

PRÓBA ZASTOSOWANIA REFRAKTOMETRU DO OKREŚLENIA DOJRZAŁOŚCI PRZETWÓRCZEJ ZIARNA KUKURYDZY CUKROWEJ

Mariusz Szymanek

Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego, Akademia Rolnicza w Lublinie

Streszczenie. Określano dojrzałość przetwórczą ziarna kukurydzy cukrowej na podstawie zmian zawartości cukru (sacharozy). Badania prowadzono na trzech odmianach kukurydzy cukrowej (Basin, Powerhouse, Shaker) w okresie od 10 do 30 dnia po pojawieniu się tzw. „nitek” na kolbie. Zawartość sacharozy w ziarnie określano za pomocą refraktometru. Stwierdzono istotną zależność między okresem dojrzewania a zawartością sacharozy w ziarnie. Badania wykazały, że możliwe jest zastosowanie refraktometru do określania dojrzałości ziarna, ale tylko w odniesieniu do konkretnej odmiany.

Słowa kluczowe: kukurydza cukrowa, dojrzałość, ziarno, cukry, °Brix

Wstęp

Kukurydza cukrowa jest rośliną, która ze względu na walory dietetyczne i odżywcze cieszy się w kraju coraz większą popularnością. Dojrzałość konsumpcyjną osiąga, gdy ziarno jest w stadium dojrzałości mleczno-woskowej i zawiera 70-80% wody [Angelus 1982].

W tym okresie charakteryzuje się wysoką zawartością cukrów (6-12%), wśród których formy rozpuszczalne zawarte w bielmie mają główne znaczenie dla jakości świeżej i konserwowej kukurydzy cukrowej. Zawartość cukrów (zwłaszcza sacharozy) w ziarnie jest istotnym czynnikiem wpływającym na jego słodkość [Evensen i in. 1986; Reyes 1982], która jest jednym z kluczowych czynników mających wpływ na jakość surowca. Odmiany o wyższej zawartości cukrów w czasie zbioru mają polepszoną jakość konsumpcyjną.

Przemysł przetwórczy coraz bardziej zainteresowany jest stosowaniem odmian o wysokiej zawartości cukrów, a przez to otrzymywaniem produktu o naturalnej słodkości, bez dodawania do zalewy cukru lub innych substancji słodzących [Stanley 1994].

Czynnikiem bardzo silnie wpływającym na poziom cukrów jest dojrzałość ziarniaków [Waligóra 1992]. Dlatego też określenie właściwego momentu zbioru kukurydzy cukrowej jest szczególnie ważne od strony uzyskania surowca o jak najlepszej jakości konsumpcyjnej. Ziarno zebrane w nie właściwym terminie zbioru będzie miało obniżoną wartość żywieniową, a przede wszystkim będzie charakteryzowało się nieakceptowanymi przez konsumenta właściwościami sensorycznymi [Kuminder 1995].

Liczba dni potrzebna do osiągnięcia dojrzałości zbiorczej kolb kukurydzy ulega znacznym wahaniom w zależności od temperatury, długości dnia, ilości opadów, terminu siewu i żyzności gleby [Kunicki 2003].

Uchwycenie optymalnego terminu zbioru jest utrudnione, ze względu na względnie krótki okres trwania dojrzałości zbiorczej. Dojrzałość ta trwa zwykle 2-3 dni w czasie upałów i 8-10 dni przy niższych temperaturach [Wójcik 2005]. W okresie tym skład chemiczny ziarna nie jest stabilny i bardzo szybko zmienia się w czasie [Zawiertajło 1980]. Spadek zawartości cukrów w ziarnie na rzecz wzrostu skrobi wpływa na spadek jego jakości [Suk 1999].

Spadek jakości ziarna, powodowany aktywnością enzymów, związany jest z utratą smaku i zapachu po zbiorze, co stanowi problem zwłaszcza dla przemysłu przetwórczego [Lee 1981; Valasco i in. 1989; Collins i in. 1996].

Właściwy termin zbioru kolb należy dostosować do możliwości szybkiego zagospodarowania surowca. Jak podaje Wójcik [2005], w ziarnie przechowywanym w kolbach dłużej niż 24 godziny w temperaturze 27°C może dochodzić do 50% strat cukrów oraz dużych ubytków wody.

Dla osoby niedoświadczonej określenie optymalnej dojrzałości ziarna z punktu widzenia jego najlepszej przydatności zbiorczej, technologicznej i konsumpcyjnej jest dość problematyczne. Stosowana powszechnie metoda określania dojrzałości ziarna polegająca na obserwacji jego konsystencji soku wymaga dużego doświadczenia. Względy te powodowały opracowanie odpowiednich metod oraz aparatury do określania dojrzałości, tzw. przetwórczej kukurydzy cukrowej [Jamieson i in. 1998, Kuminder 1995]. Jako wyróżniki optymalnej jakości stosowano pomiar wilgotności, obliczenie sumy efektywnych temperatur dziennych, twardości, nierozpuszczalnych polisacharydów, smaku, ilości ziaren w pełni wykształconych, ekstraktu ogółem i barwy ziarniaków [Nowosiół 2002]. Metody te nie przedstawiają jednak jednoznacznej zależności między stopniem dojrzałości a zawartością określonych związków lub grup związków. Ponadto żadna z prezentowanych metod nie może być zastosowana do bezpośredniego użycia na plantacji, gdyż są skomplikowane i bardzo czasochłonne [Kuminder 1995].

Dla producentów kukurydzy cukrowej tylko metody pozwalające na obiektywne i szybkie testy mają znaczenie.

Liczba dni potrzebna do osiągnięcia dojrzałości zbiorczej kolb kukurydzy ulega znacznym wahaniom w zależności od temperatury, długości dnia, ilości opadów, terminu siewu i żyzności gleby.

Mając powyższe na uwadze, jak i to, że zmiany cukrów (sacharozy) w ziarnie są ściśle skorelowane z jego dojrzałością podjęto próbę zastosowania refraktometru do określania dojrzałości ziarna kukurydzy cukrowej.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły kolby kukurydzy cukrowej odmian bardzo słodkich Basin, Powerhouse i Shaker. Do badań wybierano kolby charakteryzujące się dużymi i cylindrycznymi kształtami oraz wyrównanymi rzędami ziaren. Charakterystykę badanych odmian kukurydzy zamieszczono w tabeli 1.

Masę 1000 ziarn oznaczano zgodnie z normą PN-68/R-74017, natomiast wilgotność ziarna według PN-ISO 6540.

Próba zastosowania refraktometru...

Tabela 1. Charakterystyka kolb kukurydzy cukrowej
Table 1. Characteristic of sweet corn cobs

Wyszczególnienie		Basin	Powerhuse	Shaker
Masa kolby, g	x_{sr}	356,3	314,2	334,5
	s	16,2	15,2	16,2
Długość kolby, cm	x_{sr}	20,1	19,8	20,8
	s	2,3	2,4	3,8
Średnica kolby *, mm	x_{sr}	50,2	45,6	48,2
	s	0,6	0,9	1,1
Długość ziarna, mm	x_{sr}	8,6	7,8	9,4
	s	1,2	0,8	1,4
Liczba ziaren w rzędzie, szt.	x_{sr}	32,4	336,4	28,2
	s	4,8	4,6	4,3
Liczba rzędów ziarna, szt.	x_{sr}	16,2	14,2	15,2
	s	2,8	2,9	2,1
Masa 1000 ziaren, g	x_{sr}	442,5	438,4	468,7
	s	16,2	15,4	13,3
Wilgotność ziarna, %	x_{sr}	77,2	72,4	75,6
	s	2,8	2,4	1,9

Źródło: Obliczenia własne autora

- x_{sr} – średnia arytmetyczna,
s – odchylenie standardowe,
* – mierzona w środkowej części kolby.

Do pomiaru zawartości cukrów (sacharozy) kukurydzy cukrowej wykorzystano ręczny refraktometr z automatyczną kompensacją ATC – 1E, o zakresie pomiarowym: 0,0-32,0° Brix'a i dokładności 0,2% Brix. Oznaczenia wykonywano według Polskiej Normy PN-EN 12143:2000. Wyniki podano w stopniach Brix'a. Kolby do badań pobierano w okresie od 10 do 30 dnia od momentu ukazania się „nitek” na szczytach kolb w odstępach jednodniowych.

Oznaczenia zawartości sacharozy przeprowadzano na podstawie soku wyciśniętego z 15 ziaren odciętych losowo z 3 kolb. Pomiar wykonywano w 6 powtórzeniach.

Zmiany zawartości sacharozy w ziarnie kukurydzy cukrowej prowadzono wraz z równoczesnym pomiarem jego dojrzałości przetwórczej za pomocą metody wizualnej powszechnie stosowanej w praktyce, polegającej na obserwacji konsystencji i soku ziarna.

Jeśli po naciśnięciu ziarna ostrym narzędziem wyciekało „mleczko” to znaczyło, że kukurydza osiągnęła pożądany stopień dojrzałości. Z kolei, jeżeli z ziarna wyciekała woda to świadczyło to, że nie jest ono dostatecznie dojrzałe. Natomiast, jeżeli po naciśnięciu narzędziem nie było wycieku to oznaczało, że ziarno jest przejrzałe i nie nadaje się do konsumpcji.

Uzyskane wyniki badań poddano ocenie statystycznej stosując analizę regresji parabolicznej oraz wariancji jednoczynnikowej na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Dokładność doświadczenia określano podając wartości błędu standardowego i 0,95% przedziały ufności dla średniej arytmetycznej.

Wyniki badań

W celu sprawdzenia istotności zróżnicowania zawartości cukru w poszczególnych okresach dojrzewania ziarna badanych odmian przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji. Analiza wariancji wykazała istotne statystyczne zróżnicowanie dla badanego poziomu istotności dla wszystkich odmian (tab. 2).

Tabela 2. Analiza wariancji wpływu okresu dojrzałości na zawartość sacharozy dla poszczególnych odmian

Table 2. Analysis of variance the influence of ripeness term on contents of saccharose for particular varieties

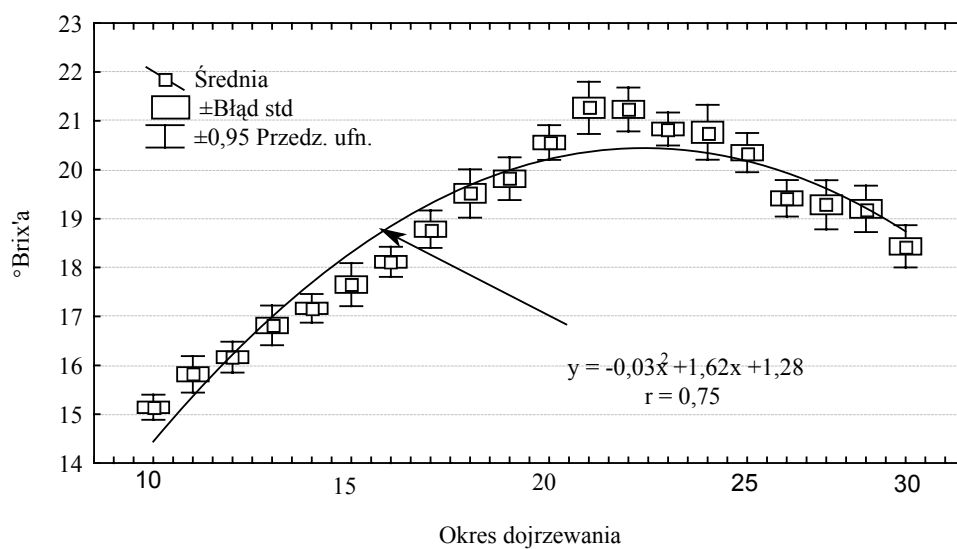
Wyszczególnienie	Suma kwadratów	Liczba stopni swobody	Średni kwadrat odchyień	Test F	Poziom istotności
Basin					
°Brix'a	471,7	20	23,6	150,0	0,0000
Powerhouse					
°Brix'a	408,6	20	20,4	11,7	0,0000
Shaker					
°Brix'a	137,7	20	6,88	257,4	0,0000

Na rysunkach 1, 2 i 3 przedstawiono zależności między zawartością sacharozy a okresem dojrzewania ziarna dla poszczególnych odmian w postaci funkcji kwadratowych. Współczynniki korelacji kształtowały się w przedziale od 0,3 dla odmiany Shaker do 0,75 dla odmiany Basin.

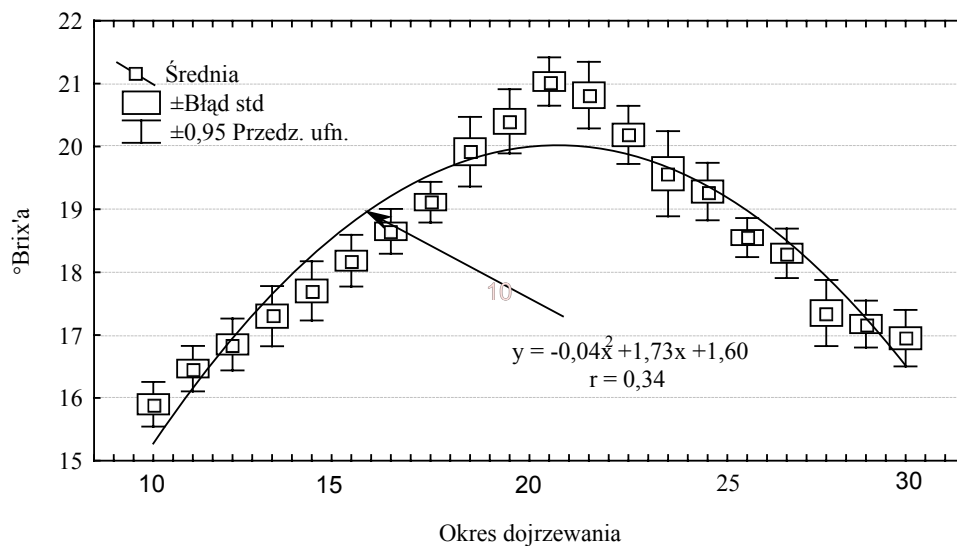
Zawartość sacharozy w ziarnie dla odmiany Basin zwiększała się w okresie od 10 do 22 dnia pomiaru od około 14,8 do 21,3 °Brix'a. Odpowiadało to wzrostowi o około 34%. Po osiągnięciu wartości maksymalnej w 22 dniu, zawartość sacharozy malała. W przedziale od 22 do 30 dnia pomiaru nastąpił spadek od około 21,3 do 18,8 %, co odpowiadało około 17% spadkowi sacharozy. W okresie od 20 do 26 dnia pomiaru ziarna, na podstawie obserwacji konsystencji soku, wykazywały dojrzałość przetwórczą. Zawartość sacharozy w tym okresie zmieniała się w przedziale od 19,9 do 20,2 °Brix'a. (rys. 1).

Odmiana Powerhouse osiągnęła maksymalną zawartość sacharozy (21,7 °Brix'a) w 21 dniu. W okresie od 10 do 21 dnia pomiarowego nastąpił wzrost zawartości sacharozy w przedziale od 15,8 do 21,7 °Brix'a o około 37%. Z kolei od 21 do 30 dnia zawartość sacharozy zmniejszyła się przedziale o 21,7 do 16,8 °Brix'a o około 23%. Dojrzałość przetwórcza ziarna utrzymywała się przez 6 dni od 19 do 25 dnia pomiaru. W okresie tym zaobserwowano zmiany cukru od 19,2 do 19,6 ° Brix'a (rys. 2).

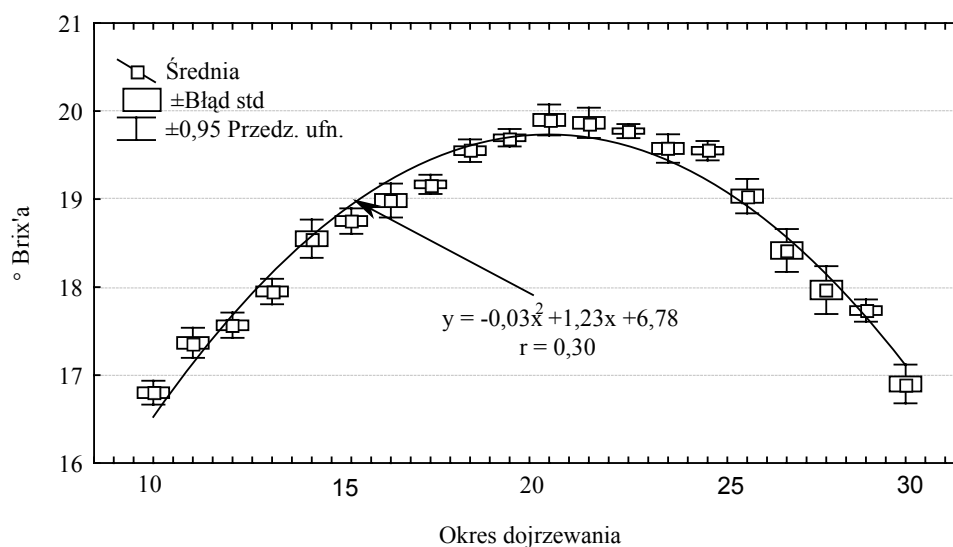
Z kolei odmiana Shaker wykazywała około 21% wzrost w przedziale od 16,9 do 19,8 °Brix'a w okresie od 10 do 23 dnia pomiaru oraz około 20% spadek zawartości cukru w zakresie od 19,8 do 15,9 °Brix'a w terminie od 23 do 30 dnia pomiaru. Maksymalna średnia zawartość cukrów wystąpiła w 23 dniu. Ziarno osiągnęło dojrzałość przetwórczą w 21 dniu pomiaru i utrzymywało ją przez 4 dni. W okresie tym nastąpiła zmiana cukru od około 19,3 do 19,2 ° Brix'a (rys. 3).



Rys. 1. Przebieg zmian zawartości sacharozy dla odmiany Basin
Fig. 1. Change of saccharose content for Basin variety



Rys. 2. Przebieg zmian zawartości sacharozy dla odmiany Powerhouse
Fig. 2. Change of saccharose content for Powerhouse variety



Rys. 3. Przebieg zmian zawartości sacharozy dla odmiany Shaker
 Fig. 3. Change of saccharose content for Shaker variety

Po okresie dojrzałości przetwórczej poszczególne ziarniaki badanych odmian charakteryzowały się zapadniętą powierzchnią okrywową i nie nadawały się do konsumpcji.

Wnioski

1. Stwierdzono dla badanych odmian istotną zależność pomiędzy poszczególnymi okresami dojrzewania ziarna a zawartością w nim sacharozy.
2. Na podstawie przeprowadzonych analiz statystycznych można stwierdzić, że możliwe jest zastosowanie refraktometru do pomiaru dojrzałości ziarna, ale tylko w odniesieniu do konkretnej odmiany.
3. Uzyskane wyniki wykazały, że metoda instrumentalna (refraktometryczna) w stosunku do metody wizualnej (obserwacja konsystencji soku ziarna) może być alternatywna do określania dojrzałości przetwórczej ziarna kukurydzy cukrowej.
4. Ze względu na dynamiczne zmiany fizykochemiczne zachodzące w ziarnie kukurydzy cukrowej w okresie jego dojrzewania niezbędne są dalsze szczegółowe badania w tym zakresie.

Bibliografia

- Evensen K.B., Boyer C.D.** 1986. Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol. 111. s. 734-738.
- Jamieson P.D., Gillespie R.N.** 1998. Predicting sweet corn maturity for factory processing in Canterbury, Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference. Wagga Wagga, New Zealand. s. 437-438.
- Reyes F.G., Varseveld G.W.** 1982. Sugar composition and flavour quality of high sugar (shrunken) and normal sweet corn. *J. Food Sci.* Vol. 47 s. 753-755.
- Waligóra H.** 2002. Kukurydza cukrowa i możliwości jej uprawy w Polsce. *Wieś Jutra.* Nr 6(47). s. 26-28.
- Wójcik K.** 2005. Wygrywa z groszkiem. *Warzywa.* Nr 4. s. 30-32.
- Wong A. D., Juvik J.A., Breeden D. C., Swiader, J. M.** 1994. Shrunken2 sweet corn yield and the chemical components of quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* Vol.119(4). s. 747-755.
- Zawiertajło T.F.** 1980. Selekcja sacharowej kukuruzy na jakość ziarna. Kiszyniów. Wyd. Akademia Nauk Mołdawskiej SRR.
- PN-68/R-74017: 1968. Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne - Oznaczanie masy 1000 ziarn.
- PN-ISO6540: 1994. Kukurydza - Oznaczanie wilgotności (rozdrobnionego i całego ziarna).
- PN-EN 12143: 2000. Soki owocowe i warzywne - Oznaczanie zawartości substancji rozpuszczalnych metodą refraktometryczną.

USABILITY TEST OF REFRACTOMETER TO DETERMINE THE RIPENESS DEGREE OF SWEET CORN

Summary. Ripeness degree of sweet corn was determined by grain sugar (sucrose) content. Three sweet corn cultivars (Basin, Powerhouse, Shaker) were studied in the period of 10 to 30 days after the so-called "threads" appeared on the ears. Sucrose content was determined by a hand refractometer. Significant relationship between the ripening period and grain sucrose content was identified. The tests have proved applicability of refractometer to determine grain ripeness degree, but for particular cultivars only.

Key words: grain sugar, content, corn, sucrose, Brix

Adres do korespondencji:

Mariusz Szymanek; e-mail: mariusz.szymanek@ar.lublin.pl
Katedra Maszynoznawstwa Rolniczego
Akademia Rolnicza w Lublinie
ul. Głęboka 28
20-612 Lublin