

# ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СПОСОБНОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ К ДЛИТЕЛЬНОМУ ХРАНЕНИЮ

Морозов А.Н., канд. с.-х. наук, Косулин Г.С., канд. с.-х. наук,  
Мирошниченко И.Н.

ФГБНУ “Российский научно-исследовательский институт  
сахарной промышленности”, г. Курск

**Аннотация.** Для прогнозирования способности сахарной свеклы к длительному хранению предложен критерий хранимоспособности корнеплодов как интегральный показатель интенсивности физиолого-биохимических и микробиологических процессов. Выделены четыре категории хранимоспособности сахарной свеклы. Определены показатели значимых факторов, результативности хранения сахарной свеклы и отражено их влияние на изменение основных физиолого-биохимических и микробиологических процессов, протекающих при хранении в корнеплодах в виде уравнений регрессии. Разработана прогностическая модель оценки хранимоспособности сахарной свеклы как сырья для производства сахара.

**Ключевые слова.** Сахарная свекла, длительное хранение, критерий хранимоспособности, прогностическая модель, физическая среда, физиолого-биохимические процессы, микробиологические процессы.

На современном этапе для сохранности сахарной свеклы как сырья для производства сахара большое значение имеет прогнозирование результативности ее хранения. Максимально приближенные к реальности прогнозы с помощью моделирования процессов хранения могут служить инструментом для дифференциации принимаемых на сахарном заводе корнеплодов сахарной свеклы по срокам и условиям хранения с целью минимизации потерь массы свеклы и сахарозы [1]. Однако при прогнозировании результативности хранения сахарной свеклы имеет место проблема установления критерия, объективно отражающего способность корнеплодов к длительному хранению. Существующие в настоящее время методы определения хранимоспособности сахарной свеклы базируются лишь на устойчивости корнеплодов к загниванию [2] и не учитывают в полной мере все их свойства, обуславливающие интенсивность процессов, протекающих при хранении.

В этой связи предлагается оценку хранимоспособности сахарной свеклы проводить на основе критерия хранимоспособности – интегрального показателя, характеризующегося совокупностью иммунных, физиологических и биохимических свойств корнеплодов. Совокупность указанных свойств при длительном хранении в условиях создания оптимальной физической среды кагата обеспечивает на минимально возможном уровне потери массы свеклы и сахарозы. Выразив совокупность этих свойств через основные показатели интенсивности физиолого-биохимических и микробиологических процессов, и осуществляя прогнозирование этих показателей с помощью математической модели

можно определить потенциальную способность корнеплодов к длительному хранению.

Цель исследований заключалась в разработке прогностической модели хранимостпособности сахарной свеклы, позволяющей определять сохранность корнеплодов при длительном хранении на основе показателей значимых факторов.

Выделены значимые эндогенные и экзогенные факторы и их показатели, влияющие на сохранность корнеплодов при хранении. Исключены показатели факторов, параметры которых точно регламентированы при укладке корнеплодов на длительное хранение. При этом факторы, характеризующие физическую среду кагата и применение препаратов при хранении сахарной свеклы, в виду того, что имеют общую цель достижения оптимальных условий хранения, трансформированы в один фактор, обозначенный как условия хранения. В результате для построения прогностической модели приняты следующие значимые факторы: физическое состояние корнеплодов, селекционные особенности гибрида, условия хранения. В таблице 1 приведены указанные факторы, включающие пять показателей на трех уровнях варьирования.

Таблица 1

Значимые факторы прогностической модели хранимостпособности сахарной свеклы

Фактор	Показатель фактора	Уровень варьирования
Физическое состояние корнеплодов	Содержание корнеплодов с сильными механическими повреждениями, %	3,0
		9,0
		15,0
	Степень увядания корнеплодов, %	0,6
		6,5
		12,8
Селекционные особенности гибрида	Тип гибрида	Е (урожайный)
		Н (нормальный)
		З (сахаристый)
Условия хранения	Режим хранения	Контроль
		Вентилирование
		Укрытие + вентилярование
	Срок хранения	20 суток
		40 суток
		60 суток

Влияния показателей значимых факторов на изменение физиолого-биохимических и микробиологических процессов выражено в виде трех регрессионных уравнений, связывающих независимые значения а, b, с, d, е с зависи-

мой переменной  $Y$ .

Уровень дыхания корнеплодов ( $Y_d$ ), мг  $CO_2/1$  кг·час:

$$Y_d = 6,22 + 1,19a + 3,49b + 0,87c - 1,15d + 0,22e + 0,27ab + 0,06ac - 0,25ad + 0,1ae + 0,17bc - 0,49bd + 0,11be - 0,09cd + 0,08ce + 0,07de, \\ (F_{\phi}=2,06; F_{05}=2,22; R=0,98; D, \% = 96). \quad (1)$$

Активность инвертазы ( $Y_i$ ), мг на 1 г сух. в-ва:

$$Y_i = 16,68 + 5,84a + 13,58b + 3,76c - 6,21d + 0,89e + 4,45ab + 0,98ac - 2,1ad - 0,35ae + 2,88bc - 5,21bd + 0,61be - 0,92cd - 1,27ce + 0,67de, \\ (F_{\phi}=1,06; F_{05}=2,22; R=0,98; D, \% = 96). \quad (2)$$

Накопление гнилой массы ( $Y_g$ ), в % к массе свеклы:

$$Y_g = 3,52 + 1,3a + 3,32b + 0,91c - 1,48d + 0,22e + 0,94ab + 0,21ac - 0,47ad - 0,06ae + 0,61bc - 1,13bd + 0,14be - 0,20cd - 0,24ce + 0,13de, \\ (F_{\phi}=2,21; F_{05}=2,22; R=0,97; D, \% = 94), \quad (3)$$

где:  $a$  – содержание корнеплодов с сильными механическими повреждениями;  $b$  – степень увядания корнеплодов;  $c$  – тип гибрида;  $d$  – режим хранения;  $e$  – срок хранения.

Для определения критерия хранимостпособности сахарной свеклы полученные выходные данные регрессионных уравнений ранжированы для одиннадцатибальной шкалы по уровню величин основных показателей физиологических, биохимических, микробиологических процессов и сопоставлены с величинами среднесуточных потерь массы свеклы и сахарозы. При этом для каждого уровня установлено численное значение критерия хранимостпособности сахарной свеклы от 0 до 10.

Ранжированные значения основных показателей интенсивности процессов с соответствующими значениями критерия хранимостпособности математически описаны множественным линейным уравнением регрессии:

$$Y_k = 5,989795 + 0,159396Y_d + 1,333157Y_i - 2,577458Y_g, \quad (4)$$

где:  $Y_k$  – критерий хранимостпособности, балл;  $Y_d$  – интенсивность дыхания, мг  $CO_2/1$  кг·час;  $Y_i$  – активность инвертазы, мг на 1 г сух. в-ва;  $Y_g$  – накопление гнилой массы, в % к массе свеклы.

Подставив данные интенсивности дыхания, активности инвертазы и накопления гнилой массы при длительном хранении сахарной свеклы в полученное множественное уравнение регрессии можно рассчитать значение критерия ее хранимостпособности.

Для оценки способности сахарной свеклы к длительному хранению по ранжированному уровню интенсивности протекания физиолого-биохимических, микробиологических процессов и показателей сохранности сахарной свеклы сформированы четыре категории хранимостпособности сахарной свеклы: высокая степень хранимостпособности в диапазоне баллов от 8,0 до 10,0, средняя степень – 5,0...7,9 балла, низкая степень – 4,9...2,0 балла, нехранимостспособная – 0...1,9 балла (таблица 2).

Категории хранимостпособности сахарной свеклы

Категория хранимостпособности, балл	Интенсивность дыхания, мг CO <sub>2</sub> /1 г час	Активность инвертазы, мг на 1 г сух. в-ва	Гнилая масса, %	Среднесуточные потери массы, %	Среднесуточные потери сахарозы, %
Высокая (Y <sub>k</sub> = 10...8)	1,1...3,1	2,9...4,1	0,00...1,55	0,006...0,031	0,003...0,010
Средняя (Y <sub>k</sub> = 7,9...5)	3,2...6,4	4,2...11,0	1,56...6,49	0,032...0,070	0,011...0,022
Низкая (Y <sub>k</sub> = 4,9...2)	6,5...10,4	11,1...30,4	6,50...17,99	0,071...0,109	0,023...0,039
Не хранимостспособная (Y <sub>k</sub> = 0...1,9)	10,5...15,5	30,5...80,4	18,00...44,90	0,110...0,136	0,040...0,063

Определение способности сахарной свеклы к длительному хранению включает следующий алгоритм действий прогнозирования: сбор и подготовку исходной информации по показателям значимых факторов; определение значений интенсивности физиолого-биохимических и микробиологических процессов по трем регрессионным уравнениям; определение величины критерия хранимостспособности сахарной свеклы по множественному уравнению регрессии; итоговую оценку способности корнеплодов к длительному хранению по сформированной градации критерия хранимостспособности сахарной свеклы (рисунок).

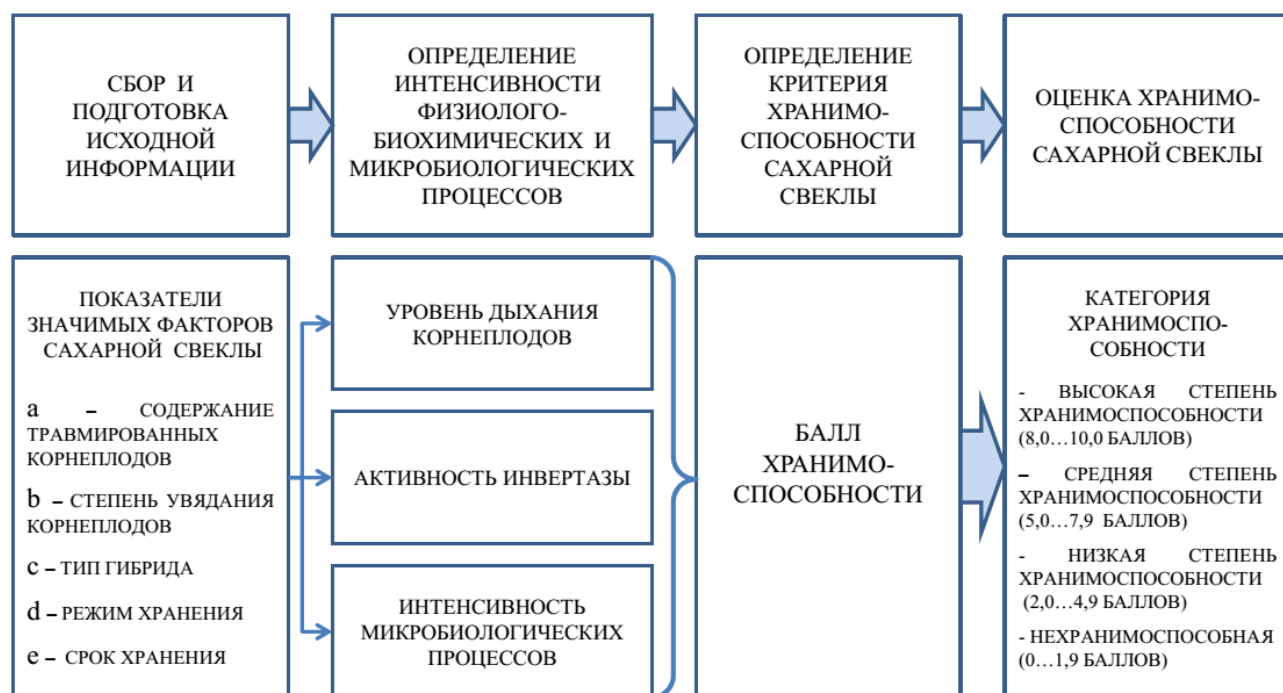


Рис. Схема функционирования прогностической модели оценки хранимостспособности сахарной свеклы

Таким образом, разработана прогностическая модель хранимостпособности сахарной свеклы, основанная на линейном алгоритме, описывающем в виде критерия хранимостпособности совокупность протекающих при хранении физиологических, биохимических и микробиологических процессов с учетом значимых эндогенных и экзогенных факторов. Полученная прогностическая модель позволяет определить способность корнеплодов к длительному хранению для последующего распределения сырья по оптимальным срокам и условиям хранения, обеспечивающего сахарный завод более качественным сырьем в течение производственного сезона получения сахара.

### **Литература**

1. Сапронов Н.М. Прогнозирование поведения компонентов углеводного комплекса сахарной свеклы при хранении / Н.М. Сапронов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 9. – С. 13-17.
2. Князев В. А. Приемка и хранение сахарной свеклы по прогрессивной технологии / В.А. Князев. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 196 с.