

## ASSESSMENT COMPARISON BETWEEN PRODUCTION COST OF SWEET CORN KERNELS BY CUTTING AND THRESHING METHODS

### Summary

*This study presents a comparison between production cost of sweet corn by cutting and threshing methods. Before threshing sweet corn cobs were frozen in vapour of liquid nitrogen. Production cost of sweet corn kernels by cutting method were 73,74 zł·t<sup>-1</sup> and by threshing method 97,77 zł·t<sup>-1</sup> and 95,82 zł·t<sup>-1</sup> respectively for variant of purchase or rent of vessel for liquid nitrogen. The calculations showed that the highest share of production cost in threshing method is cobs freezing. It amounts to the level of about 88%. At the same efficiency and size of annual labor, the cutting method is more profitable. At higher possible to obtaining annual utilization, higher efficiency of process and quality of obtained kernels as well as possibility of gaining kernels after period of labor accumulations, threshing methods can be more profitable then cutting method.*

## OCENA PORÓWNAWCZA KOSZTÓW PONOSZONYCH W PROCESIE POZYSKIWANIA ZIARNA KUKURYDZY CUKROWEJ METODĄ ODCINANIA I OMŁOTU

### Streszczenie

*Przedstawiono porównanie kosztów pozyskiwania ziarna kukurydzy cukrowej metodą odcinania i omłotu. Przed omłotem kolby kukurydzy cukrowej mrożono w oparach azotu. Koszty przy zastosowaniu metody odcinania wyniosły 73,74 zł·t<sup>-1</sup>, a koszty metodą omłotu 93,77 zł·t<sup>-1</sup> i 95,82 zł·t<sup>-1</sup> odpowiednio dla wariantu z zakupem i dzierżawą zbiornika na ciekły azot. Obliczenia wykazały, że największy udział w metodzie omłotu mają koszty mrożenia na poziomie około 88%. Przy tych samych wydajnościach i wielkości pracy rocznej metoda odcinania jest bardziej opłacalna. Przy wyższym możliwym do uzyskania wykorzystaniu rocznym i wyższej sprawności procesu w metodzie omłotu oraz przy uwzględnieniu takich zalet jak: wyższa jakość uzyskanego ziarna, i możliwość jego pozyskiwania poza okresem sezonowych spiętrzeń pracy metoda omłotu może być bardziej opłacalna niż metoda odcinania.*

### 1. Wprowadzenie

Pozyskiwanie ziarna kukurydzy cukrowej na cele spożywcze metodą odcinania jest związane z powstawaniem względnie wysokich strat ilościowych i jakościowych surowca [3, 15, 17]. W następstwie dalszych zabiegów, tj. płukania i blanszowania dochodzi do kolejnych jego ubytków [12]. Straty te można znacznie ograniczyć poprzez zastosowanie metody omłotu kolb, po uprzednim ich zmrożeniu [16]. Oceniając ekonomiczną efektywność dowolnego systemu zamrażania należy uwzględnić jakość uzyskanego produktu oraz koszty poniesione na uzyskanie produktu o określonych parametrach jakościowych [4]. Przewaga korzyści kriogenicznego mrożenia, od strony jakości produktu, nad metodami konwencjonalnymi [13], sprawia, że zastosowanie ciekłego azotu do mrożenia kolb kukurydzy jest szczególnie korzystne od strony wydajności tego zabiegu jak i jakości samego surowca. Zawartość skrobi w ziarnie kukurydzy cukrowej sprawia, że jest ona mało podatna na zmiany zamrażalnicze [10], a przechowywanie ziarna w stanie zamrożonym nie obniża jego właściwości smakowych i technologicznych [1, 11, 18]. W stosunku do klasycznych metod mrożenia, mrożenie kriogeniczne odznacza się niższymi kosztami urządzeń zamrażalniczych i wyższymi kosztami eksploatacyjnymi, ponoszonymi w głównej mierze na zakup ciekłego azotu [6, 14]. Berliński i Bonca [2] podaje, że koszt mrożenia przy użyciu ciekłego azotu jest korzystniejszy dla produktów droższych, gdyż im droższy

produkt tym mniejszą częścią kosztów całkowitych są koszty zakupu czynnika zamrażalniczego. Koszt ten silnie zależy od rodzaju i czasu zamrażanego produktu oraz od rodzaju urządzenia zamrażalniczego [17].

Celem głównym pracy była ocena porównawcza kosztów pozyskiwania ziarna kukurydzy cukrowej metodą odcinania i omłotu.

### 2. Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły kolby kukurydzy cukrowej odmiany Candle, zbierane w stadium dojrzałości mlecznej. W tab. 1 przedstawiono charakterystykę materiału badawczego.

Po odkoszułkowaniu kolby kukurydzy cukrowej poddawano odziarnianiu dwiema metodami. Pierwsza metoda polegała nad odcinaniu ziarna, a druga na omłocie kolb po uprzednim ich zmrożeniu.

Oddzielanie ziarna metodą odcinania przeprowadzono przy użyciu obcinarki przemysłowej SC-120 firmy FMC FoodTech przy prędkości kątowej głowicy nożowej 268,1 rad·s<sup>-1</sup> i prędkości liniowej podajnika kolb 0,31 m·s<sup>-1</sup> oraz wydajności kolb około 1,1 t·h<sup>-1</sup>. Z kolei oddzielanie ziarna metodą omłotu (łuszczenia) realizowano na urządzeniu „Kruszek” firmy PROMAR przy prędkości obrotowej zespołu roboczego (tarczy) 94,2 rad·s<sup>-1</sup> i wydajności kolb około 2,8 t·h<sup>-1</sup>. Mrożenie kolb przeprowadzono na stanowisku badawczym, w skład którego wchodziła komora zamrażalnicza oraz pojemnik na ciekły azot (naczynie Dewara firmy Taylor-Wharton model LD

25) [16]. Temperatura ziarna przed mrożeniem wynosiła około 20°C, a po mrożeniu (przed omłotem) około -7°C. Pomiary przeprowadzono na próbie liczącej po 100 kolb dla każdej odmiany.

W tab. 2 przedstawiono dane, w oparciu o które przeprowadzono kalkulacje kosztów dla metody odcinania i omłotu.

Kalkulację kosztów metodą omłotu realizowano dla dwóch wariantów. Wariant pierwszy (MII) uwzględniał zakup, a wariant drugi (MIIA) dzierżawę zbiornika na ciekły azot.

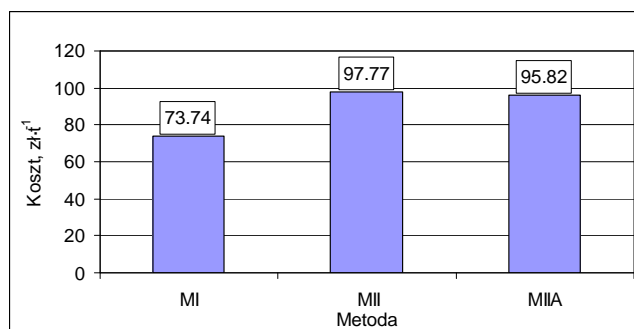
Dobre wskaźniki oparte m.in. na danych niemieckich [8] zostały zmodyfikowane w celu uwzględnienia specyficznych dla danego procesu warunków techniczno-ekonomicznych. Koszty oprocentowania nie zostały uwzględnione.

### 3. Wyniki badań i ich analiza

Jak wynika z przeprowadzonej kalkulacji kosztów (tab. 3) występuje zróżnicowanie w zależności od technologii oddzielania ziarna od kolb.

W przypadku odcinania koszty całkowite – przy wykorzystaniu rocznym 320 godzin wynoszą około 10 tys. zł. W metodzie zamrażania koszty te wynoszą około 38 tys. zł. Jednak

przeliczenie kosztów na jednostkę pracy – tonę – ze względu na większą wydajność daje rezultat około 98 zł·t<sup>-1</sup> dla MII i około 96 zł·t<sup>-1</sup> dla MIIA. Technologia omłotu wykorzystująca dzierżawiony zbiornik ciekłego azotu (MIIA) jest jedynie o około 2 zł tańsza na tonie (rys. 1).



Rys. 1. Koszty jednostkowe produkcji ziarna

Fig. 1. Unitary costs of kernels production

Tab. 1. Charakterystyka kolb kukurydzy

Table 1. Characteristics of sweet corn cobs

Wyszczególnienie	Wyniki pomiarów	
	od-do	średnio
Masa kolby bez liści, g	291,2–342,2	318,2
Długość kolby, cm	19,4–22,1	22,4
Max. średnica kolby, mm	46,6–54,7	48,6
Liczba ziaren w rzędzie, szt.	27–34	28
Liczba rzędów ziarna, szt.	12–16	14
Wilgotność ziarna, %	76,2–77,6	76,7
Plon kolb, t·ha <sup>-1</sup>	15,8–16,9	16,2

Tab. 2. Dane wyjściowe do kalkulacji kosztów analizowanych procesów

Tab. 2. Initial data to calculate the cost of analyzed process

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Metoda	
			Odcinanie	Omłot
			Wartość	
1.	Cena młocarni brutto	zł	60 000,00	14 000,00
2.	Cena zbiornika azotu brutto	zł	-	9 000,00
3.	Cena dzierżawy zbiornika brutto	zł/miesiąc	-	40,00
4.	Cena maszyn i urządzeń razem	zł	60 000,00	23 000,00
5.	Cena wody technologicznej brutto	zł·m <sup>-3</sup>	4,00	4,00
6.	Cena ciekłego azotu brutto	zł·t <sup>-1</sup>	0,00	400,00
7.	Cena energii elektrycznej brutto	zł·kWh <sup>-1</sup>	0,29	0,29
8.	Cena robocizny brutto	zł·h <sup>-1</sup>	15,00	15,00
9.	Cena surowca (kolby)	zł·t <sup>-1</sup>	400,00	400,00
10.	Cena produktu	zł·t <sup>-1</sup>	9 000,00	9 000,00
11.	Zużycie energii elektrycznej	kWh·h <sup>-1</sup>	1,15	1,6
12.	Zużycie wody technologicznej	m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup>	0,40	0,00
13.	Zużycie azotu	t·t <sup>-1</sup>	0,00	0,2
14.	Odzysk (sprawność procesu)	%	0,40	0,68
15.	Wydajność ziarna/procesu	t·h <sup>-1</sup>	0,44	1,22
16.	Wykorzystanie roczne maszyn	h/rok	320	320
17.	Produkcja roczna	t/rok	140,80	391,68
18.	Przewidywany okres użytkowania maszyn	lat	20	20
19.	Stopa amortyzacji	%	5,0%	5,0%
20.	Wskaźnik kosztów ubezpieczenia	%	0,3%	0,3%
21.	Wskaźnik kosztów konserwacji	%	0,5%	0,5%
22.	Wskaźnik kosztów napraw (roczny)	%	3,0%	3,0%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [8, 9]

Tab. 3. Koszty roczne i jednostkowe dla metody odcinania i omłotu  
 Table 3. Annual and unitary cost for cutting and threshing method

Koszty	Jednostka	Metoda		
		Odcinanie MI	Omłot MII	Omłot MIIA
Amortyzacja	zł/rok	3 000,00	1 150,00	700,00
Ubezpieczenie	zł/rok	100,00	57,50	35,00
Konserwacja	zł/rok	200,00	115,00	70,00
Naprawy	zł/rok	1 200,00	690,00	420,00
Energia elektryczna	zł/rok	107,30	149,29	149,29
Materiały pomocnicze – woda i azot	zł/rok	225,28	31334,40	31232,00
Robocizna	zł/rok	4 800,00	4 800,00	4800,00
Razem koszty	zł/rok	10382,58	38296,19	37406,00
Koszty jednostkowe - na godzinę pracy	zł/rok	32,45	119,68	116,89
- na tonę produktu	zł/rok	73,74	97,77	95,82

Trudności w precyzyjnym skalkulowaniu niektórych czynników, sprawiły, że nie zostały one objęte w kalkulacji. Czynniki te mogą znacząco wpływać na wielkość ponoszonych kosztów, a tym samym decydować o opłacalności metody. Czynniki, które należy uwzględnić to: termin zbioru kolb, dobór odmian, wydajność pojedynczych maszyn, plon przetworczy kolb, plon oddzielonego ziarna, rozdrobienie kolb.

Metoda omłotu w stosunku do metody odcinania pozwala na wcześniejszy zbiór kolb (od 2 do 4 dni) przy wyższej wilgotności ziarna (78-80%), a przez to o wyższej jakości surowca (delikatność ziarna, zawartość cukrów). W przypadku metody odcinania, odcinanie ziarna o tak wysokiej wilgotności związane jest z dużymi jego stratami (ubytki półpłynnego miąższu). Dlatego w praktyce przystępuje się do zbioru kolb przy niższej wilgotności ziarna (72-68%).

Obcinarki ziarna są mniej wydajne niż maszyny młójące, a ponadto ich zespoły robocze są bardziej wrażliwe zarówno na odmianę jak i na jakość surowca (kształt kolb). Jak podaje Bhumiratana i inni [5] tylko 70-80% kolb poddawana jest odcinaniu, podczas gdy oddzielaniu metodą omłotu można podać ponad 90% kolb. Wynikający stąd wyższy plon przetworczy surowca (kolb) oraz wyższy stopień odziarnienia kolb metodą omłotu sprawi, że można ogólnie liczyć na większy plon pozyskanego ziarna. Na korzyść metody omłotu przemawia również to, że podczas omłotu ziarna, w odróżnieniu od metody odcinania, dochodzi do znacznego rozdrobnienia rdzeni kolbowych, a tym samym i do redukcji ewentualnych kosztów rozdrabniania.

Uwzględnienie powyższych korzyści może powodować, że w określonych warunkach może wzrastać opłacalność stosowania tej metody w stosunku do technologii metodą odcinania.

#### 4. Wnioski

1. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że dla założonych uwarunkowań technicznych, technologicznych i organizacyjnych, koszt jednostkowy pozyskiwania ziarna metodą omłotu jest wyższy niż metodą odcinania o około 23% w przeliczeniu na 1 tonę produktu i o około 400%, w przeliczeniu na 1 godzinę pracy.
2. O opłacalności metody omłotu decyduje przede wszystkim koszt ciekłego azotu, którego udział wynosi około 88% ogółu kosztów.
3. Poza skwantyfikowanymi czynnikami ekonomicznymi istotne jest też uwzględnienie przy ocenie metody omłotu także czynników trudno mierzalnych takich jak: lepsza jakość

ziarna, rozdrobienie kolb, redukcja sezonowych spiętrzeń pracy, możliwość przechowywania surowca.

#### 5. Literatura

- [1] Alfonso B., Camacho C., Ortiz de Bertorelli L., De Venanzi F.: Super sweet corn hybrids adaptability for industrial processing. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, vol. 52(3), p. 294-300, 2002.
- [2] Berliński Ł. Bonca Z.: Wpływ metody zamrażania produktów żywnościowych na ich cechy jakościowe. *Technika chłodnicza i klimatyzacyjna*, nr 8, str. 9, 2000.
- [3] Brecht J. K.: Fresh cut sweet corn kernels. *Citrus and Vegetable Magazine*, vol. 63 (7), p. 36-37, 1998.
- [4] Briley G. C.: Energy cost comparisons: cryogenics vs. freezing systems. *Ashrae Journal*, December, p. 30-32, 1980.
- [5] Bhumiratana S. Kirratikom S., Pathomyothin N, Ngo-kanjananak K. Lowthong N., Tia S.: Problems and ways of processing for the standard export fruits and vegetables. An article presented in the technical seminar "Ways of investment in the processed fruit and vegetable industries in the North" Chiangmai Aug. 14-15, 1987.
- [6] Chourot J. M., Macchi H., Fournaison L., Guilpart J.: Technical and economical model for the freezing cost comparison of immersion, cryomechanical and air blast freezing processes. *Energy Conversion and Management*, vol. 44 (4), p. 559-571, 2003.
- [7] Khadatkar, R. M., Kumar, S., Pattanayak, S. C.: Cryofreezing and cryofreezer. *Cryogenics*, vol. 44(9), p. 661-678, 2004.
- [8] KTBL – Taschenbuch Landwirtschaft 2002/2003. LTBL Darmstadt 2002.
- [9] Lorencowicz E.: *Poradnik użytkownika techniki rolniczej w tabelach*. Wyd. APRA Bydgoszcz, 2007.
- [10] Postolski J.: *Technologia i technika zamrażania*. Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna, nr 10, 397, 2006.
- [11] Ramírez Mathews A. O., Martínez N. M., de Bertorelli L. O., De Venanzi F.: Adaptability of sweet corn ears to a frozen process. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, vol. 54(4), p. 438-443, 2004.
- [12] Robertson G. H., Guadagni D. G., Lazar M. E.: Flavor and texture of preserved intact sweet corn: Comparison with cut sweet corn and storage tests. *Journal of Food Science*, vol. 45, p. 221-223, 1980.
- [13] Shenoy A. S.: Application of cryogenic freezing in seafood. *Indian Journal of Cryogenics*, vol. 4(3), p.159-60, 1979.
- [14] Smith P. G.: *Introduction to Food Process Engineering*. Kluwer Academic/Plenum Publisher, New York, ISBN 0-306-47397-6, 2003.
- [15] Szymanek M. 2008. Evaluation of quantitative and qualitative losses of the cutting process for sweet corn kernels. *Applied Engineering in Agriculture*, vol. 24(5), p. 559-563, 2008.
- [16] Szymanek M.: *Технология обмола та замороженный початков сахарной кукурузы. Тракторы и сельхозмашины*, 3, p. 9-12, 2009.
- [17] Thiraporn R., Setabandhu E.: The nutritive value of wastes from industrialized sweet corn production. Paper presented at the 2nd conference on sweet corn. *Fac. of Agric, Khon Kaen U.* Januar, p. 26-27, 1994.
- [18] Warzecha R., Nosecka B.: *Kukurydza cukrowa. Poradnik dla producentów. Kukurydza – nowe możliwości*. Agro Serwis, wyd. IV, pp. 36-37, 2007.