

Aplicación de dos metodologías (de punto de corte y de riesgos acumulados de Weibull) para la determinación de la vida útil del pan de molde blanco

Application of two methodologies (cut-off point and Weibull cumulative risks) to determine the shelf life of white sliced bread

Braulio Bustamante^{1,*}

¹ Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.

Mg., ✉ bbustamanteo@unac.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0003-3700-8260>

* Autor de Correspondencia: Tel. +51 987718308

<http://dx.doi.org/10.25127/riagrop.20222.826>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>
revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 30 de enero 2022

Aprobación: 12 de marzo 2022

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar si la metodología de punto de corte es mejor que la metodología de riesgos acumulados de Weibull en la determinación de la vida útil del pan de molde blanco. Para ello, se elaboró muestras de panes de molde y se aplicó el diseño escalonado en intervalos de (0, 7, 11, 14, 16, 18 y 21 días), donde se aplicó las dos metodologías. Con la metodología de punto de corte, se obtuvo un tiempo de vida útil de 8.8 días, con intervalo de confianza al 95 % para la media de 8.77 -8.83, con un índice de correlación de 0.947 e índice de determinación de 0.8969 Por otro lado, con la metodología de riesgos acumulados de Weibull, se obtuvo un tiempo de vida útil de 15.480 días, con intervalo de confianza de 95 % de 15.473 a 15.486 días, con un índice de correlación 0.951 e índice de determinación de 0.9053. Para las muestras control se realizó el % acidez, % humedad y recuento de mohos, cuyos resultados obtenidos hasta el día 21 de almacenamiento estuvieron dentro de los límites máximos permisibles (<0.5 % de acidez expresado en ácido sulfúrico, <40% Humedad y <10 ufc de recuento de mohos). Esto comprueba que la vida útil del pan de molde dependerá de su vida sensorial. La presente investigación

concluye que la metodología de Weibull es mejor que la metodología de punto de corte para determinar la vida útil del pan de molde blanco determinado desde el aspecto sensorial de textura por parte del consumidor final.

Palabras claves: microbiología, punto de corte, vida útil, Weibull.

Abstract

The objective of this research was to determine if the cutoff methodology is better than the Weibull accumulated risk methodology to determine the useful life of the white mold bread. For this purpose, mold samples were prepared using the design (0,7,11,14,16,18 and 21 days), where the two methodologies were applied, with the cut-off methodology where a useful life of 8.8 days was obtained, with a confidence interval To 95% for the mean of (8.77-8.83), with a correlation index of 0.947 and determination index of 0.8969, and with Weibull's cumulative risk methodology a useful life of 15.480 days was obtained, with a confidence interval Of 95% (15.473 to 15.486 days), with a correlation index of 0.951 and a determination index of 0.9053. For the control samples, the % acidity, % moisture and mold count, whose results up to day 21 of storage were found within the maximum allowable limits (<0.5% of acidity expressed as sulfuric acid, <40% Humidity And <10 cfu of mold counts), which proves that the useful life of the mold bread will depend on its sensory life. The present investigation concluded that the methodology of Weibull is better than the methodology of cut-off point to determine the useful life of the white mold bread determined from the sensorial aspect of texture by the final consumer.

Keywords: microbiology, cut-off point, useful life, Weibull.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas que elaboran alimentos en nuestro país tienen la necesidad de adecuarse a las exigencias del consumidor y de las normas que solicitan que especifique su fecha de vencimiento y sus estudios para obtener dicha información.

Peñafiel (2012) evaluó la distribución de Weibull para determinar el tiempo de vida en anaquel del pan de molde, cuya harina de trigo fue sustituida parcialmente con harina de quinua precocida y suero de leche y se determinó una vida en anaquel media igual a 11.7 días. El método Gakula y Kubala (1975), aplicado para la Distribución de Weibull, arrojó un parámetro de escala igual a 12.256 y un

parámetro de forma de 10.870; así como un coeficiente de correlación R de 0.854.

Hernando (2012) manifiesta que el pan blanco sin corteza caduca a los 14 días, según los resultados obtenidos desde el día cero hasta el veinte. En ese sentido, El cambio en el mejorante habitual supondría un progreso destacado en las propiedades sensoriales durante todo el periodo en el que el producto está disponible para los consumidores. Todo ello podría decantar la elección hacia el pan mejorante, pues el cliente es capaz de apreciar y valorar estas características en el consumo del producto.

En la misma línea, Hernández (2011) menciona que con el objetivo de comparar el efecto inhibitorio del propionato de Calcio con el

biocitro para inhibir o eliminar el crecimiento de mohos en el pan de molde blanco, se efectuó diferentes formulaciones, que remplazaron el conservante químico propionato de Calcio (1500, 2500 y 3500 ppm) por el conservante natural Biocitro (1500, 2000 y 2500 ppm). En consecuencia, los panes de molde blanco fueron almacenados a temperatura ambiente de $19 \pm 3^\circ$ C durante 16 días de experimentación y se realizaron pruebas fisicoquímicas y microbiológicas cada 48 horas. El recuento de mohos permitió obtener las curvas de crecimiento, los parámetros cinéticos de crecimiento y el tiempo de vida útil de los panes de molde blanco, que fueron ajustadas mediante la herramienta predictiva Combase (USDA, 2010). Las mejores concentraciones de cada conservante también fueron evaluadas a una temperatura de almacenamiento de $35 \pm 3^\circ$ C. Los resultados permitieron determinar que el tratamiento P- 3500 obtuvo mejor concentración, debido a que presentó un tiempo de vida útil de 16.5 días, mientras que el tratamiento B - 2000 fue considerado el mejor debido a que otorgó un tiempo de vida útil de 12.5 días.

En tanto, Padilla y Jara (2010) consideran que, de acuerdo a los datos para estabilidad según el análisis de laboratorio y sensorial por medio de panelistas entrenados, se podría estimar que el tiempo aproximado de vida útil del pan blanco de molde es de 10 días.

Por otro lado, De la Cruz (2009) determinó el tiempo de vida útil por la metodología de riesgos acumulados de Weibull (Gacula y Kubala, 1975) y usó la evaluación sensorial de aceptabilidad (Hough, 2003), como un método para medir la efectividad de la metodología que determinó que una vida útil sensorial del pan

de molde con incorporación de harina de quinua precocida y suero de 11 días.

Adicionalmente, Layando *et al.* (2014) determinaron que el pan de moldes almacenados durante 14 días, se vio disminuido su porcentaje de humedad final que fue de $30+ - 0.524$ para la muestra control (sin goma de tara).

Finalmente, Hurtado (2016) concluye que el recuento de mohos y levaduras se mantuvo constante y brindó los valores de <10 UFC/g, coliformes totales de 10 UFC/g y aerobios mesófilos <10 UFC/g, para todas las formulaciones analizadas, que estuvieron dentro de la especificación establecida en la RM-591-2008/MINSA "Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano". Además, la humedad disminuyó en el tiempo para la M1 (de 28.56 % a 24.80 %), M2 (de 28.57 % a 24.89 %) y M3 (de 28.60 % a 25.05 %). Los resultados de acidez no tuvieron diferencia significativa entre las muestras M1 (de 0.43 % a 0.41 %), M2 (de 0.42 % a 0.41 %) y M3 (de 0.43 % a 0.41 %), para el pan de molde".

Por ello, el objetivo de la presente investigación fue determinar si la metodología de punto de corte es mejor que la metodología de riesgos acumulados de Weibull para determinar vida útil del pan de molde blanco.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material de estudio

La población estuvo conformada por un total 112 panes de molde blanco, que fueron elaborados en el laboratorio de panificación de Chucuito de la Universidad Nacional del Callao (UNAC). Se realizó un diseño

escalonado en siete fechas distintas (16 panes por fecha), según el diseño experimental. Los panes tuvieron un peso unitario de 100 g, y se los almacenó por un espacio de 21 días, hasta el momento de su evaluación.

El tamaño de muestra fue de 87 panes, que se obtuvo a través de una fórmula estadística, para el cálculo de la muestra con poblaciones finitas. El tipo de muestreo fue aleatorio simple.

2.2. Etapas de elaboración del pan de molde.

Se elaboró las muestras de panes de molde según el diseño escalonado para su posterior almacenamiento y evaluación correspondiente (figura 1).

En la elaboración, se pesaron los ingredientes (tabla 1), para la elaboración de 16 panes de moldes de 100 g c/u. Luego se amasó durante 3 minutos para hidratar la masa y forma el gluten, luego se sobó x 6 min.

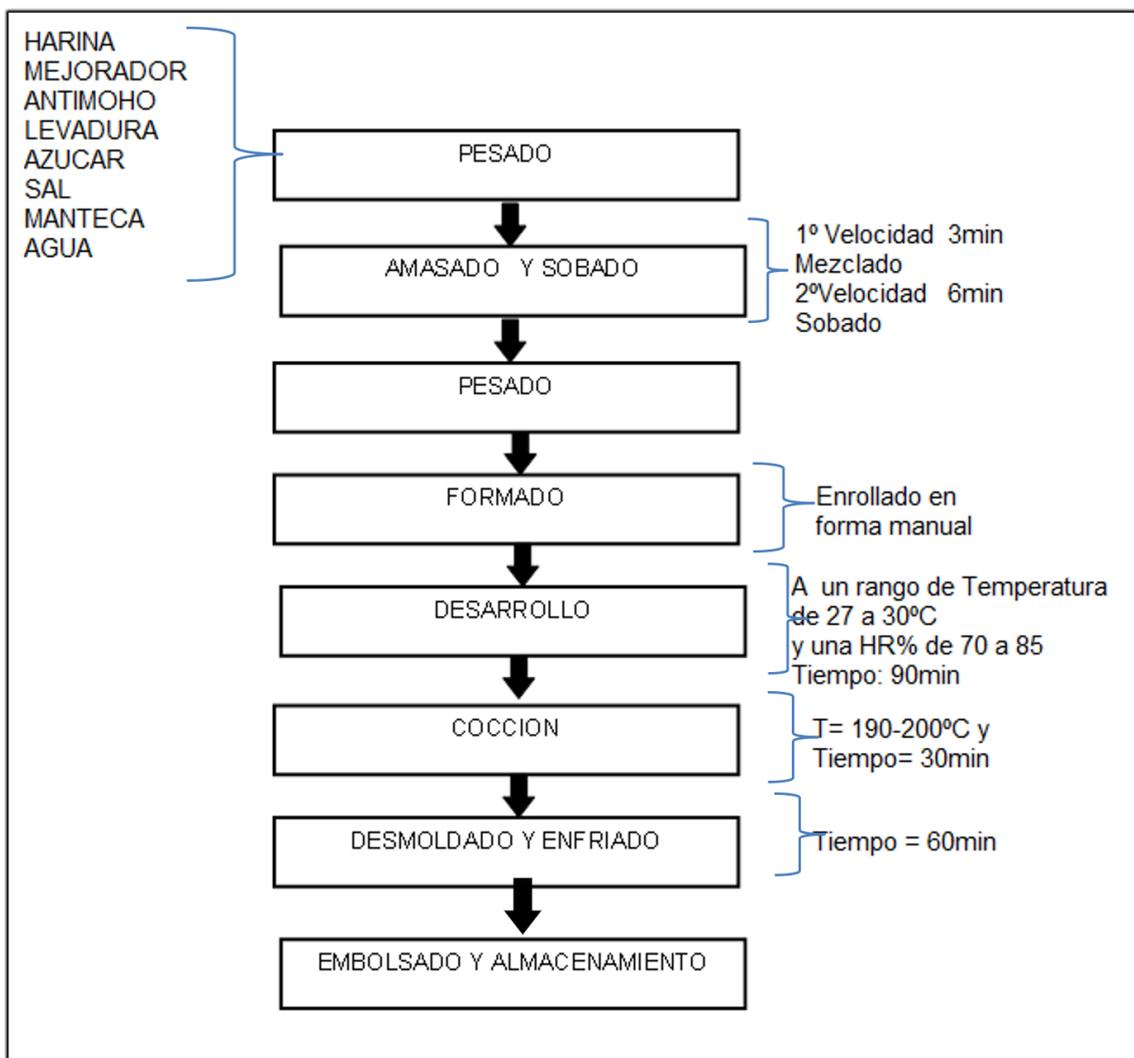


Figura 1. Diagrama de flujo de pan de molde blanco.

Tabla 1. *Formulación de pan de molde*

Ingredientes	Gramos (g)
Harina de trigo especial	1000
Azúcar blanca granulada	100
Levadura instantánea	30
Sal	20
Agua potable	600
Manteca Vegetal	120
Propianato de calcio	4
Mejorador de masa	10

Posteriormente, se pesó 16 unidades de 100 g cada uno en una balanza digital. El formado se realizó de manera manual. Para ello, primero se bolea, se lamina y luego se enrolla para después ser colocado en el molde previamente en mantecado. A continuación, se inicia la etapa de fermentación que permite el desarrollo de la masa. En esta etapa, donde se origina la mayor cantidad de producción de anhídrido carbónico como producto de la fermentación alcohólica de los azúcares presente, origina el crecimiento y desarrollo de las piezas enrolladas. Esto se realizó a temperatura ambiental entre 27 °C y 30

°C y con una humedad relativa entre 70 y 90 %, por 90 minutos.

Mas adelante, se procedió a la cocción en un horno eléctrico de doble sistema de calefacción, con ventilación forzada a 200 °C, por 30 min. El pan de molde obtenido se desmoldó sobre una plancha hueca para su enfriado a condiciones de temperatura ambiental con ventilación forzada por un espacio de 1 hora (figura 2). El pan molde se envasó en bolsa de polipropileno de alta densidad y se almacenó hasta el día de sus evaluaciones físico-químicas, sensoriales y microbiológicas.

**Figura 2.** Muestra de pan de molde recién horneado.

2.3. Evaluaciones realizadas

a) Evaluación sensorial

Se evaluó los panes mediante seis jueces entrenados, que utilizaron los valores obtenidos de una escala no estructurada de 5 cm. Cada centímetro correspondería a un valor de 1 puntos de atributo de textura, en relación a la composición de humedad del pan de molde, a diferente tiempo de almacenamiento.

b) Metodología de punto de corte

Se determinó el valor crítico analítico (criterio de falla), mediante las evaluaciones sensoriales con los jueces entrenados y consumidores mediante la ecuación de punto de corte que, finalmente, se correlacionaron los puntajes de los jueces entrenados con los porcentajes de humedad de los panes almacenados. Para ello, se determinó el orden de la cinética de deterioro del pan en base a la pérdida de humedad versus el tiempo, mediante el método de integración y con dicha ecuación se determinó la vida útil del pan de molde, en función al valor crítico de porcentaje de humedad, calculado con el punto de corte del puntaje de jueces entrenados.

En dicha ecuación, se determinó su coeficiente de determinación, coeficiente de correlación y el intervalo de confianza para el valor medio del tiempo de vida útil del pan de molde.

c) Metodología de Weibull

Se calculó la cantidad de muestras de pan rechazadas por el panel sensorial, mediante una prueba afectiva de aceptación discriminativa en función atributo en base al atributo textura, quienes contestaron con un SÍ o NO a las muestras presentadas con diferentes días de almacenamientos.

d) Análisis Físico-químicos.

Se realizó la determinación de porcentaje de humedad del pan de molde mediante el análisis Instrumental que utilizó la Balanza de Humedad MA-35, Marca Sartorius, que se basa en el principio de LOD (pérdidas de humedad por secado) y análisis de acidez titulable de la miga del pan de molde (NTP 206.013, 1981).

e) Análisis Microbiológicos

Se realizó el recuento de mohos del pan a diferentes tiempos de almacenamiento, lo cuales fueron realizados por un laboratorio certificado, y se aplicó la norma ICMSF 2000

2.4. Análisis de datos

Para evaluar las metodologías para determinar el tiempo de vida útil, se aplicó los análisis estadísticos correspondientes para la metodología de punto de corte: Análisis de Varianza para dos factores y una muestra para determinar el valor cuadrado medio del error (CME), para la prueba de aceptabilidad, mediante la escala sensorial no estructura, regresión lineal de los datos de tiempo y contenido de humedad con la aplicación de la ecuación de primer grado, determinación de los coeficiente de determinación y correlación y los intervalos de confianza al 95 %.

Para la metodología de Weibull, se realizó la prueba de bondad de ajuste por medio del test Anderson-Darling, mediante el paquete estadístico de MINITAD 15, regresión lineal de los datos, para determinar sus coeficientes de determinación y de correlación y sus de intervalos de confianza al 95 %.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Metodología de punto de corte

3.1.1. Evaluación de los panes por jueces entrenados

Los puntajes promedios de aceptabilidad de los panes, por los jueces entrenados durante los 21 días, disminuyeron de 4.5 a 0.2.

3.1.2. Evaluación de los panes por consumidores

Durante los 21 días de evaluación, los puntajes promedios de aceptabilidad por los consumidores se redujeron de 6.52 a 2.8.

3.1.3. Determinación del punto de corte sensorial

Para determinar el valor crítico, se trabajó con los datos encontrados de los seis jueces analíticos y de los 50 consumidores. Para ello, se determinó el valor crítico analítico (criterio de falla) mediante la ecuación de punto de corte de para el pan de molde. Se aplicó la ecuación (1) para encontrar el valor S.

$$S = F - Z\alpha \frac{\sqrt{2CME}}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Donde: S = Valor en que la aceptabilidad del producto almacenado comienza a disminuir significativamente. F = Aceptabilidad de la muestra fresca (promedio de los n

consumidores), cuyo resultado fue 6.52. $Z_{5\%}$ = Coordenada de la curva normal para un ensayo de una cola con un nivel de significancia del 5 % = 1.645. CME = Cuadrado medio del error obtenido del análisis de varianza de los consumidores, que empleó como factores de variación la muestra y consumidor el cual resultado 2.59. n = Número de consumidores, que fue 50.

SI se remplazan dichos valores en la ecuación (1), el valor de S será de 5.99. Con este valor, se determinó la ecuación que correlaciona los datos de los jueces entrenados y los consumidores (figura 3).

Se despejó el valor C mediante el valor S =5.99 calculado, y se obtuvo el valor de C = 2.99 días, (punto de corte). Con ese valor, se determinó el valor de porcentaje de humedad crítica en los panes por medio de la ecuación que correlaciona los datos de los puntajes de los jueces entrenados y los valores de porcentaje de humedad, de los panes durante el almacenamiento, y se obtuvo una ecuación polinómica $(H \%) = 0,26358*(E)^2 + 0,2534*(E) + 22,684$ con un índice de determinación de 0.9771 y con un índice de correlación de 0.988 (figura 4), donde se despejó el valor de humedad crítica del pan del molde, mediante el valor C=2.99 días y se obtuvo el valor de porcentaje de Humedad crítico igual a 25.8.

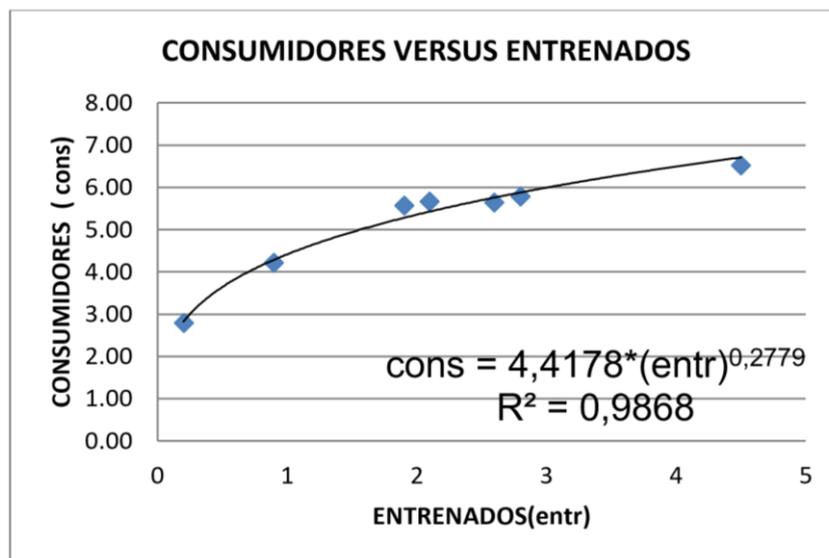


Figura 3. Punto de corte de consumidores vs. entrenados en función al atributo textura del pan de molde.

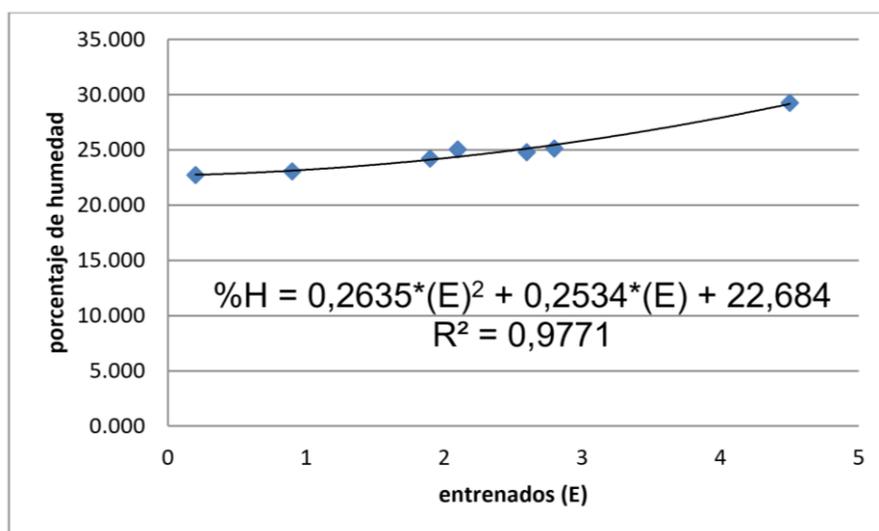


Figura 4. Puntaje de jueces entrenados versus porcentaje de humedad de la miga del pan de molde.

3.1.4. Determinación de la vida útil del pan de molde

Finalmente, se evidenció la ecuación que determina el grado de deterioro en base a la pérdida de humedad de los panes de molde. Para esto, se determinó el orden de la ecuación cinética por medio del método de integración, que obtuvo el valor de K, igual a 0.002. Por lo

tanto, el índice es igual a 1 y se presenta una ecuación de primer grado tal como se La ecuación (2):

$$\ln A = \ln A_0 - kAt \dots \dots \dots 2$$

Se obtuvo la siguiente ecuación: $\ln (\% \text{ Humedad}) = -0,011*(t) + 3,3477$, con un índice de determinación de 0.8969 (figura 5) y con índice

de correlación de 0.947. De ello, se despeja el valor del tiempo a través del valor la humedad crítica del pan de molde de 25.8 %. Además, se

obtuvo el tiempo de vida útil fue de 8.8 días. Con un intervalo de confianza al 95 %, se obtuvo el intervalo de 8.77 a 8.83 días.

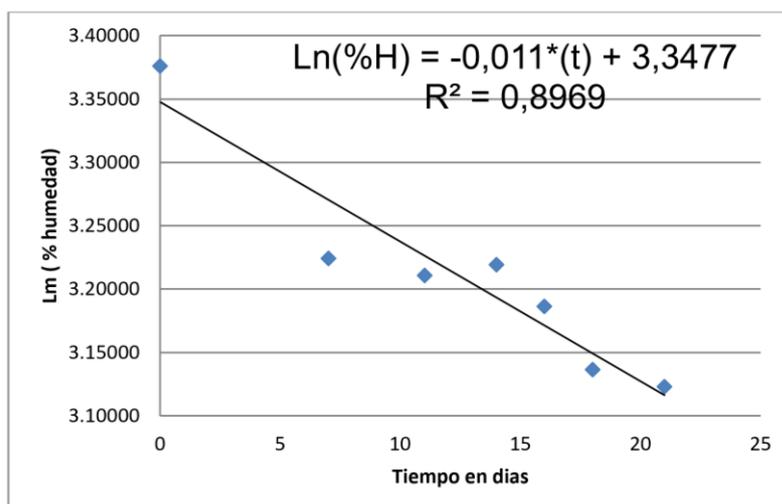


Figura 5. Porcentaje humedad versus el tiempo de almacenamiento para calcular la vida útil del pan de molde.

3.2. Metodología de riesgos acumulados de Weibull.

3.2.1. Prueba afectiva del pan de molde para determinar los valores rechazados en función al tiempo.

Se realizó la prueba afectiva para determinar el rechazo de los consumidores en función al tiempo de almacenamiento del pan de molde en función atributo Textura, mediante la disyuntiva Sí o NO.

3.2.2. Aplicación de la distribución de Weibull para los valores rechazados

Se realizó en forma preliminar la prueba de bondad de ajuste de AD (Anderson-Darling) para comprobar si los valores calculados de los riesgos se ajustan a una distribución Normal, Log normal, Exponencial y Weibull. De ello, resultó que la distribución que mejor se ajusta es la distribución de Weibull, en comparación a las otras distribuciones, por tener el menor valor $AD=0.275$ (figura 6).

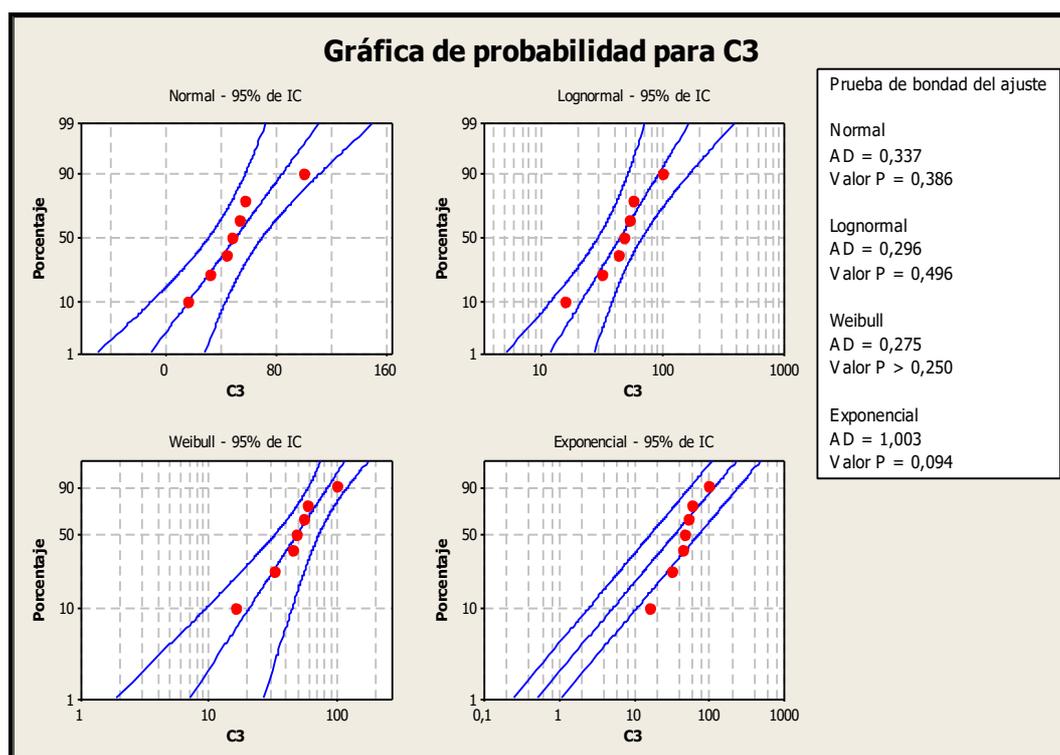


Figura 6. Pruebas de bondad de ajuste Anderson-Darling para evaluar a qué distribución se ajustan los datos.

3.2.3. Determinación de la vida útil del pan de molde

Una vez comprobado que los datos se ajustan a una distribución de Weibull, se continuó con la metodología para determinar los parámetros de

forma, de escala y el tiempo de vida útil de los panes. A continuación, se presenta la tabla 2 donde se muestra los valores calculados de los riesgos acumulados.

Tabla 2. Aplicación de la distribución de Weibull para los valores rechazados

Rango	Rango inverso (k)	Tiempo (días)	Tiempo (horas)	Riesgos (h)=100/k	Riesgos acumulado (H)	Log (días)	log (H/100)
1	174	7	168	0.57471	0.57471	0.845098	-2.24054925
22	153	11	264	0.65359	13.47597	1.041392	-0.87043989
45	130	14	336	0.76923	29.82427	1.146128	-0.52543011
71	104	16	384	0.96154	52.23506	1.204119	-0.2820379
99	76	18	432	1.31579	83.77861	1.255272	-0.07686683
133	42	21	504	2.38095	143.6208	1.322219	0.15721749

Se plotó los riesgos acumulados en función al tiempo de almacenamiento expresado en horas, con el uso del papel de Weibull, para

determinar el tiempo de vida útil del pan de molde, con el criterio de falla del 50 % probabilidad de rechazo por los consumidores.

De ello, se obtuvo mediante la interpolación del valor de 50 % en la recta formada que brinda el valor aproximado de 384 horas, que equivale a un tiempo de vida útil de 16 días y un parámetro de forma de 3.7 (figura 7).

Con la aplicación de la ecuación linealizada de Weibull, se obtuvo la ecuación $\text{Log } t = 0.2643 \cdot (\log (H/100)) + 1.2333$ (figura 8), con un índice de determinación de 0.9053 e índice de correlación de 0.951. Con esta ecuación, se

obtuvo el tiempo de vida útil del pan de molde de 15.48 días.

Con un intervalo de confianza al 95 %, se obtuvo el intervalo de 15.473 a 15.486 días, para el medio del tiempo de vida útil.

Con los parámetros encontrados de Weibull, se puede aplicar en la función de falla, también conocida como función de rechazo acumulada de Weibull (figura 9).

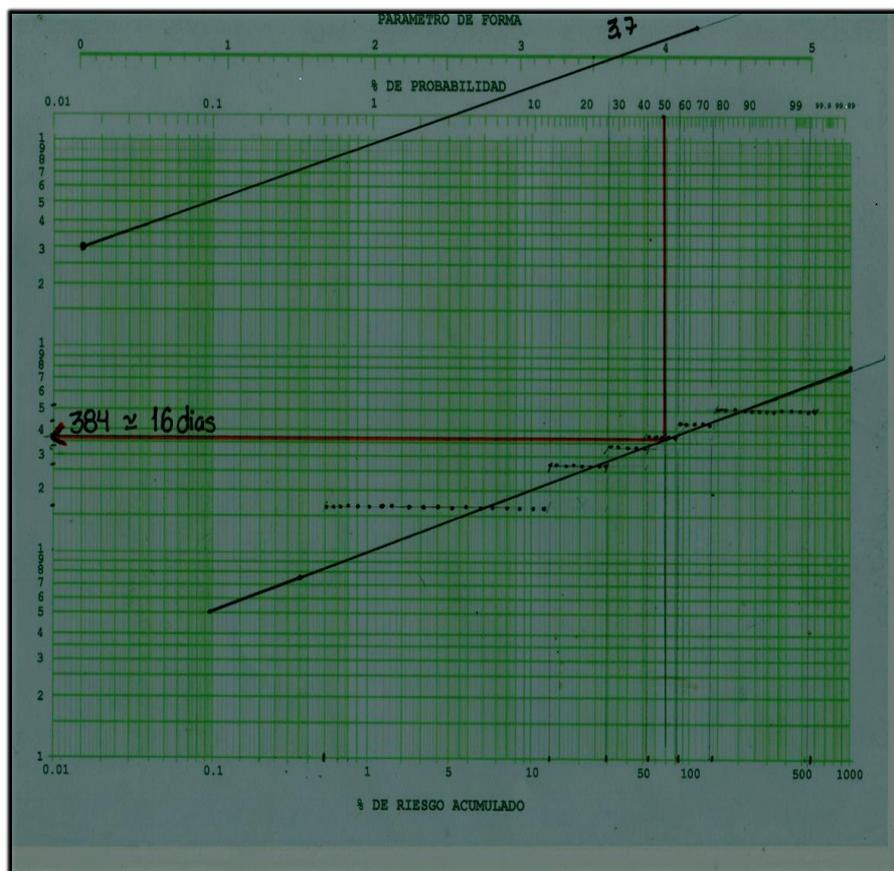


Figura 7. Ploteo de riesgos de los riesgos acumulados mediante el papel de Weibull.

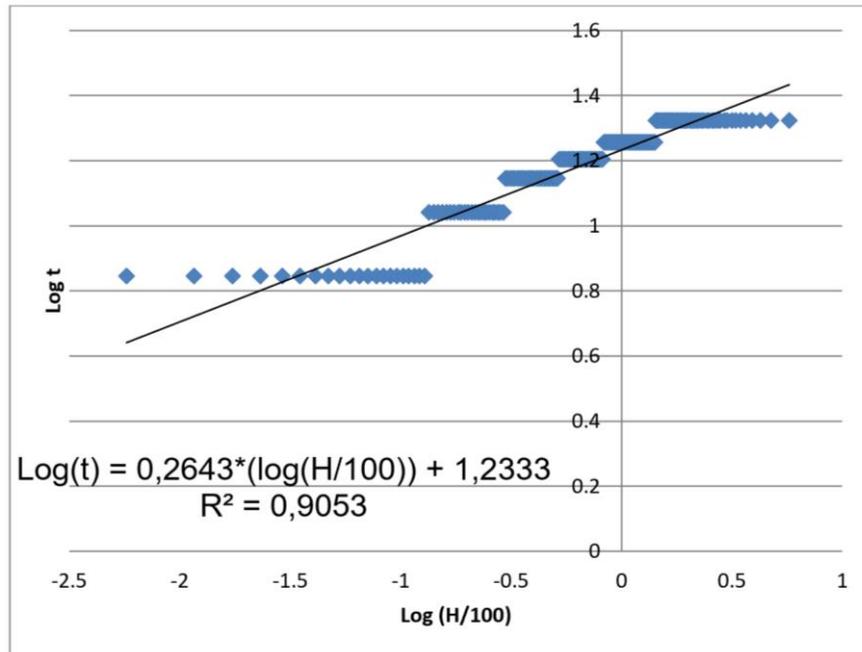


Figura 8. Ecuación linealizada de Weibull.

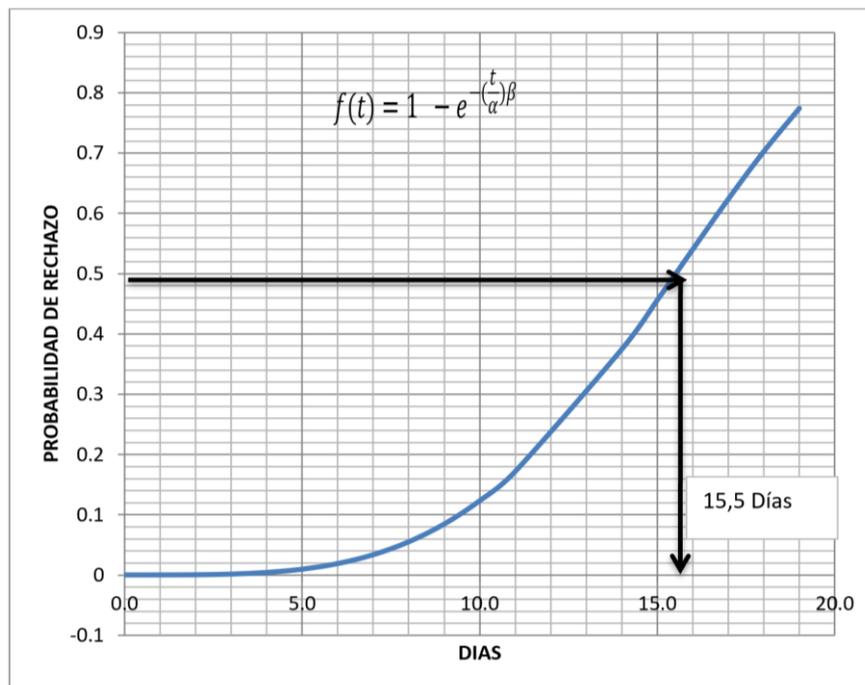


Figura 9. Función de rechazo acumulado del pan de molde.

El valor de parámetro de forma de la Weibull encontrado fue 3.78. Según Gacula y Kubala (1975), los valores de β , por encima de 2, y menores a 5, indican que la curva de Weibull se asemeja a la curva normal (forma acampanada).

A partir de este resultado, el 50avo percentil constituye una buena aproximación del tiempo medio de fallas de la aceptabilidad analizada, ya que la simetría de la distribución del 50avo percentil coincide con la media. A este valor se

le conoce como tiempo de vida útil Nominal (NL50) (De la Cruz, 2009). Por lo tanto, el valor de forma de 3.78 encontrado se ajusta dentro dicho intervalo mencionado.

La distribución que mejor se ajustó, según la prueba de bondad de ajuste de Anderson-Darling (AD), fue la de Weibull con un valor de 0.275, seguida por log normal de 0.296, de 0.337 normal, y de 1.003 exponencial (Hernández, 2011). Por otro lado, el test de AD sirvió para comparar el ajuste de varias distribuciones y para determinar cuál fue la mejor. Para concluir que una distribución es la mejor, el estadístico de Anderson-Darling debe ser menor que los otros mencionados (Alvarez, 2016).

La vida útil del pan de molde, según otros trabajos realizados, fue de 10 días mediante la microbiología predictiva (Hernández, 2011), de 11 días mediante el método gráfico de Weibull,

1 días para el caso de pan de molde con quinua (De la Cruz, 2009), de 10 días para el pan de molde que utilizó goma de tara (Layando *et al.*, 2014), y según Hurtado (2016), la vida útil de 18 días para el pan de molde para la muestra 3.

Como se precia, los valores encontrados con las metodologías de punto de corte y de Weibull están dentro de dichos valores.

3.3. Análisis Físico-químico y microbiológicos de los panes

Adicionalmente, se procedió a realizar los análisis fisicoquímicos de % de acidez, y microbiológicos de Recuento de Mohos, según criterios fisicoquímicos y microbiológico aprobada por el Minsa (2010), a las muestras del pan de molde almacenadas, para comprobar que sean aptas para su consumo (tabla 3).

Tabla 3. Análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras de pan de molde almacenadas

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)	% humedad de la miga del pan de molde* (H%)	% ACIDEZ TITULABLE* (EXPRESADO EN ÁCIDO SULFÚRICO)	RECUENTO DE MOHOS** UFC
0	29.250	0.20	<10
7	25.140	0.25	<10
11	24.790	0.15	<10
14	25.010	0.10	<10
16	24.190	0.20	<10
18	23.020	0.30	<10
21	22.711	0.25	<10

Los resultados fisicoquímicos de % de acidez, % de Humedad y microbiológico de recuentos de mohos del pan de molde fueron similares a los valores reportado por Hurtado (2016), en los panes de molde, durante almacenamiento.

4. CONCLUSIONES

El tiempo de vida útil del pan de molde mediante la metodología de punto de corte fue de 8.8 días, cuya regresión lineal de los datos tiene un índice de correlación de 0.947.y de determinación de 0.8969.

El tiempo de vida útil del pan de molde mediante la metodología de riesgos acumulados de Weibull fue de 15.5 días, cuya regresión lineal de los datos tiene un índice de correlación de 0.951 y de determinación de 0.9053.

El intervalo de confianza a un 95 % para el valor medio del tiempo de vida útil encontrado con la metodología de Weibull (15.473 a 15.486), es menor que el intervalo de confianza para el valor medio encontrado con la metodología de punto de corte (8.77 a 8.83).

Para las muestras control se realizó el % acidez, % Humedad y recuento de mohos, cuyos resultados obtenidos hasta el día 21 de almacenamiento, se encuentran dentro de los límites máximos permisibles por las normas establecidas (<0.5% de acidez expresado en ácido sulfúrico, <40% Humedad y <10 ufc de recuento de mohos). Esto comprueba que la vida útil del pan de molde dependerá de su vida sensorial

La presente investigación concluye que la metodología de Weibull es mejor que la metodología de punto de corte para determinar la vida útil del pan de molde blanco, determinado desde el aspecto sensorial de textura por parte del consumidor final.

Referencias

- Alvarez, G.A. (2016). *Determinacion del tiempo de vida en anaquel de pizzas en cadenas de frio por el metodo de weibull*. Lima, Peru: Universidad San Ignacio de Loyola.
- De La Cruz, W. (2009). Complementacion proteica de harina de trigo (*Triticum estivum* L) por Harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y suero en pan de molde y tiempo de vida util. *Tesis para optar el grado de magister Scientiae*. Lima, Peru.
- Gacula, M. & Kubala, J. (1975). Statistical Methods for Shelf Life Failures. *Jornual of Food Science*, 404-409.
- Hernandez, J. (2011). Efecto del propionato de calcio y biocitro sobre el crecimiento de mohos en el pan de molde blanco. *Tesis para optar el titulo de ingeniero de alimentos, UNAC*. Callao, Peru.
- Hernando, D. (2012). Evolucion de la vida util en panes sin corteza blancos al sustituir el mejorante y sorbio habituales. *Titulo de master calidad, desarrollo e innovacion de alimentos*. España.
- Hurtado, A. (2016). *Utilizacion de pre fermento en la elaboracion de pan de molde blanco para extender su tiempo de vida util*. Lima-Peru: Universidad San Ignacio de Loyola.
- Layando, M., Valverde, K. & Mayaute, Y. (2014). Evaluacion de la Goma de Tara (*Caesalpinia spinosa*) como retenedor de Humedad en una pre- mezcla para pan de molde. *Tesis para optar el titulo de ingeniera de alimentos, UNAC*. Callao, Peru.
- MINSA, RM-1020. (2010). *Norma sanitaria para la fabricacion , elaboracion y expendio de productos de panificacion, galleteria y pasteleria*. Lima, Peru.
- NTP 206, 0. (1988). *Norma Tecnica Peruana, Pan de molde; pan blanco, pan integral y productos tostados*. Lima: INDECOPI.
- Padilla, H. & Jara, J. (2010). *Estudio de la vida util de pan de molde*. Guayaquil, Ecuador.
- Peñañiel, C.E. (2012). Estimacion del tiempo de vida util de pan de molde con incorporacion de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) y suero usando la distribucion de Weibull. *Anales cientificos UNALM*, 78.