

УДК 664.72
© 2016

В.Ф. ЯЛПАЧИК,
доктор технических наук

В.А. ВЕРХОЛАНЦЕВА,
ассистент

*Таврический государственный
агротехнологический университет,
Украина*

E-mail: milaeva.v@mail.ru

г. Мелитополь, просп. Б. Хмельницького, 18

ИЗМЕНЕНИЕ КЛЕЙКОВИНЫ ПШЕНИЦЫ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ В ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Розглядаються лінійні і нелінійні залежності, які прогнозують ефективність зберігання пшениці за певних температур і термінів зберігання. Досліджено такий показник якості зерна пшениці, як клейковина, після охолодження в зернохосовищі, за різних температурних режимів зберігання. Залежності, отримані за допомогою програми MathCad, дозволяють прогнозувати змінення впливу умов зберігання на рівень клейковини, а також рекомендувати оптимальні технологічні параметри зберігання пшениці.

Ключеві слова: зберігання, зернохосовище, зерно, пшениця, клейковина, температура, результуючі ознаки, матриця коефіцієнтів кореляції.

Постановка проблеми. Научные исследования эффективных методов хранения зерновых масс позволили создать фундаментальную теоретическую базу, появилась реальная возможность обосновывать явления, протекающие в хранящихся партиях зерна, прогнозировать возникновение в них негативных явлений, например, самосогревание зерна, и соответственно обеспечить условия для сохранности выращенной продукции.

Своевременное и качественное проведение послеуборочной обработки урожая, доведение показателей качества до норм, предусмотренных стандартами, является главной задачей в процессе хранения зерна.

Организация рационального хранения зерновых масс и сведение потерь продукции до минимума становятся возможными лишь на основе знания биологических и биохимических процессов, протекающих в период созревания зерна, его послеуборочного дозревания, а также в период хранения урожая без потерь в количестве и качестве.

Сокращение потерь зернопродуктов, подлежащих хранению, без изменения их качества

и при снижении себестоимости процесса являются основными задачами в области хранения.

За последние годы страна получает достаточно высокие валовые сборы зерна, однако заметно сократились его государственные закупки, снизилась роль элеваторов. Зерно нередко хранится непосредственно в хозяйствах у производителя в ожидании сезонного повышения цен. Из-за слабой оснащенности технической базы хозяйств, а порой и незнания технологий хранения, наблюдаются нерациональное формирование партий зерна, снижение его качества и потери зерна при хранении [2, 9].

Учитывая изложенное и многие другие аспекты исследуемого направления, была поставлена цель изучить уровень клейковины во время хранения пшеницы в зернохранилище с определенной средой, где основным влияющим фактором является охлажденный воздух, найти оптимальное сочетание температуры и срока хранения, которые позволят сохранить количественные и качественные показатели пшеницы. В нашем случае рассмотрены изменения клейковины пшеницы.

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРобКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

Изменение клейковины пшеницы в процессе хранения в зернохранилище с применением охлаждения

Результаты исследования и их обсуждение. Для эксперимента использовали зернохранилища: № 1 – поддерживали температуру зерна в пределах 0–7 °С; № 2 – с температурой зерна 7–14 °С, применялось охлаждение; № 3 – без охлаждения [1, 4, 5].

При исследовании был использован Стандарт Украины о технических условиях пшеницы ДСТУ 3768:2010. На основании стандарта определяли клейковину пшеницы и индекс ее деформации, который непосредственно влияет на выход качественного хлеба [6].

Главными технологическими показателями, определяющими хлебопекарные свойства зерна пшеницы, являются массовая доля белка и сырой клейковины, а также качество клейковины [2, 3]. Под клейковиной понимают белковые вещества зерна, способные при набухании в воде образовывать связную эластичную массу. Ее выделяют из теста отмыванием водорастворимых веществ, крахмала и клейковины. Клейковина, отмытая из кусочка теста, называется сырой. В ней содержится до 70 % воды, то есть при пересчете на сухое вещество 82–88 % клейковины составляют белки: глиадин и глютенин.

Исследований, связанных с охлаждением зерна и определением влияния выбранных режимов хранения на качество клейковины, в известных работах не было. Опираясь на сведения, полученные из литературных источников, и результаты проведенных исследований, нами была

предпринята попытка установить зависимость между клейковиной пшеницы (фактор y) и сроками хранения (фактор x_1), средней температурой в зернохранилище (фактор x_2). Определение связи проводили с помощью теории корреляции, методы которой наиболее полно и с достаточной степенью точности отражают наличие или отсутствие математической зависимости.

Была рассмотрена множественная линейная и нелинейная корреляция и составлена расчетная таблица данных, полученных в результате эксперимента, а для удобства вычислений – расчетная таблица. Исходные данные, полученные в результате эксперимента, удовлетворяют требованиям проведения статистического анализа.

Частные коэффициенты корреляции вычислены по формулам (1), (2), а совокупный коэффициент – по формуле (3) [7, 8]:

$$R_{x_1,y(x_2)} = \frac{R_{x_1,y} - R_{x_1,x_2}R_{x_2,y}}{\sqrt{(1-R_{x_1,x_2}^2)(1-R_{x_2,y}^2)}}; \quad (1)$$

$$R_{x_2,y(x_1)} = \frac{R_{x_2,y} - R_{x_1,x_2}R_{x_1,y}}{\sqrt{(1-R_{x_1,y}^2)(1-R_{x_1,x_2}^2)}}; \quad (2)$$

$$R_{x_1,x_2(y)} = \frac{R_{x_1,x_2} - R_{x_1,y}R_{x_2,y}}{\sqrt{(1-R_{x_1,y}^2)(1-R_{x_2,y}^2)}}. \quad (3)$$

В исследованиях в качестве факторов рассматривались срок хранения (фактор x_1) и средняя температура (фактор x_2). Получена линейная и параболическая зависимость для

Матрица коэффициентов корреляции между факторами и результирующим признаком для зернохранилищ № 1 и № 2 *

Фактор	Результирующий признак		
	срок хранения	средняя температура зерна в зернохранилище	клейковина
Срок хранения x_1 , месяц	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{-0,98}{-0,97}$	$\frac{0,96}{0,94}$
Средняя температура зерна в зернохранилище x_2, t_{cp}	$\frac{-0,98}{-0,97}$	$\frac{1,00}{1,00}$	$\frac{-0,97}{-0,93}$
Клейковина Y , %	$\frac{0,96}{0,94}$	$\frac{-0,97}{-0,93}$	$\frac{1,00}{1,00}$
Среднее	$\frac{3,50}{3,50}$	$\frac{3,17}{10,97}$	$\frac{27,62}{27,93}$
Стандартное отклонение	$\frac{1,87}{1,87}$	$\frac{2,79}{1,73}$	$\frac{0,19}{0,40}$

* Зернохранилища: числитель – № 1; знаменатель – № 2.

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

Изменение клейковины пшеницы в процессе хранения в зернохранилище с применением охлаждения

клейковины пшеницы. Таким образом представим матрицу коэффициентов корреляции для зернохранилища № 1 (таблица).

С помощью матрицы можно проанализировать результаты исследования и построить поверхности линейной и криволинейной зависимости математической модели клейковины пшеницы для двух зернохранилищ и линий уровней криволинейной зависимости [7], а также прогнозировать дальнейшее хранение зерна в хранилище по клейковине.

Для данных зернохранилища № 1 на основании корреляционной матрицы и согласно полученным числовым характеристикам можно сделать вывод: клейковина пшеницы колеблется: $27,62 \pm 0,19$, то есть $27,43-27,81$ %. При этом наблюдается сильная растущая связь от срока хранения (фактор x_1) и сильная нисходящая связь средней температуры хранения зерна в зернохранилище (фактор x_2).

Для построения множественной линейной и нелинейной модели коэффициенты определены с помощью пакета MathCad [7, 8].

Функциональная интерпретация данных характеристик имеет вид:

$$Y = -12,9 + 7,25x_1 + 4,76x_2, \text{ а нелинейная - } Y = -44,86 + 26,63x_1 + 1,69x_2 - 2,42x_1^2 - 3,1x_1x_2 - 0,99x_2^2.$$

Математическая модель линейной и криволинейной зависимостей дает возможность получить теоретические значения для конкретных условий хранения зерна.

Сравнив полученные в исследованиях теоретические и экспериментальные значения, можно сделать вывод, что отклонение величин незначительные, то есть в наличии математическая модель, которая адекватна и дает возможность с достаточной степенью точности прогнозировать выход зерна первого класса в зависимости от температуры хранения.

На основании полученных зависимостей (рис. 1) можно спрогнозировать хранение зерна в зернохранилище с применением охлаждения, то есть с понижением температуры до 0°C . В нашем случае показатель клейковины увеличился в сравнении с начальным показателем на $0,4$ %.

Аналогично определяем клейковину при хранении и в зернохранилище № 2 с температурой зерна $7-14^\circ\text{C}$ (таблица).

Проанализировав результаты исследования, построим поверхности линейной и криволинейной зависимости математической модели клейковины пшеницы для зернохранилища № 2, и линий уровней криволинейной зависимости (рис. 2).

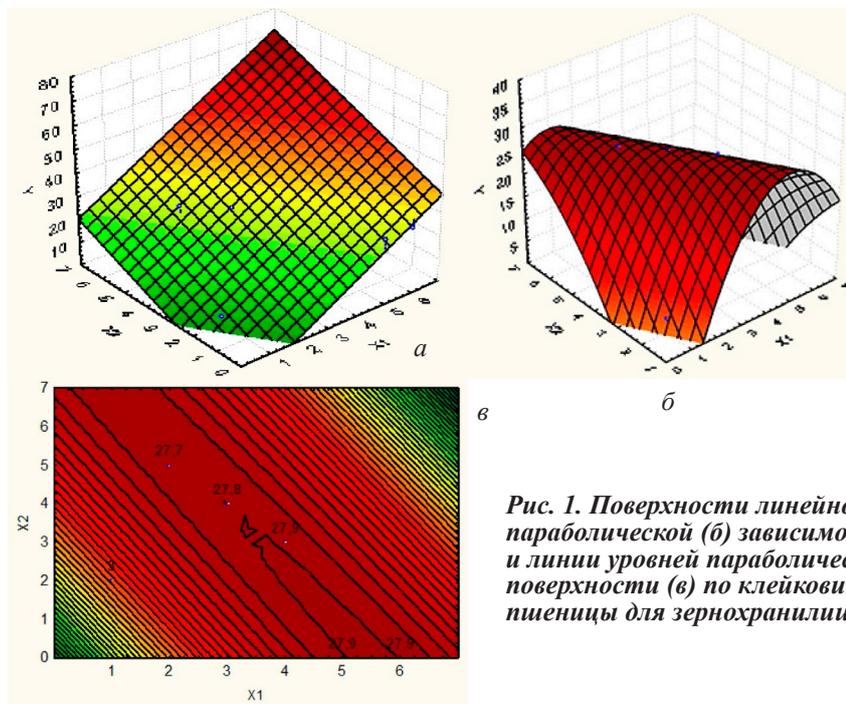


Рис. 1. Поверхности линейной (а), параболической (б) зависимостей и линии уровней параболической поверхности (в) по клейковине пшеницы для зернохранилища № 1

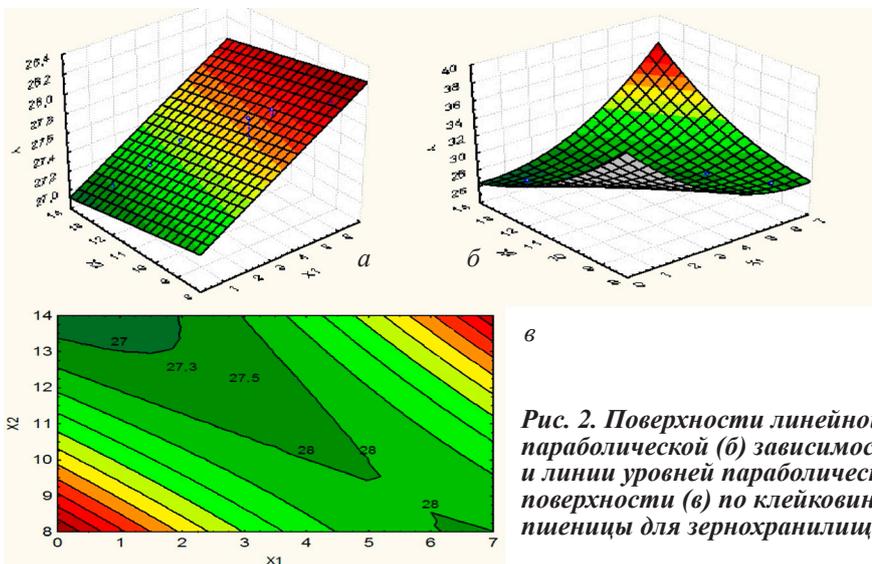


Рис. 2. Поверхности линейной (а), параболічної (б) залежностей і лінії рівней параболічної поверхності (в) по клейковині пшениці для зернохранилища № 2

Функциональная интерпретация данных характеристики будет иметь вид:

$Y = 27,5 + 0,15x_1 - 0,04x_2$ – для линейной зависимости;

$Y = 60,54 - 4,7x_1 - 4,3x_2 + 0,15x_1^2 + 0,34x_1x_2 + 0,13x_2^2$ – и для криволинейной.

Согласно полученным числовым характеристикам, клейковина пшеницы в зернохранилище № 2 колеблется: $27,53 \pm 0,40$, то есть 27,13–27,93 %. При этом наблюдается сильная растущая связь от срока хранения (фактор x_1) и

сильная нисходящая связь средней температуры зерна в зернохранилище (фактор x_2).

Таким образом, полученные зависимости дают возможность прогнозировать изменения влияния условий хранения на уровень клейковины, а также позволяют рекомендовать оптимальные параметры хранения для получения удовлетворительных показателей пшеницы. Результаты исследования свидетельствуют о перспективности использования зернохранилища с применением охлаждения.

Библиографія

1. Пат. на корисну модель 72541 U Україна, МПК (2006.01) A01F 25/08. Сховище для зберігання сільськогосподарської продукції / В.О. Верхоланцева, В.Ф. Ялпачик, О.В. Гвоздєв. – № 72541; заявл. 03.01.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 15.
2. Скалецька Л.В. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: навч. посібник / Л.В. Скалецька, Т.М. Духовська, А.М. Сеньков. – К.: Вища школа, 1994. – 330 с.
3. Kiurchev S. Linear and nonlinear relationship of wheat storage characteristics / S. Kiurchev, V. Vercholantseva // Canadian Scientific Journal. – 2015. – Issue 1, vol. 2. – P. 10–15.
4. Ялпачик В.Ф. Визначення індексу деформації клейковини пшениці за допомогою програми MathCad / В.Ф. Ялпачик, С.В. Кюрчев, В.О. Верхоланцева // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: тези

- Міжнар. науково-практ. конф. (8–11 вересня 2015 р.). – Харків: ХДУХТ, 2015. – С. 345–346.
5. Ялпачик В.Ф. Исследование влияния условий хранения на изменения клейковины пшеницы / В.Ф. Ялпачик, В.А. Верхоланцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2014. – Вип. 14, т. 3. – С. 128–131.
6. Пшениця. Технічні умови: ДСТУ 3768-2010. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 14 с.
7. Кудрявцев Е.М. MathCAD 2000 Pro / Е.М. Кудрявцев. – М.: ДМК “Пресс”, 2001. – 576 с.
8. Томашевський В.М. Моделювання систем / В.М. Томашевський. – К.: Видавнична група ВНУ, 2005. – 349 с.
9. Пилипюк В.Л. Технология хранения зерна и семян: учебн. пособие / В.Л. Пилипюк. – Саратов, 2008 – 310 с.

Рецензент – доктор технических наук, профессор **А.А. Волошина**