

УДК 631.310

## ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЗЕРНОВОЙ ЧАСТИ ПОЧАТКОВ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ НА СТЕПЕНЬ ЕЕ ОТДЕЛЕНИЯ ОТ СТЕРЖНЕЙ ПОЧАТКОВ

**Шиманек М. (Mariusz Szymanek)**, канд.с.-г. наук  
Аграрный университет в Люблине (Польша)  
факультет «Инженерия производства»  
кафедра «Сельскохозяйственное машиностроение»

*Приведены методика и результаты экспериментальных исследований прочностных свойств початков сахарной кукурузы с целью механизации процесса отделения початков от стержней.*

**Ключевые слова:** початок, упруго-вязко-пластичный материал, прочностные свойства.

**Постановка проблемы.** Процесс механического отделения зёрен кукурузы от стержней початков для последующей переработки (консервирование, замораживание) выполняется с помощью классических отделяющих устройств – обрезчик зерновой части початков.

Механическое воздействие режущих элементов на упруго-вязко-пластичный материал початков приводит к значительным потерям и повреждению его зерновой части. Так, переработка 1 кг початков дает от 0,32 до 0,40 кг зёрен [1], при этом, в среднем, количество зёрен, отделенных от стержней початков, не превышает 35-55 % [2].

Причина этого заключается, в равной степени, как в особенностях биологического строения материала (неравномерность формы и размеров початков, плотность расположения зерен на початке, их крепление к относительно «мягким» стержням початков, влажность и неоднородность созревания зёрен) и его физико-механических свойствах, так и в особенностях конструктивно-технологических параметров срезающего устройства.

Показатели прочности, характеризующие поведение биологических материалов под воздействием деформатора, в основном, зависят от размеров и формы зёрен, их внутренней структуры и влияния внешних факторов, таких, как влажность и температура [3].

Для оптимизации технологических процессов сбора и срезания зёрен с початков с целью снижения потерь зерновой части урожая прежде всего необходима информация о физико-механических свойствах зерно-стержневой

части початков кукурузи [4]. Крім того, механічне вплив на технологічний матеріал робочих органів в процесі переробки сировини визначає роботу багатьох машин і механізмів і таким чином властивості матеріалу (сировини) визначають характер і інтенсивність цього впливу [5]. Фізико-механічні властивості впливають значуще на процеси різання матеріалів, а також визначають енергозатрати даних технологічних процесів [6].

Виходячи з вищевикладеного, метою досліджень була спроба встановити залежності і ступінь кореляції між фізико-механічними властивостями зерен цукрової кукурузи і ступенем відділення (срезання) зернової частини від стержневих початків.

#### Методика проведення експериментальних досліджень.

Дослідження по пробиванню фруктовано-зернової шкірки (перикарпії) зерен кукурузи проводились на початках цукрової кукурузи сортів «Candle», «Shaker», «Powerhouse». Для досліджень вибирались початки з найбільшою масою зерна, прямолинійною правильною циліндричною формою і рівними рядами зерен. Було вироблено три виборки початків вручну з інтервалом в три дні (I, II, III) в стадії молочної спелості. Вихідні дані для досліджень представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика початків цукрової кукурузи

Параметри		«Candle»	«Shaker»	«Powerhouse»
1	2	3	4	5
Маса початка, г	$x_{\text{sr}}$	321,4	361,2	313,8
	s	17,2	15,4	18,3
Довжина початка, мм	$x_{\text{sr}}$	19,7	18,2	19,4
	s	3,9	4,1	3,7
Діаметр початка*, мм	$x_{\text{sr}}$	49,2	47,4	51,1
	s	0,9	1,2	1,1
Довжина зерна, мм	$x_{\text{sr}}$	8,7	7,8	9,1
	s	1,4	1,2	1,3
Кількість зерен в ряду, шт.	$x_{\text{sr}}$	36,4	40,8	40,1
	s	5,2	4,1	5,3
Кількість рядів зерен, шт.	$x_{\text{sr}}$	14,2	15,7	17,1
	s	2,2	3,3	3,2
Вага 1000 зерен, г	$x_{\text{sr}}$	301,1	285,5	240,6
	s	17,4	14,1	12,4
Влажність зерна, %	$x_{\text{sr}}$	77,8	75,2	76,4
	s	2,9	2,7	2,6
Біопотенціал зерна, %	$x_{\text{sr}}$	72,6	70,3	69,8
	s	1,8	2,1	1,2

Примічання:  $x_{\text{sr}}$  – середня арифметична, s – стандартне відхилення, \* – вимірювання в середній частині початка

Вес 1000 зёрен определялся согласно требованиям PN-68/R-74017, а влажность зерна согласно стандарту PN-ISO 6540.

Исследования прочностных свойств зёрен определялось при помощи тестов «пенетрации». Тесты эти были проведены на универсальной машине выносливости «Instron 6022». В исследованиях применялся стальной пенетрометр с вальцовым наконечником диаметром 2 мм. Скорость передвижения пенетрометра составляла 50 мм/мин, усилие - 100 Н. Из зависимости «усилие-деформация» определялось среднее значение силы -  $F$ , необходимое для пробивания фруктово-зерновой кожуры (перикарпия), а также соответствующая ей деформация  $L$ .

Предельное напряжение перикарпия на пробивание определялось как отношение максимальной силы пробивания к площади поперечного сечения пенетрометра

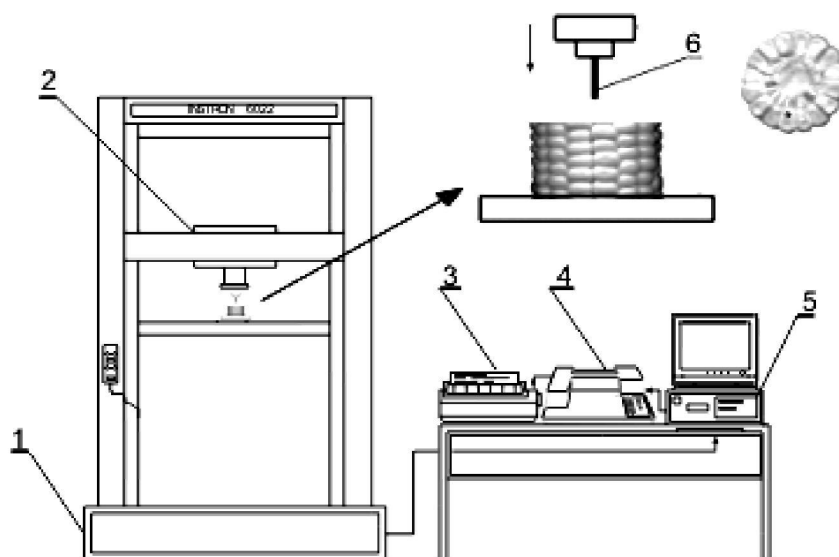
$$R = \frac{F_p}{A_o},$$

где  $R$  - предельное напряжение перикарпия на пробивание, МПа;

$F_p$  - необходимая сила чтобы пробить перикарпий, Н;

$A_o$  - площадь поперечного сечения пенетрометра,  $m^2$ .

Схема рабочей установки для экспериментальных исследований, а также способ реализации измерений представлены на рис. 1.



1 - оборудование для исследований на прочность «Instron 6022», 2 - измерительная головка, 3 - принтер, 4 - графопостроитель, 5 - компьютер, 6 – пенетрометр

Рисунок 1 – Схема исследовательской установки

Учитывая, что зёрна в средней части початка отличаются более выровненной и однородной формой по размерам, они тоже были предметом исследований. Зёрна с крайних частей початка, которые составляют его меньшую часть, не принимали во внимание. Измерения проведено для каждого сорта с 15 початков на выборке, составляющей 60 зёрен.

Отделение (срезание) зёрен от стержней початков проводилось при помощи режущего инструмента «Corn Cutter SC-120» фирмы «FMC FoodTech» с окружной скоростью ножевой головки 1600 об/мин и скоростью подачи ленточного конвейера-питателя для початков 0,31 м/с.

Измерения оборотов вращения ножевой головки проводилось на выборке, насчитывающей 30 початков.

Масса срезанных зёрен определялась поэтапно. На первом - по формуле:

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

где  $m_k$  – масса початка;

$m_r$  – масса стержня початка после отрезания зёрен.

На втором - бралось отношение массы срезанных зерен (1) к биологическому потенциалу зерна (степень срезанной массы зерен –  $S_o$ ):

$$S_o = \frac{M_{od}}{W_b} \cdot 100 [\%], \quad (2)$$

Биологический потенциал определялся по следующему выражению:

$$W_b = \frac{m_k - m_z}{m_k} \cdot 100 [\%], \quad (3)$$

где  $m_z$  – масса зёрен, (г.).

Биологический потенциал зёрен для каждого сорта определялся по 30 початкам каждого сорта. Вручную вылушенные зёрна и стержни взвешивались на лабораторных весах «WPE 2000p» с точностью до 0,1 г.

Такой ход расчёта был принят в связи с трудностью сбора срезанных зёрен, поскольку происходит разрушение части зернового материала на рабочих органах машин, при этом теряется жидкая фракция зёрен, а часть разрушенного зерна может остаться на початке.

Для статистической обработки результатов исследований использовано

однофакторное планирование эксперимента. Достоверность результатов исследований проверялась за критерием Тику во временных рядах с учетом стандартной ошибки  $\alpha = 0,05$ .

**Результаты исследований и их анализ.** Из характеристик исследуемого материала, можно сделать выводы, что изменение сроков уборки с I по III повлияло на рост средней массы 1000 зёрен приблизительно на 19 %, а также привело к снижению средней влажности зерна примерно на 11 %. Отклонения остальных средних значений измеряемых величин не превышали 3 %.

Реализованный однофакторный эксперимент для силы пробивания -  $F$ , предельного напряжения деформации зерен -  $R$ , предельной деформации зерен -  $L$  и степени срезанной массы зёрен -  $So$  также показал существенную статистическую разницу относительно сроков уборки. Графическая интерпретация результатов исследований представлена рис. 2, 3, 4 и 5. За критерием Тику присутствует существенная разница между средними измеряемыми показателями для различных сортов.

Сила пробивания  $F$  фруктово-зерновой кожуры изменялась, в среднем, в интервале от 36 Н (I сбор) до 21 Н (III сбор). Разница эта находилась в пределах 42 %. В свою очередь разница между сроком сбора I и II составила 19 %, а между II и III - около 26 % (рис. 2). Представленные на рис.3 средние значения напряжений ( $R$ ) отличались по срокам уборки для I и II приблизительно на 19 %, для II и III - на 27 % и для I и III - на 40 %. Для средних величин предельной деформации ( $L$ ) имеем соответственно 22 %, 12 % и 31 % (рис. 4), а для средних величин степени срезанной массы зёрен ( $So$ ) приблизительно, 6 %, 10 % и 17 % (рис. 5).

□ - Среднее значение □ - ± Стандартная ошибка ± 0,95 - Доверительный интервал

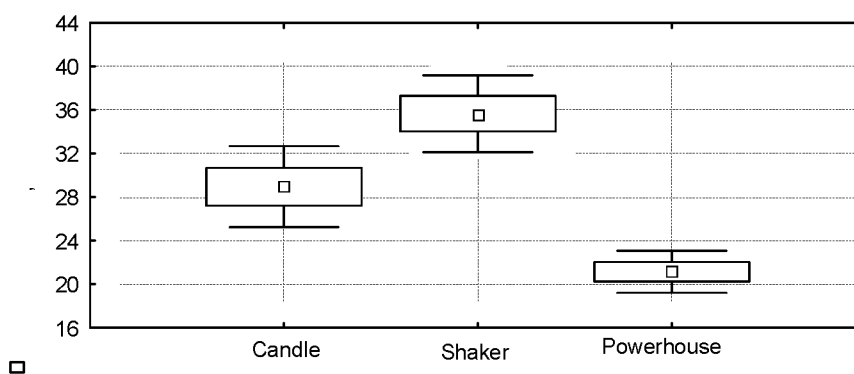


Рисунок – 2 Зависимость силы пробивания фруктово-зерновой кожуры зёрен ( $F$ ) от сроков уборки различных сортов кукурузы

□ - Среднее значение □ - ± Стандартная ошибка ± 0,95 - Доверительный интервал

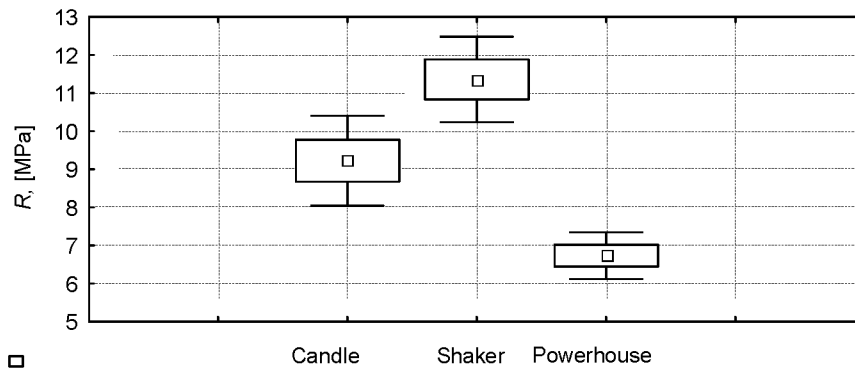


Рисунок 3 – Зависимость предельного напряжения деформации зерен ( $R$ ) от сроков уборки различных сортов кукурузы

□ - Среднее значение □ - ± Стандартная ошибка ± 0,95 - Доверительный интервал

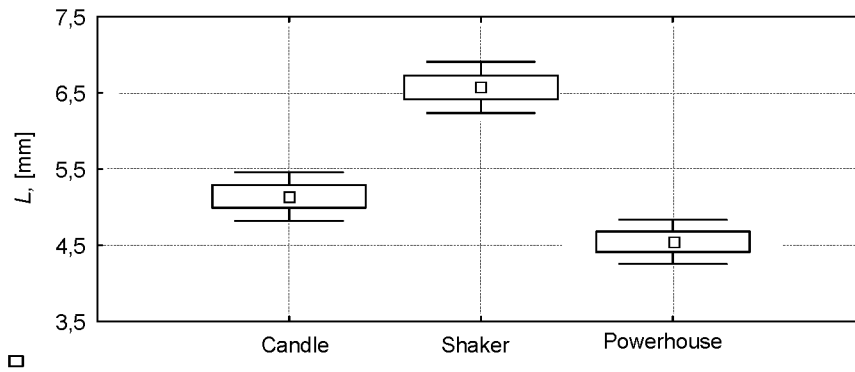


Рисунок 4 – Зависимость предельной деформации зерен ( $L$ ) от сроков уборки различных сортов кукурузы

□ - Среднее значение □ - ± Стандартная ошибка ± 0,95 - Доверительный интервал

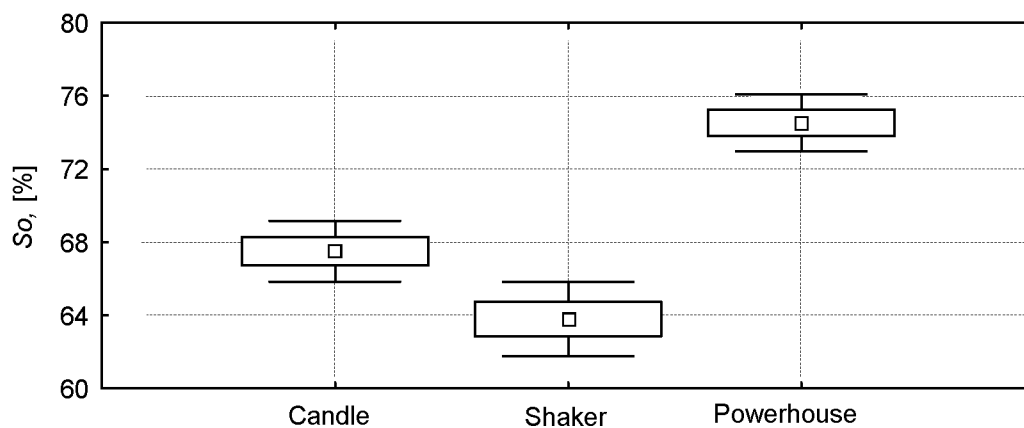


Рисунок 5 – Зависимость степени срезанной массы зёрен ( $S_o$ ) от сроков уборки различных сортов кукурузы

На основе линейных зависимостей, представленных на рис. 6, 7 и 8, можно сделать вывод, что степень срезанной массы зёрен  $So$  с ростом других исследуемых показателей снижается. Коэффициенты отрицательной корреляции принимают абсолютные значения в интервале от 0,60 до 0,67.

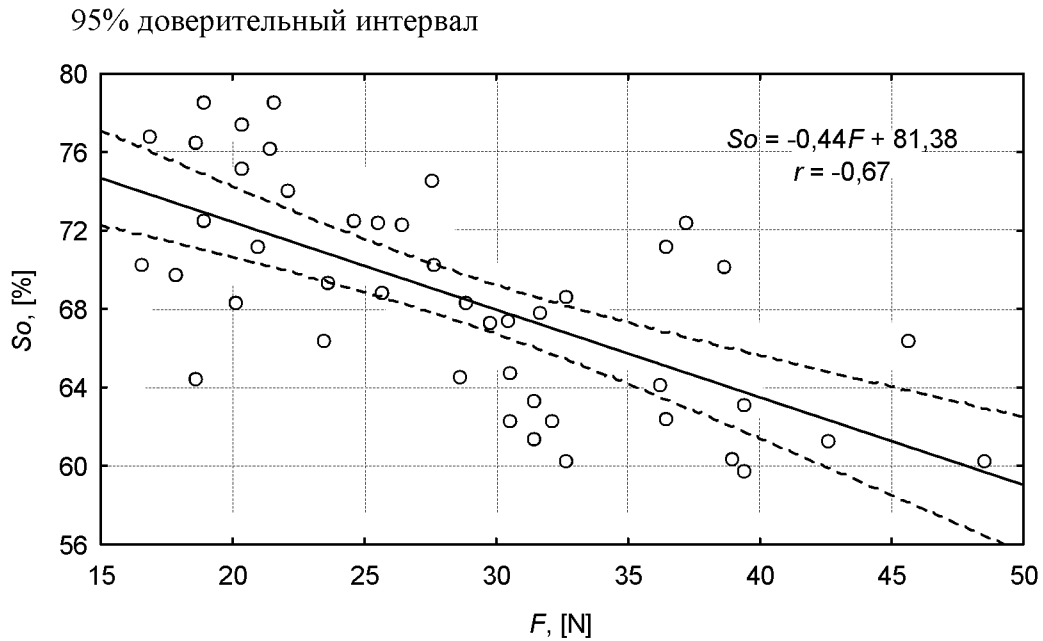


Рисунок 6 – Зависимости средних величин  $So = f(F)$

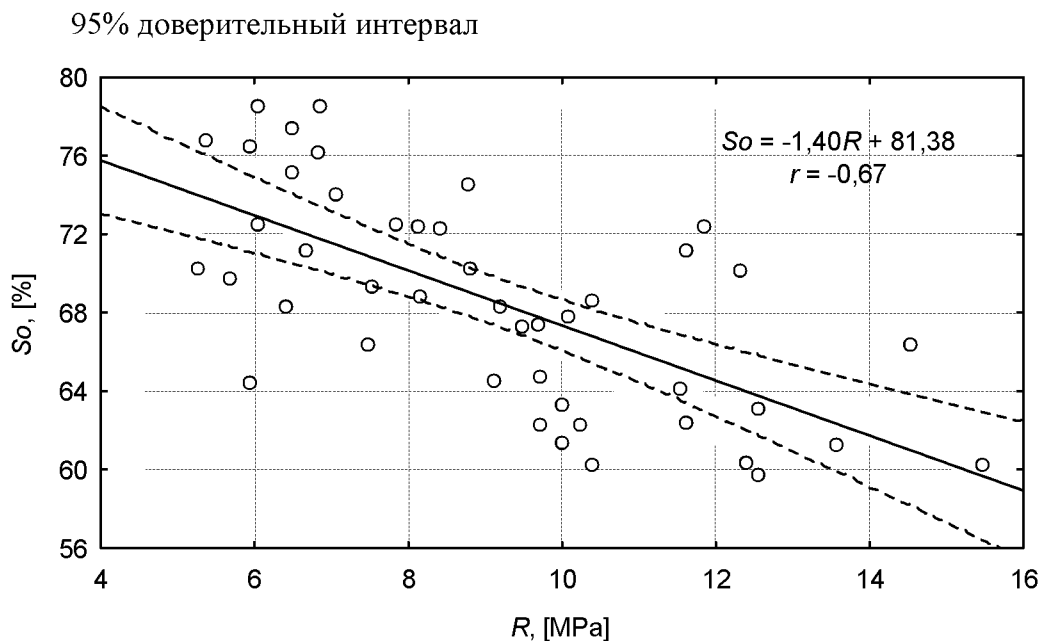
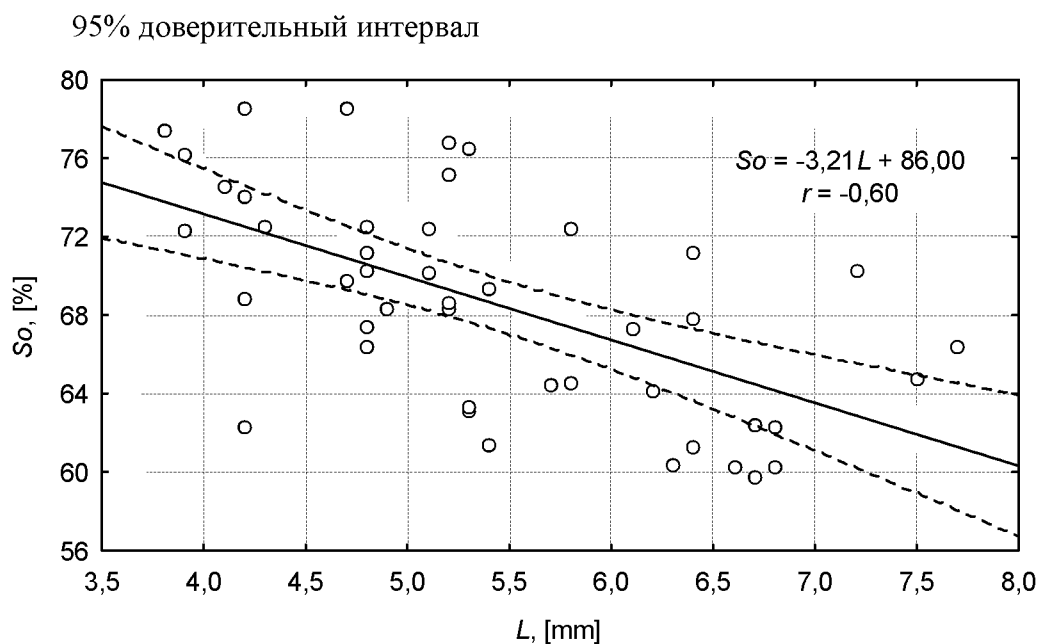


Рисунок 7 – Зависимости средних величин  $So = f(R)$

Рисунок 8 – Зависимости средних величин  $So = f(L)$ **Выводы.**

1. Поздний срок сбора початков повлиял на увеличение массы 1000 зёрен на 19% при снижении их влажности, приблизительно, на 11%.

2. Отмечено существенную статистическую разницу между сроками уборки для силы пробивания фруктово-зерновой кожуры зерен ( $F$ ) на уровне  $\approx 42\%$ , предельного напряжения деформации зерен ( $R$ ) -  $\approx 27\%$ , предельной деформации зерен ( $L$ ) -  $\approx 31\%$  и для степени срезанной массы зерен ( $So$ ) -  $\approx 14\%$ .

3. Проведенный регрессионный анализ для зависимостей  $So = f(F, R, L)$  показал, что с ростом исследуемых показателей ( $F, R, L$ ) значение  $So$  снижается. Коэффициенты отрицательной корреляции принимают абсолютные значения в интервале от 0,60 до 0,67. Эту зависимость можно объяснить пластической деформацией зёрен в процессе резания и изменением его формы. Срез деформированного зерна ведет к неполному его срезу и, следовательно, к потере части зернового материала.

**Перечень ссылок.**

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

2. Waligóra H. 2005. Kukurydza jadalna – znaczenie gospodarcze i rola w żywieniu człowieka. Kukurydza, 1(25), 75-78.

3. Walkowiak A. 2005. Odmiany kukurydzy cukrowej. Warzywa, 4, 46-48.

4. Warzecha R. 2005. Kukurydza cukrowa. Kukurydza rośliną przyszłości. Poradnik dla producentów, wyd. III, 33-36.

5. *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., 119(4), 747-755.

6. *Wójcik K.* 2005. Wygrywa z groszkiem. Warzywa, 4, 30-32.

#### **INFLUENCE OF PROCHNOSTNIH PROPERTIES OF CORN PART OF EARS OF SACCHARINE CORN ON DEGREE OF ITS SEPARATION FROM BARS OF EARS**

**Summary.** In work a method and results of experimental researches of properties of ears of saccharine corn with the purpose of mechanization of process are resulted separation of ears from bars.