u_r} \quad (3)$$

gdzie:

u_o - początkowa zawartość wody w kg H₂O/kg s.m;
 u - równowagowa zawartość wody dla danej temperatury.

Wartość u_r przyjmowano jako wartość zawartości wody, która w dalszym przebiegu suszenia nie zmieniała się.

Wyniki badań

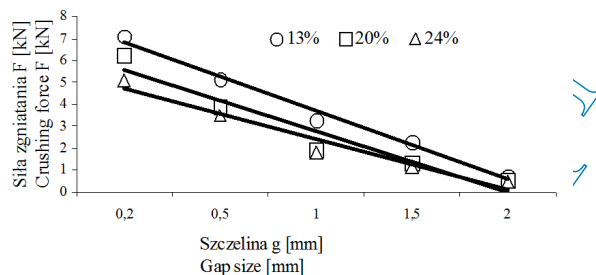
Proces płatkowania ziarna kukurydzy tworzy nowy produkt, który charakteryzuje się innymi właściwościami fizycznymi w stosunku do materiału wyjściowego. Zmienia się średnia wielkość cząstki, która zależy od wielkości szczeliny w urządzeniu zgniatającym (tab. 1). Wilgotność decyduje o stopniu rozdrobnienia ziarna kukurydzy. Dla wilgotności 20% - średnia geometryczna wielkość cząstki wynosi 3,6 mm, a dla 24% - 4,1 mm.

Tabela 1. Średnia wielkość cząstek d_g [mm] gniecionego ziarna kukurydzy
 Table 1. Average size of particle diameter d_g [mm] corn grain crushed

Szczelina w gniotowniku; Size of the gap in the crusher [mm]	Wilgotność; Moisture content [%]	
	20	24
	d_g [mm]	d_g [mm]
0,5	2,9	2,9
1,0	2,9	3,2
1,5	3,2	3,8
2,0	3,6	4,1

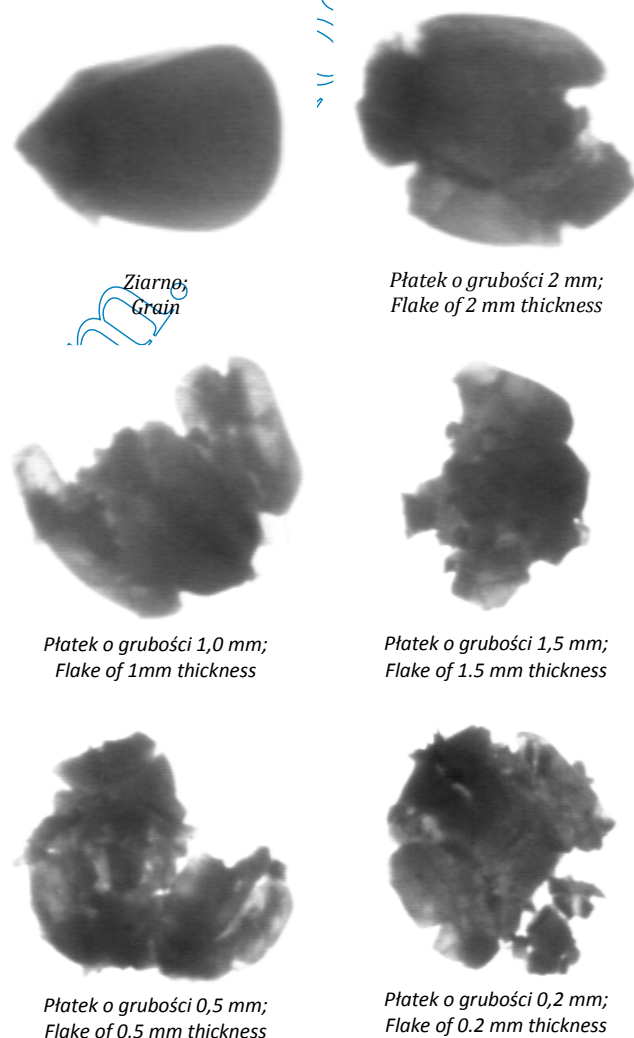
Wyniki badania procesu płatkowania

W procesie płatkowania nasion, głównymi czynnikami są właściwości wytrzymałościowe i wilgotność. Przeprowadzone badania potwierdziły, że przy wilgotności 13%, zastosowanie szczeliny roboczej poniżej 2 mm w gniotowniku o średnicy walców 240 mm, powoduje utrudnienie lub wręcz uniemożliwia proces płatkowania. Przy wilgotnościach ziarna wyższych niż 20%, proces zgniatacia można przeprowadzić nawet przy szczelinie o wartości 0,5 mm. Przeprowadzone badanie siły płatkowania wykazały duże zmiany wartości siły, zwłaszcza dla płatka o grubości 0,2 mm, w zależności od wilgotności (rys. 1.). Wzrost wilgotności ziarna powodował zmniejszenie siły zgniatacia. Wraz ze wzrostem grubości płatka malała wartość tej siły. Najmniejsze różnice wystąpiły dla płatka o grubości 2 mm.



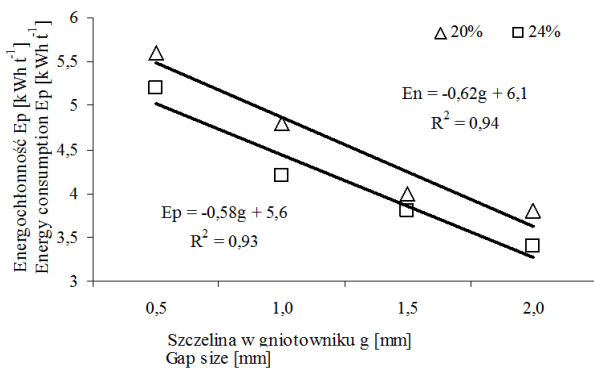
Rys. 1. Siły płatkowania ziarna kukurydzy na Instronie w zależności od wilgotności i grubości płatka

Fig. 1. Flaking forces corn on Instronie depending on moisture content and thickness of the flap



Rys. 2. Obrazy płatkowanej kukurydzy o wilgotności początkowej 20%
 Fig. 2. Images of flaked corn grain with initial moisture content of 20%

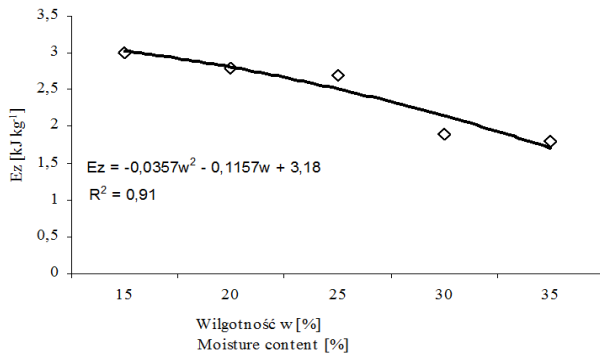
Wyniki badań pomiaru energochłonności procesu zgniatacia ziarna kukurydzy o wilgotności 20 i 24% przedstawia rysunek 3. Zależności pomiędzy wielkością szczeliny roboczej w gniotowniku a energochłonnością procesu przedstawiono za pomocą wykresów liniowych, opisanych równaniami pierwszego stopnia przy współczynniku determinacji wynoszącym $R^2 = 0,9$. Otrzymane wyniki energochłonności procesu zgniatacia na gniotowniku można porównać do wyników uzyskanych przy ścisaniu ziarna kukurydzy na Instronie, które zaprezentowano na rysunku 3.



Rys. 3. Energochłonność procesu płatkowania ziarna kukurydzy o wilgotności 20 i 24% przy użyciu gniotownika

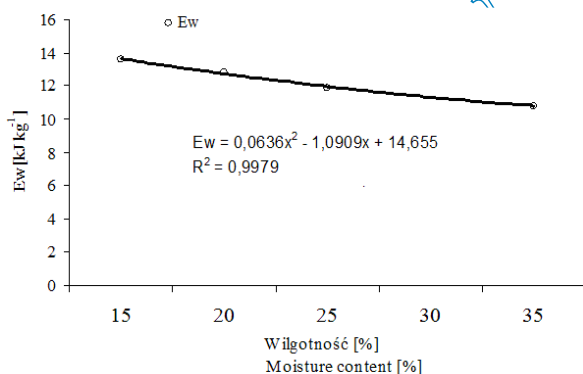
Fig. 3. Energy consumption of corn grain flaking process in the crusher with a moisture content of 20 and 24%

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono wyniki pomiaru energochłonności procesu zgniatania ziarna kukurydzy dla różnych poziomów jej wilgotności.



Rys. 4. Wpływ wilgotności kukurydzy na energochłonność procesu zgniatania przy wykorzystaniu urządzenia Instron. Szczelina pomiędzy płytami 1,5 mm

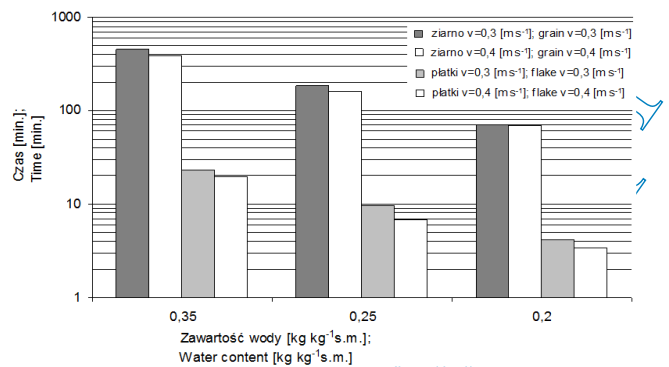
Fig. 4. The influence of moisture content on energy consumption of corn grain crushing process on the Instron apparatus. The gap between the plates 1.5 mm



Rys. 5. Wpływ wilgotności kukurydzy na energochłonność procesu zgniatania pomiędzy walcami przy użyciu modelowego gniotownika

Fig. 5 The influence of moisture content on the energy consumption of corn grain crushing in a model crusher

Przedstawione na rysunku 5 wyniki wskazują na wpływ poziomu wilgotności ziarna na energochłonność zgniatania. Wraz ze wzrostem wilgotności, w zakresie 15 – 30%, następuje obniżenie energii potrzebnej do wykonania tego procesu. Zależność ta występuje zarówno w procesie prowadzonym przy użyciu urządzenia Instron jak i gniotownika.

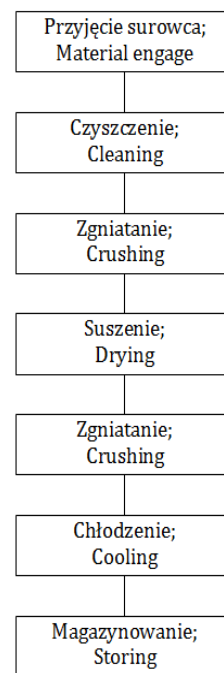


Rys. 6. Porównanie czasu suszenia od wilgotności początkowej w_1 do wilgotności $w_2 = 14\%$ przy różnych prędkościach przepływu

Fig. 6 Comparison of drying from initial moisture content w_1 to moisture content $w_2 = 14\%$ at various flow velocities

Z uzyskanych wyników badań wynika, że zmniejszenie energochłonności połączonego procesu zgniatania i suszenia może wynieść nawet 50%. O wielkości oszczędności energii może decydować typ suszarni zastosowany do procesu suszenia.

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można zaproponować nowy układ technologiczny, który przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Blokowy schemat operacji przygotowania wilgotnych surowców paszowych do magazynowania

Fig. 7 Block diagram of the operation to prepare moist feed material storage

Surowiec, po zbiorze kombajnowym, należy poddać procesowi czyszczenia na separatorach pneumatycznych typu wialnia, oraz na separatorach sitowych. Zgniatanie przeprowadza się przy użyciu gniotownika. Zgniatanie ziarna należy wykonać w taki sposób, aby nie następowało jego rozpadanie na mniejsze części. Tak przygotowany surowiec poddajemy procesowi suszenia, najlepiej w suszarni poziomej, do uzyskania wilgotności poniżej 14%. Po procesie suszenia otrzymany produkt poddawany jest procesowi chłodzenia do temperatury nie przekraczającej +5°C tem-

peratury otoczenia. Tak otrzymany produkt może być użyty bezpośrednio do produkcji lub magazynowany.

Wnioski

Przedstawione badania pozwoliły na zweryfikowanie hipotezy, że suszenie zgniecionych ziaren kukurydzy powoduje wielokrotne skrócenie czasu suszenia, zwiększenie jego prędkości i obniżenie jednostkowego zapotrzebowania ciepła. Na ich podstawie opracowano następujące wnioski:

1. Proces suszenia zgniecionego ziarna kukurydzy jest kilkunastokrotnie krótszy od suszenia ziarna. Stosunek czasów suszenia ziarna i płatków wynosi od 16,7 do 20,5 na korzyść płatków.
2. Płatkowanie wilgotnego ziarna kukurydzy pozwala na opracowanie nowej technologii przygotowania surowców zbożowych na cele paszowe.

Literatura:

1. Grochowicz J., Zawiślak K.: 2000. *Badania porównawcze energochłonności rozdrabniania nasion w wlewniku walcowym i rozdrabniaczu bijakowym*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, nr 1(17): 5-6.
2. Kamiński E., Cenkowski S. 1984. *Aktualne problemy suszenia ziarna kukurydzy w Polsce*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, Z: 287.
3. Korpysz K., Roszkowski H., Wojalski J. 2007. *Energetyczne aspekty procesu gniczenia ziarna jęczmienia*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 1: 39-42.
4. Laskowski J., Janiak G., Dziki D. 1999a. *Badania twardości pszenic różnymi metodami pomiarowymi*. Inżynieria Rolnicza, nr 4(10): 83-88.
5. Laskowski J., Łysiak G. 1999b. *Analiza metod oceny składu granulometrycznego rozdrobnionych surowców zbożowych*. Inżynieria Rolnicza, nr 2(8): 37-46.
6. Laskowski J., Łysiak G., Dziki D. 2000. *Wpływ wilgotności i gatunku ziarna zbóż na skład granulometryczny produktu i jego rozdrabniania*. Inżynieria Rolnicza, nr 4(15): 27-34.
7. Mieszkalski L., 2002a. *Metoda wyznaczania strefy rozdrabniania rozdrabniacza z rowkowanymi wałcami*. Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, 20(1): 10-12.

8. Mieszkalski L., 2002b. *Theoretical analysis of selected working parameters of fragmentizers from smooth rollers*. Technical Science, 5: 31-40.
9. Niedziółka I., 1993. *Badania technologii zbioru i konserwacji ziarna kukurydzy*. Zeszyty Naukowe AR Szczecin, 159: 327-332.
10. Niedziółka I., 1995. *Kompleksowa technologia zbioru i suszenia ziarna kukurydzy*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 424: 195-200.
11. Niedziółka I., 1999. *Ocena technologii produkcji ziarna kukurydzy w gospodarstwach rodzinnych*. Rozprawa habilitacyjna AR Lublin.
12. Niemiec A., Romański L., 2001. *Energochłonność gniczenia wybranych odmian pszenicy przy różnym poziomie wilgotności ziarna*. Inżynieria Rolnicza, nr 12: 223-228.
13. Opielak M., Zawiślak K., 1997. *Wpływ wilgotności rozdrabnianego łubinu i wielkości szczeliny roboczej rozdrabniacza żarnowego na stopień rozdrobnienia*. Biuletyn Naukowy Przemysłu Paszowego, nr 2: 5-11.
14. Opielak M., 1995. *Rozdrabnianie materiałów w przemyśle rolno-spożywczym*. Badanie zależności pomiędzy parametrami procesu. Rozprawa habilitacyjna, AR Lublin.
15. Reimers P.E., 1988. *Nasses Getreide nicht mit "Voll-dampf" trocknen*. Top Agrar, nr 6: 68-69.
16. Romański L., 1999. *Badania rozdrabniaczy dwuwalcowych w aspekcie zużycia energii i zawartości frakcji pylistej w śrucie*. Inżynieria Rolnicza, nr 5: 361-365.
17. Romański L., Stopa R., 2002. *Analiza procesu zgniatania pojedynczych nasion bobiku pomiędzy równoległymi płytami*. Problemy Inżynierii Rolniczej, R.10 nr 3: 21-27.
18. Walton L.R., White G.M., Ross I.J., 1988. *A cellular diffusion-based drying model for corn*. Trans. ASAE, Vol.31, nr 1: 279-284.

Kazimierz Zawiślak

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Wydział Inżynierii Produkcji
Katedra Inżynierii i Maszyn Spożywczych
ul. Doświadczalna 44, 20-280 LUBLIN
tel. (081) 461 00 61 w. 295
kazimierz.zawislak@up.lublin.pl