

Ignacy Niedziółka, Mariusz Szymanek
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Akademia Rolnicza w Lublinie

WPLYW OBRÓBKI TERMICZNEJ NA PROCES MECHANICZNEGO ODCINANIA ZIARNA OD KOLB KUKURYDZY CUKROWEJ

Streszczenie

Na energochłonność i jakość procesu odcinania ziarna kukurydzy cukrowej duży wpływ wywierają parametry pracy obcinarki oraz zawartość suchej masy oddzielanego surowca. W związku z tym badano wpływ obróbki termicznej kolb oraz prędkości obrotowej głowicy nożowej obcinarki na pobór mocy i ilość odciętej masy ziarna. Do badań używano kolb kukurydzy cukrowej bez obróbki termicznej oraz poddanych procesom blanszowania i mrożenia. Pomiary prowadzono przy zmiennych prędkościach głowicy od 1600 do 2880 obr/min⁻¹ i stałej prędkości liniowej podajnika kolb – 0,31 m/s⁻¹. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że blanszowanie kolb wpłynęło na zmniejszenie poboru mocy jednostkowej, natomiast ich mrożenie spowodowało wzrost poboru mocy, w stosunku do kolb bez obróbki termicznej. Z kolei na zwiększenie ilości odciętej masy ziarna korzystny wpływ wywierała zarówno obróbka termiczna kolb, jak też wzrost prędkości obrotowej głowicy nożowej obcinarki. Dzięki temu uzyskiwano niższe straty ziarna oraz składników pokarmowych.

Słowa kluczowe: kukurydza cukrowa, kolby, ziarno, obróbka termiczna, proces cięcia ziarna

Wstęp

Mechaniczne odcinanie ziarna od rdzeni kolb kukurydzy cukrowej za pomocą obcinarki powoduje powstawanie stosunkowo dużych strat masowych ziarna. Tylko około 30% masy ziarna stanowi surowiec do dalszej obróbki [Feibert, Shock 1996]. Wpływa na to szereg czynników związanych zarówno z właściwościami fizycznymi materiału biologicznego, jak i elementami roboczymi obcinarki [Niedziółka, Szymanek, Rybczyński 2003].

Okres największej przydatności ziarna kukurydzy na cele przetwórcze przypada na czas dojrzałości późno-mlecznej [Warzecha 2005]. Niedojrzałe ziarno, o półpłynnej konsystencji miąższu stanowi problem mechanicznego odcinania, zwłaszcza

Ignacy Niedziółka, Mariusz Szymanek

gdy proces ten przebiega zbyt płytko [Dougherty 1976]. Poprzez obróbkę termiczną kolb kukurydzy (blanszowanie, mrożenie) można wpływać na zmianę konsystencji miąższu ziarna i uzyskać poprawę procesu jego odcinania [Drake, Spade, Thompson 1981; Niedziółka, Szymanek 2004].

Celem badań było określenie wpływu obróbki termicznej na energochłonność i jakość procesu mechanicznego odcinania ziarna od rdzeni kolb. Wpływ ten badano na podstawie pomiaru poboru jednostkowej mocy w procesie cięcia oraz ilości masy odciętego ziarna.

Materiał i metody badań

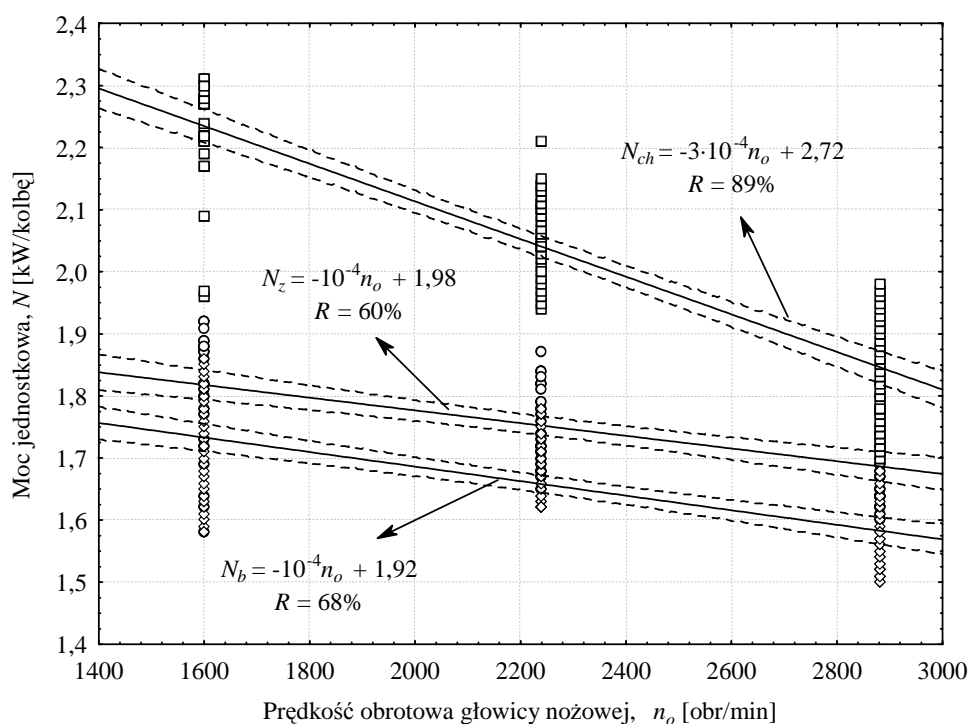
Materiałem badawczym były kolby kukurydzy cukrowej odmiany Challenger. Kolby do badań zrywano ręcznie w stadium dojrzałości późno-mlecznej, o wilgotności względnej ziarna 72-76%, którą określano za pomocą metody suszarkowo-wagowej [PN-ISO 6540 1994]. Ziarna odcinano od kolb poddanych obróbce termicznej tj. blanszowaniu i mrożeniu. Próbę kontrolną stanowiły kolby nie poddane zabiegom termicznym. Blanszowanie kolb przeprowadzano poprzez umieszczenie ich w gorącej wodzie o temperaturze około 90°C w czasie 6 minut. Po tym okresie schładzano je w temperaturze otoczenia, a następnie osuszano. Mrożenie kolb następowało w chłodziarce o temperaturze -1°C przez okres 24 h. Po tym czasie kolby poddawano bezpośredniej obróbce odcinania.

Badania realizowano na stanowisku badawczym w skład, którego wchodziła obci-narka ziarna oraz aparatura sterująco-pomiarowa. W skład jej wchodził przetwor-nik częstotliwości prądu elektrycznego, który pozwalał na zmianę prędkości obro-towej silnika elektrycznego napędzającego głowicę nożową oraz przetwornik mocy czynnej. Poprzez zmianę częstotliwości prądu elektrycznego w zakresie od 50 do 90 Hz, uzyskiwano prędkości obrotowe głowicy nożowej (po uwzględnieniu przełożenia) w zakresie od 1600 do 2880 obr/min⁻¹. Prędkość liniowa podajnika kolb była stała i wynosiła 0,31 m/s⁻¹.

Masę odciętego ziarna określano z różnicy masy kolby przed i po procesie cięcia na wadze laboratoryjnej z dokładnością do ±0,1 g. Pomiary prowadzono na próbie liczącej po 15 kolb dla każdej z trzech przyjętych prędkości obrotowych głowicy nożowej i badanego materiału roślinnego. Uzyskane wyniki badań opracowano za pomocą programu Statistica i Microsoft Excel. Analizę statystyczną przeprowadzono na podstawie metod regresji liniowej, jednoczynnikowej analizy wariancji i testów wielokrotnych porównań metodą Tukey'a dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$.

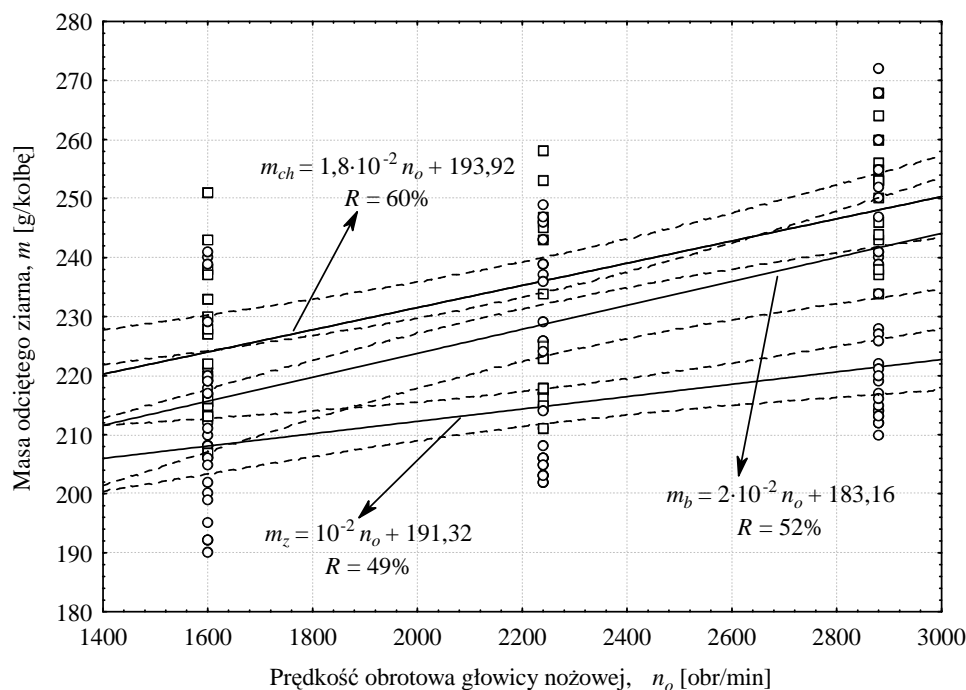
Wyniki badań i ich analiza

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono przebieg zależności mocy jednostkowej i odciętej masy ziarna od prędkości obrotowej głowicy nożowej za pomocą prostych regresji. Zmiana prędkości obrotowej głowicy nożowej w badanym zakresie powodowała istotny statystycznie spadek poboru mocy jednostkowej o około 8% dla kolb bez obróbki termicznej, o 18% dla kolb mrożonych i o 9% dla kolb blanszowanych (tab. 1).



Rys. 1. Przebieg poboru mocy w zależności od prędkości głowicy nożowej dla kolb bez obróbki termicznej (N_z), mrożonych (N_{ch}) i blanszowanych (N_b)

Fig. 1. The course of power consumption course in relation to the cutter head speed for the cobs without heat treatment (N_z), frozen (N_{ch}) and blanched (N_b)



Rys. 2. Zależność ilości odciętej masy ziarna od prędkości głowicy nożowej dla kolb bez obróbki termicznej (m_z), mrożonych (m_{ch}) i blanszowanych (m_b)
 Fig. 2. Dependence of the amount of the cut-off grain on cutter head speed for the cobs without heat treatment (m_z), frozen (m_{ch}) and blanched (m_b)

Tabela 1. Analiza wariancji dla poboru mocy jednostkowej
 Table 1. Variance analysis for unit power consumption

| Zmienna | SS Efekt | df Efekt | MS Efekt | SS Błąd | df Błąd | MS Błąd | F | Poziom p |
|----------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|--------|-------------|
| N_z | 0,25 | 2 | 0,12 | 0,45 | 87 | 0,0052 | 24,39 | 0,0000 |
| N_{ch} | 2,27 | 2 | 1,13 | 0,54 | 87 | 0,0063 | 179,77 | 0,0000 |
| N_b | 0,36 | 2 | 0,18 | 0,35 | 87 | 0,0040 | 45,00 | 0,0000 |

W stosunku do poboru mocy jednostkowej przy odcinaniu ziarna od kolb bez obróbki termicznej (N_z) dla prędkości $n_o = 1600$ obr/min, pobór mocy był wyższy o 22% dla kolb mrożonych (N_{ch}) oraz niższy o 5% dla kolb blanszowanych (N_b).

Natomiast dla prędkości głowicy $n_o = 2880$ obr/min pobór mocy był wyższy o 9% dla kolb mrożonych (N_{ch}) i niższy o 7% dla kolb blanszowanych (N_b), w stosunku do poboru mocy dla kolb zwykłych (N_z). Test Tukey'a wykazał, że poza nielicznymi przypadkami, średnie wartości poboru mocy N_z , N_{ch} i N_b były istotne statystycznie (tab. 2).

Tabela 2. Porównanie średnich wartości poboru mocy metodą Tukey'a
Table 2. Comparison of average values of power consumption in the Tukey's method

| Poziom n_o | N_z | N_{ch} | N_b |
|--------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| 1600 | 1,82 ^{a1} | 2,22 ^{a2} | 1,72 ^{a347} |
| 2240 | 1,75 ^{b4} | 2,01 ^{b5} | 1,68 ^{ba6} |
| 2880 | 1,68 ^{c7} | 1,83 ^{c81} | 1,57 ^{c9} |
| NIR | ≥ 0,04 | | |

^{abc...} nieistotne w obrębie odmian

^{123...} nieistotne między odmianami

Różnica między poborem mocy N_z a N_{ch} i N_b spowodowana była zwiększonymi oporami cięcia, wynikającymi ze wzrostu twardości ziarna, w następstwie jego zamrożenia oraz sprężystości ziarna w przypadku jego zblanszowania.

Z kolei masa odciętego ziarna zwiększała się ze wzrostem prędkości obrotowej głowicy nożowej obcinarki. Dla kolb bez obróbki termicznej (m_z) wzrosła o około 6%, natomiast dla kolb mrożonych (m_{ch}) o 11% i dla kolb blanszowanych (m_b) o 12% (rys. 2).

W przypadku prędkości głowicy 1600 obr/min uzyskano wzrost masy odciętego ziarna o 8% dla kolb mrożonych i o 3% dla kolb blanszowanych, w porównaniu z kolbami bez obróbki termicznej. Natomiast dla prędkości głowicy 2880 obr/min nastąpił wzrost masy odciętego ziarna odpowiednio o 13% dla kolb mrożonych i o 7% dla kolb blanszowanych.

Analiza wariancji wykazała istotność różnic dla odcinanej masy ziarna kukurydzy (tab. 3). Również na podstawie testu Tukey'a można stwierdzić, że średnie wartości m_z , m_{ch} i m_b są statystycznie istotne jedynie w przypadku najwyższej prędkości obrotowej głowicy nożowej (tab. 4).

Tabela 3. Analiza wariancji dla masy odciętego ziarna kukurydzy

Table 3. Variance analysis for the mass of the cut-off maize grain

| Zmienne | SS Efekt | df Efekt | MS Efekt | SS Błąd | df Błąd | MS Błąd | F | Poziom p |
|----------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------|-------------|
| m_z | 21742,41 | 8 | 2717,8 | 25029,3 | 126 | 198,6 | 13,6 | 0,0000 |
| m_{ch} | 3027,04 | 2 | 1513,5 | 9151,9 | 43 | 212,8 | 7,1 | 0,0021 |
| m_b | 5672,89 | 2 | 2836,4 | 12649,9 | 40 | 316,2 | 8,9 | 0,0006 |

Tabela 4. Porównanie średnich wartości masy odciętego ziarna metodą Tukey'a

Table 4. Comparison of average values of the mass of the cut-off maize grain in Tukey's method

| Poziom n_o | m_z | m_{ch} | m_b |
|--------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1600 | 208,9 ^{a1} | 226,2 ^{a2147} | 215,6 ^{a3147} |
| 2240 | 213,2 ^{b4} | 231,7 ^{ba5147} | 228,8 ^{ba6247} |
| 2880 | 222,3 ^{cb7} | 250,3 ^{c81} | 241,6 ^{cb948} |
| NIR | ≥15,8 | | |

^{abc...} nieistotne w obrębie odmian

^{123...} nieistotne między odmianami

Odnotowany wzrost masy odciętego ziarna dla kolb mrożonych (m_{ch}) i blanszowanych (m_b) w stosunku do kolb bez obróbki termicznej (m_z), wynikał ze zmiany konsystencji miąższu ziarna, co skutkowało mniejszymi ubytkami masy w procesie oddziaływania noży na odcinane ziarno. Przeprowadzona analiza regresji wykazała, że współczynniki regresji liniowej, jak i wyrazy wolne dla równań z rysunków 1 i 2 są istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$. Współczynniki korelacji dla zależności poboru mocy od prędkości głowicy kształtowały się w przedziale 60 do 89%, co według Stanisza [Stanisz 1998] świadczy o wysokim i bardzo wysokim skorelowaniu zmiennych. Natomiast dla zależności odciętej masy ziarna od prędkości głowicy nożowej, współczynniki korelacji zawierały się w zakresie 49 do 60%, co wskazuje na przeciętne i wysokie skorelowanie zmiennych.

Wnioski

1. Na podstawie przebiegu prostych regresji dla poboru jednostkowej mocy i ilości odciętej masy ziarna można stwierdzić, że zarówno mrożenie, jak i blanszowanie kolb wpływa istotnie na proces mechanicznego odcinania ziarna kukurydzy cukrowej.

2. W stosunku do odcinania ziarna od kolb kukurydzy bez obróbki termicznej, mrożenie wpłynęło na wzrost poboru mocy jednostkowej o około 30%, natomiast blanszowanie na jego zmniejszenie o około 6%.
3. Uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że mrożenie kolb korzystnie wpłynęło na wzrost ilości odciętej masy ziarna o około 10%, natomiast ich blanszowanie o około 5%.
4. W przypadku zwiększania prędkości obrotowej głowicy nożowej w granicach 1600 do 2880 obr/min uzyskiwano istotny statystycznie spadek poboru mocy jednostkowej od 8 do 18% oraz wzrost ilości odciętej masy ziarna od 6 do 12%.

Bibliografia

Dougherty R.H. 1976. Reduction of liquid waste loads in sweet corn processing by changing sequences of unit operations. *J. Food Sci.*, 41: 343.

Drake S., Spade S., Thompson J. 1981. The influence of blanching and freezing methods on the quality selected vegetables. *J. Food Qual.*, 4, 271-278.

Feibert E., Shock F. 1996. Supersweet corn and sweet corn variety evaluations. Malheur Experiment Station, Oregon State University Ontario, Oregon.

Niedziółka I., Szymanek M., Rybczyński R. 2003. Metodyczne aspekty procesu cięcia ziarna od kolb kukurydzy cukrowej. *Acta Agrophysica*, 83(II), 131-139.

Niedziółka I., Szymanek M. 2004. Wpływ blanszowania na wybrane właściwości mechaniczne ziarna kukurydzy cukrowej. *Acta Agrophysica*, 4(2), 449-457.

PN-ISO 6540. 1994. Kukurydza – Oznaczenie wilgotności rozdrobnionego i całego ziarna.

Stanisz A. 1998. Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. Cz. I.

Warzecha R. 2005. Kukurydza cukrowa. Kukurydza rośliną przyszłości. Poradnik dla producentów. 33-36.

Ignacy Niedziółka, Mariusz Szymanek

IMPACT OF HEAT TREATMENT ON THE PROCESS OF MECHANICAL GRAIN CUTTING OFF SWEET MAIZE COBS

Summary

A great impact on energy consumption and quality of the process of cutting off sweet maize grains have the working parameters of the cutter as well as the content of dry mass of the separated raw material. Therefore the test concerned the impact of heat treatment of the cobs and the rotational speed of the cutter head on power consumption and the amount of grain that was cut off. The cobs used for the test were sweet maize cobs without heat treatment and undergoing the processes of blanching and freezing. The measurements were made with variable head speed from 1600 to 2880 obr/min and constant linear speed of the cob feeder – 0.31 m/s. On the basis of the obtained results it has been established that cob blanching resulted in reduction of unit power consumption, but freezing led to the increase of power consumption, compared to the cobs not treated thermically. At the same time, both the heat treatment of the cobs and the increase of rotational speed of the cutter head had a positive effect on the increase of the amount of the cut-off grain. Owing to this, a reduction of grain and nutrient loss was obtained.

Key words: sweet maize, cobs, grain, heat treatment, grain cutting process