

MATERIALES Y MÉTODOS

Materias Primas

Trigo

Para la realización de este trabajo, se utilizó trigo (Triticum aestivum) variedad Oasis F-86 procedente de la Costa de Hermosillo y correspondiente al ciclo agrícola 1990/1991. Este grano fue seleccionado por ser una de las variedades más empleadas por la industria de panificación.

Insectos

El insecto estudiado fue el gorgojo barrenillo de los granos Rhizopertha dominica F. por ser la plaga que mayor daño causa al grano de trigo durante el almacenamiento (Wong y col. 1987). El insecto se recolectó en los almacenes comerciales de la localidad y se llevó al laboratorio para su identificación mediante claves taxonómicas (Freeman, 1980; Gorham, 1978; Rodríguez, 1984). Para reproducir los insectos se establecieron cultivos patrones, los cuales se elaboraron en grano de trigo entero libre de impurezas y residuos tóxicos. Este grano se almacenó previamente a una temperatura de -2 °C por 48 horas para eliminar insectos y/o alguna de sus fases biológicas que pudieran estar presentes dentro del grano. Antes de que el grano se utilizara como medio de cultivo, se dejó al ambiente para equilibrar su temperatura y humedad.

Se colocaron 380 g de trigo en frascos con tapas metálicas perforadas y cubiertas con tela para proporcionarles una adecuada ventilación. Se infestaron con 600 insectos adultos seleccionados previamente y se colocaron en la cámara de cría por 3 días; después se removieron por tamizado y se desecharon.

Los insectos se mantuvieron en incubadoras de precisión a una temperatura de $27 \pm 1^\circ\text{C}$ y $60 \pm 5\%$ de humedad relativa; además, se sometieron a ciclos de 12 horas de luz y 12 de oscuridad, pues son condiciones óptimas para el desarrollo del insecto. El tiempo establecido para el desarrollo una generación es alrededor de 40 - 45 días (U.S.D.A., 1979).

Estudio Experimental

Infestación y Almacenamiento del Grano

Para el almacenamiento del grano se utilizaron 20 silos de concreto de 40 kg de capacidad, los cuales contaban con tapa de fierro y en ella una pequeña perforación cubierta con tela de malla para el intercambio de aire dentro del silo. En cada uno de ellos se colocaron 15 kg de grano. Se seleccionaron 12 silos para infestación y el resto sirvieron de control. En cada uno de los silos destinados a infestación, se colocaron 15 insectos por kg de grano. Esta relación de insectos se seleccionó en base a estudios realizados por Wong y col. (1987), sobre abundancia poblacional de insectos de granos almacenados en el estado de Sonora.

Posterior a la infestación, cada uno de los silos se selló perfectamente con cinta para impedir la entrada y salida de insectos, dejándose así por todo el tiempo de duración del experimento. Los silos se colocaron sobre una tarima de madera a una altura de 50 cm aproximadamente del nivel del piso, para evitar posible daño por roedores o humedad. Las condiciones de temperatura y humedad relativa ambiente se registraron diariamente durante los meses de agosto de 1991 a febrero de 1992 (Figura 3).

Durante este periodo se realizaron cuatro muestreos periódicos cada 45 días, tomándose en cada uno de ellos 3 silos infestados y 2 control por una selección completamente al azar. A cada una de las muestras seleccionadas se le realizaron por triplicado los análisis que se indican a continuación:

Número de Insectos

Para realizar esta medición se separó, mediante el divisor Boerner, 1 Kg de trigo homogenizado tal como se establece en las normas de certificación de granos de ANDSA.

El grano de trigo se separó de los insectos primeramente por medio de tamices granulométricos y después en forma manual, para así poder obtener el número total de insectos por Kg de muestra.



Figura 3. Vista general de los silos usados para el almacenamiento

Obtención de la Harina

El grano de trigo obtenido durante cada muestreo después de la separación de los insectos, se llevó a molienda experimental en un molino Brabender Quadrumat Senior. Para ello primeramente se determinó su contenido de humedad de acuerdo al método 109/1 de la I.C.C. (1991) y después se ajustó al 15 % tomando como base el método 26-95 de la A.A.C.C. (1991). A la vez se procedió a determinar rendimiento de molienda, en base a la cantidad de harina y salvado obtenidos y el volumen de grano a moler.

Color

La determinación del color se realizó empleando un espectrofotómetro de lectura directa, el cual mide la reflectancia relativa de la muestra y se basa en el principio de registrar la luz absorbida por el color negro o la reflejada por el color blanco (Manual del Agtron Quality/Control).

El estudio preliminar para evaluar el color del grano, consistió en manejar los cuatro espectros del aparato variando sus discos de calibración. Este procedimiento se realizó por separado en cada uno de los espectros, para obtener respuestas del porcentaje de reflectancia relativa alrededor del punto medio (50%) en cada uno de ellos. Las determinaciones se realizaron por triplicado, tanto en muestras de grano entero como en sus harinas. Para

realizarlo se siguió la técnica recomendada por el diseñador (Manual del Agtron Color/Quality Control) y el método 14-3 de la A.A.C.C. (1991).

Análisis Proximal

Para determinar la composición química proximal de las harinas obtenidas se emplearon los métodos recomendados por la A.A.C.C. (1991) y fueron los siguientes: humedad (método 44-40), proteína (método 46-13), cenizas (método 08-12) y extracto etéreo (método 30-20).

Determinación de pH

Para la determinación del pH se utilizó una relación 1:10 (harina:agua) que se midió en un potenciómetro previamente calibrado con una solución buffer de pH 7, a 25 °C, según el método 02-52 de la A.A.C.C. (1991).

Determinación de Acidez en Harinas

En la determinación de acidez se utilizaron 20 g de harina, se le añadieron 50 ml de tolueno, se agitó durante 30 min y se dejó reposar por 10 min. Después se filtró y se colectaron 25 ml del sobrenadante, que se mezclaron con 25 ml de alcohol-fenofaleína al 0.04%. Finalmente se tituló con KOH al 0.01 N. El resultado se expresó como mg de KOH requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres en 100 g de muestra en base seca, tal como lo indica el método 02-03 de la A.A.C.C. (1991).

Farinogramas

Estos se realizaron en el Farinógrafo Resistógrafo Brabender Duisburg de acuerdo al método estándar 115 de la I.C.C.. En los farinogramas se determinó la capacidad de absorción de agua, fuerza y estabilidad mecánica al mezclado de la harina obtenida.

Amilogramas

Esta determinación fue realizada en el viscoamilógrafo de Brabender, siguiendo el método 22-10 de la A.A.C.C. (1991). Se determinó la viscosidad y la temperatura de gelatinización del almidón en la masa obtenida de las harinas.

Número de Caída

Esta determinación se evaluó por medio del aparato Falling Number, siguiendo el método 56-81 de la A.A.C.C. (1991).

Panificación y Evaluación Sensorial

Se elaboró pan a partir de las harinas obtenidas de trigo infestado, para lo cual se siguió el método 10-10 de la A.A.C.C.(1991). Una vez horneado el pan, se dejó enfriar fuera de corrientes de aire por espacio de aproximadamente una hora antes de realizarse las mediciones correspondientes.

Se determinó peso y altura, para lo cual se utilizó una balanza granatarja (OHAUS) y un vernier para estas mediciones, respectivamente. Para la medición del volumen se utilizó un medidor de volumen de pan (Marca Nation MFG Company, Modelo "Pup"), con una capacidad de 400 cm³. La determinación se realizó por desplazamiento de la semilla de nabo, después de haber colocado el pan en el depósito inferior del medidor, dejando caer la semilla libremente desde el depósito superior, registrándose el volumen de semilla desplazada equivalente al volumen de pan.

Para la evaluación sensorial de los panes elaborados, se utilizó la prueba de Análisis Descriptivo Comparativo, la cual utiliza una escala de cinco puntos hacia ambos lados de un material de referencia, que en el caso de este estudio fue el pan elaborado con harina no infestada. El número de panelistas fue de 60 personas de acuerdo a lo sugerido por Pedrero y Panborn (1989).

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos que fueron los tiempos de observación del grano infestado (0, 45, 90 135 y 180 días), tres repeticiones y tres submuestras por repeticiones para las mediciones de calidad de la harina, la cuales fueron: rendimiento de harina, humedad, proteína, color, acidez de grasa, pH, amilogramas, farinogramas, pruebas de panificación y evaluación sensorial.

Análisis Estadístico

a) Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), para comparar las medias de las características de calidad para cada uno de los tiempos. Posteriormente se aplicó la prueba de Tukey de comparación de promedios. El modelo de ANDEVA utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

donde:

t = Es el efecto del tiempo de almacenamiento y de presencia de insectos.

b) se hicieron análisis de regresión para medir las tendencias de la calidad en los diferentes tiempos de almacenamiento. Los modelos empleados fueron: lineal simple y cuadrático.

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 \text{Dias} + \beta_3 \text{dias}^2 + e_{ij}$$

c) Se hicieron Análisis de Covarianza (ANDECOVA), para estimar el efecto del número de insectos sobre las características de calidad del grano y harina, enunciadas anteriormente. Para ello se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta(I_{ij} - I) + e_{ij}$$

donde:

I = Es el efecto del número de insectos por Kg de muestra sobre la variable respuesta.

t = Es el efecto del tiempo de almacenamiento y efecto residual de la población de insectos.