

OCENA PORÓWNAWCZA POZYSKIWANIA ZIARNA KUKURYDZY CUKROWEJ NA CELE SPOŻYWCZE METODĄ ODCINANIA I OMŁOTU

Mariusz Szymanek

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Celem pracy było porównanie metody oddzielania ziarna kukurydzy cukrowej metodą odcinania i omłotu na podstawie ilości i jakości pozyskanego surowca. W celu umożliwienia omłotu kolby kukurydzy cukrowej mrożono w strumieniu par ciekłego azotu. Przeprowadzone badania na 12 odmianach kukurydzy wykazały, że metoda omłotu w stosunku do metody odcinania wpływa na zwiekszenie stopnia oddzielenia ziarna o ok. 26% i udziału ziarna dobrego o ok. 12% oraz na zmniejszenie ziarna gorszej jakości o ok. 40%.

Słowa kluczowe: kukurydza cukrowa, odcinanie, mrożenie, omłot, jakość

Wprowadzenie

Kukurydza cukrowa w odróżnieniu od kukurydzy pastewnej charakteryzuje się wyższą zawartością cukrów oraz niższą zawartością skrobi w okresie dojrzałości mlecznej [Tracy 2001; Waligóra 2001]. Różnica ta powoduje, że znajduje ona szerokie wykorzystanie w bezpośredniej konsumpcji oraz przemyśle przetwórczym [Warzecha i Nosecka 2007]. Na świecie w ciągu ostatnich 30 lat nastąpił znaczący wzrost konsumpcji i powierzchni upraw kukurydzy cukrowej przeznaczanej na cele konsumpcyjne [Öktem i in. 2004]. W Polsce kukurydzę cukrową uprawia się na powierzchni 5-6 tys. ha, głównie na potrzeby przemysłu przetwórczego (ziarno konserwowe w puszkach, mrożone kolby) [Warzecha i Nosecka 2007]. Pozyskiwanie ziarna kukurydzy cukrowej na cele przetwórcze odbywa się przy pomocy specjalnych urządzeń, które odcinają ziarno od rdzeni kolb [Kunjara i Ikeda 1995]. Przeprowadzone badania własne [Szymanek 2008] oraz badania innych autorów [Robertson i in. 1980; Brecht 1998] wykazały, że oddzielania ziarna metodą odcinania powoduje powstawanie względnie dużych strat ilościowych i jakościowych ziarna. W następstwie dalszych zabiegów (płukanie, blanszowanie) dochodzi do dalszych ubytków surowca [Robertson i in. 1980]. Straty te są zależne m.in. od takich czynników jak: właściwości biometryczne i fizyczne kolb [Feibert i in. 1997], parametry eksploatacyjno-konstrukcyjne zespołów roboczych obcinarek [Szymanek i in. 2005] oraz warunków odcinania [Trongpanich i in. 2002; Niedziółka i Szymanek 2005].

Przeprowadzone badania wstępne wykazały, że poprzez zastosowanie metody omłotu kolb kukurydzy cukrowej po uprzednim ich zmrożeniu można znacznie zredukować straty ilościowe i jakościowe ziarna.

Celem pracy było porównanie metody oddzielania ziarna kukurydzy cukrowej metodą odcinania i omłotu na podstawie ilości i jakości pozyskanego surowca.

Materiał i metody

Materiał badawczy stanowiły kolby kukurydzy cukrowej 12 odmian: Navaho, Boston, Spirit, Candle, Bonus, Golda, Challenger, Comanche, Jubilee, Shaker, Chimer i Sheba. Badania realizowano w latach 2006-2008. Odmiany kukurydzy cukrowej od Navaho do Golda badano w roku 2006, od Bonus do Challenger w roku 2007 i od Comanche do Sheba w roku 2008.

Oddzielanie ziarna od rdzeni kolb kukurydzy cukrowej poprzedzono określeniem charakterystyki badanego materiału. Obejmowała ona określenie masy kolb, max. średnicy i długości kolby, liczbę rzędów ziaren, liczbę ziaren w rzędzie, długość ziarna oraz wilgotność względną ziarna. Masę kolb oraz ziarna wyznaczano za pomocą wagi laboratoryjnej Waga RadWag WPT 3/6 z dokładnością 0,1 g. Z kolei wymiary linowe przy pomocy suwmiarki i przymiaru liniowego z dokładnością do 1 mm.

Powyższe pomiary przeprowadzono na losowo wybranej próbie liczącej 60 kolb dla każdej odmiany. Kolby do badań pochodziły ze zbioru ręcznego z plantacji doświadczalnych zlokalizowanych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

Odcinanie ziarna od rdzeni kolb

Odcinanie ziarna od rdzeni kolb przeprowadzono przy użyciu obcinarki przemysłowej SC-120 firmy FMC FoodTech przy prędkości kątovej głowicy nożowej $268,1 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ i prędkości liniowej podajnika kolb $0,31 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zasadę działania oraz parametry konstrukcyjno-eksploatacyjne zamieszczono w pracy Szymanka i in. [2005].

Omłot kolb kukurydzy cukrowej

Kolby kukurydzy cukrowej przed procesem omłotu poddawano zamrażaniu w strumieniu par azotu o temperaturze około minus 120°C przez okres 6 minut. Powyższe warunki mrożenia dobrano na podstawie badań wstępnych. Zapewniały one uzyskanie całkowitego zmrożenia ziarna na kolbie oraz najmniejsze uszkodzenia ziarna w czasie omłotu. Zamrażanie kolb przeprowadzono w naczyniu termosowym do którego doprowadzano ciekły azot z naczynia Dewara firmy Taylor-Wharton model LD 25. Temperaturę wewnątrz pojemnika mierzono przy użyciu termopary firmy TES model 1306 K/J.

W przeprowadzonym eksperymencie specjalnie pominięto zabieg blanszowania, który zwykle poprzedza zamrażanie produktów rolniczych, gdyż jak podaje Pijanowski i in. [2004], z zabiegu tego można zrezygnować, gdy przy zamrażaniu i przechowywaniu stosuje się tylko bardzo niskie temperatury.

Omłot kolb kukurydzy przeprowadzono przy użyciu młocarni laboratoryjnej dla następujących parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych: średnica bębna młócającego – 380 mm, długość bębna młócającego – 420 mm, liczba cepów – 6 szt., kąt opasania klepiska – 108° , prędkość kątovej bębna młócającego – $57,6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$, szczelina wlotowa – 34 mm, szczelina wylotowa – 18 mm, przepustowość około $2 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

Ilość oddzielonego ziarna określano na podstawie stopnia odcięcia lub wydzielenia ziarna z kolb metoda omlotu, a jakość poprzez określenie składu frakcyjnego i udziału ziarna gorszej jakości.

Stopień odcięcia i wydzielenia ziarna

Stopień odcięcia i wydzielenia ziarna z kolb (S_o) określano według formuły:

$$S_o = 1 - \frac{m_r}{m_k} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

gdzie:

- m_r – masa kolby po oddzieleniu ziarna [g],
- m_k – masa kolby przed oddzieleniem ziarna [g].

Pomiary przeprowadzono na próbie liczącej 30 kolb w 3 powtórzeniach dla każdej odmiany.

Skład frakcyjny ziarna

Do określenia składu frakcyjnego ziaren kukurydzy cukrowej zastosowano analizę sitową. Analizę sitową przeprowadzono zgodnie z PN-71/C-04501, przy użyciu separatora sitowego Analysette 3 firmy Fritsch.

Analizę sitową przeprowadzono dla zestawu 6 sit o otworach w kształcie kwadratu i rozmiarze w zakresie od 8 do 2 mm. Pomiary przeprowadzono na 300 g próbkach frakcji ziarna w 6 powtórzeniach. Czas odsiewania wynosił 5 min, a amplituda 2 mm. Frakcje ziarna odsiane na sitach o wymiarze oczka powyżej 4 mm klasyfikowano jako dobre, a pozostałe jako odpadowe. Masy odsiewów na poszczególnych sitach (m_i) oraz ich procentowe udziały (x_i) w odniesieniu do masy początkowej (m) określono wg wzoru:

$$x_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2)$$

Udział ziarna gorszej jakości

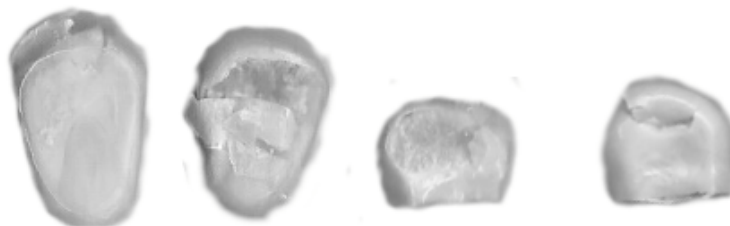
Udział ziarna gorszej jakości (U_z) określano według formuły:

$$U_z = \frac{m_g}{m_d} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

gdzie:

- m_g – masa ziarna gorszej jakości w ziarnie dobrym [g],
- m_d – masa ziarna odciętego lub wymłóconego w ziarnie dobrym [g].

Udział ziarna gorszej jakości określono tylko na podstawie wizualizacji powierzchni ziarna dobrego kukurydzy cukrowej. Ziarno odcięte lub wymłócone, którego okrywa owocowo-nasienna (perycarp), wykazywała mechaniczne uszkodzenia, była poprzecinana lub porozrywana, traktowano jako ziarno gorszej jakości (rys. 1).



Rys. 1. Widok ziaren gorszej jakości
Fig. 1. View of lower quality grains

Udział takiego ziarna określono na 500 g próbkach, pobranych losowo z masy oddzielonego dobrego ziarna, w 3 powtórzeniach.

Ocenę uzyskanych wyników badań przeprowadzono w oparciu o metodę analizy wariancji. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic między obiektami na podstawie testu istotności F , przeprowadzono wnioskowanie ilościowe na podstawie przedziałów ufności Tukey'a dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Dokładność poszczególnych wyników pomiarów określano podając dodatkowo wartość odchylenia standardowego dla średniej arytmetycznej.

Analizę błędów pomiarowych przeprowadzono w oparciu o wyznaczenie błędu prawdopodobnego r z formuły [Pabis 1994]:

$$r = 0,6745 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2}{n-1}} \quad (4)$$

gdzie:

- x_i – wartość pomiarowa,
- x_m – średnia arytmetyczna pomiarów,
- n – liczba pomiarów.

W przypadku, gdy błąd pomiarowy przekraczał pięciokrotną wartość błędu prawdopodobnego:

$$r > 4,9r \quad (5)$$

to pomiar odrzucano.

Analiza i dyskusja wyników

W tabeli 1 zamieszczono wyniki pomiarów właściwości biometrycznych i fizycznych kolb kukurydzy cukrowej.

Tabela 1. Właściwości biometryczne i fizyczne kolb kukurydzy cukrowej
Table 1. Biometric and physical properties of sugar corn cobs

Odmiana	Masa kolby [g]	Długość kolby [cm]	Średnica kolby [mm]	Liczba rzędów ziaren, [szt.]	Liczba ziaren w rzędzie [szt.]	Długość ziarna [mm]	Plon ziarna [%]	Wilgotność ziarna [%]
Navaho	288,8	20,1	46,2	16	26	7,3	72,6	76,5
Boston	327,5	22,1	48,7	14	32	8,1	70,2	76,1
Spirit	342,1	24,3	49,8	16	36	8,7	71,8	74,8
Candle	334,3	23,1	48,1	14	28	8,1	73,4	73,6
Bonus	371,1	24,1	48,2	12	32	8,2	69,8	76,2
Golda	368,6	21,6	46,3	14	31	7,9	68,4	75,6
Challenger	298,3	20,8	47,2	16	28	7,6	67,4	74,5
Comanche	297,3	21,4	49,3	18	29	7,4	70,1	74,2
Jubilee	322,1	26,4	50,1	16	27	7,3	72,3	72,5
Shaker	411,2	29,8	46,6	14	29	8,2	71,3	74,6
Shimer	354,3	31,5	42,5	14	28	7,4	67,7	73,3
Sheba	278,4	20,4	40,3	14	27	7,5	69,1	74,5
Średnia	332,8	23,8	46,9	14,8	29	7,8	70,3	74,6
Odch. Stand.	35,54	4,67	3,06	1,8	3,49	0,65	1,96	1,9
NIR _{$\alpha=0,05$}	25,1	1,23	1,35	1,2	1,3	0,8	1,3	2,4

Źródło: obliczenia własne autora

Odmiany kukurydzy cukrowej wykazywały zmienność w masie kolby od 288,8 g (Navaho) do 411,2 g (Shaker), w długości kolby od 20,1 cm (Navaho) do 31,5 cm (Shimer), w maksymalnej średnicy kolby od 46,2 mm (Navaho) do 50,1 mm (Jubilee), w liczbie rzędów ziarna od 12 szt. (Bonus) do 18 szt. (Comanche), w liczbie ziaren w rzędzie od 26 szt. (Navaho) do 36 szt. (Spirit), w długości ziarna od 7,3 mm (Navaho) do 8,7 mm (Spirit) i w wilgotności ziarna od 72,5% (Challenger) do 76,2% (Sheba).

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji oraz testu Tukey'a można stwierdzić, że metoda omłotu w stosunku do metody odcinania ziarna jest bardziej korzystna od strony ilości i jakości pozyskiwanego surowca. W tabeli 2 zestawiono wyniki badań ilościowych i jakościowych kolb kukurydzy cukrowej.

Średnie wartości stopnia oddzielenia ziarna metodą cięcia zawierały się w przedziale od 42,2 % dla odmiany Jubilee do 51,8% dla odmiany Navaho, a dla metody omłotu od 58,8% (Navaho) do 68,3% (Spirit). Odmiana Navaho i Sheba nie wykazywała istotnego zróżnicowania pomiędzy metodami oddzielania.

Udział ziarna dobrego zawierał się w przedziale od 71,6% (Challenger) do 98,7% (Bonus) dla metody odcinania oraz od 88,78% (Challenger) do 96,7% (Seba) dla metody omłotu. Dla odmiany Bonus i Navaho nie stwierdzono istotnego zróżnicowania pomiędzy metodami oddzielania ziarna.

Tabela 2. Wyniki pomiarów stopnia oddzielenia ziarna, udziału ziarna dobrego i ziarna gorszej jakości
 Table 2. Measurement results for grain separation degree, and fine grain and lower quality grain portion

Odmiana	Stopień oddzielenia ziarna, %		Udział ziarna dobrego, %		Udział ziarna gorszej jakości, %	
	Metoda oddzielania ziarna					
	Cięcie	Omlot	Cięcie	Omlot	Cięcie	Omlot
Navaho	51,8	58,8	88,2	94,5	5,2	3,2
Boston	50,3	65,6	80,5	96,4	6,3	3,9
Spirit	48,5	68,3	79,6	89,6	5,3	4,7
Candle	44,6	63,6	82,6	91,5	7,2	4,6
Bonus	51,6	67,6	89,7	92,3	7,3	3,4
Golda	48,7	63,7	88,9	94,6	8,4	2,9
Challenger	47,4	65,6	71,6	88,7	6,9	3,7
Comanche	46,4	62,4	76,4	96,3	7,4	4,4
Jubilee	42,2	66,7	88,6	89,1	5,9	6,4
Shaker	47,8	63,6	83,4	90,5	8,2	2,8
Shimer	42,8	59,9	81,6	98,4	8,1	3,7
Sheba	46,6	60,5	84,2	96,7	6,4	5,9
Odch. Stand.	4,2	4,1	5,5	3,4	1,1	1,1
Średnia	47,4	63,9	82,9	93,2	6,9	4,1
NIR _{α=0,05} ¹⁾	2,8	2,4	2,9	3,1	1,6	1,4
NIR _{α=0,05} ²⁾	13,8		4,7		2,1	

¹⁾ między kolumnami ²⁾ między wierszami

Źródło: obliczenia własne autora

Z kolei udział ziarna gorszej jakości zawierał się w przedziale od 5,2% (Jubilee) do 8,4% (Golda) dla metody odcinania oraz od 2,8% (Shaker) do 6,4% (Navaho) dla metody omlotu. Odmiana Spirit, Navaho i Sheba nie wykazywała istotnego zróżnicowania pomiędzy metodami oddzielania.

Przeprowadzone badania przez Feibert'a i in. [1996, 1997] wykazały, że odmiana kukurydzy wpływa istotnie na ilość odciętej masy. Badając 19 odmian kukurydzy w przedziale wilgotności ziarna od 70,1 do 80,5%, masy kolb od 244,9 do 2358,3 g, długości kolb do 20,06 do 23,4 cm i maksymalnej średnicy kolb od 4,57 do 5,58 cm uzyskali oni stopień odciętej masy ziarna w przedziale od 53 do 69%.

Z tabeli 1 wynika, że średnie wartości stopnia odcięcia ziarna są najbardziej skorelowane z wilgotnością ziarna. Większym wartościom stopnia odcięcia ziarna odpowiada niższa wilgotność ziarna. Tendencje tę potwierdzają badania Michalsky'ego [1986] oraz Feiberta i in. [1996, 1997].

Wnioski

1. Przeprowadzone badania wykazały, że odmiana oraz rodzaj zastosowanej metody oddzielania ziarna od rdzeni kolb wpływa istotnie statystycznie na ilość i jakość pozyskiwanego ziarna.
2. Pozyskiwane ziarna metodą omłotu, w stosunku do metody odcinania, powodowało wzrost stopnia oddzielenia ziarna o ok. 26% i udziału ziarna dobrego o ok. 12% oraz spadek ziarna gorszej jakości o ok. 40%.
3. Zaobserwowano wyższe wartości stopnia odcięcia ziarna od rdzeni kolb dla odmian o niższej wilgotności ziarna.

Bibliografia

- Brecht J. K.** 1998. Fresh cut sweet corn kernels. *Citrus and Vegetable Magazine*. Volume 63, Issue 7. pp. 36-37.
- Feibert E., Shock C., Willison G., Saunders M.** 1996. Supersweet corn and sweet corn variety evaluations [online]. [dostęp 10.10.2008]. Dostępny w Internecie <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/1997/varieties.com.html>
- Feibert E., Shock C., Willison G., Saunders M.** 1997. Evaluations of supersweet corn and sweet corn varieties [online]. [dostęp 10.10.2008]. Dostępny w Internecie <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/1997/varieties.com.html>
- Kunjara B., Ikeda Y.** 1995. Development of an automatic baby corn separating system for canned baby corn production. ASAE Publication. Vol. 1, pp. 160-167.
- Öktem A., Öktem A. G., Coşkun Y.** 2004. Determination of Sowing Dates of Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata* Sturt.) under Şanhurfa Conditions. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry*. Volume 28. pp. 83-91.
- Michalsky F.** 1986. Zuckermäis – ein Gemüse mit Zukunft? *Mais*. Z. 2, s. 40-43.
- Niedziółka I., Szymanek M.** 2005. Wpływ warunków oddzielania ziarna kukurydzy cukrowej na parametry pracy obcinarki i jakość surowca, *Acta Agrophysica*. Volume 6. Issue 3. pp. 743-751.
- Pabis S.** 1994. Rachunek błędów w badaniach procesu suszenia. Cz. I. Wybrane zagadnienia rachunku błędów. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Nr. 415. s. 23-33.
- Pijanowski E., Dłużewski M., Dłużewska A., Jarczyk A.** 2004. Ogólna technologia żywności. WNT, ISBN: 83-204-2889-0.
- PN-71/C-04501. Analiza sitowa - Wytoczne wykonywania.
- Robertson G. H., Guadagni D. G., Lazar M. E.** 1980. Flavor and texture of preserved intact sweet corn: Comparison with cut sweet corn and storage tests. *Journal of Food Science*. Volume 45. pp. 221-223.
- Szymanek M.** 2008. Evaluation of quantitative and qualitative losses of the cutting process for sweet corn kernels. *Applied Engineering in Agriculture*. Volume 24. Issue 5. pp. 559-563.
- Szymanek M., Dobrzański B. jr., Niedziółka I., Rybczyński R.** 2005. Sweet Corn – Harvest and technology, physical properties and quality. Wyd. Naukowe FRNA, Lublin, 2005. ISBN 83-89969-05-X.
- Tracy W. F.** 2001. Sweet corn. In: A.R. Hallauer (ed.). *Specialty corns*. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, Fla. pp. 155-197.
- Trongpanich K., Stonsoavapak S., Hengsawadi D., Lowitooon N. A.** 2002. Comparative Study on Pretreatment Processes of Canned Whole Kernel Sweet Corn. *Kasetsart Journal (Natural Science)*. Volume 36. pp. 63-68.

- Waligóra H.** 2001. Aktualny stan produkcji i wykorzystania kukurydzy cukrowej w Polsce. Kukurydza. Nr 2. s. 49-50.
- Warzecha R., Nosecka B.** 2007. Kukurydza cukrowa. Poradnik dla producentów. Kukurydza – nowe możliwości. Agro Serwis, wyd. IV, s. 36-37.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF SUGAR CORN GRAIN ACQUISITION FOR FOOD PURPOSES USING CUT OFF AND THRESHING METHODS

Abstract. The purpose of the work was to compare sugar corn grain separation process carried out using the cut off and threshing methods on the basis of obtained material amount and quality. Sugar corn cobs were put to freezing in nitrogen vapour stream in order to allow their threshing. Tests completed for 12 corn varieties proved that compared to cut off method, the threshing method increases grain separation degree by ca. 26% and fine grain portion by ca. 12%, and reduces lower quality grain portion by ca. 40%.

Key words: sugar corn, cutting off, freezing, threshing, quality

Adres do korespondencji:

Mariusz Szymanek; e-mail: Mariusz.szymanek@up.lublin.pl
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul Głęboka 28
20-612 Lublin