

## 1.1 ANTECEDENTES

A nivel nacional contamos con el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), que es la entidad emblema de calidad en Bolivia, y dentro de sus servicios hace referencia al etiquetado de productos alimentarios a través de la NB 314001 (*IBNORCA, 2016*).

En el departamento existen entidades que regulan el control de calidad de los alimentos como el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG), que controla el etiquetado de alimentos pre envasados; donde señala el uso obligatorio de la fecha de vencimiento e instrucciones para su conservación (*SENASAG, 2012*).

Por otra parte el servicio nacional de salud Tarija SEDES, realiza el Control y vigilancia en Inocuidad alimentaria; como así también la INTENDENCIA del municipio realiza la inspección en la venta de alimentos verificando las fechas de vencimiento y caducidad del producto (*Ruiz, 2016*).

En la ciudad de Tarija existen varias empresas a nivel artesanal e industrial que elaboran productos de chorizo parrillero entre ellas la fábrica de embutidos SAAVEMBUSTS, procesadora de alimentos INFELAC, fábrica de fiambres y embutidos artesanales CHALO; las cuales en su gran mayoría no especifican de manera clara la fecha de vencimiento de sus productos alimenticios.

El Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) elabora embutidos cárnicos como ser chorizos en sus variedades; parrillero, precocido y pollo, siendo uno de los más apreciados por el consumidor el chorizo parrillero (*PEDF, 2014-2017*). Este producto lleva un envase de películas comestibles (tripa natural), el cual le da forma y presentación final y tiene un tiempo de durabilidad aproximado entre (15 a 20) días almacenado en refrigeración.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

- Las industrias alimenticias de los países más desarrollados invierten mucho en investigación de durabilidad y prolongación de vida útil de los alimentos, no obstante en nuestro departamento no se cuenta con los medios necesarios para desarrollar pruebas a esos niveles, sin embargo con un estudio de vida útil a nivel laboratorio podemos mantener que nuestros productos sean de buena calidad.
- El presente trabajo de investigación se enfoca en el estudio de vida útil del chorizo parrillero, el cual nos permitirá generar datos referentes a su fecha de vencimiento a través del análisis fisicoquímico (pH y acidez), con pruebas de durabilidad a nivel de laboratorio, siendo imprescindible para el buen control de calidad del producto.
- La vida útil de los alimentos es específica para cada tipo de alimento y condiciones de almacenamiento, es por ello que se realiza un estudio exclusivamente para el chorizo parrillero del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA) y de esta manera coadyuvar en la seguridad e inocuidad alimentaria.
- Este tipo de estudio permite conocer con antelación los cambios químicos, riesgos microbiológicos y sensoriales que pudieran ocurrir durante el almacenamiento del producto; por consiguiente disponer de una información técnica para satisfacer los requerimientos normativos del cliente según indica la norma boliviana (NB 314001) que señala el marcado de fecha de envasado y fecha límite de utilización del producto, a lo largo de la vida útil del mismo.

## 1.3 OBJETIVOS

Entre los objetivos planteados para este proyecto de investigación se tiene los siguientes:

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la vida útil del chorizo parrillero elaborado en el Laboratorio Taller de Alimentos de la UAJMS, mediante el análisis fisicoquímico, microbiológico y organoléptico; con el fin de establecer su fecha de vencimiento.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer las condiciones de almacenamiento para el chorizo parrillero, con el fin de controlar el deterioro a distintas temperaturas.
- Determinar las características físicas del chorizo parrillero, con el fin de controlar el peso durante el almacenamiento.
- Determinar las características fisicoquímicas del chorizo parrillero, con el fin de realizar el seguimiento de deterioro fisicoquímico.
- Realizar los análisis microbiológicos del chorizo parrillero, con el fin de conocer la flora microbiana al inicio y final del almacenamiento.
- Realizar la evaluación sensorial del chorizo parrillero, con el fin de evaluar sus propiedades organolépticas durante el almacenamiento.
- Determinar la cinética de deterioro del chorizo parrillero, con el fin de conocer la velocidad de su descomposición y orden de reacción.

### **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el departamento de Tarija la fecha de vencimiento y condiciones de conservación de los productos alimenticios, son poco estudiados, debido a que no se cuenta con laboratorios o centros de predicción de vida útil de los alimentos; de igual manera son pocos los trabajos de investigación sobre vida útil y varias empresas procesadoras de embutidos cárnicos no cuentan con la implementación de un laboratorio de control de calidad.

El Laboratorio Taller de Alimentos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho elabora chorizo parrillero con bases de higiene e inocuidad, sin embargo la falta de exigencias y aplicación de normas de calidad limitan realizar pruebas de vida útil en cada uno de sus productos, estableciendo la duración de los mismos en función de la literatura y con pruebas básicas de deterioro, generalmente basadas en la evaluación sensorial.

### **1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es la influencia del análisis fisicoquímico, microbiológico y organoléptico en la determinación de la vida útil del chorizo parrillero, elaborado en el Taller de Alimentos de la UAJMS?

### **1.6 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

Es factible determinar la vida útil del chorizo parrillero elaborado en el Laboratorio Taller de Alimentos mediante el análisis fisicoquímico (humedad, pH y acidez) y análisis complementarios (microbiológico y organoléptico).

## 2.1 VIDA DE ANAQUEL DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos son sistemas físico-químicos y biológicamente activos, por lo tanto la calidad de los alimentos es un estado dinámico que se mueve continuamente hacia niveles más bajos. Para cada alimento particular, hay un periodo de tiempo determinado, después de su producción, durante el cual mantiene el nivel requerido de sus cualidades organolépticas y de seguridad, bajo determinadas condiciones de conservación. Este periodo se define como vida útil del alimento (*Casp y Abril, 2003*).

Existen diversas definiciones (*Ferrás, 2015; Singh, 2000; Anzueto, 2012; Potter y Hotchkiss, 1999; Bousquets, 2016*) sobre lo que implica la vida útil, la mayoría incluye conceptos como el “preservar la calidad y asegurar el bienestar del consumidor”:

- La vida útil de un alimento es el periodo de tiempo que se mantiene en buenas condiciones desde que se elabora hasta que empieza a deteriorarse.
- La vida útil (VU) es un período en el cual, bajo circunstancias definidas, se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil.
- La vida útil es el período en el que un alimento mantiene características sensoriales y de seguridad aceptables para el consumidor, almacenado bajo condiciones óptimas preestablecidas.
- La vida útil o vida de almacén de un alimento se define como el tiempo que transcurre hasta que el producto se convierte en inaceptable.

- La vida útil de un alimento es el periodo en el que puede mantenerse en condiciones de almacenamiento específicas sin que pierda su seguridad y calidad.

Desde el punto de vista sensorial, define la vida útil como “El tiempo durante el cual las características y desempeño del producto se mantienen como fueron proyectados por el fabricante”. El producto es consumible durante este periodo, brindándole al usuario final las características y beneficios sensoriales deseados (*García et al, 2008*).

La caducidad de los productos tienden a reflejar tres aspectos diferentes donde se debe reconocer una caducidad microbiológica, una caducidad química y una caducidad organoléptica ya que todos los alimentos se estropean aunque a diferente velocidad (*Man, 2002*).

Existen indicadores de que la vida útil de un producto ha llegado a su fin. Entre estos elevado número de microorganismos, oxidación de grasas y aceites, migración de humedad, pérdida de vitaminas y nutrientes, cambios de textura debidos a actividades enzimáticas, degradación de proteínas, pérdida de sabor y color (*Inungray y Munguía, 2007*).

## **2.2 ALTERACIONES EN LOS ALIMENTOS DURANTE SU ALMACENAMIENTO**

La vida útil en anaquel de los alimentos se ve influenciada por las alteraciones durante su almacenamiento de tipo: sensorial, físico, microbiológico y químico; que pueden incluir pérdidas de las características organolépticas deseables, del valor nutritivo, de su estado higiénico y de su aspecto agradable (*Potter y Hotchkiss, 1999*).

El almacenado de los alimentos durante un cierto tiempo puede implicar la posibilidad de alteraciones que perjudican su calidad sensorial y, en muchas ocasiones, significan su descomposición. En la tabla 2.1 se muestran las tres principales causas de alteración en los alimentos (*Gutiérrez, 2000*).

**Tabla 2.1**  
**Principales causas de alteración en los alimentos**

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Físicas</b>    | Temperatura no apropiadas<br>Pérdidas o ganancias de humedad<br>Radiaciones  |
| <b>Químicas</b>   | Reacciones con el oxígeno<br>Radiaciones<br>Tratamiento térmico  |
| <b>Biológicas</b> | Proliferación y metabolismo de microorganismos<br>Infestación por insectos, parásitos<br>Actividad de sistemas enzimáticos |

**Fuente:** (Gutiérrez, 2000)

### 2.2.1 ALTERACIONES FÍSICAS DE LOS ALIMENTOS

La alteración física más importante de los alimentos durante su manipulación en frío es la desecación (Tscheuschner, 2001). Los fenómenos de alteración física de un alimento almacenado suelen depender de dos parámetros tecnológicos: la humedad relativa (HR) del ambiente y su temperatura (T); esto explica que las pérdidas de peso provocadas por la evaporación en los alimentos almacenados disminuyan cuando aumenta la humedad relativa del aire ambiental al ser proporcional a la diferencia entre las presiones parciales del vapor de agua en el aire ( $P_{\text{aire}}$ ) y en la superficie del alimento ( $P_{\text{alim}}$ ) (Potter y Hotchkiss, 1999). La pérdida o la ganancia de humedad es uno de los factores más importantes que controlan la vida de anaquel de los alimentos (Sharma et al, 2003).

Los valores de actividad de agua se han usado tradicionalmente como indicador de la estabilidad de los alimentos con respecto a su potencial para el crecimiento bacteriano, cambios químicos y bioquímicos y transferencias físicas como migraciones del contenido de humedad (Man, 2002).

El agua libre es la que da origen al término actividad del agua ( $a_w$ ) y es con base en este parámetro, y no el contenido total de agua, que se puede predecir la estabilidad y la vida útil de un producto por eso, productos con la misma humedad, presentan distintas vidas de anaquel (Dergal, 2012)

Según (Trejo, 2012) define la actividad de agua ( $a_w$ ) de un alimento en función de sus presiones de vapor según la ecuación 2.1.

$$a_w = \frac{P_{alim}}{P_{H_2O}} = \frac{\text{Humedad relativa}}{100} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

**Dónde:**

$a_w$  : Actividad de agua del alimento

$P_{alim}$ : Presión de vapor del alimento a la temperatura T

$P_{H_2O}$  : Presión de vapor del agua pura a la temperatura T

La forma en la que se encuentra el agua en los alimentos influye mucho en las propiedades físicas de los mismos y su conservación (Sahin y Servet, 2009).

El contenido inicial en agua de un embutido crudo-curado depende del contenido en agua de los ingredientes y de adición de agua a la masa y lo frecuente es que el contenido de humedad de un embutido después del proceso de maduración sea en torno al 50% (Prieto y Carballo, 1997).

### 2.2.2 ALTERACIONES QUÍMICAS DE LOS ALIMENTOS

Los componentes químicos que normalmente se ven afectados al deteriorarse los alimentos son: humedad, proteínas, grasa, carbohidratos, vitaminas y minerales (Inungaray y Munguía, 2007).

Estas alteraciones se relacionan con mecanismos de reacción, que tiende a llegar bajo determinadas condiciones entre sustancias químicas presentes, dependientes la mayoría de las veces de actividades enzimáticas o de la implicación del oxígeno del aire en reacciones de oxidación (Gutiérrez, 2000).

La rancidez oxidativa es una reacción química con una baja energía de activación generalmente de 4 a 5 kcal/mol y 6 a 14 kcal/mol y por lo tanto no se detiene bajando las temperaturas de almacenamiento del alimento (Potter y Hotchkiss, 1999).

La putrefacción de los productos cárnicos es consecuencia de una degradación excesiva de las proteínas (Potter y Hotchkiss, 1999), acompañada de otros cambios como los defectos de coloración: el pardeamiento, por la formación de



metamioglobina y concentración de los pigmentos a consecuencia de las condiciones de almacenamiento, y el enverdecimiento, por el exceso de nitrito o por la formación de peróxidos por la presencia de bacterias catalasa-negativas (*Dube y Robles, 2000*).

### 2.2.3 ALTERACIONES MICROBIOLÓGICAS DE LOS ALIMENTOS

Todo crecimiento y multiplicación de microorganismos tiene su base en reacciones bioquímicas muy complejas. En general la velocidad de crecimiento disminuye con el descenso de la temperatura. Además de la temperatura ambiente, el crecimiento de los microorganismos se ve influenciado por numerosos factores (composición del alimento,  $a_w$ , concentración de iones de hidrogeno, potencial redox, especie y estado fisiológico de los microorganismos) (*Tscheuschner, 2001*).

La condición necesaria para que se de la actividad biológica de los microorganismos es sobre todo una actividad de agua mínima. Es por ello que el almacenamiento en frío se realiza con humedades relativas no muy elevadas (*Tscheuschner, 2001*). La mayoría de las bacterias que alteran los alimentos no crecen a valores de agua inferiores a 0,90 (*Potter y Hotchkiss, 1999*).

El pH del alimento resulta un factor controlador al posibilitar las reacciones químicas y bioquímicas implicadas en el metabolismo celular de los microorganismos. En la tabla 2.2 se muestra el pH óptimo de crecimiento de algunos microorganismos presentes en embutidos cárnicos (*Potter y Hotchkiss, 1999*).

**Tabla 2.2**  
**Valores límite de pH para el crecimiento microbiano**

| Microorganismos        | pH óptimo                  |
|------------------------|----------------------------|
| Escherichia coli       | 6,0 - 7,0 <sup>&amp;</sup> |
| Salmonella spp         | 7,0 - 7,5 <sup>&amp;</sup> |
| Bacterias (en general) | 6,5 - 7,5 <sup>*</sup>     |
| Bacteria lácticas      | 5,5 - 6,5 <sup>*</sup>     |
| Mohos                  | 4,5 - 6,8 <sup>‡</sup>     |
| Levaduras              | 5,5 - 6,5 <sup>‡</sup>     |
| Staphylococcus         | 6,8 - 7,5 <sup>‡</sup>     |

**Fuente:** (*Man, 2002*)<sup>&</sup>; (*Potter y Hotchkiss, 1999*)<sup>\*</sup>;  
(*Casp y Abril, 2003*)<sup>‡</sup>.

Los tipos de microorganismos y la cantidad de ellos, presentes en los productos elaborados a base de carne, dependen de las condiciones sanitarias del medio ambiente del cual provenga el alimento, de las propiedades y calidad microbiológica (Molina et al, 2001).

En la tabla 2.3 se muestra la relación entre el número de células bacterianas y su descomposición de los productos cárnicos:

**Tabla 2.3**  
**Relación entre el número de células bacterianas y su descomposición**

| Número de células bacterianas (Log UFC/cm <sup>2</sup> ) | Descomposición             |
|--|----------------------------|
| 8 log UFC o más  | Daños estructurales        |
| 6-7 log UFC  | Presencia de mal olor      |
| 6 log UFC  | Transición                 |
| 5-6 log UFC  | Sin señal evidente de daño |
| 3-4 log UFC  | Sin evidencia de daño      |

**Fuente:** (Bousquets, 2016)

Los que más agua requieren son las bacterias ( $a_w = 0,91$ ), después las levaduras ( $a_w = 0,88$ ), y luego los hongos ( $a_w = 0,80$ ); de todos los patógenos son los que más la necesitan para su desarrollo (Dergal, 2006).

La alteración de los alimentos es reconocible por la actividad de los microorganismos. Mientras no pueda demostrarse la existencia de microorganismos sobre el alimento y/o la excreción de algún producto metabólico perjudicial, no se puede hablar de malas condiciones (Luck, 1997).

### **2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VIDA ANAQUEL DE LOS ALIMENTOS**

(Labuza, 1999), indica que esencialmente la vida útil de un alimento, desde el punto de vista de la seguridad y del aspecto organoléptico, depende de cuatro factores principales: conocer la formulación, el procesado, el empaçado y las condiciones de almacenamiento.

Según (*Man, 2002*) la duración de vida útil de un producto está influenciada por varios factores:

- **Factores intrínsecos:** actividad de agua, valor de pH y acidez, disponibilidad de oxígeno.
- **Factores extrínsecos:** exposiciones a la luz, variaciones de temperatura y humedad

En consecuencia, el tiempo de duración de la vida útil de un producto alimenticio comercializado puede ser muy variable, según puedan incidir con mayor o menor intensidad de estos factores (*Gutiérrez, 2000*).

### **2.3.1 CONTROL DEL DESCENSO DE pH EN LOS EMBUTIDOS CRUDOS-CURADOS**

El valor de pH de un alimento varía dependiendo de su composición y formulación. Dado que la acidez tiene gran influencia en la caducidad y seguridad del producto, su valor debe ser controlado (*Man, 2002*); durante el almacenamiento y el deterioro de los alimentos, ocurren cambios por acción enzimática y desarrollo de bacterias. Estos cambios dependen de manera importante de la concentración de ion hidrogeno, más que de la acidez titulable presente (*Kirk et al, 1996*).

Durante la maduración de los productos cárnicos el valor del pH desciende en los primeros días hasta alcanzar valores de 5 o inferiores (4,7-4,9) como consecuencia de la actuación de la flora microbiana presente sobre los azúcares de la masa generando ácidos orgánicos, que es fundamental al asegurar la conservabilidad del producto en esta etapa; cuando la humedad es todavía elevada, si el pH se mantiene alto los riesgos de putrefactibilidad son mayores, el cual depende de la composición de la masa fundamentalmente del contenido en grasa (*Prieto y Carballo, 1997*).

Según (*Casp y Abril, 2003*) sobre las diferentes causas de deterioro de los alimentos influyen una serie de factores ambientales, como ser:

### **2.3.2 TEMPERATURA**

La temperatura es un factor importante para mantener la calidad de los alimentos almacenados; el descenso de la temperatura disminuye la velocidad de las reacciones

que producen el deterioro de la calidad en los alimentos, en general se acepta que un descenso de temperatura de 10°C reduce la velocidad de reacción a la mitad (*Singh y Heldman, 2009*).

El calor excesivo desnaturaliza las proteínas, rompe las emulsiones, destruye las vitaminas y reseca los alimentos al eliminar la humedad. El frío no controlado también deteriora los alimentos como así también la congelación en algunos casos produce el rompimiento de las emulsiones, las grasas se separan (*Casp y Abril, 2003*).

Uno de los factores que afectan la rapidez de deterioro de las grasas y aceites es la temperatura, observándose que un incremento de la misma aumenta la velocidad de estas reacciones de deterioro (*Salazar et al, 2007*). La conservación por el frío, cuando es prolongada, puede alterar la composición de la grasa, al existir el riesgo de oxidaciones en los ácidos insaturados, que desembocan en procesos de enraizamientos (*Anchía y Hernandez, 1999*).

Como consecuencia, la vida útil real del producto alimenticio refrigerado depende de las condiciones de temperatura a través de toda la cadena de frío ya que el efecto integrado de tiempo y temperatura permite la proliferación de microorganismos alterantes y patógenos así como también el deterioro de la calidad sensorial y nutritiva (*Piagentini et al 2004*).

Desde el punto de vista microbiológico, el crecimiento de los microorganismos patógenos se inhibe a - 4 °C y el crecimiento de los alterativos se inhibe a - 10 °C (*Somolinos et al, 2002*).

### **2.3.3 HUMEDAD**

La incorporación de un exceso de humedad o su pérdida causan importantes cambios alterativos en los alimentos. Se necesita humedad para las reacciones químicas y para el crecimiento de los microorganismos; la humedad excesiva puede acelerar los cambios alterativos, la pérdida excesiva de humedad también es perjudicial, especialmente para la apariencia y la textura (*Potter y Hotchkiss, 1999*).

La presencia de agua física sobre la superficie producida por la condensación debido al cambio de temperatura, puede producir hidropatías que habitualmente llevan a la aparición de manchas y otros defectos superficiales. Esta condensación puede producirse también dentro de envases (*Casp y Abril, 2003*).

Las variaciones en la  $A_w$  de la superficie de la carne (relacionada con la humedad relativa) tiene grandes repercusiones sobre el crecimiento microbiano superficial; todo descenso en la  $A_w$ , supone una desecación que se opone a la multiplicación microbiana (*Molina et al, 2001*).

La influencia de este parámetro resulta más en alimentos húmedos, cuya actividad de agua es superior a 0,85 (*Potter y Hotchkiss, 1999*).

#### **2.3.4 AIRE Y OXÍGENO**

El aire y el oxígeno ejercen efectos destructores sobre las vitaminas, los colores, los sabores y otros componentes de los alimentos. La acción química del oxígeno del aire sobre los pigmentos de las carnes y los productos cárnicos es de dos tipos: oxidación y oxigenación. La oxigenación o fijación inestable del oxígeno sobre la mioglobina y la hemoglobina para dar oximioglobina y oxihemoglobina, es el origen de la vivacidad del color rojo de la carne. La oxidación que transforma el hierro ferroso en hierro férrico de la hemo de la mioglobina provoca la formación de metamioglobina marrón (*Casp y Abril, 2003*).

El oxígeno interviene también en la oxidación de las grasas, los ácidos grasos insaturados son más sensibles cuando están libres, su grado de insaturación aumenta su sensibilidad y la velocidad de oxidación (*Casp y Abril, 2003*). Existen microorganismos denominados anaerobios facultativos que pueden desarrollarse en presencia o ausencia de oxígeno y los más representativos en la carne y los productos cárnicos son los pertenecientes a los géneros *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Estafilococcus* y *Coliformes* (*Molina et al, 2001*). Los mohos y levaduras responsables del deterioro de la mayoría de los alimentos también necesitan oxígeno

para crecer, en ocasiones también pueden crecer en la superficie de los alimentos cuando encuentran aire (*Ferrás, 2015*).

## 2.4 CINÉTICA DEL DETERIORO DE LOS ALIMENTOS Y PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL

La cinética de deterioro de los alimentos se puede expresar matemáticamente por medio de ecuaciones de relación (ecuación 2.2). Aplicando los principios fundamentales de la cinética química, los cambios en la calidad de los alimentos pueden, en general, expresarse como una función de la composición de los mismos y de los factores ambientales (*Casp y Abril, 2003*).

$$\frac{dQ}{dt} = F(C_p E_j) \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

**Donde:**

$C_p$  : Son factores de composición, tales como concentración de algunos compuestos de reacción, enzimas, pH, actividad de agua, así como la población microbiana.

$E_j$  : Son factores ambientales tales como temperatura, humedad relativa, presión total y parcial de diferentes gases, luz, etc.

El orden de la reacción en un alimento se puede calcular en función de la concentración de los reactantes o de los productos. La mayor parte de los datos de vida útil para el cambio de una característica de calidad, basado en una reacción química o crecimiento bacteriano, sigue un modelo de orden cero ( $n = 0$ ) o de primer orden ( $n = 1$ ) y hasta fraccionados (*Salazar et al, 2007*).

### 2.4.1 REACCIÓN DE ORDEN CERO

El factor de disminución de la calidad es constante (ecuación 2.3), en unidades de concentración/tiempo (*Casp y Abril, 2003*):

$$\frac{dQ}{dt} = kQ^n \quad \text{Ecuación (2.3)}$$

**Donde:**

$Q$  : Factor químico, microbiológico o sensorial de calidad

$k$  : Constante que representa la variación del factor  $Q$

n : Orden de la reacción

t : Tiempo

Integrando la ecuación (2.3) se obtiene la ecuación (2.4):

$$Q=Q_0-kt \quad \textbf{Ecuación (2.4)}$$

**Donde:**

$Q_0$ : Representa el valor inicial del atributo de calidad

Q : Valor que toma dicho atributo después de transcurrido el tiempo t

En consecuencia la vida útil  $t_p$  será; según la ecuación 2.5.

$$t_p = \frac{Q_0-Q_f}{k} \quad \textbf{Ecuación (2.5)}$$

El empleo de una ecuación de orden cero es útil en procesos de degradación enzimática, pardeamiento no enzimático y oxidación de lípidos (*Casp y Abril, 2003*).

#### 2.4.2 REACCIÓN DE PRIMER ORDEN

En la que el atributo de calidad (ecuación 2.6), disminuye de forma exponencial durante el periodo de almacenamiento (*Casp y Abril, 2003*).

$$-\frac{dQ}{dt}=kQ \quad \textbf{Ecuación (2.6)}$$

Integrando la ecuación 2.6 se obtiene la ecuación 2.7:

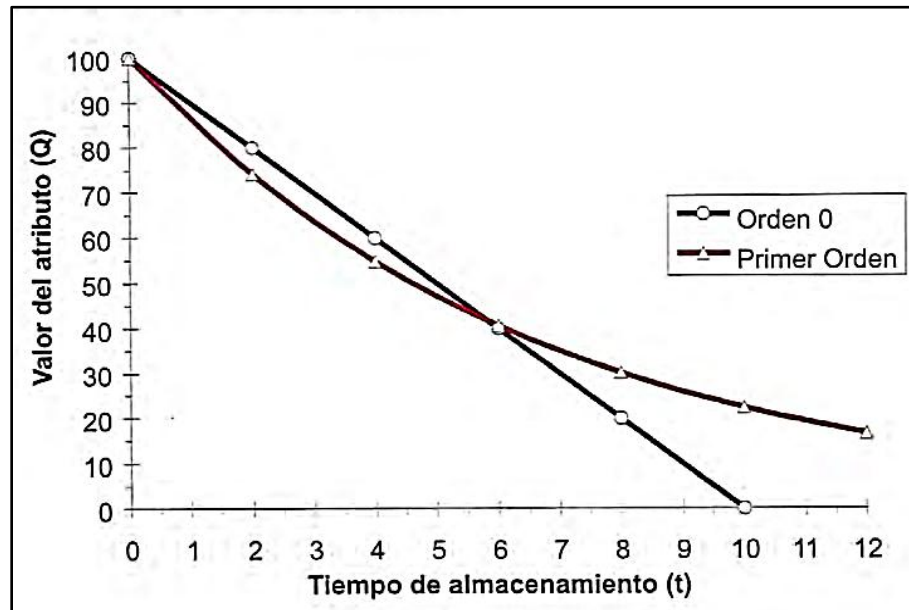
$$Q=Q_0 \cdot e^{-kt} \quad \textbf{Ecuación (2.7)}$$

El final de la vida útil, se alcanzará cuando el atributo de calidad tome el valor  $Q_f$  según se expresa en la ecuación 2.8:

$$t_p = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_f}{k} \quad \textbf{Ecuación (2.8)}$$

El empleo de una ecuación de primer orden se da en las pérdidas de vitaminas, proteínas y el crecimiento microbiano. En la figura 2.1 se muestra la disminución de un atributo de calidad de un alimento siguiendo dos órdenes de reacciones distintos (*Casp y Abril, 2003*).

**Figura 2.1**  
**Disminución de un atributo de calidad de un alimento siguiendo dos**  
**órdenes de reacciones distintos**



**Fuente:** *Casp y Abril, 2003*

Al conocer el orden de la reacción, se puede extrapolar basándose en pocas medidas, mediante representaciones gráficas correctas, a los valores máximos permitidos de los índices ensayados al término fijado de su vida útil (*Salazar et al, 2007*).

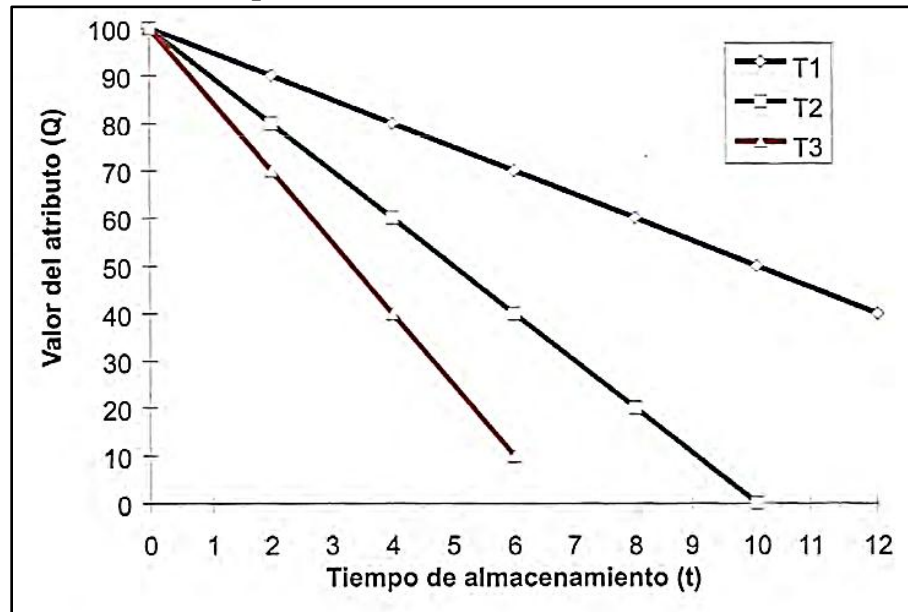
### 2.4.3 EFECTO DE LA TEMPERATURA

El factor ambiental que se incluye en los modelos matemáticos es la temperatura. Ya que la temperatura, además de afectar fuertemente a las constantes de velocidad de reacciones, es el único factor que, la mayoría de veces, le es impuesto externamente del alimento y no puede ser controlado por un envase apropiado (*Casp y Abril, 2003*).

Si se representa la variación del valor del atributo con respecto al tiempo a distintas temperaturas, se obtendrá una serie de curvas (gráfica 2.2 y gráfica 2.3); según que las reacciones de deterioro sean de orden cero o de primer orden (*Casp y Abril, 2003*).



**Figura 2.2**  
**Influencia de la temperatura en una reacción de deterioro de orden cero**



**Fuente:** *Casp y Abril, 2003*

La influencia de la temperatura sobre la constante de velocidad de la reacción se puede describir utilizando la (ecuación 2.9) desarrollada por Svante Arrhenius (*Casp y Abril, 2003*):

$$k = k_0 \exp \left[ -\frac{E_A}{RT} \right] \quad \text{Ecuación (2.9)}$$

**Donde:**

$k_0$  : Factor pre-exponencial ( $s^{-1}$ )

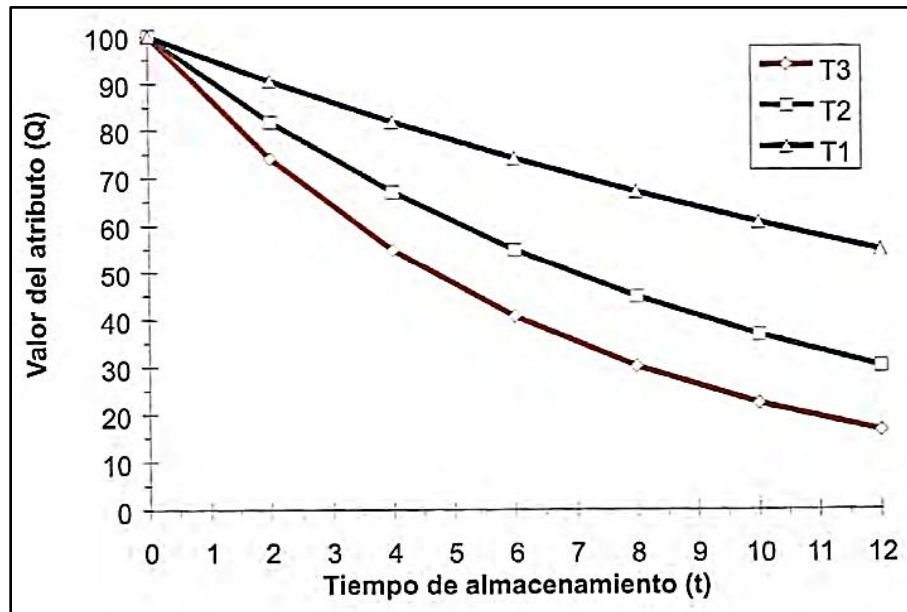
$E_A$ : Energía de activación ( $kJ \cdot mol^{-1}$ )

$R$  : Constante de los gases perfectos ( $kJ \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$ )

$T$  : Temperatura en la escala absoluta (K)

Según esta ecuación, la reacción que se esté considerando se produce solo cuando el calor ha conseguido la activación de las moléculas (*Casp y Abril, 2003*). La energía de activación se define como la energía en exceso (adicional) que durante la colisión deben adquirir las moléculas reaccionantes para formar productos (*Trejo, 2012*).

**Figura 2.3**  
**Influencia de la temperatura en una reacción de deterioro de primer orden**



**Fuente:** *Casp y Abril, 2003*

Para describir la relación entre la temperatura y la constante de velocidad de reacción el valor  $Q_{10}$  se define, según la ecuación 2.10 (*Casp y Abril, 2003*):

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} \quad \text{Ecuación (2.10)}$$

**Donde:**

$k_T$  : Constante de velocidad de reacción a la temperatura T

$k_{T+10}$ : Constante de velocidad de reacción a la temperatura T+10°C

De acuerdo con la ecuación 2.10 se puede escribir como la ecuación 2.11:

$$Q_{10} = e^{\frac{E_A}{RT} - \frac{E_A}{R(T+10)}} \quad \text{Ecuación (2.11)}$$

La energía de activación es determinada a partir de la pendiente de la línea (dividido por la constante de gas R). Una pendiente más pronunciada significa que la reacción es más sensible a la temperatura, es decir, un pequeño cambio en T produce grandes cambios en la tasa (*Labuza y Riboh, 1982*).

#### 2.4.4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CINÉTICOS

Para describir la influencia de la temperatura sobre la constante de velocidad de reacción, tal como indica la expresión de Arrhenius, es necesario conocer los valores de los parámetros cinéticos tales como el factor pre-exponencial y la energía de activación. Los procedimientos más empleados para determinar estos parámetros cinéticos suelen ser (*Casp y Abril, 2003*):

- a) El método de la regresión lineal que implica representar el logaritmo de la constante de velocidad con respecto a la inversa de la temperatura (absoluta), se utiliza para determinar la pendiente y la ordenada en el origen, obteniendo así valores para el factor pre- exponencial y la energía de activación.
- b) El método de regresión no lineal, utilizado para determinar la energía de activación directamente a partir de la concentración o nivel de un atributo de calidad.

La expresión (ecuación 2.12) que describe el cambio de un atributo de calidad en una forma no lineal para una reacción de orden cero (*Casp y Abril, 2003*):

$$Q_{ij}=Q_0-k_0t_{ij}\exp\left(-\frac{E_A}{RT_j}\right) \quad \text{Ecuación (2.12)}$$

Para una reacción de primer orden la expresión es según la ecuación 2.13 (*Casp y Abril, 2003*):

$$Q_{ij}=Q_0\exp\left[-k_0t_{ij}\left(-\frac{E_A}{RT_j}\right)\right] \quad \text{Ecuación (2.13)}$$

Donde los subíndices i y j indican el tiempo y la temperatura de las correspondientes medidas del atributo de calidad (*Casp y Abril, 2003*).

Labuza (1982), presentó una aproximación simple para determinar el efecto de la temperatura sobre la calidad del alimento, su método es particularmente adecuado para situaciones en que los datos disponibles de la variable son escasos, por ejemplo en los casos en que los datos experimentales disponibles se refieren a los valores

iniciales y finales de un determinado atributo de calidad; para cualquier orden de reacción se puede escribir la ecuación 2.14 (Casp y Abril, 2003).

$$k = \frac{F}{t_u} \quad \text{Ecuación (2.14)}$$

Donde el numerador es la función de calidad en el tiempo de vida útil; para la reacción de orden cero, la vida útil y la constante de velocidad de reacción son inversamente proporcionales, por tanto se puede escribir según la ecuación 2.15

$$Q_{10} = \frac{\text{vida útil a } T_{\text{ref}}(^{\circ}\text{C})}{\text{vida útil a } T(^{\circ}\text{C})} = \frac{t_0}{t_u} \quad \text{Ecuación (2.15)}$$

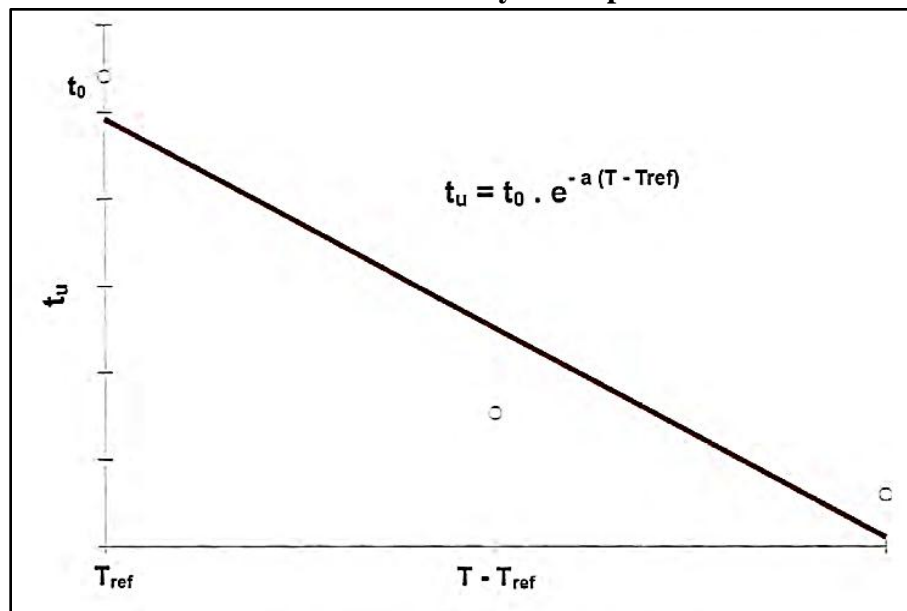
**Donde:**

$t_0$  :Vida útil a  $T_{\text{ref}} (^{\circ}\text{C})$

$t_u$  :Vida útil a  $T (^{\circ}\text{C})$

En la gráfica 2.4 se muestra la relación entre la vida útil y la temperatura; este método se puede emplear para predecir las constantes de velocidad de reacción y la vida útil de los alimentos a cualquier temperatura dentro de un rango (Casp y Abril, 2003).

**Figura 2.4**  
**Relación entre la vida útil y la temperatura**



**Fuente:** Casp y Abril, 2003

El  $t_0$  representa la vida útil a la temperatura de referencia,  $a$  es la pendiente de la recta y  $T$  es la diferencia de temperatura entre la de referencia y aquella a la que se quiere conocer la vida útil (*Casp y Abril, 2003*).

Sustituyendo en la ecuación 9, se puede establecer el valor de  $Q_{10}$ . Ecuación 2.16.

$$Q_{10} = e^{10*a} \quad \text{Ecuación (2.16)}$$

$Q_{10}$ : Número de veces que cambia la velocidad de reacción al variar la temperatura en 10 °C.

## 2.5 VIDA MEDIA DE LOS ALIMENTOS

En algunas ocasiones es interesante conocer la vida media del producto, es decir el tiempo de almacenamiento necesario para que el valor del atributo considerado se reduzca a la mitad de su valor inicial (*Casp y Abril, 2003*).

$$Q_f = \frac{Q_0}{2} \quad \text{Ecuación (2.17)}$$

Para una reacción de orden cero de acuerdo a la ecuación 2.5:

$$t_{1/2} = \frac{Q_0}{2k} \quad \text{Ecuación (2.18)}$$

Para una reacción de primer orden de acuerdo a la ecuación 2.8:

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k} \quad \text{Ecuación (2.19)}$$

## 2.6 MICROBIOLOGÍA PREDICTIVA PARA LA PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS

La microbiología predictiva es una herramienta que estudia la respuesta de crecimiento de microorganismos en el alimento frente a los diferentes factores que les afectan para poder, a partir de esos datos, predecir qué ocurrirá durante su almacenamiento (*Casp y Abril, 2003*).

Los principios cinéticos descritos se pueden aplicar a la modelización del desarrollo de los microorganismos, es lo que se llama microbiología predictiva. Para un rango de temperaturas por encima de la temperatura óptima de crecimiento, se utilizan dos ecuaciones simples: Arrhenius (*Ecuación 2.9*) y raíz cuadrada.

El modelo de la raíz cuadrada tiene la forma de la ecuación 2.20 (Casp y Abril, 2003).

$$\sqrt{k}=b(T-T_{\min}) \qquad \text{Ecuación (2.20)}$$

**Donde:**

k : Velocidad de crecimiento

b : Pendiente de la línea de regresión de  $\sqrt{k}$  con respecto a la temperatura

T<sub>min</sub>: Temperatura hipotética de crecimiento

La microbiología predictiva es un campo científico que combina elementos de microbiología, matemáticas y estadística para desarrollar ecuaciones matemáticas que describen y predicen la evolución de los microorganismos en condiciones ambientales establecidas. Los modelos predictivos usados en microbiología, se han clasificado en (Inungaray y Munguía, 2007):

- **Modelos primarios:** Describen cambios en el número de microorganismos, o bien respuestas de estos a lo largo del tiempo bajo un único grupo de condiciones. Entre los modelos que se usan con más frecuencia se encuentran: la función de Monod, Gompertz y la ecuación diferencial no autónoma de Baranyi.
- **Modelos secundarios:** Describen la respuesta de uno o más parámetros de un modelo primario, a los cambios en uno o más de las condiciones de un cultivo. Entre ellos se encuentran: ecuación de Arrhenius, modelo de raíz cuadrada, modelo de respuesta en superficie y redes neuronales.
- **Modelos terciarios:** Describen la respuesta de uno o más parámetros de crecimiento de algún microorganismo, usando programas de computación. Algunos de ellos son: Food Micromodel, Pathogen Modelling Program, Seafood Spoilage Predictor, Chefcad software, Food Spoilage Predictor, MIRINZ-software y Quantitative Risk Assessment (QRA).

Los modelos primarios describen los cambios que sufren los conteos microbianos en el tiempo bajo condiciones ambientales particulares. Según el modelo matemático

Monod se tiene el crecimiento poblacional expresado en la ecuación 2.21 descrito por (McMeekin y Ross, 2000) (Herrera, 2013)

$$N = N_0 e^{kt} \quad \text{Ecuación (2.21)}$$

**Donde:**

$N_0$  : Cantidad presente de la sustancia inicial

$N$  : Cantidad presente de la sustancia en un instante (t)

$k$  : Constante de proporcionalidad que depende de la misma sustancia

## 2.7 VIDA ÚTIL SENSORIAL DE LOS ALIMENTOS

En todos los estudios de vida útil se considera de vital importancia introducir controles sensoriales, dado que los cambios físicos, químicos y microbiológicos que sufren los alimentos durante el almacenamiento terminan finalmente en alteraciones sensoriales (Sanjuán, 2014). Un almacenamiento prolongado puede ser microbiológico, es seguro comer pero puede ser rechazado debido a cambios en sus propiedades sensoriales esa es la función de supervivencia definido como la probabilidad de un consumidor aceptando un producto almacenado más allá del tiempo (Hough et al, 2003).

Según (Man, 2002) la evaluación sensorial es la prueba más apropiada para evaluar los cambios durante el almacenamiento.

La calidad sensorial de un producto está directamente relacionada con la percepción que de ella tenga el consumidor, la estimación de la vida útil sensorial se hace a partir de controles con paneles catadores entrenados o consumidores directos (Sanjuán, 2014).

La evaluación sensorial en los alimentos, es una técnica de medición tan importante, como los métodos químicos, físicos y microbiológicos (Gastelum et al 2009).

## 2.8 VIDA DE ANAQUEL DE LOS ALIMENTOS ENVASADOS

El empaque, protege la vida de anaquel de los alimentos hasta un grado predeterminado. Por lo tanto el envase constituye una barrera entre el alimento y el

ambiente; controla la transmisión de luz y la transferencia de calor, humedad y gases, los cambios en el contenido de humedad dependen de la velocidad de transmisión del vapor de agua del envase; para controlar el contenido de humedad del alimento dentro de un envase, deben seleccionarse la permeabilidad al vapor de agua del material de empaque, así como el área superficial y el espesor de este (*Sharma et al, 2000*).

La vida de anaquel de los alimentos envasados la regulan las propiedades de los alimentos; como actividad de agua, pH, susceptibilidad al deterioro enzimático y microbiológico, así como las propiedades de barrera del envase al oxígeno, la luz, la humedad y el bióxido de carbono (*Potter y Hotchkiss, 1999*).

Para evitar las pérdidas por desecación, los alimentos deberían empaquetarse y/o almacenarse en condiciones de inmovilidad (*Tscheuschner, 2001*).



### 3.1 UBICACIÓN DEL ESTUDIO DE VIDA ÚTIL DEL CHORIZO PARRILLERO

Para la determinación de la caducidad del chorizo parrillero; los análisis y controles se realizaron en el Laboratorio Taller de Alimentos “LTA”, Centro de Análisis Investigación y Desarrollo “CEANID”; dependientes de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

### 3.2 EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE LABORATORIO NECESARIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL

Para el estudio de vida útil del chorizo parrillero se utiliza materiales y equipos del Laboratorio de Taller de Alimentos “LTA” y el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo “CEANID”; dependientes de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho según el siguiente detalle:

#### 3.2.1 EQUIPOS DE LABORATORIO

Los equipos de laboratorio utilizados para el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

##### 3.2.1.1 FREZZER

En la figura 3.1 se presentan las especificaciones técnicas de los freezer semi industrial utilizados para el almacenamiento de las muestras de chorizo parrillero durante el control y determinación de vida útil.

**Figura 3.1**  
**Especificaciones técnicas del freezer**

| Freezer   | Especificaciones |            |
|---|------------------|------------|
|  | <b>Marca</b>     | CONSUL     |
|   | <b>Modelo</b>    | CHB53DBDBO |
|   | <b>Capacidad</b> | 24,00 Kg   |
|   | <b>Potencia</b>  | 150 W      |
|   | <b>Industria</b> | Brasil     |

**Fuente:** (LTA, 2017)

### 3.2.1.2 HELADERA

En la figura 3.2 se presentan las especificaciones técnicas de la heladera que es utilizada como una condición más de almacenamiento para las muestras de chorizo parrillero durante el control y determinación de vida útil.

**Figura 3.2**  
**Especificaciones técnicas de la heladera**


| Heladera  | Especificaciones |              |
|---|------------------|--------------|
|  | <b>Marca</b>     | CONSUL       |
|   | <b>Modelo</b>    | RGS1154XLCBO |
|   | <b>Capacidad</b> | 291 L        |
|   | <b>Potencia</b>  | 289 W        |
|   | <b>Industria</b> | México       |

Fuente: (LTA, 2017)

### 3.2.1.3 CÚTTER PEQUEÑA

En la figura 3.3 se presentan las especificaciones técnicas de la cútter perteneciente al LTA, necesaria para el acondicionamiento de las muestras de chorizo parrillero antes de realizar los análisis de humedad, pH y acidez.

**Figura 3.3**  
**Especificaciones técnicas de la cúter**

| Cúter   | Especificaciones  |                   |
|---|-------------------|-------------------|
|  | <b>Marca</b>      | MAGAFESA-4236     |
|   | <b>Modelo</b>     | L.3               |
|   | <b>Potencia</b>   | 550 W             |
|   | <b>Industria</b>  | Italia            |
|   | <b>Capacidad</b>  | 1,5 Kg            |
|   | <b>Frecuencia</b> | 50/60 Hz          |
|   | <b>Motor</b>      | Asicromo monofase |

Fuente: (LTA, 2017)



### 3.2.2 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

Los instrumentos de laboratorio utilizados para el presente trabajo de investigación se describen a continuación:

#### 3.2.2.1 ESTUFA ELÉCTRICA

En la figura 3.4 se presentan las especificaciones técnicas de la estufa eléctrica con regulador de temperatura; utilizadas para el control del contenido de humedad en las muestras de chorizo parrillero durante el control fisicoquímico.

**Figura 3.4**  
**Especificaciones técnicas de la estufa eléctrica**



|  |   |           |
|--|---|-----------|
|  |  |           |
| <b>CEANID</b>  | <b>LTA</b>  |           |
| <b>Marca</b>   | BINDER GmbH   | ESZTERGOM |
| <b>Modelo</b>  | FD 115  | 220 W     |
| <b>Temperatura</b>   | 300°C /572°F  |           |
| <b>Potencia</b>  | 1,60 kW   |           |
| <b>Industria</b>   | Alemania  | Hungría   |

**Fuente:** (CEANID, 2017); (LTA, 2017)

#### 3.2.2.2 BALANZA ANALÍTICA DIGITAL

En la figura 3.5 se presentan las especificaciones técnicas de la balanza analítica utilizadas para el pesado de las diferentes muestras de chorizo parrillero durante los análisis de humedad, acidez, pH y rancidez.

**Figura 3.5**  
**Especificaciones técnicas de la balanza analítica digital**


|   |           |  |  |
|---|-----------|--|--|
|  |           |  |  |
| <b>CEANID</b>   |           | <b>LTA</b>   |  |
| <b>Tipo</b>   | ABS 220-4 | METTLER TOLEDO   |  |
| <b>Capacidad</b>  | 220 g     | Máx. 1510 g / Min. 0,5 g   |  |
| <b>Legibilidad</b>  | 0,1 mg    |  |  |
| <b>Frecuencia</b>   |           | 50/60 Hz   |  |
| <b>Potencia</b>   |           | 5 W  |  |
| <b>Industria</b>  |           | Japón  |  |

Fuente: (CEANID, 2017); (LTA, 2017)

### 3.2.2.3 pH-METRO DIGITAL

En la figura 3.6 se presentan las especificaciones técnicas del pH-metro digital perteneciente al laboratorio CEANID, utilizado para el control de pH y acidez de las muestras de chorizo parrillero.

**Figura 3.6**  
**Especificaciones técnicas del pH-metro**

| pH-metro  | Especificaciones |                |
|---|------------------|----------------|
|  | <b>Marca</b>     | Mettler Toledo |
|   | <b>Modelo</b>    | CHB53DBDBO     |
|   | <b>Potencia</b>  | 0,40 W         |
|   | <b>Industria</b> | Suiza          |

Fuente: (CEANID, 2017)

### 3.2.2.4 BALANZA DE HUMEDAD

En la figura 3.7 se muestran sus especificaciones técnicas de la balanza de humedad perteneciente al laboratorio CEANID, utilizada como alternativa para la determinación de la curva de humedad del chorizo parrillero.

**Figura 3.7**  
**Especificaciones técnicas de la balanza de humedad**



|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| <b>Marca</b>      | MOISTURE ANALIZER |
| <b>Modelo</b>     | AND MX-50         |
| <b>Potencia</b>   | 200-240 V         |
| <b>Industria</b>  | Japón             |
| <b>Capacidad</b>  | 51 g              |
| <b>Frecuencia</b> | 50/60 Hz          |

Fuente: (CEANID, 2017)

### 3.2.2.5 PSICROMÉTRO

El psicrómetro manual perteneciente al Laboratorio Taller de Alimentos se utiliza para calcular la temperatura de bulbo húmedo (°C) y la temperatura de bulbo seco (°C) de las condiciones de almacenamiento.

### 3.2.3 MATERIALES DE LABORATORIO

En la tabla 3.1 se muestra el material de laboratorio utilizado para el presente trabajo de investigación.

**Tabla 3.1**  
**Materiales de laboratorio**

| Material               | Cantidad | Tamaño   | Tipo             |
|------------------------|----------|----------|------------------|
| Termómetro             | 2        | Mediano  | Vidrio           |
| Cápsulas               | 4        | Pequeño  | Porcelana        |
| Espátula               | 1        | Pequeña  | Acero inoxidable |
| Matraz aforado         | 4        | 250 ml   | Vidrio           |
| Tubos de ensayo        | 4        | Pequeño  | Vidrio           |
| Pinzas                 | 1        | Mediano  | Metálico         |
| Papel filtro           | 8        | 15x15 cm | Papel            |
| Vasos de precipitación | 2        | Grande   | Vidrio           |
| Vasos de precipitación | 2        | Mediano  | Vidrio           |
| Vasos de precipitación | 2        | Pequeño  | Vidrio           |
| Embudos                | 4        | Pequeño  | Vidrio           |
| Varilla                | 2        | Normal   | Vidrio           |
| Matraz Erlenmeyer      | 8        | Mediano  | Vidrio           |
| Probetas               | 2        | 100 ml   | Vidrio           |
| Piceta                 | 1        | Mediano  | Plástico         |
| Pipeta                 | 2        | 10 ml    | Vidrio           |
| Pipeta volumétrica     | 2        | 25 ml    | Vidrio           |
| Pro-pipeta             | 1        | Normal   | Goma             |
| Bureta graduada        | 1        | 25 ml    | Vidrio           |
| Desecador              | 1        | Mediano  | Vidrio           |
| Vernier                | 1        | Mediano  | Metal            |

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.2.4 MATERIAL COMPLEMENTARIO

En la tabla 3.2 se muestran los materiales necesarios para realizar el acondicionamiento y almacenamiento de las muestras de chorizo parrillero.

**Tabla 3.2**  
**Material complementario**

| Utensilio            | Cantidad | Tamaño  | Tipo             |
|----------------------|----------|---------|------------------|
| Fuentes              | 8        | Grande  | Plástico         |
| Fuentes              | 6        | Mediano | Plástico         |
| Fuentes              | 12       | Pequeño | Plástico         |
| Jarra                | 1        | Mediano | Plástico         |
| Cuchillos            | 2        | Mediano | Acero inoxidable |
| Conservadora pequeña | 1        | Pequeña | Polietileno      |
| Cucharas             | 2        | Pequeña | Acero inoxidable |

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.3 REACTIVOS QUÍMICOS DE LABORATORIO

En la tabla 3.3 se muestran los diferentes reactivos químicos utilizados para realizar el análisis de acidez y rancidez del chorizo parrillero.

**Tabla 3.3**  
Reactivos químicos de laboratorio

| Reactivo                 | Estado  | Grado      |
|--------------------------|---------|------------|
| Agua destilada           | Líquido | PA         |
| Éter etílico             | Líquido | Industrial |
| Fluoroglucinol           | Líquido | PA         |
| Ácido clorhídrico        | Líquido | PA         |
| Hidróxido de sodio 0.1 N | Líquido | PA         |
| Fenoltaleína al 1%       | Líquido | PA         |

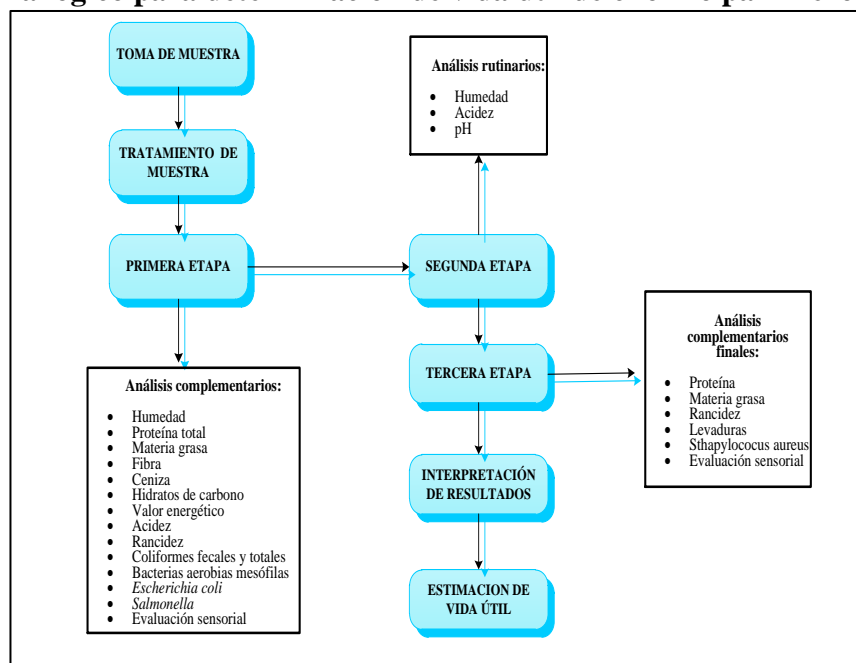
**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.4 ESQUEMA LÓGICO PARA DETERMINAR VIDA ÚTIL EN CHORIZO PARRILLERO

En la figura 3.8 se muestra los pasos a seguir para la determinación de vida útil del chorizo parrillero procedente del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA).

**Figura 3.8**

**Esquema lógico para determinación de vida útil de chorizo parrillero del LTA**



**Fuente:** *Elaboración propia*

### **3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL ESQUEMA LÓGICO**

Los pasos a seguir para determinar la vida útil en el chorizo parrillero del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), se describen a continuación:

#### **3.4.1.1 TOMA DE MUESTRA**

Mediante un muestreo completamente al azar y aleatorio, se toma la muestra de chorizo parrillero de diferentes lotes de producción, de acuerdo al proceso productivo que realiza el Laboratorio Taller de Alimentos.

#### **3.4.1.2 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA**

Las muestras de chorizo parrillero son almacenadas en diferentes bandejas de plástico y a condiciones distintas de temperatura y humedad relativa, las mismas son codificadas de acuerdo a la condición del almacenamiento y en una cantidad determinada para cada análisis: fisicoquímico, microbiológico y organoléptico (Anexo 2-C).

Durante el almacenamiento de las muestras de chorizo parrillero se realiza un control y análisis en tres etapas de la siguiente manera:

#### **3.4.1.3 PRIMERA ETAPA**

Se realiza el análisis fisicoquímico, microbiológico y organoléptico de la muestra (CH-000) al comienzo del almacenamiento para determinar los parámetros bromatológicos (humedad, proteína, grasa, fibra, ceniza, hidratos de carbono, valor energético, acidez y rancidez) análisis microbiológicos (coliformes fecales y totales, *escherichia coli*, bacterias aerobias mesófilas y *salmonella*) y mediante la evaluación sensorial se evalúa las propiedades organolépticas.

#### **3.4.1.4 SEGUNDA ETAPA**

Se realiza el análisis de pH, humedad y acidez en las muestras de chorizo parrillero por un tiempo de 29 días y en una secuencia de tres veces por semana, con el fin de controlar el grado de descomposición del producto.



#### **3.4.1.5 TERCERA ETAPA**

Se realiza los análisis complementarios finales de acuerdo a los factores que tienen mayor influencia sobre el deterioro y descomposición del producto (proteína, grasa, rancidez, mohos y levaduras, *Staphylococcus aureus*) con el fin de conocer las condiciones finales del producto almacenado, conjuntamente con la evaluación sensorial de los atributos tomados en cuenta.

#### **3.4.1.6 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

A través del control fisicoquímico en el chorizo parrillero del Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), se procede a analizar los resultados obtenidos de pH y acidez conjuntamente con la cinética química de reacción y modelo matemático de Arrhenius.

#### **3.4.1.7 ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL**

El tiempo de vida útil se estimó evaluando las características fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas del producto; comparando los resultados obtenidos con la Norma Boliviana NB 310017 y NB 310018.

### **3.5 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS**

Para la determinación de la vida útil del chorizo parrillero se toman en cuenta las condiciones de almacenamiento, análisis físico, fisicoquímico, microbiológico y organoléptico de acuerdo a lo siguiente.

#### **3.5.1 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DEL CHORIZO PARRILLERO**

En la tabla 3.4 se muestran las condiciones de temperatura promedio y humedad relativa (Freezer 2, Heladera, Freezer 3 y Freezer 1) en el cual fueron almacenadas las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH204 y CH-205); los datos de temperatura son registrados generalmente al medio día y para la humedad relativa de las condiciones de almacenamiento se registra las temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco y a través de una carta psicrométrica ajustada a la presión de Tarija se determina la humedad relativa (Anexo 13).

**Tabla 3.4**  
**Condiciones de almacenamiento del chorizo parrillero**

| Condiciones |           | $\bar{T}$ | HR |
|-------------|-----------|-----------|----|
| CH-202      | Freezer 2 | °C        | %  |
| CH-203      | Heladera  | °C        | %  |
| CH-204      | Freezer 3 | °C        | %  |
| CH-205      | Freezer 1 | °C        | %  |

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.5.2 ANÁLISIS FÍSICO DEL CHORIZO PARRILLERO

En la tabla 3.5 se describen los principales parámetros físicos determinados en el chorizo parrillero, con el vernier y balanza analítica se determina el diámetro (cm), altura (cm) y peso (g) en 20 unidades de chorizo parrillero.

**Tabla 3.5**  
**Parámetros físicos del chorizo parrillero**

| Parámetro | Unidades |
|-----------|----------|
| Peso      | (g)      |
| Diámetro  | (cm)     |
| Altura    | (cm)     |

**Fuente:** *Elaboración propia*

### 3.5.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL CHORIZO PARRILLERO AL COMIENZO DEL ALMACENAMIENTO

En la tabla 3.6 se muestran los parámetros fisicoquímicos del chorizo parrillero, realizados al comienzo del almacenamiento en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, la muestra es previamente envasada y trasladada en una conservadora pequeña para evitar alguna interferencia en los resultados.

**Tabla 3.6**  
**Caracterización fisicoquímica del chorizo parrillero**

| Parámetro           | Métodos         | Unidades  |
|---------------------|-----------------|-----------|
| Humedad             | Gravimetría     | %         |
| Proteína            | Volumetría      | %         |
| Cenizas             | Gravimetría     | %         |
| Grasa               | Gravimetría     | %         |
| Fibra               | Gravimetría     | %         |
| Hidratos de carbono | Cálculo         | %         |
| Valor energético    | Cálculo         | Kcal/100g |
| Rancidez            | Ensayo de Kreis | Pos/neg   |
| Acidez              | Volumetría      | %         |

**Fuente:** (CEANID, 2017)

### 3.5.4 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO

En la tabla 3.7 se muestran los análisis de acidez, pH y humedad tomados en cuenta durante el almacenamiento, debido a que el chorizo parrillero es un producto crudo madurado donde estas propiedades cambian con el tiempo; asimismo se toma en cuenta la rancidez del producto al inicio y final de su almacenamiento. Los análisis son realizados en el centro de investigación y desarrollo CEANID y el laboratorio Taller de Alimentos LTA.

**Tabla 3.7**  
**Análisis fisicoquímicos del chorizo parrillero en el almacenamiento**

| Parámetro | Unidades        | Técnica  | Secuencia de análisis | Tiempo (días) |
|-----------|-----------------|----------|-----------------------|---------------|
| Acidez    | % ácido láctico | NB 229   | 3 veces por semana    | 29            |
| pH        | Valor           | NB 785   |                       |               |
| Humedad   | %               | NB 379   |                       |               |
| Rancidez  | Pos/neg         | NB 34009 | Inicial y final       |               |

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 3.5.4.1 ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO

El contenido de humedad en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), se determina mediante el método de secado en la estufa del

centro de investigación y desarrollo CEANID y el Laboratorio Taller de Alimentos LTA, a 105°C por un tiempo de 24 horas, la muestra debe estar previamente acondicionada (Anexo 9-A), el cálculo y expresión de resultados de humedad (%), se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad} = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \right) * 100\% \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

**Donde:**

$m_0$  = masa en g de la cápsula vacía

$m_1$  = masa en g de la cápsula y la muestra antes del secado

$m_2$  = masa en g de la cápsula y la muestra después del secado

#### **3.5.4.2 ANÁLISIS DE ACIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO**

El análisis de acidez en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), se determina en el laboratorio del CEANID y LTA, mediante el método volumétrico, donde se titula la acidez con una solución normalizada de hidróxido de sodio 0,1N usando fenolftaleína como indicador (Anexo 9-C), el cálculo y expresión de resultados de acidez (% ácido láctico), se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ácido láctico} = \frac{V_g * N * 9 * F_C * F_D}{m} \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

**Donde:**

$V_g$  =Volumen gastado de hidróxido de sodio (ml)

$N$  =Normalidad del hidróxido de sodio 0,1 N

$m$  =Masa de la muestra (g)

$F_C$  =Factor de corrección del hidróxido de sodio 0,1 N

$F_D$  =Factor de dilución de la muestra  $\frac{250}{25} = 10$  (ml)

### 3.5.4.3 ANÁLISIS DE pH DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO

El análisis de pH en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), se determina con el pH-metro del centro de investigación y desarrollo CEANID, mediante el método potenciométrico que se basa en la medida del potencial eléctrico del pH en la muestra (Anexo 9-D).

### 3.5.4.4 ANÁLISIS DE RANCIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO AL COMIENZO Y FINAL DEL ALMACENAMIENTO

El análisis de rancidez en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), se determina mediante el ensayo de Kreis, el cual es un método cualitativo donde la aparición de coloración amarilla, anaranjada o ligeramente rosada, indica reacción negativa y la aparición de coloración roja es indicación de reacción positiva (Anexo 9-B). Este análisis se realiza al comienzo y transcurridos 29 días del almacenamiento.

### 3.5.5 ANÁLISIS DE PROTEÍNA Y GRASA DEL CHORIZO PARRILLERO AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

En la tabla 3.8 se presentan los análisis de proteína y grasa en el chorizo parrillero, realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) transcurridos 29 días de almacenamiento.

**Tabla 3.8**  
**Análisis de proteína y grasa del chorizo parrillero al final del almacenamiento**

| Muestra | 29 días de almacenamiento |       |
|---------|---------------------------|-------|
|         | Proteína                  | Grasa |
| CH-202  | (%)                       | (%)   |
| CH-203  |                           |       |
| CH-204  |                           |       |
| CH-205  |                           |       |

**Fuente:** *Elaboración propia*

## 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Un diseño experimental puede definirse como una prueba o serie de pruebas en las que se hacen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema

para observar o identificar las razones de los cambios que pudieran observarse en la respuesta de salida (*Montgomery, 2004*).

### **3.6.1 DISEÑO DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR APLICADO EN EL ALMACENAMIENTO DEL CHORIZO PARRILLERO**

En un diseño en bloques completos al azar (DBCA) se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloque y el error aleatorio, la aleatorización se hace dentro de cada bloque (*Pulido y Salazar, 2008*).

La aleatorización es la técnica de diseño que se utiliza para protegerse contra estos factores perturbadores. Lotes de materia prima, personas y el tiempo también son fuentes de variabilidad perturbadora comunes en un experimento que pueden controlarse de manera sistemática mediante la formación de bloques (*Montgomery, 2004*).

El modelo estadístico para este diseño de bloques completamente al azar está dado por la ecuación 3.3, (*Montgomery, 2004*).

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \varepsilon_{ij} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, k \\ j = 1, 2, \dots, b \end{cases} \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

Donde  $y_{ij}$  es la medición que corresponde al tratamiento  $i$  y al bloque  $j$ ;  $\mu$  es la media global poblacional;  $\tau_i$  es el efecto debido al tratamiento  $i$ ,  $\gamma_j$  es el efecto debido al bloque  $j$ , y  $\varepsilon_{ij}$  es el error atribuible a la medición  $y_{ij}$  (*Pulido y Salazar, 2008*).

En la tabla 3.12 se muestra el diseño de bloques completamente al azar aplicado en la etapa de almacenamiento del chorizo parrillero y sus efectos sobre el factor acidez y tiempo de durabilidad.

**Tabla 3.9**  
**Diseño experimental aplicado en el almacenamiento del chorizo parrillero**

| Lote | Tiempo de almacenamiento (semanas) |                 |                 |                 |                 |
|------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|      | 1                                  | 2               | 3               | 4               | 5               |
| A    | Y <sub>A1</sub>                    | Y <sub>A2</sub> | Y <sub>A3</sub> | Y <sub>A4</sub> | Y <sub>A5</sub> |
| B    | Y <sub>B1</sub>                    | Y <sub>B2</sub> | Y <sub>B3</sub> | Y <sub>B4</sub> | Y <sub>B5</sub> |
| C    | Y <sub>C1</sub>                    | Y <sub>C2</sub> | Y <sub>C3</sub> | Y <sub>C4</sub> | Y <sub>C5</sub> |
| D    | Y <sub>D1</sub>                    | Y <sub>D2</sub> | Y <sub>D3</sub> | Y <sub>D4</sub> | Y <sub>D5</sub> |
| E    | Y <sub>E1</sub>                    | Y <sub>E2</sub> | Y <sub>E3</sub> | Y <sub>E4</sub> | Y <sub>E5</sub> |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Mediante el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) se estudia los efectos que tienen los cinco lotes (A, B, C, D, E), sobre el factor acidez del chorizo parrillero durante la (1, 2, 3, 4, 5) semana.

### 3.7 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL CHORIZO PARRILLERO AL COMIENZO DEL ALMACENAMIENTO

La caracterización microbiológica inicial del chorizo parrillero se realiza en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental “RIMH” y en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID) dependiente de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. En la tabla 3.9 se presentan los parámetros analizados.

**Tabla 3.10**  
**Análisis microbiológico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento**

| Parámetro          | Métodos           | Unidades |       |
|--------------------|-------------------|----------|-------|
|                    |                   | CEANID   | RIMH  |
| Coliformes totales | Recuento en placa | UFC/g    | UFC/g |
| Coliformes fecales | Recuento en placa | UFC/g    | NMP/g |
| Aerobios mesófilos | Recuento en placa | UFC/g    | NMP/g |
| Escherichia coli   | Recuento en placa | UFC/g    | NMP/g |
| Salmonella         | Investigación     | P/A/25g  | NMP/g |

**Fuente:** (CEANID, 2017); (RIMH, 2017)

### 3.7.1 ANÁLISIS DE BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS Y *ESCHERICHIA COLI* DEL CHORIZO PARRILLERO A 20 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

En la tabla 3.10 se muestra el análisis de bacterias aerobias mesófilas y *escherichia coli* del chorizo parrillero, que fueron analizados a los 20 días del almacenamiento en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).

**Tabla 3.11**  
Análisis de aerobios mesófilos y *escherichia coli* del chorizo parrillero a los 20 días de almacenamiento

| Parámetro          | Método            | Unidad |
|--------------------|-------------------|--------|
| Aerobios mesófilos | Recuento en placa | UFC/g  |
| Escherichia coli   | Recuento en placa | UFC/g  |

Fuente: (CEANID, 2017)

### 3.7.2 ANÁLISIS DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*, MOHOS Y LEVADURAS DEL CHORIZO PARRILLERO A 20 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

En la tabla 3.11 se muestra el análisis microbiológico de las muestras de chorizo parrillero analizado a los 20 días de almacenamiento en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID).

**Tabla 3.12**  
Análisis de *Staphylococcus aureus*, Mohos y levaduras del chorizo parrillero a los 20 días del almacenamiento

| Muestra | 20 días de almacenamiento |                   |                   |
|---------|---------------------------|-------------------|-------------------|
|         | Staphylococcus aureus     | Mohos y levaduras | Método            |
| CH-202  | UFC/g                     | UFC/g             | Recuento en placa |
| CH-203  |                           |                   |                   |
| CH-204  |                           |                   |                   |
| CH-205  |                           |                   |                   |

Fuente: (CEANID, 2018)

### 3.8 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL CHORIZO PARRILLERO

La caracterización organoléptica del chorizo parrillero se realizó mediante la evaluación sensorial utilizando 17 jueces no entrenados, donde la calificación de los atributos color, olor, textura y sabor se realiza mediante un test de prueba descriptiva



ya que se trata de definir las propiedades del alimento y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas (*Morales, 2005*). Se realiza la evaluación sensorial en el chorizo parrillero (CH-000) al comienzo del almacenamiento (Anexo 8-A y Anexo 8-B), transcurrido 11 días y 18 días del almacenamiento se realiza la evaluación en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) utilizando el test descrito (Anexo 8-C y Anexo 8-D); transcurrido 25 días de almacenamiento se realiza la evaluación sensorial en las dos muestras de chorizo parrillero (CH-202 y CH-203) de acuerdo al test descrito (Anexo 8-E).

### **3.8.1 PRUEBA DE FRIEDMAN APLICADO EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CHORIZO PARRILLERO**

La prueba de Friedman se aplica para el análisis de varias muestras relacionadas detectar diferencias entre tratamientos, especialmente cuyo diseño experimental es un DBCA (*Peralta y Huapaya, 1999*).

Esta prueba se aplica en la evaluación sensorial de las muestras de chorizo parrillero, con la finalidad de determinar si existen diferencias de los atributos sensoriales en el transcurso del tiempo y también analizar estadísticamente las diferencias entre las muestras de chorizo parrillero a los 18 días de almacenamiento.

### **3.8.2 PRUEBA DE $X^2$ CHI-CUADRADO APLICADO EN LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL CHORIZO PARRILLERO**

Este método permite comparar frecuencias observadas contra frecuencias esperadas hipotéticamente. El estadístico  $X^2$  (Chi-cuadrado) se estima a partir de la ecuación 3.4 (*Peralta y Huapaya, 1999*).

$$X^2 = \frac{\sum[(O_i - e_i) - 0.5]^2}{e_i} + \frac{\sum[(O_j - e_j) - 0.5]^2}{e_j} \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

**Donde:**

$O_i$  : Número de respuestas correctas observadas

$O_j$  : Número de respuestas incorrectas observadas

$e_i$  : Número de correctas esperado

$e_j$  : Número de incorrectas esperado

0.5: Probabilidad de obtener una respuesta incorrecta por azar

La prueba de  $X^2$  es usada en el análisis de los atributos sensoriales del chorizo parrillero a los 18 días de almacenamiento, para evaluar las diferencias entre los valores de aceptación y rechazo de las muestras.

#### 4.1 TRATAMIENTO DE LA MUESTRA CHORIZO PARRILLERO PARA EL ESTUDIO DE VIDA ÚTIL

Para el estudio de vida útil del chorizo parrillero elaborado en el Laboratorio Taller de Alimentos (LTA), las muestras son recolectadas en el momento que termina el proceso de embutido y pesado del producto. Seguidamente se almacenan en recipientes de plástico cerrado a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa.

##### 4.1.1 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO DEL CHORIZO PARRILLERO

En la tabla 4.1 se muestran las diferentes condiciones de almacenamiento de temperatura y humedad relativa promedio (Anexo 1-A), que fueron conservadas las muestras de chorizo parrillero del LTA, y codificadas como: (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), para el control fisicoquímico, microbiológico y organoléptico.

**Tabla 4.1**  
**Condiciones de almacenamiento del chorizo parrillero**

| Condiciones |           | T (°C) | HR (%) |
|-------------|-----------|--------|--------|
| CH-202      | Freezer 2 | 1      | 88,02  |
| CH-203      | Heladera  | 3      | 90,43  |
| CH-204      | Freezer 3 | 4      | 83,92  |
| CH-205      | Freezer 1 | 0      | 77,49  |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar la tabla 4.1, la temperatura y humedad relativa promedio en el almacenamiento de las muestras de chorizo parrillero fueron: CH-202 (1°C y 88,02%HR); CH-203 (3°C y 90,43%HR); CH-204 (4°C y 83,92%HR); CH-205 (0°C y 77,49%HR). Las muestras de chorizo parrillero almacenadas en el freezer 2 y la heladera corresponden a un mismo lote de producción y en el freezer 1 y 3 se almacena otro lote de producción, cada muestra es codificada y contenida en recipientes de plástico cerrado, con excepción de la muestra (CH-205) que se almacena en un recipiente de plástico cubierta con bolsa de nylon, con el fin de realizar los controles.

## 4.2 ANÁLISIS FÍSICO DEL CHORIZO PARRILLERO

En la tabla 4.2 se muestran los valores promedio de los parámetros físicos en el chorizo parrillero, determinadas en 20 unidades tomadas al azar (Anexo 1-B).

**Tabla 4.2**  
**Parámetros físicos del chorizo parrillero**

| Parámetro | Unidad | Valor<br>$\bar{X}$ |
|-----------|--------|--------------------|
| Diámetro  | cm     | 3,3400             |
| Altura    | cm     | 9,1100             |
| Peso      | g      | 84,5800            |

**Fuente:** *Elaboración propia*

De acuerdo a las propiedades físicas medidas en el chorizo parrillero, según la tabla 4.2 se observa que tiene diámetro promedio 3,34 cm; altura promedio 9,11 cm y peso promedio 84,58 g.

## 4.3 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL CHORIZO PARRILLERO

Los análisis fisicoquímicos del chorizo parrillero se realizaron al comienzo del almacenamiento, análisis en el almacenamiento y análisis complementarios finales. Al comienzo del almacenamiento, se realiza el análisis fisicoquímico del chorizo parrillero, para conocer con que características se encuentra inicialmente el producto; esto se codifica como muestra patrón (CH-000), debido a que se analiza antes del tratamiento de las demás muestras; luego se procede a almacenar cuatro muestras a distintas condiciones: freezer 2 (CH-202, 1°C y 88 % HR); heladera (CH-203, 3°C y 90% HR); freezer 3 (CH-204, 4°C y 83% HR); freezer 1 (CH-205, 0°C y 77% HR) se realiza un control diario de humedad, pH y acidez por un tiempo de 29 días; transcurrido este tiempo se realizan los análisis complementarios finales del contenido de proteína, grasa y rancidez, en las cuatro muestras de chorizo parrillero para conocer las características finales del producto.

#### 4.3.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL CHORIZO PARRILLERO AL COMIENZO DEL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.3 se muestran los resultados del análisis físicoquímico, realizado al comienzo del almacenamiento del chorizo parrillero (CH-000), la misma se tomó como muestra referencia para caracterizar el producto (Anexo 11).

**Tabla 4.3**  
Análisis físicoquímico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento

| Parámetro                             | Unidad    | Valor    | Valor límite |        | Referencia             |
|---------------------------------------|-----------|----------|--------------|--------|------------------------|
|                                       |           |          | Min          | Máx    |                        |
| Proteína total                        | %         | 15,46    | 12,00        | —      | NB 310018 <sup>*</sup> |
| Grasa                                 | %         | 14,88    | —            | 30,00  | NB 310018 <sup>*</sup> |
| Fibra                                 | %         | 0,02     |              |        | —                      |
| Ceniza                                | %         | 2,61     |              | ≤ 3,50 | RTCR:411 <sup>†</sup>  |
| Humedad                               | %         | 61,24    | —            | 55,00  | NB310018 <sup>*</sup>  |
| Hidratos de carbono                   | %         | 5,79     |              | ≤10,00 | RTCR:411 <sup>†</sup>  |
| Valor energético                      | kcal/100g | 281,92   |              |        | —                      |
| Acidez (ácido láctico)                | %         | 0,60     |              |        | —                      |
| Rancidez                              | pos/neg   | Negativo |              |        | —                      |
| <i>Donde: Min= mínimo Máx= máximo</i> |           |          |              |        |                        |

**Fuente:** (CEANID, 2017); (IBNORCA, 2017)<sup>\*</sup> (RTCR, 2008)<sup>†</sup>

Como se puede observar en la tabla 4.3, según la composición proximal del chorizo parrillero tiene un valor energético de 281,92 kcal/100g cuyos parámetros están dentro de las normas de calidad (Norma Boliviana y Codex Alimentarius). Resultado en acidez del 0,60% (ácido láctico), rancidez da resultado negativo (pos/neg), lo que revela buenas condiciones organolépticas, porcentaje en materia grasa 14,58%; humedad 61,24% y que no sobrepasan los valores límites referenciales.

Realizado el análisis físicoquímico en el chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento, se concluye que el mismo cumple con los requerimientos nutricionales y requisitos bromatológicos necesarios correspondientes a la Norma Boliviana (NB 310018).

### 4.3.2 ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.4 se presentan los resultados del porcentaje de humedad realizado en las cuatro muestras de chorizo parrillero: CH-202 (1°C y 88% HR); CH-203 (3°C y 90% HR); CH-204 (4°C y 83% HR); CH-205 (0°C y 77% HR). Estos análisis fueron realizados durante 29 días en una secuencia de 3 veces por semana (Anexo 2-A).

**Tabla 4.4**  
**Análisis de humedad del chorizo parrillero en el almacenamiento**

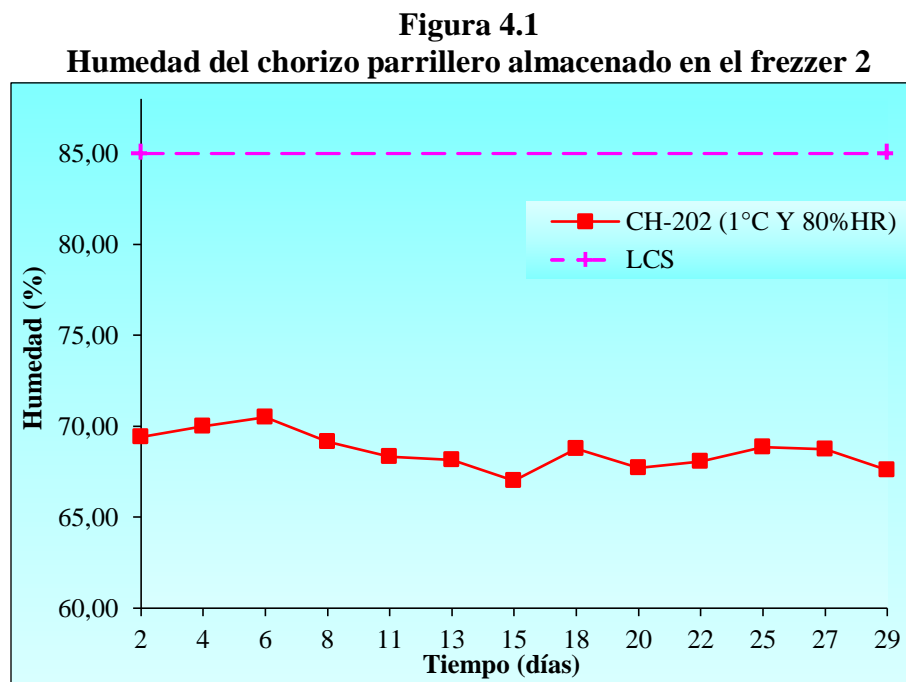
| N° | t(días) | Humedad (%) |         |         |         |
|----|---------|-------------|---------|---------|---------|
|    |         | CH-202      | CH-203  | CH-204  | CH-205  |
| 1  | 2       | 69,4000     | 69,4000 | 69,3137 | 67,1000 |
| 2  | 4       | 70,0102     | 68,8788 | 68,1878 | 69,9203 |
| 3  | 6       | 70,4936     | 68,4018 | 68,0707 | 69,6607 |
| 4  | 8       | 69,1536     | 69,5190 | 68,0309 | 68,0060 |
| 5  | 11      | 68,3154     | 69,3189 | 66,8829 | 66,6000 |
| 6  | 13      | 68,1632     | 69,9870 | 67,6196 | 67,2000 |
| 7  | 15      | 67,0082     | 68,1792 | 65,5378 | 67,8000 |
| 8  | 18      | 68,7560     | 68,8306 | 66,5339 | 69,8603 |
| 9  | 20      | 67,6940     | 68,7747 | 66,1355 | 69,0619 |
| 10 | 22      | 68,0531     | 69,6777 | 67,0000 | 68,6000 |
| 11 | 25      | 68,8466     | 68,4762 | 66,3018 | 67,8300 |
| 12 | 27      | 68,7251     | 65,0699 | 67,6000 | 67,6000 |
| 13 | 29      | 67,6000     | 64,0000 | 67,0000 | 69,5219 |

**Fuente:** *Elaboración propia*

En base a los resultados obtenidos en la tabla 4.4, se realiza el análisis gráfico del porcentaje de humedad en función del tiempo para cada una de las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), y de acuerdo a la Norma Boliviana (NB 310017) establece 85% como porcentaje máximo de humedad para embutidos crudos, valor que se toma de referencia para límite de control superior (LSC) en cada análisis realizado de acuerdo al siguiente detalle:

#### 4.3.2.1 ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZZER 2

La figura 4.1 muestra la variación del contenido de humedad en función del tiempo realizado en el chorizo parrillero almacenado en el freezer 2 (1°C y 88% HR); de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4.4 para la muestra (CH-202).



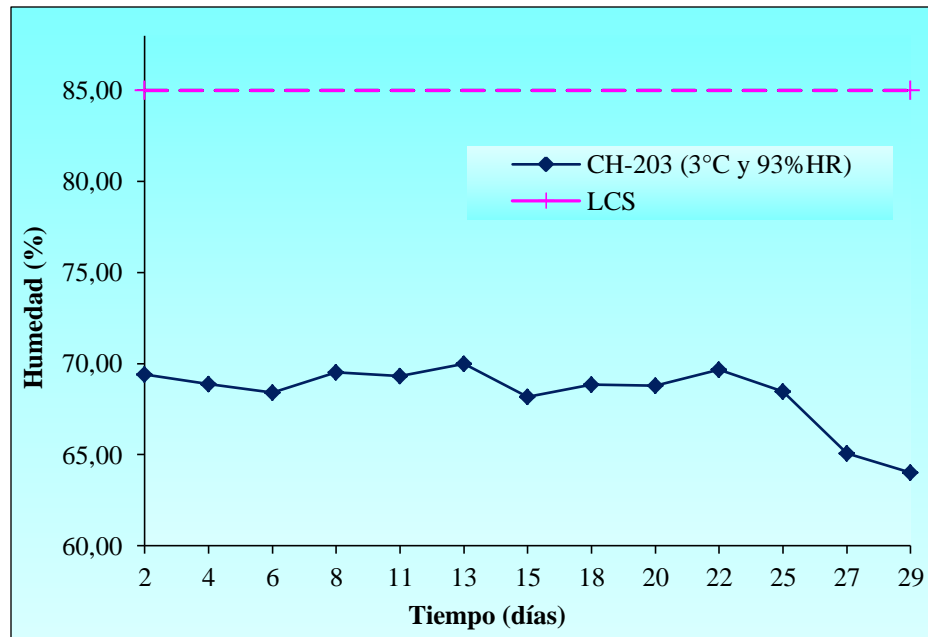
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.1, se observa que la muestra (CH-202) almacenada a 1°C y 88% HR, inicia con 69,40% de humedad; llegando a un máximo de 70,49% de humedad en el cuarto día de almacenamiento; transcurrido 15 días el contenido de humedad desciende hasta 67,00%, finalmente a los 29 días de almacenamiento la muestra tiene 67,60% de humedad.

#### 4.3.2.2 ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN LA HELADERA

La figura 4.2 muestra la variación del contenido de humedad en función del tiempo, realizado en el chorizo parrillero almacenado en la heladera (3°C y 90% HR), de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4.4 para la muestra (CH-203).

**Figura 4.2**  
**Humedad del chorizo parrillero almacenado en la heladera**



**Fuente:** *Elaboración propia*

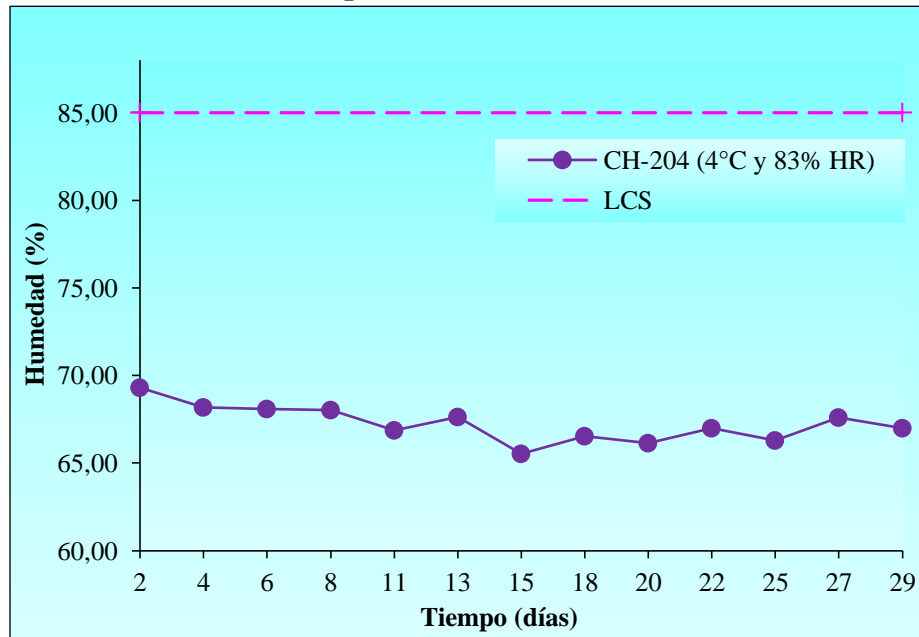
En la figura 4.2, se observa que la muestra (CH-203) almacenada a 3°C y 90% HR, a los dos días de almacenamiento inicia con 69,40% de humedad; este parámetro varía gradualmente entre 69,00% y 68,00% de humedad hasta el día 25 de almacenamiento; finalmente transcurrido 29 días desciende hasta 64,00% de humedad.

#### **4.3.2.3 ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZER 3**

En la figura 4.3 se muestra la variación del contenido de humedad en función del tiempo, realizado en el chorizo parrillero almacenado en freezer 3 (4°C y 83% HR); según resultados obtenidos en la tabla 4.4 para la muestra (CH-204).



**Figura 4.3**  
**Humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3**



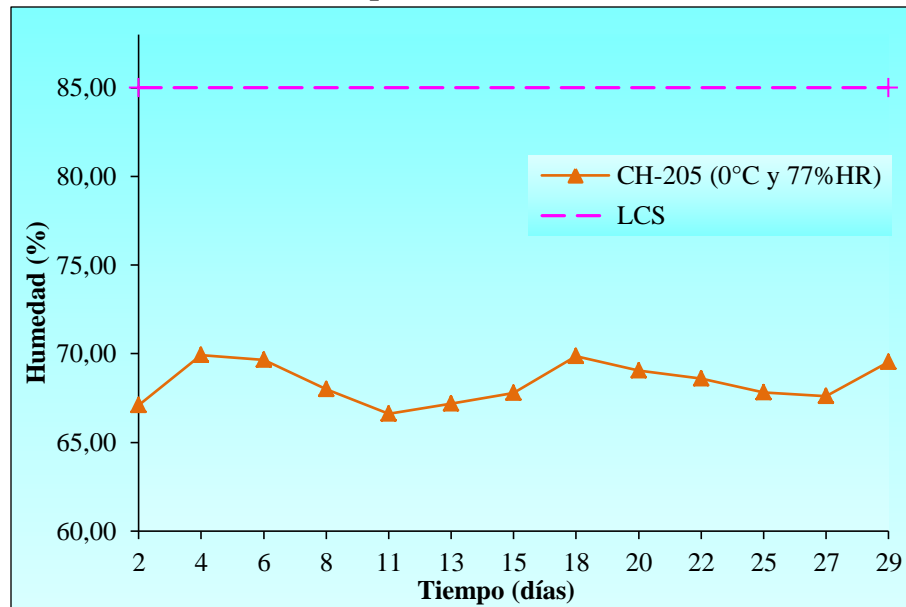
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.3, se observa que la muestra (CH-204) almacenada a 4°C y 83% HR, a los dos días de almacenamiento tiene 69,31% de humedad; descendiendo hasta 65,53% de humedad en el día 15 de almacenamiento; finalmente transcurrido 29 días la muestra tiene 67,00% de humedad.

#### **4.3.2.4 ANÁLISIS DE HUMEDAD DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZER 1**

En la figura 4.4 se muestra la variación del porcentaje de humedad en función del tiempo, realizado en el chorizo parrillero almacenado en el freezer 1 (0°C y 77% HR); según resultados obtenidos en la tabla 4.4 para la muestra (CH-205).

**Figura 4.4**  
**Humedad del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1**



**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.4, se observa que la muestra (CH-205) almacenada a 0°C y 77% HR, al día dos de almacenamiento inicia con 67,10% de humedad; transcurrido 11 días desciende hasta 66,60% de humedad, finalmente a los 29 días de almacenamiento aumenta a 69,52% de humedad.

La Normativa Boliviana establece como límite máximo (LCS) del contenido de humedad de 85% para chorizos tipo II, según la (NB 310018); comparando los resultados obtenidos experimentalmente se puede apreciar que el porcentaje de humedad no sobrepasa el límite referencial.

Realizado el análisis del contenido de humedad en las diferentes muestras de chorizo parrillero durante 29 días de almacenamiento, se puede observar que este parámetro es muy variable para las muestras ya que disminuye y aumenta simultáneamente en el transcurso del tiempo; las muestras CH-203 (3°C y 90% HR) y CH-204 (4°C y 83% HR) son las que tienen menor variación en cuanto a este parámetro. También se puede observar que el máximo contenido de humedad que tiene el chorizo parrillero

es 70,00%; relacionando las cuatro muestras de chorizo parrillero en el tiempo determinado.

El aumento de humedad en los embutidos cárnicos generalmente se debe al proceso de descomposición de la carne y degradación de las grasas, que producen las reacciones bioquímicas y la disminución puede ser consecuencia de las condiciones de almacenamiento; humedad relativa y temperatura.

### 4.3.3 ANÁLISIS DE pH DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.5 se presentan los resultados de pH analizado en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205). Estos análisis fueron realizados en el laboratorio CEANID, donde la medición del pH se realiza de forma directa con pH- metro digital, inmediatamente después de acondicionar la muestra (Anexo 7-D), este análisis se realiza durante 29 días en una secuencia de 3 veces por semana.

**Tabla 4.5**  
**Análisis de pH del chorizo parrillero en el almacenamiento**

| N° | t(días) | pH     |        |        |        |
|----|---------|--------|--------|--------|--------|
|    |         | CH-202 | CH-203 | CH-204 | CH-205 |
| 1  | 2       | 5,1600 | 5,0200 | 4,9600 | 5,0000 |
| 2  | 4       | 5,0700 | 4,9400 | 4,8500 | 4,9600 |
| 3  | 6       | 5,0400 | 4,8200 | 4,7600 | 4,8400 |
| 4  | 8       | 4,9200 | 4,7200 | 4,6300 | 4,7400 |
| 5  | 11      | 4,8300 | 4,6100 | 4,5900 | 4,6500 |
| 6  | 13      | 4,7700 | 4,5500 | 4,5100 | 4,5800 |
| 7  | 15      | 4,7400 | 4,5000 | 4,4500 | 4,5300 |
| 8  | 18      | 4,6900 | 4,4700 | 4,3600 | 4,5000 |
| 9  | 20      | 4,6500 | 4,4300 | 4,3100 | 4,4900 |
| 10 | 22      | 4,6400 | 4,4000 | 4,2900 | 4,4600 |
| 11 | 25      | 4,6200 | 4,3900 | 4,2800 | 4,3800 |
| 12 | 27      | 4,6000 | 4,3900 | 4,3000 | 4,3500 |
| 13 | 29      | 4,5600 | 4,4300 | 4,3400 | 4,4000 |

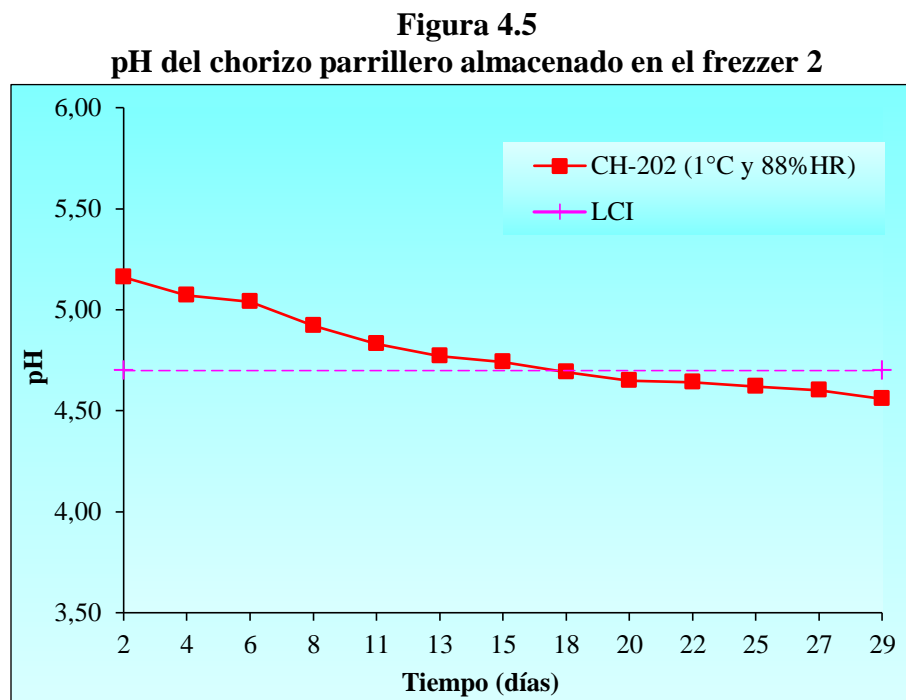
**Fuente:** *Elaboración propia*

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4.5, se realiza el análisis gráfico del pH en función del tiempo para cada una de las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) y se establecen un límite de control de pH, siendo

para embutidos cárnicos fermentados según (Prieto y Carballo, 1997) pH 4,70 considerado como Límite de Control Inferior (LCI).

#### 4.3.3.1 ANÁLISIS DE pH DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZER 2

En la figura 4.5 se muestra la variación del pH en función del tiempo, del chorizo parrillero almacenado en el freezer 2 (1°C y 88% HR), según resultados obtenidos en la tabla 4.5 para la muestra (CH-202).



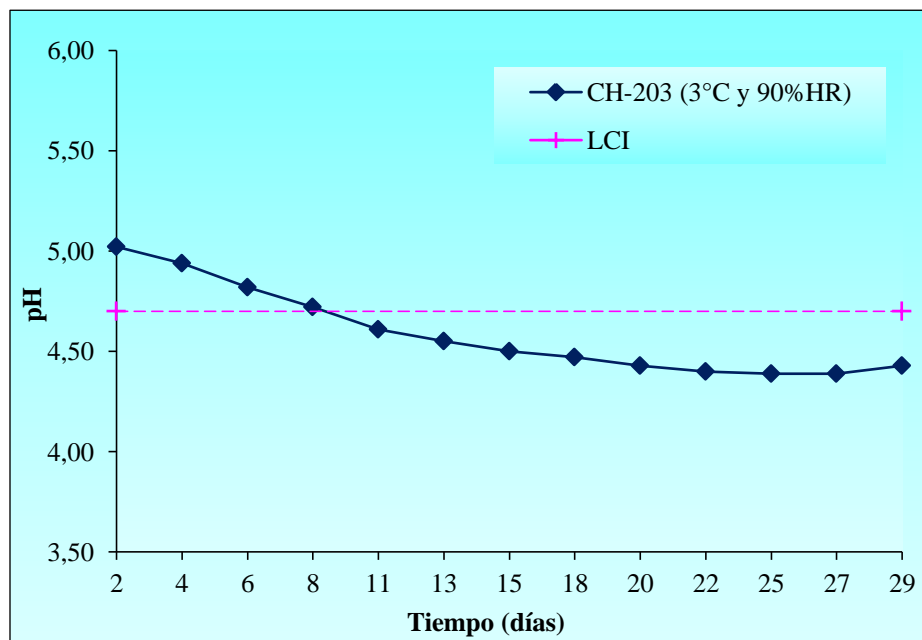
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.5, se observa que la muestra (CH-202) almacenada a 1°C y 88% HR, a los dos días de almacenamiento inicia con pH 5,16; transcurrido 15 días de almacenamiento desciende el pH debajo del Límite de Control Inferior (LCI), con un valor de pH < 4,74; finalmente a los 29 días de almacenamiento desciende hasta pH 4,56.

#### 4.3.3.2 ANÁLISIS DE pH DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN LA HELADERA

En la figura 4.6 se muestra la variación del pH en función del tiempo del chorizo parrillero almacenado en la heladera (3°C y 90% HR), según resultados obtenidos en la tabla 4.5 para la muestra (CH-203).

**Figura 4.6**  
**pH del chorizo parrillero almacenado en la heladera**



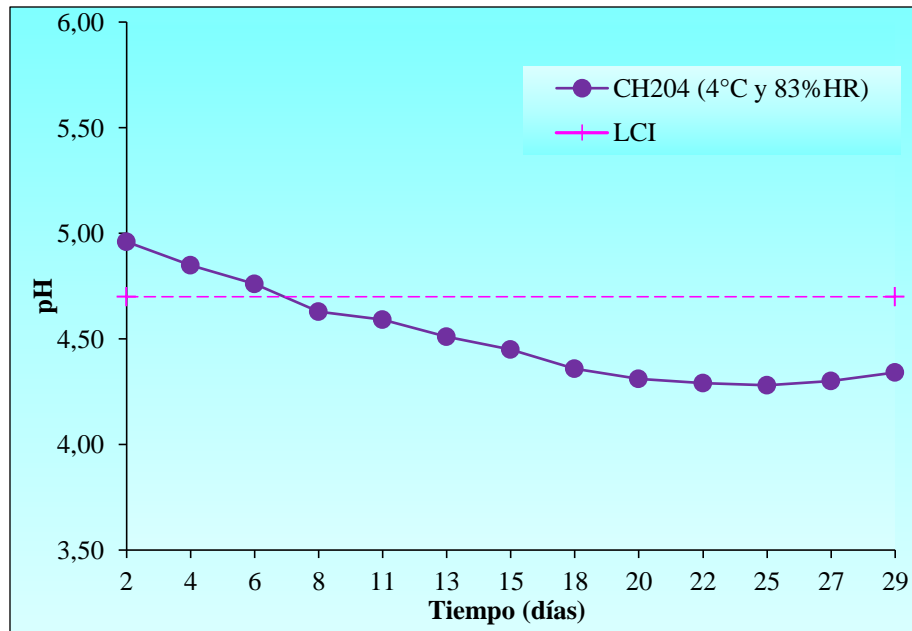
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.6, se observa que la muestra (CH-203) almacenada a 3°C y 90% HR a los dos días de almacenamiento inicia con pH de 5,02; transcurrido 8 días de almacenamiento el pH desciende por debajo del límite de control inferior (LCI), con valor de pH < 4,72; finalmente a los 29 días de almacenamiento desciende a pH 4,43.

#### 4.3.3.3 ANÁLISIS DE pH DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREZZER 3

En la figura 4.7 se muestra la variación de pH en función del tiempo del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3 (4°C y 83% HR), según resultados obtenidos en la tabla 4.5 para la muestra (CH-204).

**Figura 4.7**  
**pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3**



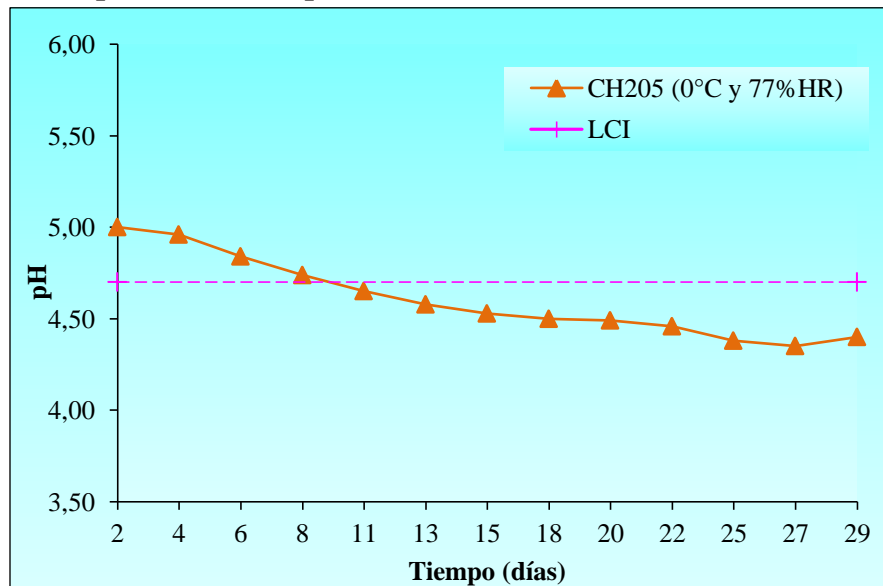
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.7, se observa que la muestra (CH-204) almacenada a 4°C y 83% HR, a los dos días de almacenamiento inicia con pH 4,96; transcurrido 6 días de almacenamiento el pH desciende por debajo del límite de control inferior (LCI), con un valor de pH < 4,76; finalmente a los 29 días de almacenamiento desciende a pH 4,34.

#### **4.3.3.4 ANÁLISIS DE pH DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZER 1**

En la figura 4.8 se muestra la variación de pH en función del tiempo del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1 (0°C y 77% HR), según resultados obtenidos en la tabla 4.5 para la muestra (CH-205).

**Figura 4.8**  
**pH del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1**



**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.8, se observa que la muestra (CH-205) a los dos días del almacenamiento inicia con pH 5,00; transcurrido 8 días de almacenamiento el pH desciende por debajo del límite de control inferior (LCI), con un valor de pH < 4,76 finalmente a los 29 días de almacenamiento desciende a pH 4,40.

La normativa boliviana no especifica el valor máximo permitido para pH en embutidos cárnicos; sin embargo datos bibliográficos señalan que durante la maduración de los productos cárnicos el valor del pH desciende en los primeros días hasta alcanzar valores de (4,7-4,9) (Prieto y Carballo, 1997) y según (López de Torre et al, 2001) el pH final de un embutido crudo esta entre (5,2 y 4,8); tomando 4,70 como valor mínimo referencia de pH para el chorizo parrillero del LTA.

Realizado el análisis de pH de las diferentes muestras de chorizo parrillero se puede observar que este parámetro disminuye en función al tiempo y la temperatura del almacenamiento, la muestra (CH-205) almacenada a 0°C y 77% HR, presenta un comportamiento en disminución de pH similar a la muestra (CH-204) almacenada a 4°C y 83% HR, debido a que la muestra se encuentra cubierta con nylon; la muestra (CH-202) almacenada a 1°C y 88% HR tiene una disminución de pH más lento en

comparación a las demás muestras: (CH-203, CH-205 y CH-204), asimismo la muestra (CH-204) almacenada a 4°C y 83% HR, desciende en menor tiempo por debajo del límite de control inferior (8 días), y en mayor tiempo la muestra (CH-202) (15días), almacenada a 1°C y 88% HR.

La disminución del pH en las muestras de chorizo parrillero es debido al proceso natural de glucolisis que ocurre en la carne durante y después del rigor mortis, que se encarga de degradar el glucógeno en ácido láctico, lo que produce una disminución del pH en el producto.

#### 4.3.4 ANÁLISIS DE ACIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.6 se presentan los resultados de acidez (ácido láctico), realizado en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205). El porcentaje de acidez se determina a partir de la titulación de la muestra diluida y filtrada; este análisis fue realizado durante 39 días en una secuencia de 3 veces por semana y el último valor tomado después de 10 días de almacenamiento, (Anexo 2-B).

**Tabla 4.6**  
**Análisis de acidez del chorizo parrillero en el almacenamiento**

| N° | t(días) | Ácido láctico (%) |        |        |        |
|----|---------|-------------------|--------|--------|--------|
|    |         | CH-202            | CH-203 | CH-204 | CH-205 |
| 1  | 2       | 0,4473            | 0,5362 | 0,6339 | 0,6337 |
| 2  | 4       | 0,5343            | 0,6232 | 0,7240 | 0,7240 |
| 3  | 6       | 0,6220            | 0,7102 | 0,7242 | 0,7392 |
| 4  | 8       | 0,6234            | 0,7124 | 0,8147 | 0,8144 |
| 5  | 11      | 0,6327            | 0,7237 | 0,8157 | 0,8147 |
| 6  | 13      | 0,6337            | 0,7243 | 0,8328 | 0,9045 |
| 7  | 15      | 0,6518            | 0,7692 | 0,9916 | 0,9956 |
| 8  | 18      | 0,7244            | 0,8147 | 0,9958 | 0,9958 |
| 9  | 20      | 0,7242            | 0,8239 | 1,0854 | 0,9958 |
| 10 | 22      | 0,7261            | 0,9014 | 1,0857 | 0,9960 |
| 11 | 25      | 0,7650            | 0,9421 | 1,0861 | 1,0126 |
| 12 | 27      | 0,7663            | 0,9504 | 1,0861 | 1,0746 |
| 13 | 29      | 0,8143            | 0,9953 | 1,0866 | 1,0865 |
| 14 | 39      | 0,9052            | 1,0831 | 1,1315 | 1,1770 |

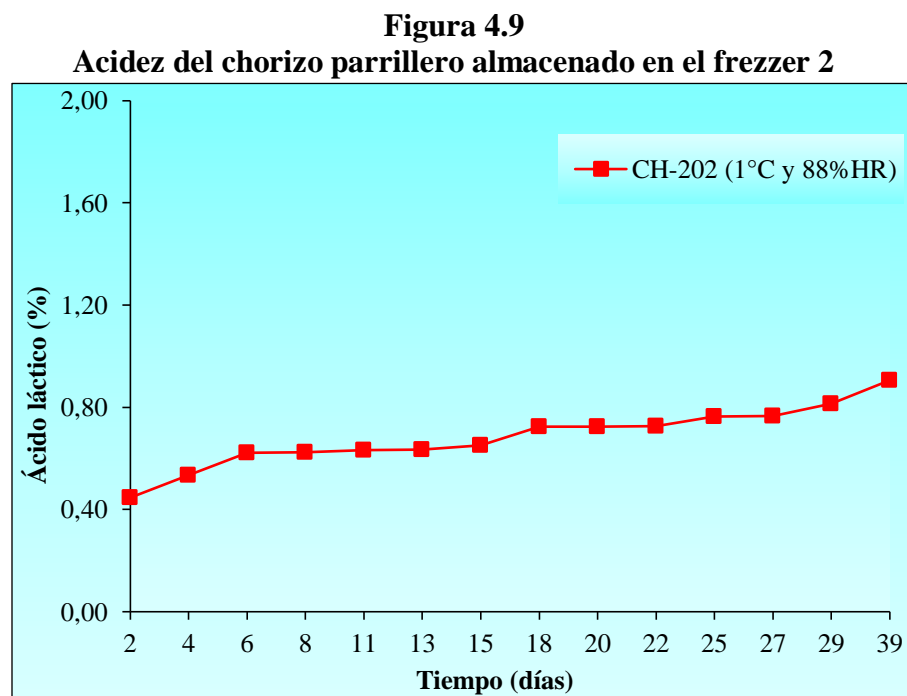
**Fuente:** *Elaboración propia*



De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4.6, se realiza el análisis gráfico de acidez en el chorizo parrillero en función del tiempo, para cada una de las muestras (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), según el siguiente detalle:

#### 4.3.4.1 ANÁLISIS DE ACIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZER 2

La figura 4.9 muestra la variación de acidez (ácido láctico) en función del tiempo en el chorizo parrillero almacenado en el freezer 2 (1°C y 88% HR), según datos obtenidos en la tabla 4.6 para la muestra (CH-202).

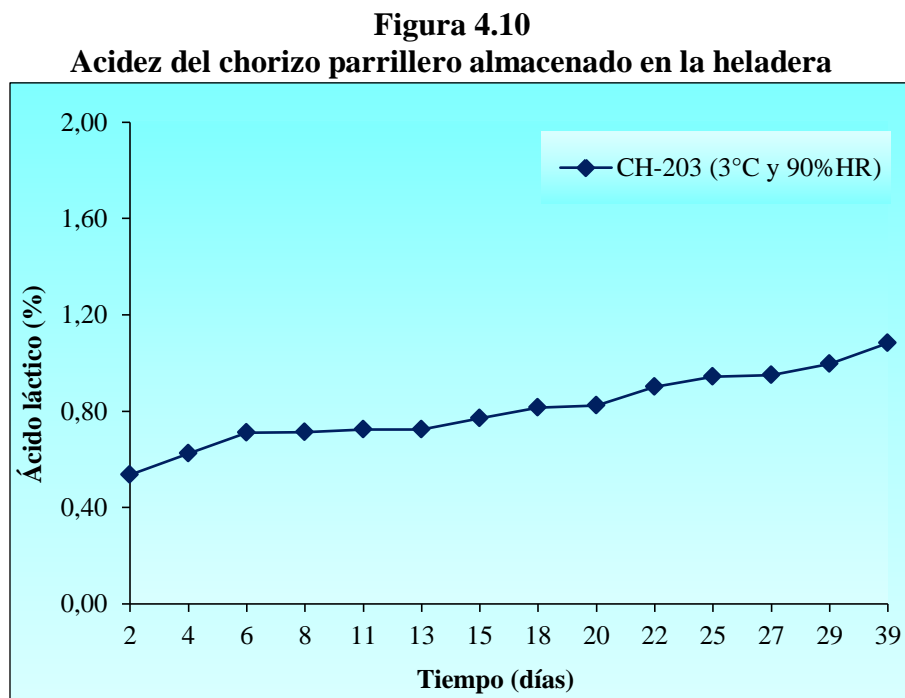


**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.9, se observa que la muestra (CH-202) almacenada a 1°C y 88% HR, inicia con un porcentaje en acidez de 0,44%, este parámetro aumenta lentamente, manteniéndose constante a los 18, 20 y 22 días de almacenamiento. Transcurrido 39 días de almacenamiento la acidez aumenta a 0,90%; 51% más del valor inicial.

#### 4.3.4.2 ANÁLISIS DE ACIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN LA HELADERA

La figura 4.10 muestra la variación de acidez (ácido láctico) en función del tiempo en el chorizo parrillero almacenado en la heladera (3°C y 90% HR), según datos obtenidos en la tabla 4.6 para la muestra (CH-203).



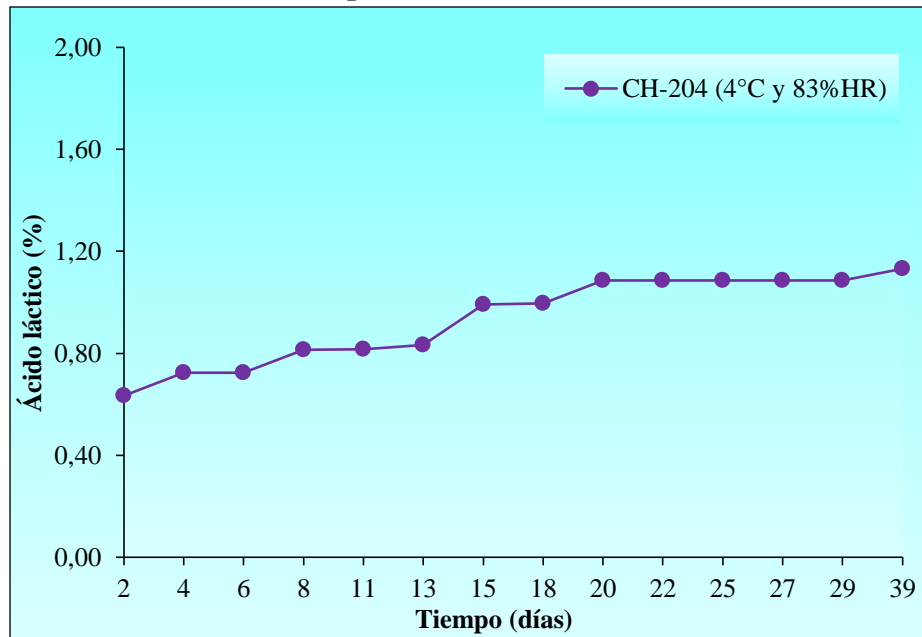
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.10, se observa que la muestra (CH-203) almacenada a 3°C y 90% HR, a los dos días de almacenamiento tiene un porcentaje en acidez de 0,53%, este parámetro aumenta gradualmente a medida que pasan los días, llegando a 1,08 % de acidez transcurrido 39 días de almacenamiento, con más del 50% del valor inicial.

#### 4.3.4.3 ANÁLISIS DE ACIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZER 3

La figura 4.11 muestra la variación de acidez (ácido láctico) en función del tiempo en el chorizo parrillero almacenado en el freezer 3 (4°C y 83% HR), según datos obtenidos en la tabla 4.6 para la muestra (CH-204).

**Figura 4.11**  
**Acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 3**



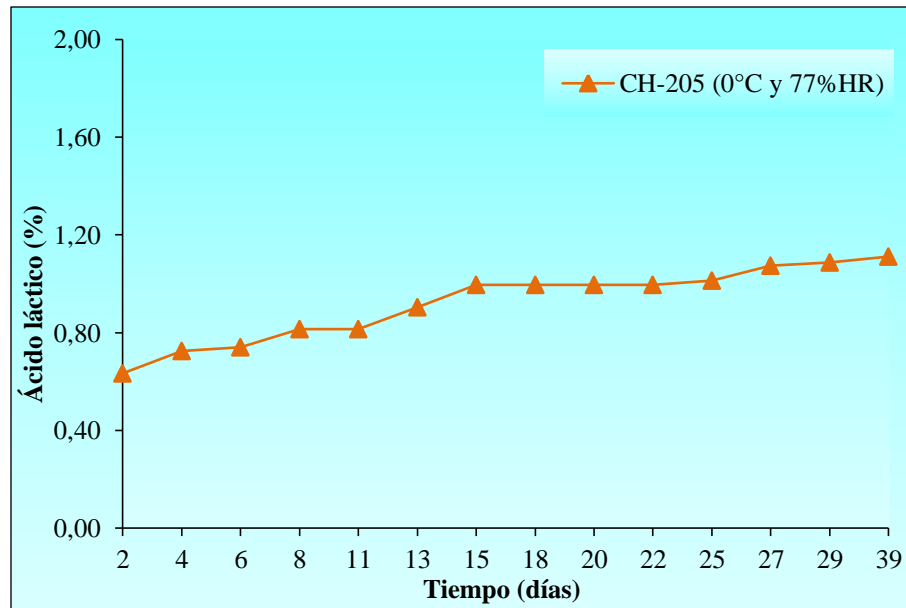
**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.11, se observa que la muestra (CH-204) almacenada a 4°C y 83%HR, a los dos días de almacenamiento tiene un porcentaje de acidez 0,63%, este parámetro aumenta a medida que pasan los días; transcurrido 39 días de almacenamiento tiene 1,13 % de acidez, más del 56% del valor inicial.

#### **4.3.4.4 ANÁLISIS DE ACIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO ALMACENADO EN EL FREEZER 1**

La figura 4.12 muestra la variación de acidez (porcentaje de ácido láctico) en función del tiempo del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1 (0°C y 77% HR), según datos obtenidos en la tabla 4.6 para la muestra (CH-205).

**Figura 4.12**  
**Acidez del chorizo parrillero almacenado en el freezer 1**



**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.12, se observa que la muestra (CH-205) almacenada a 0°C y 77% HR, a los dos días de almacenamiento tiene un porcentaje en acidez de 0,63%; finalmente transcurrido 39 días de almacenamiento aumenta la acidez a 1,17%; más del 54% del valor inicial.

Dentro de las normas de calidad para embutidos crudos, chorizos, y productos cárnicos fermentados, no se tiene valores referenciales de acidez, por lo tanto no hay un valor con el cual comparar, sin embargo según datos bibliográficos la acidez esta alrededor de 0,88% para este tipo de alimentos.

Realizado el análisis de acidez (porcentaje de ácido láctico), en las diferentes muestras de chorizo parrillero se observa que en el transcurso del tiempo este parámetro aumenta a medida que incrementa la temperatura de almacenamiento, aumentando más para las muestras (CH-203 y CH-204) almacenadas a (3°C y 4°C) respectivamente, ocurriendo lo mismo para la muestra (CH-205) almacenada a 0°C, donde la acidez aumenta mucho más que para la muestra (CH-202) almacenada a 1°C y el deterioro es mayor en comparación a las muestras (CH-202 y CH-203).

La acidez desarrollada en las muestras de chorizo parrillero, se debe a la acidificación de la sustancia y la relación que tiene con el pH, ya que este parámetro disminuye y la acidez aumenta; esto se da por procesos enzimáticos o microbiológicos que ocurren durante el almacenamiento del producto.

#### 4.3.5 ANÁLISIS DE PROTEÍNA Y GRASA DEL CHORIZO PARRILLERO AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.7 se muestran los resultados de proteína y grasa, análisis realizado en el laboratorio CEANID, a los 29 días de almacenamiento en las cuatro muestras de chorizo parrillero, (Anexo 11).

**Tabla 4.7**  
**Análisis de proteína y materia grasa del chorizo parrillero al final del almacenamiento**

| Parámetro    | Muestra inicial | Muestra final |               |               |               |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|              |                 | 1°C<br>CH-202 | 3°C<br>CH-203 | 4°C<br>CH-204 | 0°C<br>CH-205 |
| Proteína (%) | 15,46           | 15,83         | 16,58         | 16,98         | 17,94         |
| Grasa (%)    | 14,88           | 13,99         | 10,58         | 10,92         | 9,67          |

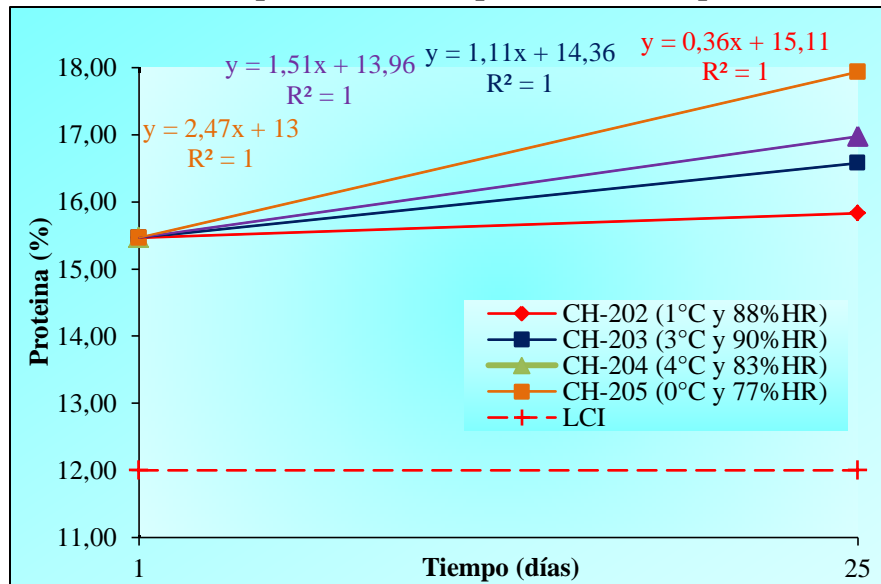
**Fuente:** (CEANID, 2018)

A continuación se realiza el análisis gráfico, de acuerdo a la composición de proteína y grasa en el chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205); comparando el valor inicial de la composición y transcurrido 29 días de almacenamiento.

##### 4.3.5.1 ANÁLISIS DE PROTEÍNA DEL CHORIZO PARRILLERO AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

En la figura 4.13 se muestra la variación del porcentaje de proteína en el chorizo parrillero en función del tiempo, tomando como valor inicial de este parámetro (15,46% de proteína) análisis realizado al comienzo del almacenamiento (tabla 4.3) y contenido de proteína transcurrido 29 días de almacenamiento en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) según datos obtenidos en la tabla 4.7. La Norma Boliviana (NB 310018), indica un valor mínimo de 12% en porcentaje de proteína, dato que se tomó como referencia para el límite de control inferior (LCI) en el análisis.

**Figura 4.13**  
**Variación de proteína vs tiempo en el chorizo parrillero**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 4.13, el primer día de almacenamiento el chorizo parrillero empieza con un contenido en proteína de 15,46%; y transcurrido los 29 días de almacenamiento el porcentaje de proteína aumenta para las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), siendo mayor el porcentaje de proteína en la muestra almacenada a 0°C y 77% HR (CH-205), y menor en la muestra almacenada a 1°C y 88% HR (CH-202); también se observa que a medida que se incrementa la temperatura de refrigeración el porcentaje de proteína aumenta, como así también para la muestra almacenada a 0°C y 77% HR (CH-205).

De acuerdo a la Norma Boliviana (NB 310018), los valores de proteína no deben ser menores del 12% en productos cárnicos (chorizo parrillero), lo cual nos indica que durante el deterioro del producto este parámetro no se ve influenciado ya que se encuentra por encima del valor mínimo requerido.

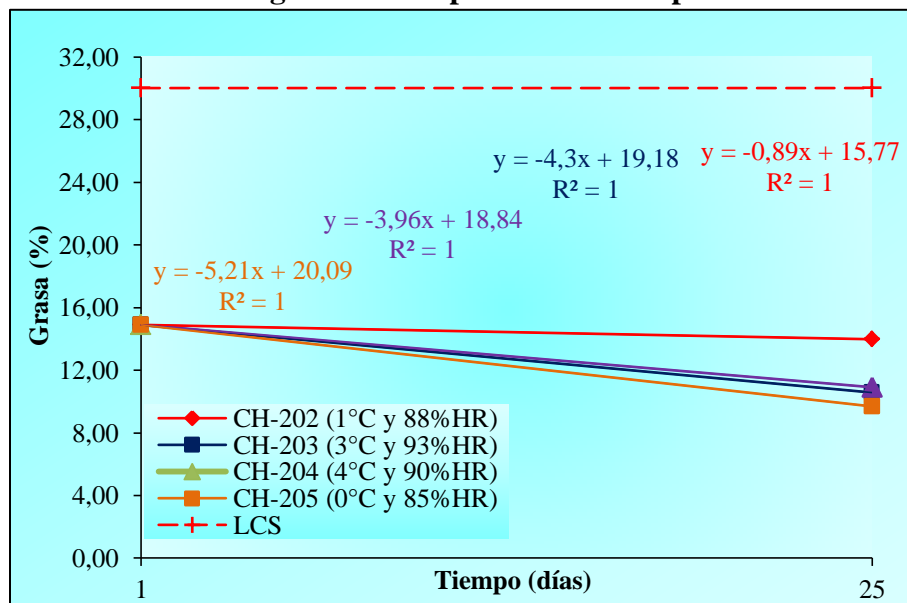
Realizado el análisis de proteína en el chorizo parrillero al inicio y transcurridos 29 días de almacenamiento, los resultados mostraron que este parámetro aumentó lo que generalmente no sucede, ya que en el transcurso del tiempo ocurren procesos bioquímicos que desnaturalizan las proteínas ocasionando una disminución de la

misma, sin embargo su determinación sirve como una medida del contenido proteico más que una medida del tiempo de vida útil.

#### 4.3.5.2 ANÁLISIS DE GRASA DEL CHORIZO PARRILLERO AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

En la figura 4.14 se muestra la variación del porcentaje de grasa en el chorizo parrillero en función del tiempo, tomando como valor inicial de este parámetro (14,88% de grasa) análisis realizado al inicio del almacenamiento (tabla 4.2), y el contenido de grasa transcurrido 29 días de almacenamiento en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), según datos obtenidos en la tabla 4.7. La Norma Boliviana (NB310018), indica un valor máximo de 30 % en porcentaje de grasa, valor que se tomó como referencia para el límite de control superior (LCS) en el análisis.

**Figura 4.14**  
**Variación de grasa vs tiempo en el chorizo parrillero**



Fuente: *Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 4.14, el primer día de almacenamiento el chorizo parrillero empieza con 14,88% en porcentaje de grasa; transcurrido 29 días de almacenamiento el porcentaje de grasa disminuye más para CH-205, CH-204, CH-203 y CH-202 con un valor de 9,67%; 10,58%; 10,92% y 13,99% respectivamente.

La Norma Boliviana (NB 310018), indica un valor máximo de 30 % en porcentaje de grasa, lo cual las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) al inicio y final de su almacenamiento muestran un valor por debajo de lo permitido.

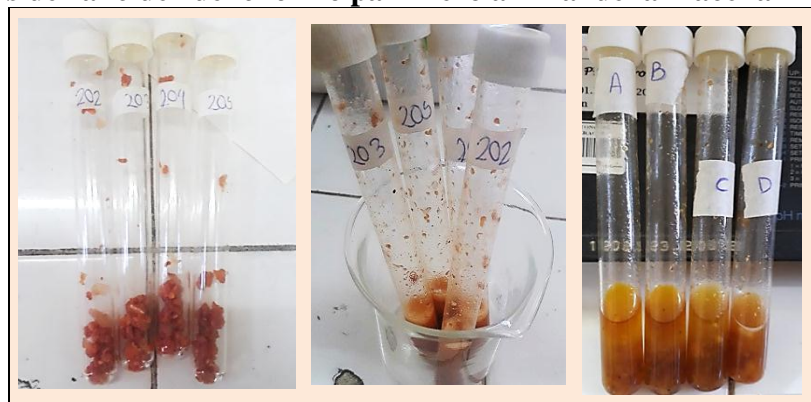
Realizado el análisis de grasa en las cuatro muestras de chorizo parrillero, los resultados mostraron que este parámetro disminuyó en el transcurso de 29 días de almacenamiento, siendo las muestras (CH-205, CH-204 y CH-203) las que tienen mayor variación en este parámetro; y en la muestra (CH-202) la disminución del porcentaje de grasa es mínima.

La disminución en el porcentaje de grasa de las muestras de chorizo parrillero se debe a las alteraciones que sufren los ácidos grasos durante el almacenamiento, produciendo la degradación de las mismas.

#### 4.3.6 ANÁLISIS DE RANCIDEZ DEL CHORIZO PARRILLERO AL FINAL DEL ALMACENAMIENTO

En la figura 4.15 se observa los resultados del análisis de rancidez, realizado en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204, CH-205), en el transcurso de 29 días de almacenamiento (Anexo 2-D).

**Figura 4.15**  
**Análisis de rancidez del chorizo parrillero al final del almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se observa en la figura 4.15, la coloración amarilla indica un resultado en rancidez negativo, en este caso para las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-



202, CH203, CH-204 y CH-205), por tanto se descarta la posibilidad del enranciamiento de las grasas en el producto al final del almacenamiento.

Realizado el análisis fisicoquímico del chorizo parrillero, se observa que a los 29 días de almacenamiento los cambios en su composición son mayores a medida que se incrementa la temperatura del almacenamiento, ocurriendo lo contrario para la muestra almacenada a 0°C y 77% HR (CH-205), debido a que se almacena cubierta con bolsa de nylon lo que provoca una aceleración en su descomposición al igual que las muestras almacenadas a 3°C y 90% HR (CH-203); 4°C y 83% HR (CH-204), manteniéndose más estable la muestra almacenada a 1°C y 88% HR (CH-202).

#### **4.4 DISEÑO DE BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR APLICADO EN EL ALMACENAMIENTO DEL CHORIZO PARRILLERO**

Observando la variabilidad que tienen las diferentes muestras de chorizo parrillero durante el tiempo de almacenamiento, se desea conocer estadísticamente la variabilidad producida por diferentes fuentes extrañas en esta etapa; para lo cual se aplica un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), donde se consideran tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos (lotes), el factor de bloque (5 semanas) y el error aleatorio, es decir se tienen tres posibles culpables de la variabilidad presente en el factor de interés; con objeto de saber si las concentraciones de acidez medidas en las 5 semanas son iguales para los lotes de producción (A, B, C, D y E); es decir no hay diferencias entre los lotes durante 5 semanas del almacenamiento con respecto al factor acidez y la hipótesis alternativa es que las concentraciones de acidez son diferentes al menos en dos lotes durante cinco semanas del almacenamiento. La finalidad de este diseño es elegir el lote más eficiente en términos de acidez durante el almacenamiento.

La variable respuesta es la concentración de acidez en las muestras de chorizo parrillero en las 5 semanas de almacenamiento, repartidas en 5 unidades de medición, en total se tiene 25 datos de acidez (porcentaje de ácido láctico) como se muestra en la tabla 4.8 (Anexo 5-B).

**Tabla 4.8**  
**Diseño de bloques completamente al azar aplicado en el almacenamiento para el factor acidez del chorizo parrillero**

| Lote         | Tiempo (semanas) |              |               |              |              | Total            |
|--------------|------------------|--------------|---------------|--------------|--------------|------------------|
|              | 1                | 2            | 3             | 4            | 5            |                  |
| A            | 0,4000           | 0,6677       | 0,8516        | 0,8541       | 0,9000       | $Y_A=3,6734$     |
| B            | 0,4443           | 0,6231       | 0,7186        | 0,7862       | 0,8084       | $Y_C=3,3806$     |
| C            | 0,4473           | 0,6234       | 0,6518        | 0,7261       | 0,8143       | $Y_E=3,2629$     |
| D            | 0,5362           | 0,7124       | 0,7692        | 0,9014       | 0,9953       | $Y_B=3,9145$     |
| E            | 0,6339           | 0,8147       | 0,9916        | 1,0857       | 1,0866       | $Y_D=4,6125$     |
| <b>Total</b> | $Y_1=2,4617$     | $Y_2=3,4413$ | $Y_3=3,98284$ | $Y_4=4,3535$ | $Y_5=4,6046$ | $Y_{..}=18,8439$ |

**Fuente:** *Elaboración propia*

#### 4.4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR ACIDEZ APLICADO EN EL ALMACENAMIENTO DEL CHORIZO PARRILLERO

En la tabla 4.9 se muestran los resultados del análisis de varianza de la variable respuesta acidez durante el almacenamiento del chorizo parrillero, de acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 4.8. (Anexo 5-B).

**Tabla 4.9**  
**Análisis de varianza para el factor acidez en la etapa de almacenamiento del chorizo parrillero**

| Fuente de variación (FV) | Suma de cuadrados totales SC(T) | Grados libertad (GL) | Cuadrados medios (CM) | Fcal   | Ftab 95% |
|--------------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|--------|----------|
| Total (SCT)              | 0,8425                          | 19,00                |                       |        |          |
| Bloques (X)              | 0,5804                          | 4,00                 | 0,1451                | 71,88* | 3,01     |
| Tiempo (Y)               | 0,2298                          | 4,00                 | 0,0575                | 28,46  | 3,01     |
| Error(E)                 | 0,0323                          | 16,00                | 0,0020                |        |          |
| *Significativo           |                                 |                      |                       |        |          |

**Fuente:** *Elaboración propia*

La tabla 4.9 presenta el análisis de varianza del DBCA para el factor acidez en el chorizo parrillero, aplicado en la etapa de almacenamiento; utilizando un nivel de significancia ( $\alpha = 0,05$ ), el valor crítico de la distribución de Fisher es  $F_{0,05;4;16} = 3,01$ . Puesto que ( $F_{cal} = 71,88 > F_{tab} = 3,01$ ) se rechaza la hipótesis planteada para el factor (X), y se acepta que al menos un par de bloques son diferentes en cuanto al

factor acidez. Así mismo para el factor tiempo ( $F_{cal}=28,46 > F_{tab}= 3,01$ ) se ve afectado en relación al factor acidez para un nivel de significancia ( $\alpha = 0,05$ ).

#### 4.4.2 DIFERENCIA MÍNIMA SIGNIFICATIVA PARA EL FACTOR ACIDEZ EN EL ALMACENAMIENTO DEL CHORIZO PARRILLERO

Cuando se rechaza la hipótesis planteada para el factor acidez de los cinco lotes (A, B, C, D y E), se procede a realizar la prueba de comparaciones. En la tabla 4.10 se presenta la diferencia mínima significativa entre las muestras (LSD), (Anexo 5-B) de los resultados obtenidos en la tabla 4.9.

**Tabla 4.10**  
Diferencia mínima significativa para el factor acidez de los lotes

| Diferencia de lotes | Diferencia muestral | Decisión         |
|---------------------|---------------------|------------------|
| $\mu_A - \mu_B$     | 0,0586 > 0,0283     | Significativa    |
| $\mu_A - \mu_C$     | 0,0821 > 0,0283     | Significativa    |
| $\mu_A - \mu_D$     | [-0,0482] > 0,0283  | Significativa    |
| $\mu_A - \mu_E$     | [-0,1878] > 0,0283  | Significativa    |
| $\mu_B - \mu_C$     | 0,0235 < 0,0283     | No significativa |
| $\mu_B - \mu_D$     | [-0,1068] > 0,0283  | Significativa    |
| $\mu_B - \mu_E$     | [-0,2464] > 0,0283  | Significativa    |
| $\mu_C - \mu_D$     | [-0,1303] > 0,0283  | Significativa    |
| $\mu_C - \mu_E$     | [-0,2699] > 0,0283  | Significativa    |
| $\mu_D - \mu_E$     | [-0,1396] > 0,0283  | Significativa    |

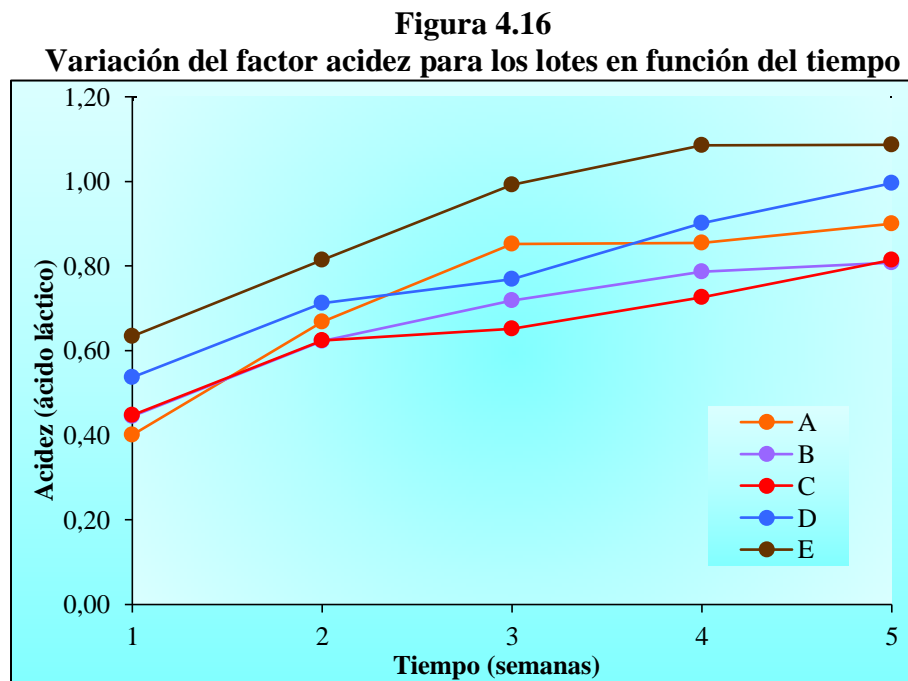
**Fuente:** *Elaboración propia*

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4.10, se concluye que el lote  $\mu_A$  es diferente del lote  $\mu_B$ ,  $\mu_C$ ,  $\mu_D$  y  $\mu_E$ , el lote  $\mu_B$  y  $\mu_C$ , son diferentes para  $\mu_D$  y  $\mu_E$ , y el lote  $\mu_D$  es diferente de  $\mu_E$ . Las comparaciones  $\mu_B - \mu_C$  aceptan la hipótesis de igualdad. De acuerdo con esto, y dadas las respuestas medias muestrales  $\bar{Y}_A = 0,7347$ ,  $\bar{Y}_B = 0,6761$ ,  $\bar{Y}_C = 0,6526$ ,  $\bar{Y}_D = 0,7829$ ,  $\bar{Y}_E = 0,9225$ , se puede decir que el bloque  $\mu_C$  es mejor (porcentaje de acidez es menor durante las 5 semanas del almacenamiento), que los lotes  $\mu_A$ ,  $\mu_D$  y  $\mu_E$  pero el lote  $\mu_C$  no es mejor que  $\mu_B$ , ya que no hay diferencia significativa entre los mismos, por lo

tanto se tomó el lote  $\mu_B$  y  $\mu_C$ , como los más eficientes debido a que el factor acidez es menor durante el tiempo de almacenamiento.

#### 4.4.3 VARIACIÓN DEL FACTOR ACIDEZ PARA LOS BLOQUES EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO

En la figura 4.16, se expresa los resultados de la variable respuesta (acidez) en función del tiempo, para los lotes (A, B, C, D y E), según datos obtenidos en la tabla 4.23.



**Fuente:** *Elaboración propia*

La figura 4.16 muestra que el porcentaje de acidez es diferente para los lotes (A, B, C, D, y E), donde se observa que a medida que transcurre el tiempo se incrementa la acidez, siendo menor el incremento para los lotes B y C.

Realizado el diseño de bloques completamente al azar (DBCA) aplicado en la etapa de almacenamiento del chorizo parrillero, se concluye que el factor lote (X) y el factor tiempo (Y) influyen en la variable respuesta (acidez) ya que existe diferencia significativa ( $F_{cal} > F_{tab}$ ), sin embargo realizada la prueba de comparaciones entre lotes, no existe diferencia significativa para los lotes B y C para un nivel de

significancia ( $\alpha = 0,05$ ). Por tanto el lote (B y C) son los más eficientes durante el almacenamiento en términos de acidez.

#### **4.5 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL CHORIZO PARRILLERO**

Los análisis microbiológicos del chorizo parrillero se realizaron al comienzo y a los 20 días del almacenamiento. Al comienzo del almacenamiento, se realiza el análisis microbiológico del chorizo parrillero, para conocer el estado al que se encuentra inicialmente el producto; esto se codifica como muestra patrón (CH-000), debido a que se analiza antes del tratamiento de las demás muestras y transcurrido 20 días de almacenamiento se vuelve a analizar la muestra (CH-000) almacenada en el freezer 2 (1°C y 88% HR), los parámetros de bacterias aerobias mesófilas y *escherichia coli*; una vez almacenadas las muestras en los distintos refrigeradores: freezer 2 (CH-202, 1°C y 88 % HR); heladera (CH-203, 3°C y 90% HR); freezer 3 (CH-204, 4°C y 83% HR); freezer 1 (CH-205, 0°C y 77% HR), transcurrido 20 días de almacenamiento se realiza los análisis complementarios finales de *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras en las cuatro muestras de chorizo parrillero para conocer las características finales del producto.

##### **4.5.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL CHORIZO PARRILLERO AL COMIENZO DEL ALMACENAMIENTO**

En la tabla 4.11 se muestran el análisis microbiológico realizado en el chorizo parrillero (CH-000) al comienzo del almacenamiento (Anexo 11), la misma se toma como referencia de la caracterización microbiológica inicial del producto (CH-000). Este análisis es realizado en dos Laboratorios de control de calidad, debido a que los resultados de bacterias aerobias mesófilas reportados por Laboratorio CEANID no coincidían con los valores determinados en la misma muestra después de 20 días de almacenamiento. Por lo tanto la caracterización microbiológica inicial del chorizo parrillero se realiza de acuerdo a los resultados reportados por el Laboratorio RIMH.

**Tabla 4.11**  
**Análisis microbiológico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento**

| Parámetro                             | Unidad           | Valor CEANID        | Valor RIMH          | Valor límite         |                        | Referencia                 |
|---------------------------------------|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|
|                                       |                  |                     |                     | Min                  | Max                    |                            |
| Aerobios mesófilos                    | UFC/g            | 8,7x10 <sup>5</sup> | 8,1x10 <sup>2</sup> | 1,0x10 <sup>6</sup>  | 1,0x10 <sup>7</sup>    | NTE INEN1338 <sup>□</sup>  |
| Coliformes totales                    | UFC/g<br>NMP/g   | 8,1x10 <sup>4</sup> | Ausencia            | —                    | 3,0x10 <sup>0</sup>    | NOM-213-SSA1 <sup>†</sup>  |
| Coliformes fecales                    | UFC/g<br>NMP/g   | < 10(*)             | Ausencia            | 93,0x10 <sup>0</sup> | 460,0 x10 <sup>0</sup> | RTCR:411-2008 <sup>‡</sup> |
| Escherichia coli                      | UFC/g<br>NMP/g   | < 10(*)             | Ausencia            | 5,0x10 <sup>2</sup>  | 1,0x10 <sup>3</sup>    | NB 310017 <sup>*</sup>     |
| Salmonella                            | P/A/25g<br>NMP/g | Ausencia            | Ausencia            | Ausencia             |                        | NB 310017 <sup>*</sup>     |
| <i>Donde: Min= mínimo Máx= máximo</i> |                  |                     |                     |                      |                        |                            |

**Fuente:** (CEANID, 2017); (RIMH, 2017); (RTCR, 2008)<sup>‡</sup> (NTE, 2012)<sup>□</sup> y (NOM, 2002)<sup>†</sup>; (IBNORCA, 2017)<sup>\*</sup>

Como se puede observar en la tabla 4.11, la flora bacteriana tomada en cuenta para los análisis fueron recuento de *bacterias aerobias mesófitas* con 8,10x10<sup>2</sup> UFC/g, que está dentro de los límites según la norma mexicana (OM-213-SSA1) y es característico de un producto fermentado; ausencia en: *coliformes totales*, *coliformes fecales*, *escherichia coli* y *salmonella*, según resultados obtenidos en el Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental “RIMH”.

#### 4.5.2 ANÁLISIS DE BACTERIAS AEROBIAS MESÓFILAS Y *ESCHERICHIA COLI* DEL CHORIZO PARRILLERO A 20 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.12 se muestran los resultados del análisis de bacterias aerobias mesófilas y *escherichia coli*, parámetros determinados en la muestra de chorizo parrillero (CH-000), tras haber transcurrido 20 días de almacenamiento 1°C y 88% HR, (Anexo 11).

**Tabla 4.12**  
**Análisis de bacterias aerobias mesófilas y *escherichia coli* del chorizo parrillero**

| Parámetro                             | Unidad | Valor               | Valor límite        |                     | Referencia                |
|---------------------------------------|--------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
|                                       |        |                     | Min                 | Max                 |                           |
| Aerobias mesófilas                    | UFC/g  | 5,1x10 <sup>5</sup> | 1,0x10 <sup>6</sup> | 1,0x10 <sup>7</sup> | NTE INEN1338 <sup>□</sup> |
| Escherichia coli                      | UFC/g  | 9,0x10 <sup>2</sup> | 5,0x10 <sup>2</sup> | 1,0x10 <sup>3</sup> | NB 310017 <sup>*</sup>    |
| <i>Donde: Min= mínimo Máx= máximo</i> |        |                     |                     |                     |                           |

**Fuente:** (CEANID, 2017) (NTE, 2012)<sup>□</sup>; (IBNORCA, 2017)<sup>\*</sup>

Como se puede observar en la tabla 4.12, la carga microbiana en el chorizo parrillero, después de 20 días de almacenamiento es  $5,1 \times 10^5$  UFC/g en bacterias aerobias mesófilas y  $9,0 \times 10^2$  UFC/g para *escherichia coli*, valores que no sobrepasan los límites referenciales, sin embargo su presencia en el alimento indican una mala manipulación y conservación durante el almacenamiento.

Realizado el análisis microbiológico en el chorizo parrillero (CH-000) almacenado a ( $1^\circ\text{C}$  y 88% HR), al inicio y después de 20 días de almacenamiento, se pudo observar que el contenido de bacterias aerobias mesófilas aumenta de  $8,1 \times 10^2$  UFC/g a  $5,1 \times 10^5$  UFC/g y se evidencia que hay desarrollo de *escherichia coli* con  $9,0 \times 10^2$  UFC/g.

#### 4.5.3 ANÁLISIS DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS*, MOHOS Y LEVADURAS DEL CHORIZO PARRILLERO A 20 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.13 se muestran los resultados microbiológicos para *Staphylococcus aureus*, Mohos y levaduras, realizados en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), a los 20 días de almacenamiento (Anexo 11).

**Tabla 4.13**  
**Análisis de *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras del chorizo parrillero a 20 días de almacenamiento**

| Muestra   | Mohos y levaduras (UFC/g) | <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g) | Referencia <i>St. aureus</i> |                 |
|---|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| CH-202  | $4,2 \times 10^2$         | $< 1,0 \times 10^1$ (*)              | Min.                         | Máx.            |
| CH-203  | $6,3 \times 10^3$         | $< 1,0 \times 10^1$ (*)              | $1 \times 10^2$              | $1 \times 10^3$ |
| CH-204  | $1,9 \times 10^5$         | $< 1,0 \times 10^1$ (*)              | NB 320017                    |                 |
| CH-205  | $1,1 \times 10^4$         | $< 1,0 \times 10^1$ (*)              |                              |                 |
| (*) no se observa desarrollo de colonias<br>UFC: unidad formadora de colonias |                           |                                      | Mín= mínimo<br>Máx= máximo   |                 |

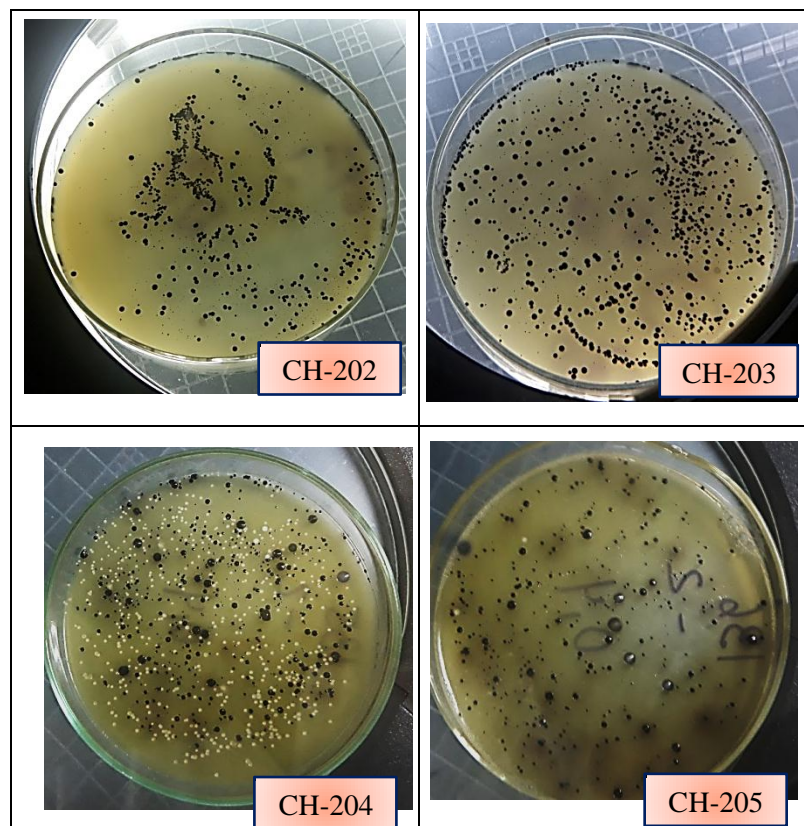
Fuente: (CEANID, 2018) y (IBNORCA, 2017)&

A continuación se observa el análisis microbiológico de *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras, en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), analizado a los 20 días de almacenamiento; según los resultados obtenidos en la tabla 4.13:

#### 4.5.4 ANÁLISIS DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* DEL CHORIZO PARRILLERO A 20 DÍAS DEL ALMACENAMIENTO

En la figura 4.17 se muestra el análisis de *Staphylococcus aureus*, realizado en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 4.13 para *Staphylococcus aureus*.

**Figura 4.17**  
**Análisis de *Staphylococcus aureus* del chorizo parrillero**



Fuente: (CEANID, 2018)

Como se puede observar en la figura 4.17, el desarrollo de *Staphylococcus* en las muestras de chorizo parrillero aumenta a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento, observando mayor desarrollo de *Staphylococcus* en las muestras CH-203 (3°C y 90% HR) y CH-204 (4°C y 83% HR); como así también en la muestra CH-205 (0°C y 77% HR) y en menor proporción para la muestra CH-202 (1°C y 88% HR) ; sin embargo para todas las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203,

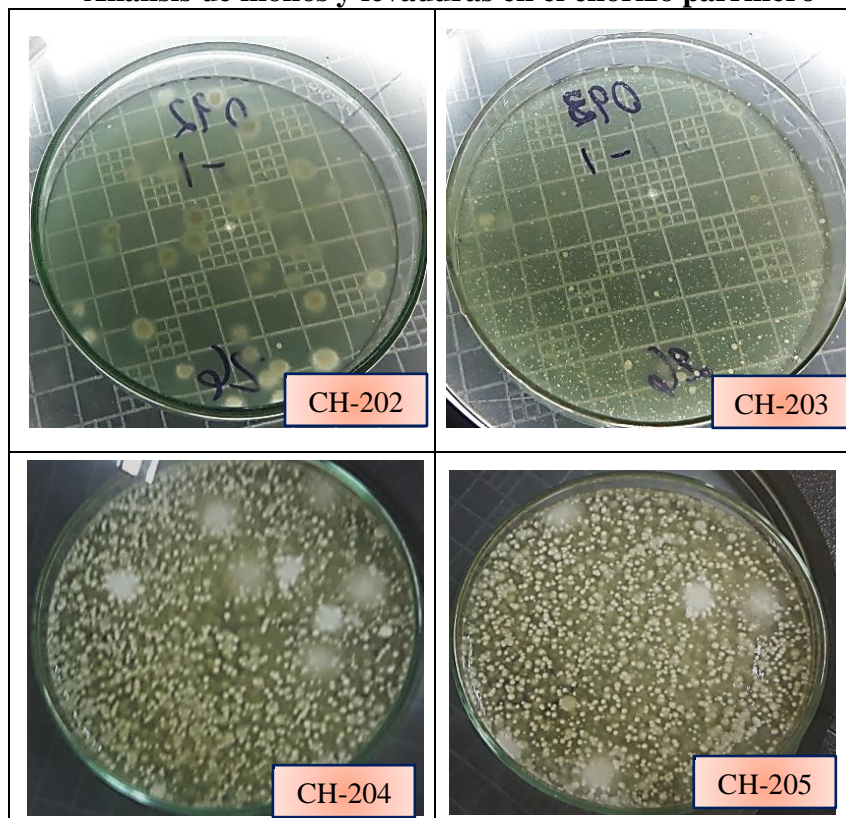


CH-204 y CH-205) no se observa desarrollo de colonias en *Staphylococcus aureus*, según indica la tabla 4.10 ( $< 1,0 \times 10^1$  (\*)).

#### 4.5.5 ANÁLISIS DE MOHOS Y LEVADURAS DEL CHORIZO PARRILLERO A 20 DÍAS DEL ALMACENAMIENTO

En la figura 4.18 se muestra el análisis de mohos y levaduras, realizado en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) después de 20 días de almacenamiento, según los resultados obtenidos en la tabla 4.13 para este parámetro.

**Figura 4.18**  
**Análisis de mohos y levaduras en el chorizo parrillero**



**Fuente:** (CEANID, 2018)

Como se puede observar en la figura 4.18, el desarrollo de las levaduras se incrementa en las muestras de chorizo parrillero a medida que sube la temperatura de almacenamiento, como así también en el chorizo parrillero almacenado con bolsa de

nylon (CH-205), es decir hay mayor desarrollo de mohos y levaduras en las muestras CH-204 (4°C) > CH-205 (0°C) > CH-202 (3°C) > CH-202 (1°C).

Realizado el análisis microbiológico de *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras en el chorizo parrillero (CH-202, CH203, CH-204 y CH-205), transcurrido 20 días de almacenamiento, se observa que no hay desarrollo de colonias para *Staphylococcus aureus*, sin embargo en el medio desarrollan mohos y levaduras y se aumenta a medida que se incrementa la temperatura del almacenamiento y la disminución de pH en las muestras, ya que estos microorganismos crecen en pH óptimos de 4,50 a 5,00.

Realizado el análisis microbiológico en el chorizo parrillero, se puede observar que estos parámetros no arrojan resultados que estuvieran fuera de la Norma Boliviana y Norma Técnica Ecuatoriana, al inicio y transcurrido 20 días de almacenamiento, sin embargo el desarrollo de levaduras en el medio indican descomposición del producto lo cual está relacionado con la disminución del pH, que es característico de una carne en vía de putrefacción.

#### **4.6 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL CHORIZO PARRILLERO**

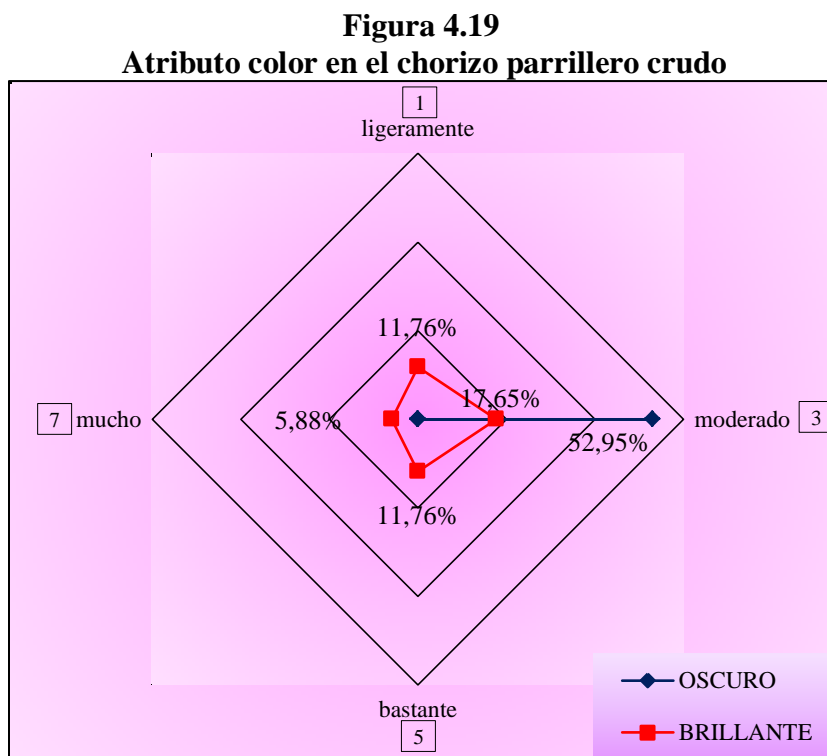
El análisis organoléptico en el chorizo parrillero se realizó mediante la evaluación sensorial en 5 etapas: al comienzo de almacenamiento, a los 11 días, a los 18 días y a los 25 días de almacenamiento. Al comienzo del almacenamiento se realiza una prueba de hedoneidad del chorizo parrillero, en base a la evaluación de los atributos sensoriales tomados en cuenta para la muestra de chorizo parrillero (CH-000), a la que se codifica como muestra patrón, debido a que se analiza antes del tratamiento de las demás muestras, transcurrido 11 días y 18 días de almacenamiento, se evalúan los atributos sensoriales en las cuatro muestras de chorizo parrillero: CH-202 (1°C y 88,02%HR); CH-203 (3°C y 90,43%HR); CH-204 (4°C y 83,92%HR) y CH-205 (0°C y 77,49%HR) y a los 25 días de almacenamiento se evalúan los atributos sensoriales en las dos muestras de chorizo parrillero CH-202 (1°C y 88,02%HR); CH-203 (3°C y 90,43%HR). Los resultados para los atributos evaluados son graficados de forma radial en una escala de 1 a 7 de acuerdo a las evaluaciones sensoriales realizadas a lo largo del almacenamiento:

#### 4.6.1 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CHORIZO PARRILLERO AL COMIENZO DEL ALMACENAMIENTO

Se realiza la evaluación sensorial en la muestra de chorizo parrillero (CH-000), tomada como muestra referencia al comienzo de almacenamiento, para conocer el estado de las características organolépticas y la aceptación del producto, esto se lo realiza en presentación crudo y cocido del producto, la idea de realizar la evaluación en el producto cocido es para identificar de mejor manera el atributo sabor, a continuación se describen a los siguientes atributos sensoriales tomados en cuenta:

##### 4.6.1.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR DEL CHORIZO PARRILLERO CRUDO

En la figura 4.19 se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada para el atributo color en la muestra de chorizo parrillero crudo (CH-000), en función a los parámetros: brillante u oscura, (Anexo 3-A).



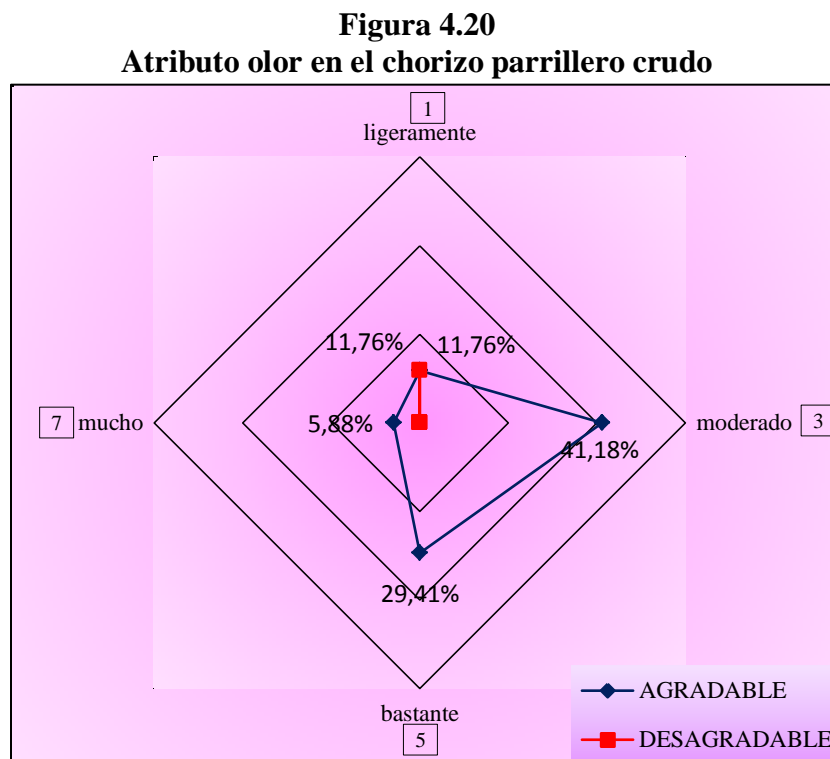
**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 4.19, según el agrado de los jueces en cuanto al atributo color (brillante) del producto se tiene 5,88% que le agrada mucho; 11,76%

bastante; 17,65% moderadamente y 11,76% ligeramente. Con respecto al atributo color (oscuro), manifiestan un 52,95% que le desagrada moderadamente. Por lo tanto, se puede decir que el producto al inicio del almacenamiento tiene un color moderadamente oscuro y aceptable.

#### 4.6.1.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO OLOR DEL CHORIZO PARRILLERO CRUDO

En la figura 4.20 se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada para el atributo olor en el chorizo parrillero crudo (CH-000), según la percepción agradable o desagradable del mismo, (Anexo 3-A).

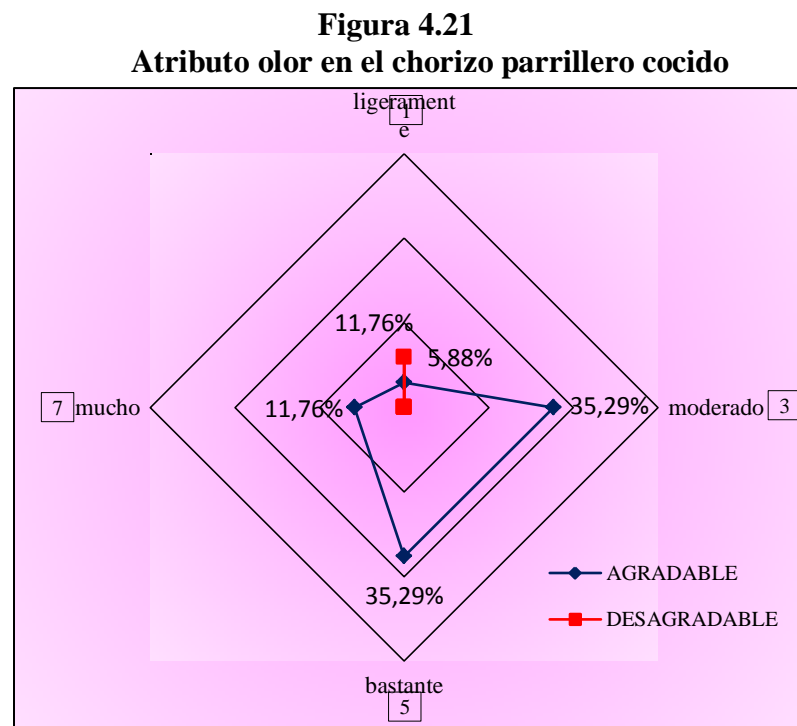


**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 4.20, según el agrado de los jueces en cuanto se refiere al atributo olor (agradable) del producto (CH-000), tiene 5,88% que le agrada mucho; 29,41% bastante; 41,18% moderadamente y 11,76% ligeramente. Siendo ligeramente desagradable un 11,76%. Por lo tanto, se puede decir que el producto mantiene el atributo olor moderadamente agradable.

#### 4.6.1.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO OLOR DEL CHORIZO PARRILLERO COCIDO

En la figura 4.21 se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada para el atributo olor en el chorizo parrillero cocido (CH-000), según la percepción agradable o desagradable del mismo, (Anexo 3-A).



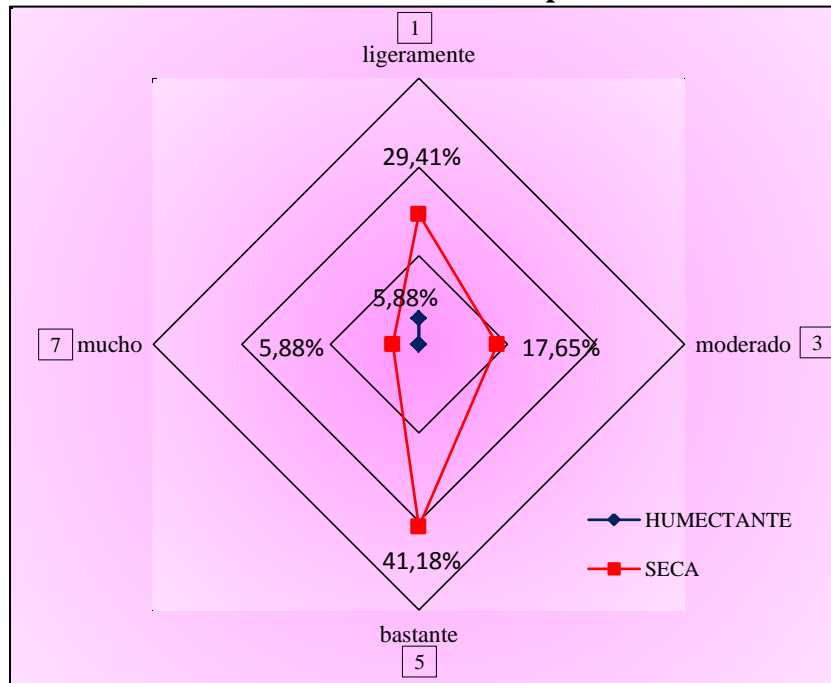
**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 4.21; según el agrado de los jueces en cuanto se refiere al atributo olor (agradable) en el chorizo parrillero cocido (CH-000), tiene 11,76% que le agrada mucho; 35,29% bastante; 35,29% moderadamente; 5,88% ligeramente. Siendo ligeramente desagradable un 11,766%. Por lo tanto, se puede decir que el producto es aceptable en cuanto a este atributo.

#### 4.6.1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO TEXTURA DEL CHORIZO PARRILLERO COCIDO

En la figura 4.22 se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada para el atributo textura en el chorizo parrillero cocido (CH-000), según sea esta humectante o seca, (Anexo 3-A).

**Figura 4.22**  
**Atributo textura en el chorizo parrillero cocido**



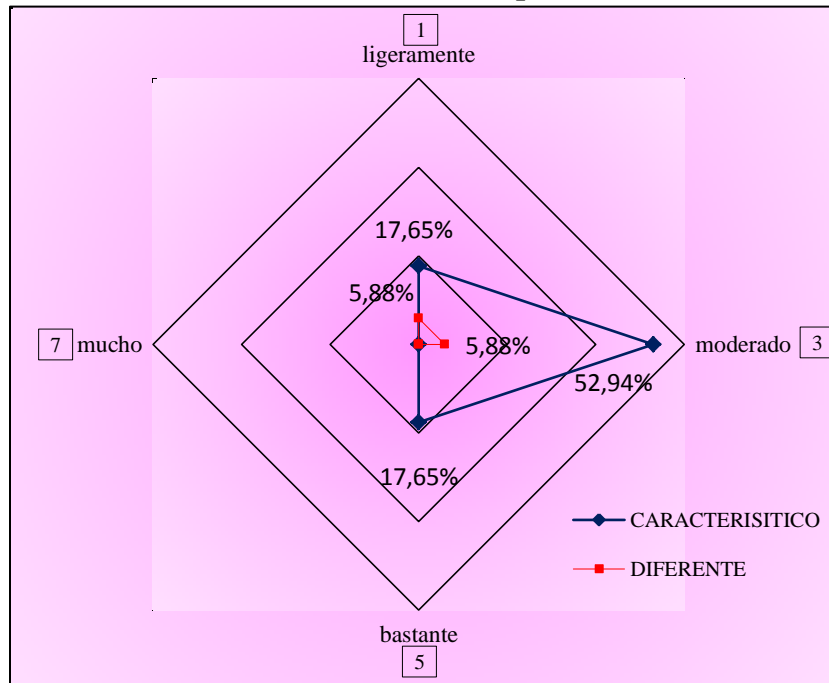
**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 4.22; según el agrado de los jueces en cuanto al atributo textura; un 5,88% perciben el atributo textura ligeramete humectante. Manifestando un 5,88% la textura muy seca; 41,18% bastante seca; 17,65% moderadamente seca y 29,41% ligeramete seca. Por lo tanto, se puede decir que el producto (chorizo parrillero cocido), al inicio del almacenamiento tiene una textura bastante seca.

#### **4.6.1.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO SABOR DEL CHORIZO PARRILLERO COCIDO**

En la figura 4.23 se muestran los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada para el atributo sabor en el chorizo parrillero cocido (CH-000), según sea característico al producto o diferente, (Anexo 3-A).

**Figura 4.23**  
**Atributo sabor en el chorizo parrillero cocido**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la figura 4.23; según el agrado de los jueces en cuanto se refiere al atributo sabor (característico) en el chorizo parrillero (CH-000), un 17,65% le agrada bastante; 52,94% moderadamente y 17,65% ligeramente; percibiendo el atributo sabor (diferente) moderado y ligeramente en un 5,88%. Por lo que se puede decir que el producto al inicio del almacenamiento tiene un sabor moderadamente característico y aceptable. Realizada la evaluación sensorial en el chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento, se evidencia que el producto es aceptable para el consumidor ya que tiene olor agradable, sabor característico, buen color; sin embargo perciben una textura ligeramente seca que no es agradable para todos.

#### **4.6.2 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO**

Se realiza la evaluación sensorial en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205); donde se evalúa los atributos sensoriales a los 11 días, 18 días y para las muestras (CH-202 y CH-203) hasta los 25 días de almacenamiento en presentación crudo, debido a que fueron las muestras menos

rechazadas y chorizo parrillero cocido hasta los 18 días del almacenamiento para todas las muestras, teniendo como referencia inicial la muestra (CH-000) para los atributos sensoriales tomados en cuenta de acuerdo a lo siguiente:

#### 4.6.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR DEL CHORIZO PARRILLERO CRUDO EN EL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.14 se presentan los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada al primer día del almacenamiento, 11 días, 18 días y transcurrido 25 días de almacenamiento, para el atributo color en el chorizo parrillero crudo (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), en función a los parámetros: brillante u oscura (Anexo 3-B y 3-C).

**Tabla 4.14**  
**Atributo color del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento**

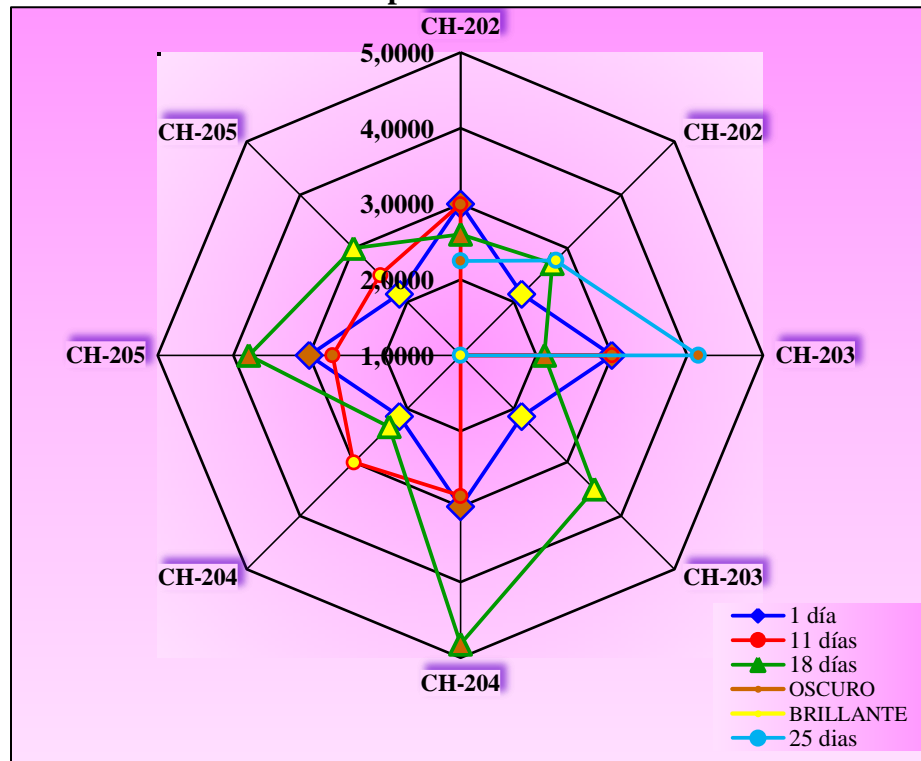
| Muestra | Atributo color | Días de almacenamiento |         |         |         |
|---------|----------------|------------------------|---------|---------|---------|
|         |                | 1 día                  | 11 días | 18 días | 25 días |
| CH-202  | Oscuro         | 3,0000                 | 3,0000  | 2,6000  | 2,2500  |
| CH-203  |                | 3,0000                 | 3,0000  | 2,1111  | 4,1429  |
| CH-204  |                | 3,0000                 | 2,8571  | 4,8182  |         |
| CH-205  |                | 3,0000                 | 2,6923  | 3,8000  |         |
| CH-202  | Brillante      | 2,1429                 | 1,0000  | 2,7143  | 2,7778  |
| CH-203  |                | 2,1429                 | 1,0000  | 3,5000  | 1,0000  |
| CH-204  |                | 2,1429                 | 3,0000  | 2,3333  |         |
| CH-205  |                | 2,1429                 | 2,5000  | 3,0000  |         |

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.24 se denotan los valores promedios del atributo color (oscuro y brillante) según resultados obtenidos en la tabla 4.14, para cada muestra de chorizo parrillero crudo (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205).



**Figura 4.24**  
**Atributo color del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia*

La figura 4.24 indica que en el primer día de almacenamiento las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202; CH-203; CH-204; y CH-205), tienen mayor puntaje en el atributo color (oscuro) con un valor promedio de 3,00; a los 11 días las muestras almacenadas en el freezer 2 y la heladera (CH-202 y CH-203), tienen mayor puntaje en el atributo color (brillante) con un valor promedio de 3,00 para ambas muestras; ocurriendo lo contrario para las muestras almacenadas en el freezer 3 y freezer 1 (CH-204 y CH-205), tienen mayor puntaje en el atributo color (oscuro) con promedio de 2,00 y 2,50 respectivamente; transcurrido 18 días de almacenamiento estas muestras (CH-204 y CH-205), presentan mayor promedio en el atributo color (brillante) y en las muestras (CH-202 y CH-203), el promedio más alto es para el atributo color (oscuro); finalmente a los 25 días de almacenamiento la muestra almacenada en el freezer 2 (CH-202), tiene mayor promedio en el atributo color

(brillante) y la muestra almacenada en la heladera (CH-203), en el atributo color (oscuro).

Realizada la evaluación sensorial para el atributo color en el chorizo parrillero, se observa que durante el tiempo de almacenamiento, este atributo cambia simultáneamente de oscuro a brillante; sin embargo las primeras muestras rechazadas a los 18 días (CH-204 y CH-205), presentan un color brillante; sucediendo lo mismo con la muestra rechazada a los 25 días de almacenamiento (CH-202); sin embargo la muestra (CH-203), presenta un color oscuro y también es rechazada a los 25 días de almacenamiento.

El cambio de color del producto a color brillante, puede ser causa de la degradación de las grasas que empiezan a manifestarse en la superficie del producto, el color oscuro al final del almacenamiento se observó que es consecuencia de un producto contaminado.

#### 4.6.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO OLOR DE CHORIZO PARRILLERO CRUDO EN EL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.15 se presentan los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada al primer día del almacenamiento, 11 días, 18 días y transcurrido 25 días de almacenamiento, para el atributo olor en el chorizo parrillero crudo (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205); (Anexo 3-D y 3-E).

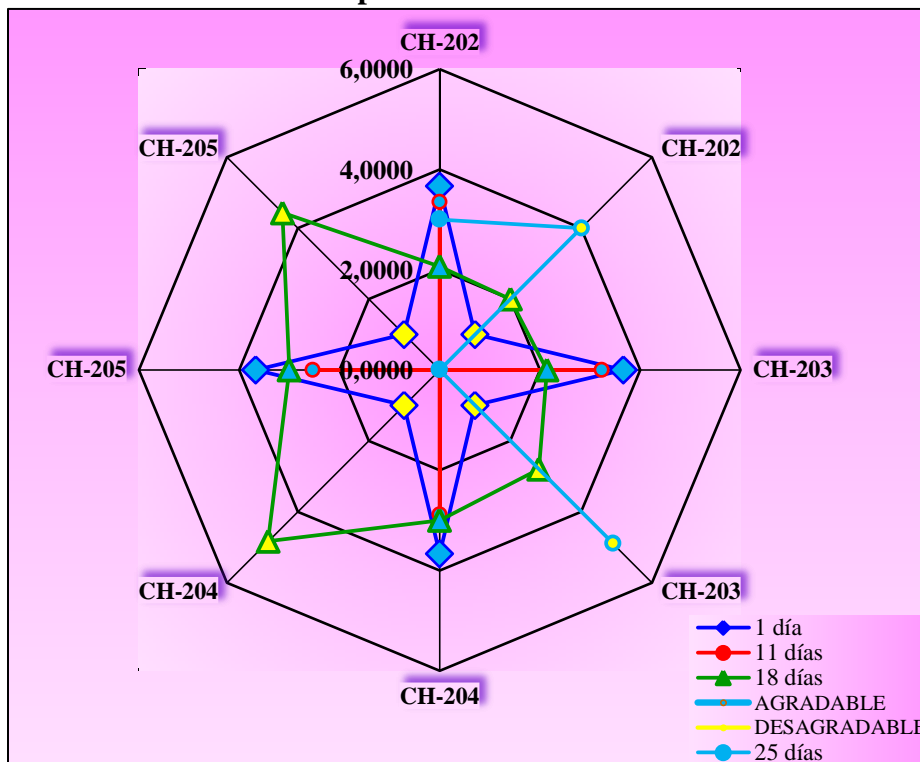
**Tabla 4.15**  
**Atributo olor del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento**

| Muestra | Atributo olor | Días de almacenamiento |        |         |         |
|---------|---------------|------------------------|--------|---------|---------|
|         |               | 1 día                  | 11días | 18 días | 25 días |
| CH-202  | Agradable     | 3,6667                 | 3,3529 | 2,0667  | 3,0000  |
| CH-203  |               | 3,6667                 | 3,2353 | 2,1429  | 0,0000  |
| CH-204  |               | 3,6667                 | 2,8824 | 3,0000  |         |
| CH-205  |               | 3,6667                 | 2,5294 | 3,0000  |         |
| CH-202  | Desagradable  | 1,0000                 | 0,0000 | 2,0000  | 4,0000  |
| CH-203  |               | 1,0000                 | 0,0000 | 2,8000  | 4,8824  |
| CH-204  |               | 1,0000                 | 0,0000 | 4,8333  |         |
| CH-205  |               | 1,0000                 | 0,0000 | 4,4286  |         |

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.25 se denotan los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo olor (agradable y desagradable), según resultados obtenidos en la tabla 4.15, para cada muestra de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205).

**Figura 4.25**  
**Atributo olor del chorizo parrillero crudo en el almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia*

La figura 4.25 indica que en el primer día del almacenamiento las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202; CH-203; CH-204; y CH-205), tienen mayor puntaje en el atributo olor (agradable) con un valor promedio de 3,66; transcurrido 11 días de almacenamiento las cuatro muestras (CH-202; CH-203; CH-204; y CH-205) mantienen el atributo olor (agradable) con un valor promedio de (3,35; 3,23; 2,88; y 2,52); a los 18 días de almacenamiento la muestra almacenada en el freezer 2 (CH-202), mantiene el atributo olor (agradable); sin embargo en las demás muestras (CH-203, CH-204 y CH-205) perciben el atributo olor (desagradable) con un promedio de (2,80; 4,83; 4,42) respectivamente; finalmente transcurridos 25 días de almacenamiento las muestras almacenadas en el freezer 2 (CH-202) y en la heladera

(CH-203), tiene mayor puntaje en el atributo olor (desagradable) con un promedio de 4,00 y 4,88 respectivamente.

Realizada la evaluación sensorial para el atributo olor en el chorizo parrillero, se observa que durante el tiempo de almacenamiento, este atributo cambia de un olor agradable a desagradable; las primeras muestras rechazadas a los 18 días por su olor desagradable fueron: CH-204 (4°C y 83% HR), CH-205 (0°C y 77% HR), y en menor puntaje la muestra CH-203 (3°C y 90% HR); manteniendo un olor agradable la muestra CH-202 (1°C y 88% HR); la cual también es rechazada a los 25 días de almacenamiento.

La aparición del olor desagradable en el producto, es consecuencia del crecimiento microbiano; debido a que el metabolismo bacteriano origina una mezcla compleja de esteres volátiles, alcoholes, cetonas y compuestos sulfurados, que colectivamente producen los malos olores que se detectan (*Escalante et al, 2007*).

#### 4.6.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO OLOR DEL CHORIZO PARRILLERO COCIDO EN EL ALMACENAMIENTO

En la tabla 4.16 se presentan los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada al primer día y después de 18 días de almacenamiento, para el atributo olor en el chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205); (Anexo 3-F).

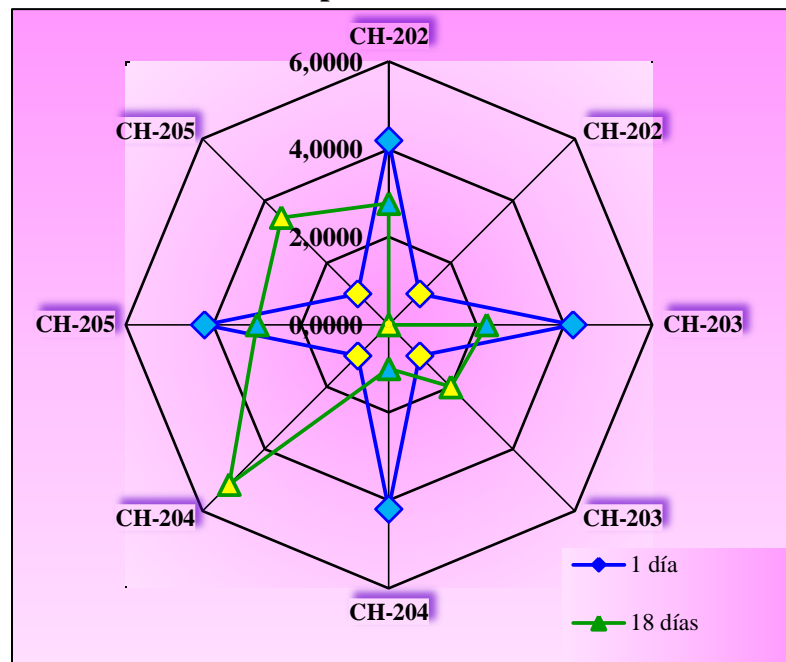
**Tabla 4.16**  
**Atributo olor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento**

| Muestras | Atributo olor | Días de almacenamiento |         |
|----------|---------------|------------------------|---------|
|          |               | 1 día                  | 18 días |
| CH-202   | Agradable     | 4,2000                 | 2,7647  |
| CH-203   |               | 4,2000                 | 2,2308  |
| CH-204   |               | 4,2000                 | 1,0000  |
| CH-205   |               | 4,2000                 | 3,0000  |
| CH-202   | Desagradable  | 1,0000                 | 0,0000  |
| CH-203   |               | 1,0000                 | 2,0000  |
| CH-204   |               | 1,0000                 | 5,1429  |
| CH-205   |               | 1,0000                 | 3,4615  |

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.26 se denotan los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo olor (agradable y desagradable), obtenidos en la tabla 4.16 para cada muestra de chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205).

**Figura 4.26**  
**Atributo olor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia*

La figura 4.26 indica que al inicio del almacenamiento las cuatro muestras de chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205); tienen mayor puntaje en el atributo olor (agradable) con 4,20 de promedio; transcurrido 18 días de almacenamiento las muestras CH-202 y CH-203 tienen mayor promedio en el atributo olor (agradable), pero con valores menores al inicial, ocurriendo lo contrario para las muestras CH-204 y CH-205 que tienen mayor puntaje en el atributo olor (desagradable) con un promedio de 5,10 y 4,20 respectivamente.

#### **4.6.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO TEXTURA DEL CHORIZO PARRILLERO COCIDO EN EL ALMACENAMIENTO**

En la tabla 4.17 se presentan los resultados promedios de la evaluación sensorial realiza al primer día y después de 18 días de almacenamiento, para el atributo textura en el chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), (Anexo 3-G).

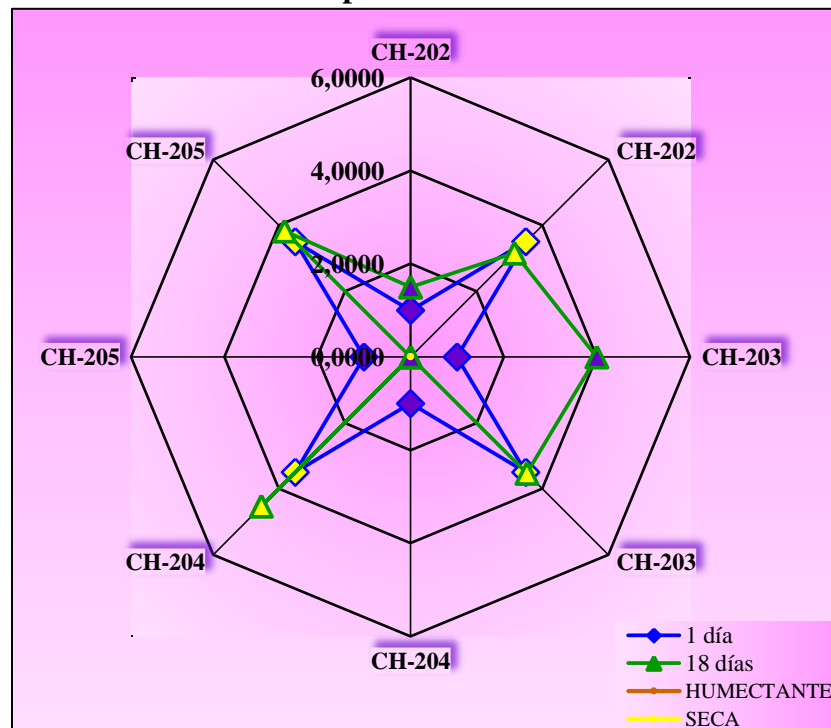
**Tabla 4.17**  
**Atributo textura del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento**

| Muestras | Atributo textura | Días de almacenamiento |         |
|----------|------------------|------------------------|---------|
|          |                  | 1 día                  | 18 días |
| CH-202   | Humectante       | 1,0000                 | 1,5000  |
| CH-203   |                  | 1,0000                 | 4,0000  |
| CH-204   |                  | 1,0000                 | 0,0000  |
| CH-205   |                  | 1,0000                 | 0,0000  |
| CH-202   | Seca             | 3,5000                 | 3,1538  |
| CH-203   |                  | 3,5000                 | 3,5333  |
| CH-204   |                  | 3,5000                 | 4,5294  |
| CH-205   |                  | 3,5000                 | 3,8235  |

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.27 se denotan los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo textura (humectante y seca) obtenidos en la tabla 4.17, para cada muestra de chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205).

**Figura 4.27**  
**Atributo textura del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia*

La figura 4.27 indica que al inicio del almacenamiento las cuatro muestras de chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) tienen mayor puntaje en el atributo textura (seca) con un valor promedio de 3,50; transcurrido 18 días de almacenamiento las muestras CH-202, CH-204 y CH-205 mantienen mayor promedio en el atributo textura (seca), ocurriendo lo contrario para la muestra CH-203 que tiene mayor puntaje en el atributo textura (humectante) con un valor promedio de 4,00.

#### 4.6.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO SABOR DE CHORIZO PARRILLERO COCIDO

En la tabla 4.18 se presentan los resultados promedios de la evaluación sensorial realizada en el primer día y después de 18 días de almacenamiento, para el atributo sabor en el chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), (Anexo 3-H).

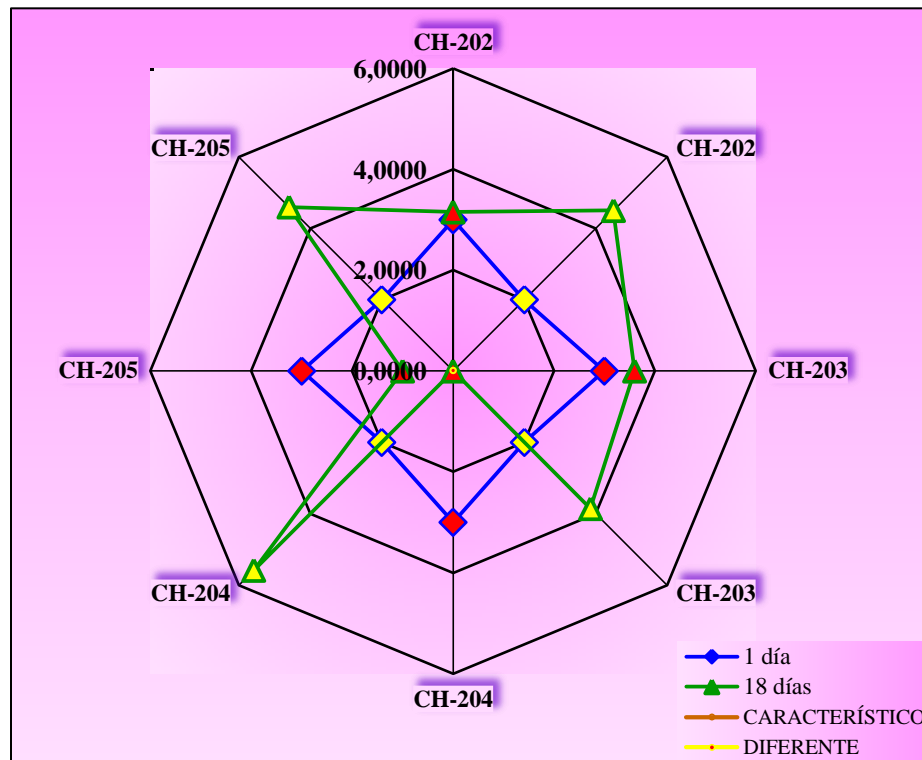
**Tabla 4.18**  
**Atributo sabor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento**

| Muestras | Atributo sabor | Días de almacenamiento |         |
|----------|----------------|------------------------|---------|
|          |                | 1 día                  | 18 días |
| CH-202   | Característico | 3,0000                 | 3,1538  |
| CH-203   |                | 3,0000                 | 3,6000  |
| CH-204   |                | 3,0000                 | 0,0000  |
| CH-205   |                | 3,0000                 | 1,0000  |
| CH-202   | Diferente      | 2,0000                 | 4,5000  |
| CH-203   |                | 2,0000                 | 3,8571  |
| CH-204   |                | 2,0000                 | 5,5882  |
| CH-205   |                | 2,0000                 | 4,6000  |

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.28 se denotan los valores promedios de la evaluación sensorial del atributo sabor (característico y diferente) obtenidos en la tabla 4.18, para cada muestra de chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205).

**Figura 4.28**  
**Atributo sabor del chorizo parrillero cocido en el almacenamiento**



**Fuente:** *Elaboración propia*

La figura 4.28 indica que en el primer día de almacenamiento las cuatro muestras de chorizo parrillero cocido (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), tienen mayor puntaje en el atributo sabor (característico) con un valor promedio de 3,00; transcurrido 18 días de almacenamiento las muestras CH-203, CH-202, CH-205 y CH-204 tienen mayor puntaje en el atributo sabor (diferente) con un valor promedio de 3,85; 4,50; 4,60 y 5,58 respectivamente.

Realizada la evaluación sensorial en el chorizo parrillero en presentación crudo y cocido; durante su almacenamiento se pudo ver que los jueces a los 11 días no detectaron cambios en el producto. Transcurrido 18 días de almacenamiento, las muestras CH-204 (4°C y 83% HR) y CH-205 (0°C y 77% HR), ya no eran agradables en el atributo olor y en cuanto al atributo sabor ninguna de las muestras es totalmente aceptable, sin embargo para el atributo color y textura fue muy indiferente ya que la



percepción no es muy clara, pero las muestras mantienen una textura generalmente seca y color mayormente oscuro en el tiempo del almacenamiento.

Realizado el análisis fisicoquímico, organoléptico y microbiológico del chorizo parrillero se puede ver que las diferentes condiciones de almacenamiento influyen en el cambio de humedad, acidez, pH, y en los atributos sensoriales como así también el crecimiento microbiano, aumentando su descomposición en las muestras almacenadas a temperaturas de 3°C (CH-203) y 4 °C (CH-204) de igual manera en la muestra almacenada a 0°C (CH-205), manteniéndose más estable la muestra almacenada a 1°C (CH-202).

#### **4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL**

Para el análisis estadístico de las evaluaciones sensoriales realizadas en las muestras de chorizo parrillero durante el almacenamiento; se aplica la prueba estadística de Friedman para determinar si existe diferencia de los atributos sensoriales a medida que pasa el tiempo de almacenamiento y para determinar si existe diferencia entre las muestras de chorizo parrillero a los 18 días de almacenamiento. También se aplica la prueba de  $X^2$ (Chi- cuadrado) para determinar si existe diferencia entre los atributos sensoriales de las muestras, transcurrido 18 días de almacenamiento.

##### **4.7.1 PRUEBA ESTADÍSTICA DE FRIEDMAN APLICADA EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CHORIZO PARRILLERO EN EL ALMACENAMIENTO**

Una vez realizada la evaluación sensorial descriptiva en el chorizo parrillero, se desea saber estadísticamente si ocurrieron cambios en los atributos sensoriales tomados en cuenta en el transcurso del tiempo, de esta manera se realiza una prueba de hipótesis para análisis descriptivos no- paramétricos (Friedman), siendo la hipótesis a probar que existe diferencia en los atributos sensoriales de las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) en un tiempo (t), de esta manera se realiza la prueba de Friedman para cada atributo de acuerdo a la metodología propuesta (Anexo 6-A) y se obtienen los resultados mostrados en la tabla 4.19 (Anexo 6-B, Anexo 6-C, Anexo 6-D, y Anexo 6-E) .

**Tabla 4.19**  
**Prueba de Friedman aplicada en la evaluación sensorial del chorizo parrillero en el almacenamiento**

| Atributo                  | Fcal   |        |        |        | Ftab |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|------|
|                           | CH-202 | CH-203 | CH-204 | CH-205 |      |
| Chorizo parrillero crudo  |        |        |        |        |      |
| Color                     | 4,98   | 3,95   | 7,52   | 9,11   | 3,29 |
| Olor                      | 27,79  | 18,85  | 18,63  | 22,40  |      |
| Chorizo parrillero cocido |        |        |        |        |      |
| Olor                      | 41,63  | 27,36  | 59,48  | 23,64  | 4,49 |
| Textura                   | 30,31  | 25,12  | 51,94  | 50,51  |      |
| Sabor                     | 13,18  | 11,08  | 105,57 | 39,96  |      |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la tabla 4.19, el valor de Fischer calculado es mayor al valor crítico de Fischer tabulado, para todos los atributos sensoriales tomados en cuenta en las cuatro muestras de chorizo parrillero, utilizando un nivel de significancia ( $\alpha = 0,05$ ), por lo tanto se acepta la hipótesis planteada de que existe diferencia de los atributos sensoriales a medida que pasa el tiempo de almacenamiento; es decir para la muestra (CH-202) el atributo color no es el mismo en el día uno que a los 11 días y después de 18 días de almacenamiento, de igual manera sucede para los demás atributos de cada muestra, ya que el valor obtenido ( $F_{tab}=3,29$ ) para el chorizo parrillero crudo y ( $F_{tab}=4,49$ ) son menores que el valor obtenido de Fisher calculado para cada uno de los atributos sensoriales.

Realizado el análisis estadístico de la prueba de Friedman, se evidencia de que los atributos sensoriales color, olor, textura y sabor en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), cambian a medida que pasa el tiempo, es decir si hay diferencia de los atributos sensoriales evaluados en el día uno, a los 11 días y 18 días de almacenamiento. De esta manera se puede evidenciar estadísticamente que las propiedades organolépticas del chorizo parrillero cambian a medida que pasa el tiempo de almacenamiento.

#### 4.7.2 PRUEBA ESTADÍSTICA DE FRIEDMAN PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CHORIZO PARRILLERO A LOS 18 DÍAS DE ALMACENAMIENTO

Se realiza el análisis estadístico de Friedman a los 18 días de almacenamiento de las muestras, con la finalidad de ver si existe diferencia entre las muestras (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) en función de los atributos sensoriales (color, olor, textura y sabor) ya que las condiciones de almacenamiento son diferentes. En la tabla 4.20 se muestran los resultados de la prueba estadística de Friedman (Anexo 6-E y Anexo 6-F).

**Tabla 4.20**  
**Prueba de Friedman a los 18 días del almacenamiento**

| Atributo                  | Fcal                     | Ftab |
|---------------------------|--------------------------|------|
|                           | Chorizo parrillero crudo |      |
| Color                     | 2,66                     | 2,80 |
| Olor                      | 5,08                     |      |
| Chorizo parrillero cocido |                          |      |
| Olor                      | 15,54                    | 2,80 |
| Textura                   | 24,51                    |      |
| Sabor                     | 22,07                    |      |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la tabla 4.20, el valor crítico de la distribución Fisher es ( $F_{0,05, 3,48} = 2,8$ ), para un nivel de significancia ( $\alpha = 0,05$ ). Puesto que Fisher calculado es mayor al valor de Fisher tabulado, se acepta la hipótesis planteada ( $H_p$ ) que todas las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204, CH-205) son diferentes en los atributos sensoriales: olor, textura y sabor a los 18 días del almacenamiento, y se rechaza la hipótesis planteada para el atributo color ( $F_{cal}=2,66 < F_{tab}= 2,80$ ), es decir no existe diferencia significativa en el color de las cuatro muestras de chorizo parrillero transcurrido 18 días de almacenamiento.

Realizado el análisis estadístico de la prueba de Friedman para el chorizo parrillero a los 18 días de almacenamiento, se evidencia de que existe diferencia entre las muestras de chorizo parrillero: CH-202 (1°C y 88,02%HR); CH-203 (3°C y 90,43%HR); CH-204 (4°C y 83,92%HR); CH-205 (0°C y 77,49%HR) en función de los atributos sensoriales tomados en cuenta; sin embargo no hay diferencia entre las cuatro muestras respecto al atributo color.

#### 4.7.3 PRUEBA DE $X^2$ (CHI-CUADRADO) APLICADO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL CHORIZO PARRILLERO

Se aplica una prueba estadística de  $X^2$  (chi-cuadrado), a los atributos sensoriales del chorizo parrillero crudo y cocido a los 18 días de almacenamiento. Se desea establecer si existe diferencia entre el número de aceptación y rechazo para el atributo color (brillante y oscuro), atributo olor (agradable y desagradable), atributo textura (seca y humectante), atributo sabor (característico y diferente) en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205). En la tabla 4.21 se muestran los resultados de la prueba  $X^2$  para los atributos sensoriales (Anexo 7-A, Anexo 7-B y Anexo 7-C).

**Tabla 4.21**  
**Prueba de  $X^2$  aplicado en las características de los atributos sensoriales del chorizo parrillero**

| Atributo                  | $X^2_{cal}$ | $X_{tab}$ |
|---------------------------|-------------|-----------|
| Chorizo parrillero crudo  |             |           |
| Color                     | 7,13        | 7,81      |
| Olor                      | 2,13        |           |
| Chorizo parrillero cocido |             |           |
| Olor                      | 0,07        | 7,81      |
| Textura                   | 46,13       |           |
| Sabor                     | 4,77        |           |

**Fuente:** *Elaboración propia*

La tabla 4.21 presenta el análisis estadístico de la prueba de  $X^2$  (Chi- cuadrado) aplicado en las características de los atributos sensoriales de las cuatro muestras de chorizo parrillero, con un nivel de significancia ( $\alpha = 0.05$ ), el valor crítico de (chi-cuadrado) es  $X^2_{0.05, 3} = 7,81$  siendo  $X^2_{cal}$  menor que  $X_{tab}$  para los atributos color, olor y sabor; por tanto se acepta la hipótesis que dice que no hay diferencias entre el número aceptación y rechazo del atributo color (oscuro y brillante), atributo olor (agradable y desagradable), atributo sabor (característico y diferente). Sin embargo para el atributo textura se rechaza la hipótesis planteada, ( $X^2_{cal}=46,13 > X^2_{tab}=7,81$ ) es decir si hay diferencia significativa entre el atributo textura (seca y humectante) para las cuatro muestras de chorizo parrillero.

Realizado el estadístico de  $X^2$  (chi-cuadrado) para las características de los atributos sensoriales evaluados en el chorizo parrillero a los 18 días del almacenamiento, se observa que no hay diferencia entre la aceptación y rechazo del producto, sin embargo los valores observados, son mayores en el rechazo que en la aceptación, como es el caso del atributo textura dando una respuesta de que si existe diferencia debido a que las diferencias entre rechazo y aceptación son mucho mayor en comparación con los demás atributos; entonces se puede decir que frente a estas diferencias el producto a los 18 días es rechazado por la mayoría de los jueces según las características de los atributos sensoriales tomados en cuenta.

Realizado el análisis estadístico de la evaluación sensorial en el chorizo parrillero, se pudo evidenciar que los atributos sensoriales de las muestras cambian a medida que pasa el tiempo, de la misma forma a los 18 días de almacenamiento existe diferencia entre las muestras en función de los atributos; sin embargo no existe diferencia significativa entre la aceptación y rechazo de las muestras a los 18 días de almacenamiento.

#### **4.8 CINÉTICA DEL DETERIORO Y PREDICCIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL CHORIZO PARRILLERO**

Los datos experimentales se ajustan a una línea recta denominado regresión lineal donde a través de la ecuación 4.1 (*Walpole, 1998*); encontramos los valores de la

pendiente (a), la ordenada en el origen (b) y el índice de correlación (R), el cual mide el grado de ajuste de los datos experimentales a la recta.

$$y=ax+b \qquad \text{Ecuación (4.1)}$$

La cinética del deterioro en el chorizo parrillero se evalúa en función a los factores de calidad (pH y acidez), ya que los datos obtenidos fueron de mayor precisión que con el factor humedad, siendo los mismos más importantes y prácticos de controlar en los embutidos cárnicos almacenados a temperaturas de refrigeración.

#### **4.8.1 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CINÉTICOS**

El orden de la reacción se determina mediante el método integral graficando la concentración del factor de calidad en función del tiempo, el hecho de que se ajuste mejor a una línea recta indica el orden de reacción (n), donde la pendiente corresponderá a la velocidad de reacción (k) (*Trejo, 2012*).

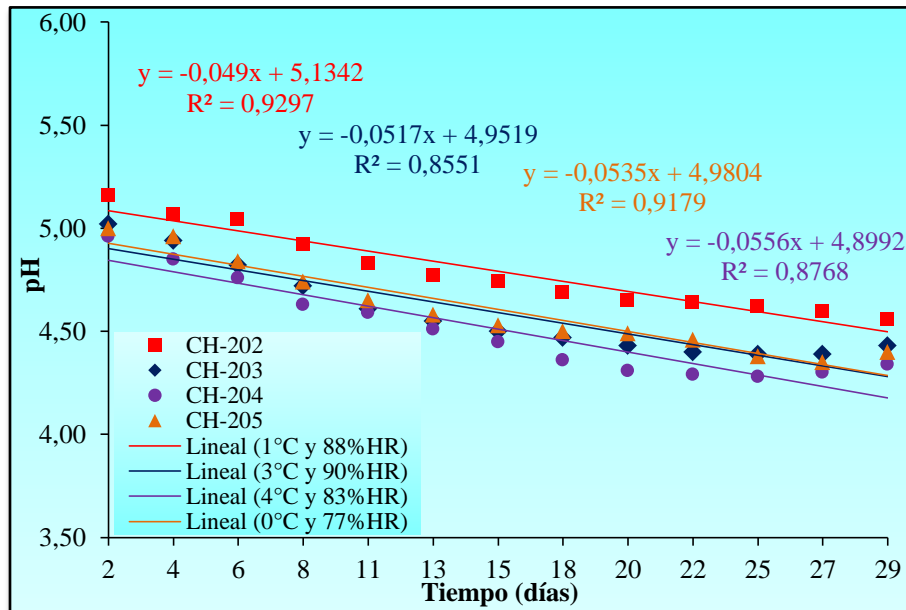
La mayoría de las reacciones del alimento que se han estudiado se ha caracterizado como pseudo-ceros (velocidad constante de deterioración) o primer orden (velocidad exponencial de deterioración) (*Labuza, 1999*). Es por eso que se grafican los datos en un orden de reacción cero y uno; tomando como criterio de decisión según el grado de ajuste de los datos experimentales a la recta.

El análisis de datos se realiza aplicando el software estadístico (Microsoft Excel 2010), para todas las gráficas y en el menú contextual del programa se elige la opción agregar línea de tendencia; hallando de esta manera los valores de las constantes, es otra manera de hallar dichos valores ya que resolviendo el sistema normal de ecuaciones también se llega a los mismos resultados (Anexo 4-D). A continuación se muestra el orden de reacción para el factor pH y acidez del chorizo parrillero.

##### **4.8.1.1 REACCIÓN DE ORDEN CERO PARA EL FACTOR pH**

En la figura 4.29 se representa el diagrama de dispersión de los datos de pH en función del tiempo y las respectivas ecuaciones lineales. De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 4.5, para las muestras (CH-202; CH-203; CH-204; y CH-205).

**Figura 4.29**  
**Tiempo vs pH (reacción de orden cero)**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Realizado el análisis de regresión lineal en la figura 4.29, se aprecia que la aproximación de la recta a todos los puntos es relativamente buena; es notable que a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203 y CH-204), la velocidad de reacción aumenta como así también en la muestra (CH-205), de igual manera ocurre con la disminución del factor pH. Se observa que el coeficiente de correlación (R) en una reacción de orden cero para el factor pH de las muestras de chorizo parrillero es: CH-202 y 1°C (0,9297); CH-203 3°C (0,8551); CH-204 y 4°C (0,8768); CH-205 y 0°C (0,9179), siendo la muestra CH-202 la que se ajusta mejor para un orden de reacción cero.

#### **4.8.1.2 REACCIÓN DE PRIMER ORDEN PARA EL FACTOR pH**

En la tabla 4.22 se muestran los valores calculados para la reacción de primer orden a partir de los datos de pH (tabla 4.5), realizados en las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205).

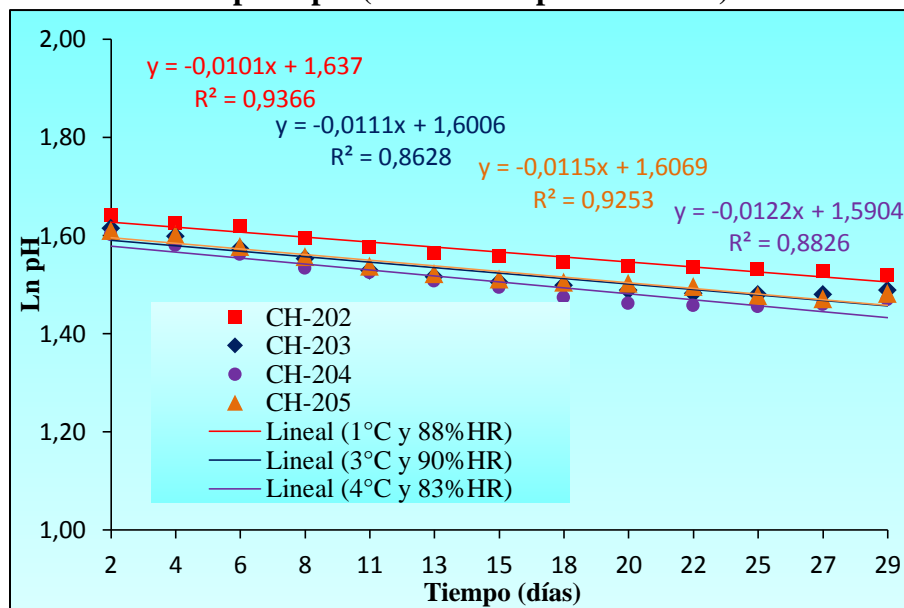
**Tabla 4.22**  
**Logaritmo natural del pH**

| t (días) | Ln pH  |        |        |        |
|----------|--------|--------|--------|--------|
|          | CH-202 | CH-203 | CH-204 | CH-205 |
| 2        | 1,6409 | 1,6134 | 1,6094 | 1,6094 |
| 4        | 1,6233 | 1,5974 | 1,5831 | 1,6014 |
| 6        | 1,6174 | 1,5728 | 1,5347 | 1,5769 |
| 8        | 1,5933 | 1,5518 | 1,5085 | 1,5560 |
| 11       | 1,5748 | 1,5282 | 1,5019 | 1,5369 |
| 13       | 1,5623 | 1,5151 | 1,4929 | 1,5217 |
| 15       | 1,5560 | 1,5041 | 1,4702 | 1,5107 |
| 18       | 1,5454 | 1,4974 | 1,4656 | 1,5041 |
| 20       | 1,5369 | 1,4884 | 1,4609 | 1,5019 |
| 22       | 1,5347 | 1,4816 | 1,4586 | 1,4951 |
| 25       | 1,5304 | 1,4793 | 1,4563 | 1,4770 |
| 27       | 1,5261 | 1,4793 | 1,4540 | 1,4702 |
| 29       | 1,5173 | 1,4884 | 1,4563 | 1,4816 |

Fuente: *Elaboración propia*

En la figura 4.30 se representa el diagrama de dispersión de los datos de pH (Ln pH) en función del tiempo y las respectivas ecuaciones lineales. De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 4.22, para las muestras (CH-202; CH-203; CH-204; y CH-205).

**Figura 4.30**  
**Tiempo vs pH (reacción de primer orden)**



Fuente: *Elaboración propia*



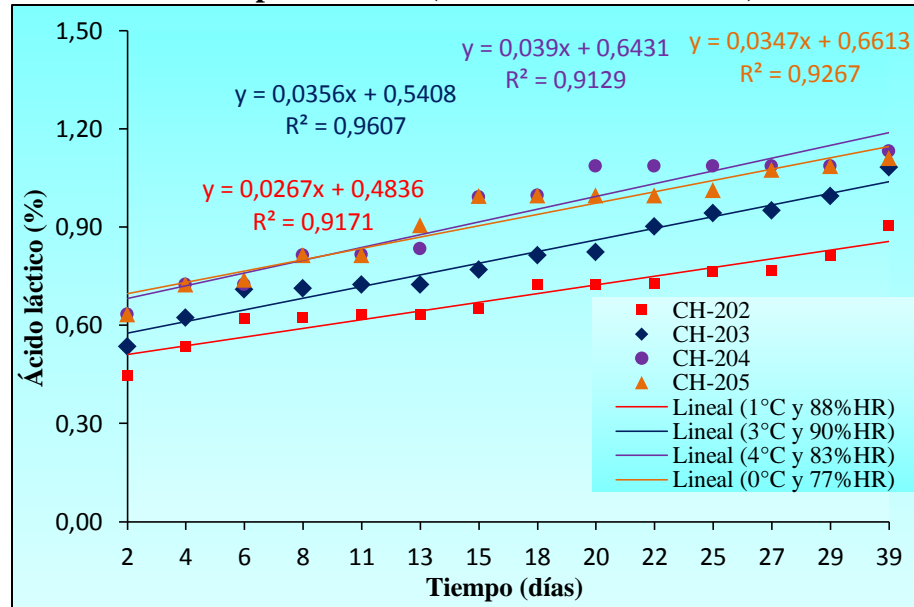
Realizado el análisis de regresión lineal en la figura 4.30, se aprecia que la aproximación de la recta a todos los puntos es relativamente buena; es notable que a medida que se incrementa la temperatura del almacenamiento en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203 y CH-204), la velocidad de reacción aumenta, como así también en la muestra (CH-205), de igual manera ocurre con la disminución del factor pH. En la misma se observa que el coeficiente de correlación (R) en una reacción de orden uno para el factor pH, de las muestras de chorizo parrillero es: CH-202 y 1°C (0,9366); CH-203 3°C (0,8628); CH-204 y 4°C (0,8826); CH-205 y 0°C (0,9253), siendo la muestra (CH-202) la que se ajusta mejor para un orden de reacción uno.

Analizado el factor pH en un orden de reacción cero y uno, se establece que la reacción es de orden uno para las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), por tener un mejor ajuste de los datos en la recta, también se puede ver que la pendiente de la recta es negativa debido al decrecimiento del factor, asimismo la velocidad de la reacción aumenta a medida que incrementa la temperatura del almacenamiento, siendo mayor para las muestras: CH-204>CH-203>CH-202.

#### **4.8.1.3 REACCIÓN DE ORDEN CERO PARA EL FACTOR ACIDEZ**

En la figura 4.31 se representa el diagrama de dispersión de los datos de acidez (porcentaje de ácido láctico) en función del tiempo y las respectivas ecuaciones lineales; de acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 4.6, para las muestras (CH-202; CH-203; CH-204; y CH-205).

**Figura 4.31**  
**Tiempo vs acidez (reacción de orden cero)**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Realizado el análisis de regresión lineal en la figura 4.31, se aprecia que la aproximación de la recta a todos los puntos es relativamente buena; es notable que a medida que se incrementa la temperatura del almacenamiento en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203 y CH-204), la velocidad de reacción aumenta, como así también en la muestra (CH-205), de igual manera ocurre con el incremento de la acidez en las muestras. En la misma se observa que el coeficiente de correlación (R) en una reacción de orden cero para el factor acidez, de las muestras de chorizo parrillero es: CH-202 y 1°C (0,9171); CH-203 3°C (0,9607); CH-204 y 4°C (0,9129); CH-205 y 0°C (0,9267), siendo la muestra CH-203 la que se ajusta mejor para un orden de reacción cero.

#### 4.8.1.4 REACCIÓN DE ORDEN UNO PARA EL FACTOR ACIDEZ

En la tabla 4.23 se muestra los datos de acidez ( $\ln$  ácido láctico), realizados en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), valores que fueron calculados para la reacción de primer orden a partir de los datos obtenidos en la tabla 4.6.

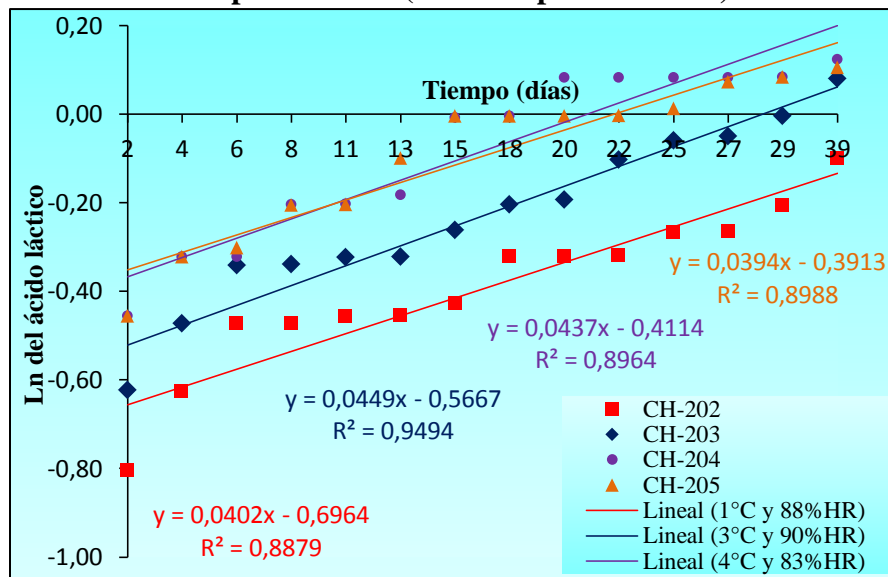
**Tabla 4.23**  
**Logaritmo natural de la acidez**

| t (días) | Ln ácido láctico |         |         |         |
|----------|------------------|---------|---------|---------|
|          | CH-202           | CH-203  | CH-204  | CH-205  |
| 2        | -0,8045          | -0,6232 | -0,4559 | -0,4563 |
| 4        | -0,6269          | -0,4729 | -0,3230 | -0,3230 |
| 6        | -0,4748          | -0,3422 | -0,3226 | -0,3022 |
| 8        | -0,4725          | -0,3391 | -0,2049 | -0,2053 |
| 11       | -0,4578          | -0,3234 | -0,2037 | -0,2049 |
| 13       | -0,4561          | -0,3225 | -0,1830 | -0,1004 |
| 15       | -0,4280          | -0,2623 | -0,0084 | -0,0044 |
| 18       | -0,3224          | -0,2049 | -0,0042 | -0,0042 |
| 20       | -0,3227          | -0,1937 | 0,0819  | -0,0042 |
| 22       | -0,3201          | -0,1038 | 0,0823  | -0,0040 |
| 25       | -0,2679          | -0,0596 | 0,0826  | 0,0125  |
| 27       | -0,2662          | -0,0508 | 0,0826  | 0,0720  |
| 29       | -0,2054          | -0,0047 | 0,0831  | 0,0830  |
| 39       | -0,0996          | 0,0798  | 0,1235  | 0,1194  |

**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.32 se representa el diagrama de dispersión de los datos de acidez en función del tiempo y sus respectivas ecuaciones lineales. De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla 4.23, para las muestras (CH-202; CH-203; CH-204; y CH-205).

**Figura 4.32**  
**Tiempo vs acidez (reacción primer orden)**



**Fuente:** *Elaboración propia*

Realizado el análisis de regresión lineal en la figura 4.32, se aprecia que la aproximación de la recta a todos los puntos es relativamente buena; es notable que a medida que se incrementa la temperatura del almacenamiento en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203 y CH-204), la velocidad de reacción aumenta, como así también en la muestra (CH-205), de igual manera ocurre con el incremento de la acidez en las muestras. En la misma se observa que el coeficiente de correlación (R) en una reacción de orden uno para el factor acidez, de las muestras de chorizo parrillero es: CH-202 y 1°C (0,8879); CH-203 3°C (0,9494); CH-204 y 4°C (0,8964); CH-205 y 0°C (0,8988), siendo la muestra (CH-203), la que se ajusta mejor para un orden de reacción uno.

Analizado el factor acidez en un orden de reacción cero y uno, se establece que la reacción corresponde a orden cero para las cuatro muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205), por tener un mejor ajuste de los datos en la recta, también se puede ver que la pendiente de la recta es positiva en ambos casos debido a que la función lineal es creciente, asimismo la velocidad de la reacción disminuye a medida que baja la temperatura de conservación, ocurriendo lo contrario para la muestra (CH-205) almacenada a 0°C la velocidad de reacción aumenta debido a que durante el almacenamiento el grado de descomposición es mayor en comparación con la muestra almacenada a 1°C (CH-202).

#### **4.8.2 ORDEN DE REACCIÓN Y CONSTANTE DE VELOCIDAD**

En la tabla 4.24 se muestra el orden de la reacción (n) y constante de velocidad (k) para el factor pH y acidez de las muestras de chorizo parrillero almacenadas en el freezer 2 (1°C), heladera (3°C), freezer 3 (4°C) y freezer 1 (0°C), resultados obtenidos mediante el análisis gráfico en la figura 4.28 y figura 4.29, donde el valor de la pendiente de las ecuaciones lineales corresponde a la velocidad de reacción (k), y el orden de reacción determinado de acuerdo al ajuste de la recta sobre los datos experimentales, valorado en función del coeficiente de correlación (R).

**Tabla 4.24**  
**Orden de reacción y constante de velocidad**

| Factor | pH |        | Acidez |        |
|--------|----|--------|--------|--------|
|        | n  | k      | n      | k      |
| 0°C    | 1  | 0,0115 | 0      | 0,0361 |
| 1°C    | 1  | 0,0101 | 0      | 0,0267 |
| 3°C    | 1  | 0,0111 | 0      | 0,0356 |
| 4°C    | 1  | 0,0122 | 0      | 0,0390 |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la tabla 4.24, para el factor pH la reacción es de orden uno y para acidez es de orden cero. La constante de velocidad es mayor para acidez que para pH.

#### 4.8.3 CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL DEL CHORIZO PARRILLERO EN FUNCIÓN AL ORDEN DE REACCIÓN

La vida útil del chorizo parrillero se determina, a través de la cinética de deterioro de sus factores de composición (pH y acidez) y los factores ambientales (temperatura y humedad relativa), que puede expresarse matemáticamente por medio de la ecuación de cinética química (ecuación 4.2); que nos permite encontrar el cambio de calidad en el producto en función del orden de la reacción y los factores de composición y ambientales en el cual se encuentran las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205).

$$\frac{dQ}{dt} = kQ^n \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Integrado la *Ecuación 4.2*, para un orden de reacción cero, se tiene que la vida útil para el chorizo parrillero según el factor acidez es:

$$t_p = \frac{Q_0 - Q_f}{k} \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

**Donde:**

$Q_0$ : Valor inicial del porcentaje de acidez

$Q_f$ : Valor final del porcentaje de acidez

$k$  : Constante de velocidad de la reacción

Integrado la ecuación 4.2, para el orden de reacción uno, se tiene que la vida útil para el chorizo parrillero en función del factor pH es:

$$t_p = \frac{\ln Q_0 - \ln Q_f}{k} \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

**Donde:**

$\ln Q_0$ : Logaritmo natural del pH inicial

$\ln Q_f$ : Logaritmo natural del pH final

$k$ : Constante de velocidad de la reacción

En la tabla 4.25 se muestra el tiempo en el cual empieza el deterioro fisicoquímico de las diferentes muestras de chorizo parrillero: CH-202 (1°C y 88% HR); CH-203 (3°C y 90% HR); CH-204 (4°C y 83% HR); CH-205 (0°C y 77% HR), reemplazando los valores obtenidos del orden de reacción y constante de velocidad (tabla 4.2), en las ecuaciones 4.3 y 4.4; los cálculos se realizan de manera individual para el factor pH y acidez y los resultados se expresan en días y horas, (Anexo 4-C).

**Tabla 4.25**  
**Vida útil del chorizo parrillero**

| Condiciones de almacenamiento | Tiempo (días)     |                   |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|
|                               | pH                | Acidez            |
| 0°C – 77%HR                   | 11 días y 1 hora  | 13 días y 0 horas |
| 1°C – 88%HR                   | 12 días y 2 horas | 13 días y 6 horas |
| 3°C – 90%HR                   | 11 días y 3 horas | 12 días y 9 horas |
| 4°C – 83%HR                   | 10 días y 4 horas | 11 días y 6 horas |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Según los datos obtenidos en la tabla 4.25, se tiene que en función del pH; la muestra CH-205 (0°C y 77% HR) empieza a deteriorarse a los 11 días; CH-202 (1°C y 88% HR) a los 12 días; CH-203 (3°C y 90% HR) en 11 días y la muestra CH-204 (4°C y 83% HR) a los 10 días, y en función del factor acidez los cambios de calidad empiezan en 13 días, 13 días, 12 días y 11 días respectivamente.

Realizada la determinación de vida útil en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203, CH-204 y CH-205) se tiene que en función al factor (pH) el cambio del

producto se percibe a partir del día 10 a 12; sin embargo según la acidez esta entre los días 11 y 13. Las diferentes condiciones del almacenamiento influyen en el tiempo de durabilidad siendo menos para las muestras almacenadas a temperaturas de 3°C y 4°C (CH-203 y CH-204), como así también para la muestra tapada con bolsa de nylon almacenada a 0°C (CH-205); siendo la de mayor tiempo de durabilidad la muestra almacenada a 1°C (CH-202).

#### 4.8.4 CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE ACTIVACIÓN Y EL FACTOR PRE-EXPONENCIAL

La energía de activación está en función a la temperatura y velocidad de reacción, por tanto para el análisis no se toma en cuenta la muestra CH-205 (0°C y 77%HR), ya que los cambios que aceleran la reacción para esta muestra no es la temperatura sino la condición a la que se almaceno. En la tabla 4.26 se muestra la velocidad de reacción a diferentes temperaturas (°K) para el factor pH y acidez, según datos obtenidos en tabla 4.24.

**Tabla 4.26**  
Velocidad de reacción en función al pH y acidez

| T °C | T °K | 1/T °K | pH     |         | Acidez |         |
|------|------|--------|--------|---------|--------|---------|
|      |      |        | k      | Ln k    | k      | Ln k    |
| 1    | 274  | 0,0036 | 0,0101 | -4,5952 | 0,0267 | -3,6231 |
| 3    | 276  | 0,0036 | 0,0111 | -4,5008 | 0,0356 | -3,3354 |
| 4    | 277  | 0,0036 | 0,0122 | -4,4063 | 0,0390 | -3,2442 |

**Fuente:** *Elaboración propia*

El cálculo de los parámetros cinéticos energía de activación ( $E_A$ ) y el factor pre-exponencial ( $k_0$ ), se realiza mediante el modelo matemático de Arrhenius.

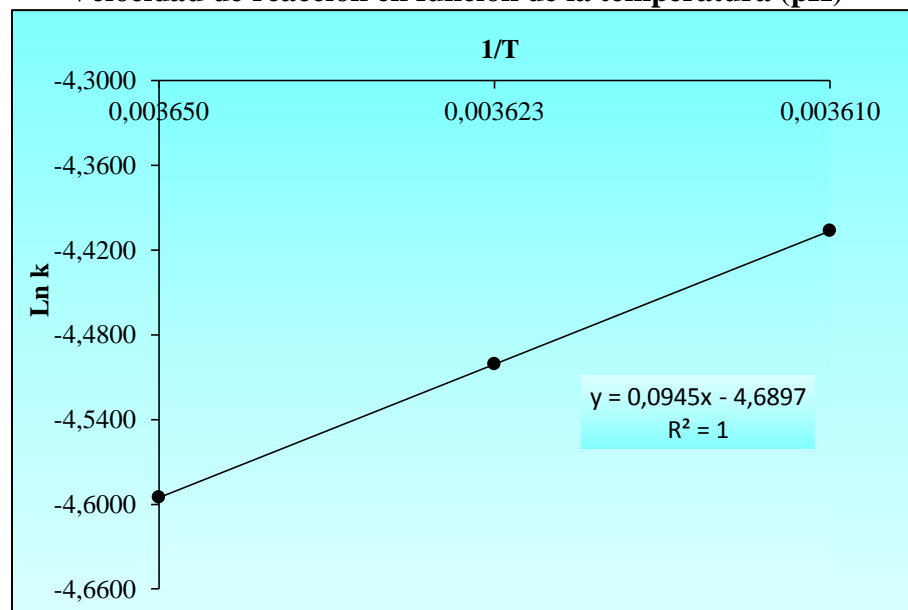
$$k=k_0e^{-\frac{E_A}{RT}} \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

Linealizando la ecuación 4.2, tenemos que la pendiente corresponde al valor de  $E_A/R$  y el intercepto es  $\text{Ln } k_0$ :

$$\text{Ln } k=\text{Ln } k_0-\frac{E_A}{R}*\frac{1}{T} \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

En la figura 4.33, se representa el diagrama de dispersión de los datos de velocidad de reacción del factor pH en función de la temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ ) y su respectiva ecuación lineal; los datos de la velocidad de reacción para el factor pH son extraídos de la tabla 4.2. Al graficar estos datos, obtenemos las constantes de la ecuación de Arrhenius (ecuación 4.6), mediante la cual nos permite ver la velocidad de deterioro del producto en función de la temperatura de almacenamiento en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203 y CH-204).

**Figura 4.33**  
**Velocidad de reacción en función de la temperatura (pH)**

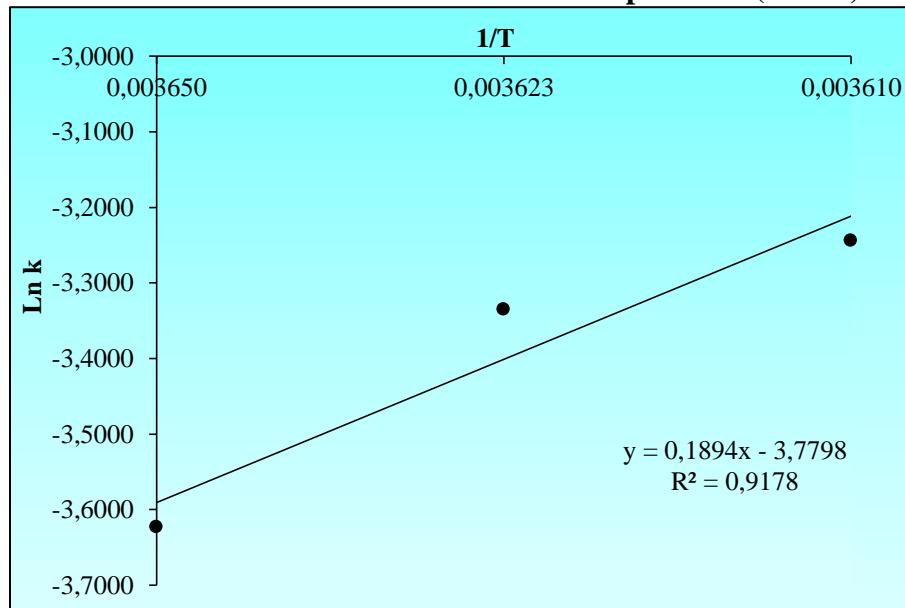


**Fuente:** *Elaboración propia*

En la figura 4.34, se representa el diagrama de dispersión de los datos de velocidad de reacción del factor acidez en función de la temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{K}$ ) y su respectiva ecuación lineal; los datos de la velocidad de reacción para el factor acidez extraídos de la tabla 4.2. Al graficar estos datos, obtenemos las constantes de la ecuación de Arrhenius (ecuación 4.6), mediante la cual nos permite ver la velocidad de deterioro del producto en función de la temperatura de almacenamiento en las muestras de chorizo parrillero (CH-202, CH-203 y CH-204).



**Figura 4.34**  
**Velocidad de reacción en función de la temperatura (acidez)**



**Fuente:** *Elaboración propia*

En base a la figura 4.33 y figura 4.34, y partir de la ecuación 4.1 se calcula los valores de la energía de activación ( $E_A$ ) que es igual a la pendiente dividido la constante de los gases ( $R$ ), y factor pre-exponencial:

$$\text{Energía de activación (kJ.mol}^{-1}\text{)} \quad a = \frac{E_A}{R} \rightarrow E_A = a \cdot R \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

$$\text{Factor pre-exponencial (día}^{-1}\text{)} \quad b = \text{Ln } k_0 \rightarrow k_0 = e^b \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

En la tabla 4.27, se muestran los resultados de estos parámetros cinéticos tanto para pH como para la acidez, (Anexo 4-D).

**Tabla 4.27**  
**Energía de activación y factor pre- exponencial**

| Factor de calidad | Energía de activación         | Factor pre-exponencial     |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------|
|                   | $E_A$ (kJ.mol <sup>-1</sup> ) | $k_0$ (día <sup>-1</sup> ) |
| pH                | 0,7857                        | 108,8205                   |
| Acidez            | 1,5747                        | 43,8073                    |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Como se puede observar en la tabla 4.27, los valores de energía de activación son pequeños, esto se debe a las condiciones de almacenamiento a la cual se encuentran las muestras de chorizo parrillero son temperaturas bajas.

#### **4.8.5 VIDA DE ANAQUEL PARA EL CHORIZO PARRILLERO A CONDICIONES NORMALES DE ALMACENAMIENTO**

Con los valores de la tabla 4.25, se puede predecir el tiempo de vida anaquel para el chorizo parrillero a condiciones normales de almacenamiento del laboratorio de taller de alimentos (1°C y 88%HR), a través de la ecuación 2.15 y reemplazando los datos de la energía de activación para el factor pH (tabla 4.2), se tiene que la vida de anaquel para el chorizo parrillero determinado a partir del tiempo de deterioro del mismo, en condiciones extremas a la normal (4°C y 83% HR) y en función a la temperatura (°K) normal del almacenamiento es:

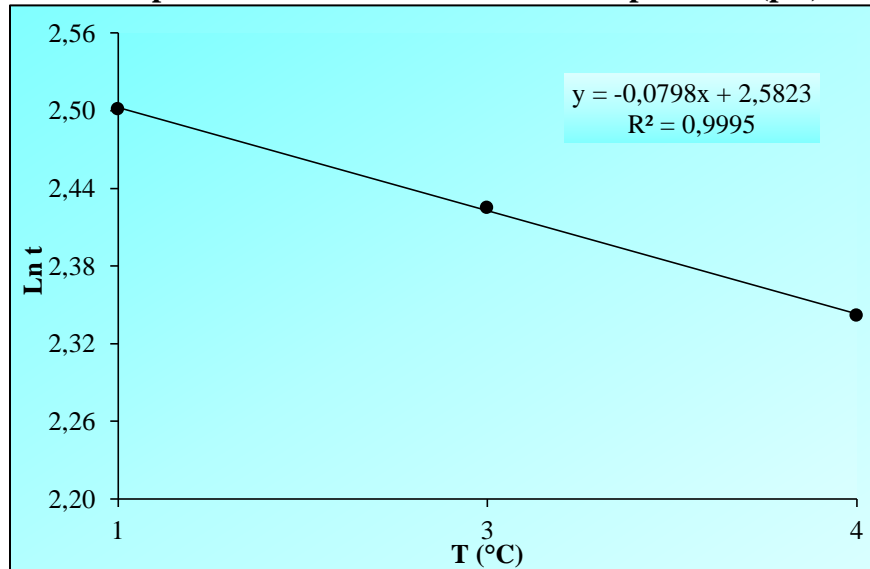
$$t = \frac{10,4}{e^{\frac{0,7858}{8,3144} \left( \frac{1}{277} - \frac{1}{274} \right)}} = 11,55 \text{ días}$$

Como se puede observar el tiempo de vida de anaquel para el chorizo parrillero almacenado a condiciones normales de Temperatura (11,55), no varía mucho a medida que las condiciones de almacenamiento se hacen más extremas: 4°C (10,40), debido a que las diferencias de temperaturas no son muy significativas y el valor de la velocidad de reacción es baja, se puede decir que el producto almacenado a condiciones normales en función del factor pH, tiene un tiempo de duración mínimo de 12 días.

#### **4.8.6 CÁLCULO DEL PARÁMETRO Q<sub>10</sub>**

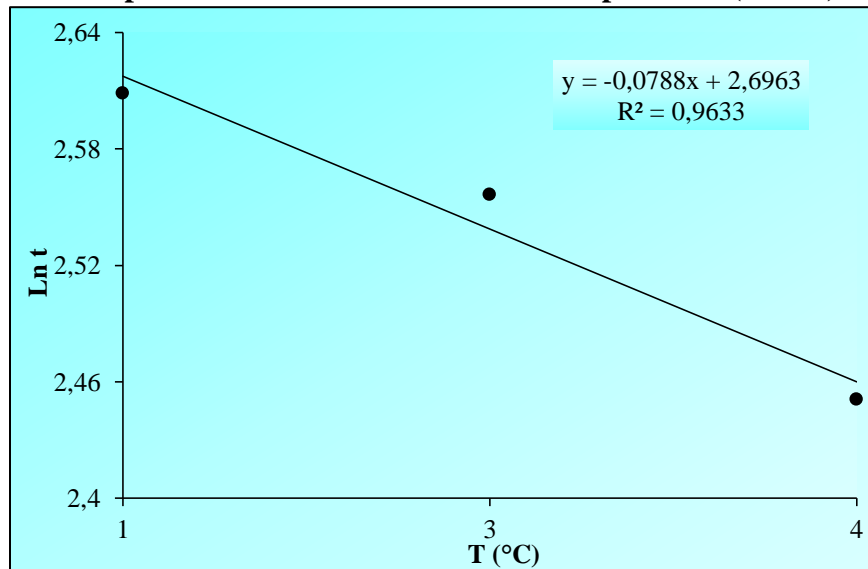
El parámetro Q<sub>10</sub> se define como la razón entre la vida anaquel a una temperatura T y la vida anaquel a una temperatura T+10. Para describir la relación entre la temperatura y la velocidad de reacción se calcula el valor de Q<sub>10</sub>. En la figura 4.35 y figura 4.36 se muestra la relación entre el tiempo de vida útil del chorizo parrillero y la temperatura, tanto para pH como para acidez, datos obtenidos en la tabla 4.25.

**Figura 4.35**  
**Tiempo de vida útil en función de la temperatura (pH)**



Fuente: *Elaboración propia*

**Figura 4.36**  
**Tiempo de vida útil en función de la temperatura (acidez)**



Fuente: *Elaboración propia*

A partir de la figura 4.35 y figura 4.36 se calcula el valor  $Q_{10}$  utilizando la siguiente ecuación (Casp y Abril, 2003):

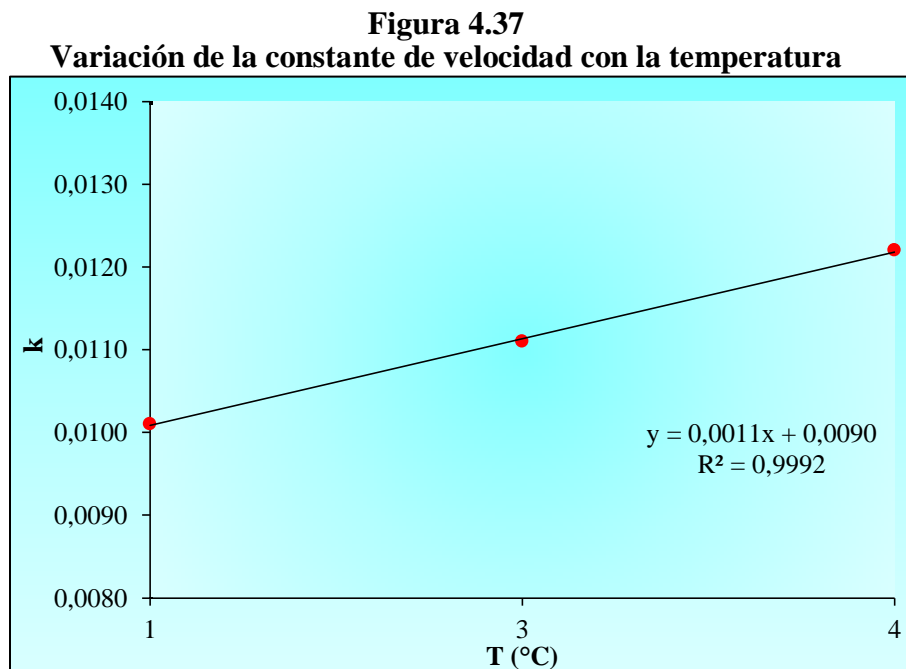
$$Q_{10} = e^{10 \cdot a} \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

Se obtiene un valor  $Q_{10}$  para el factor pH de 2,22 lo que significa que la velocidad de la reacción de deterioro en función del pH se acelera 2 veces por cada 10°C de temperatura que se aumente, para el factor acidez da un valor de 2,19; entonces la velocidad de la reacción de deterioro se acelera 2 veces por cada 10°C de temperatura que se aumente, (Anexo 4-D).

Realizado el análisis de la cinética de reacción se establece que el factor que determina la vida anaquel del chorizo parrillero es el pH, ya que el deterioro se ve en menor tiempo que con el factor acidez.

#### 4.8.7 DETERMINACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO QUE RELACIONA LA CINÉTICA CON LAS CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Para la determinación de este modelo se realiza la gráfica de velocidad de reacción vs temperatura de acuerdo a los datos obtenidos la tabla 4.24 para el factor pH. En la figura 4.37, se representa el diagrama de dispersión de los datos de velocidad de reacción del factor pH en función de la temperatura (°C) y su respectiva ecuación lineal.



A partir de la figura 4.35, se plantea el modelo matemático para cualquier temperatura de almacenamiento y humedad relativa entre (77% y 90%), para el factor de calidad limitante, como ser el (pH):

$$\frac{dpH}{dt} = (0,0011T + 0,0090) * pH^n$$

De acuerdo a la ecuación obtenida, se considera que el cambio de calidad en el chorizo parrillero es función del pH y la temperatura de almacenamiento, ya que a partir de un valor inicial de pH, y la temperatura a la cual se encuentre almacenado el producto se puede predecir el tiempo en el que ocurre el deterioro del mismo.

## 5.1 CONCLUSIONES

- Se estableció cuatro condiciones de almacenamiento para el estudio de vida útil del chorizo parrillero del Laboratorio Taller de Alimentos: (0°C y 77,49%HR); (1°C y 88,02%HR); (3°C y 94,05%HR); (4°C y 83,91%HR).
- Realizada la caracterización física cada unidad de chorizo parrillero tiene un diámetro promedio de 3,34 cm; altura promedio 9,11 cm y peso promedio 84,58 g.
- Realizado el análisis fisicoquímico del chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento tiene un porcentaje de humedad 61,24%; acidez 0,60%; proteína 15,46%; grasa 14,88%; pH 5,16 y rancidez negativo y al final del almacenamiento tiene: humedad 67,60%; acidez 0,9052%; proteína 15,83%; grasa 13,99%; pH 4,56 y rancidez negativo.
- Aplicado el diseño de bloques completamente al azar en el almacenamiento del chorizo parrillero, los bloques B y C son los más eficientes en términos de acidez para un límite de confianza del 95%.
- Realizado el análisis microbiológico del chorizo parrillero, al comienzo del almacenamiento tiene: bacterias aerobias mesófilas  $8,1 \times 10^2$  UFC/g y *escherichia coli*  $< 10$  UFC/g y al final del almacenamiento tiene: bacterias aerobias mesófilas  $5,1 \times 10^5$  UFC/g, *escherichia coli*  $9,0 \times 10^2$  UFC/g mohos y levaduras  $4,2 \times 10^2$  UFC/g y *Staphylococcus aureus*  $< 10$  UFC/g.
- Realizada la evaluación sensorial en el chorizo parrillero al comienzo del almacenamiento tiene un color moderadamente oscuro, olor agradable, sabor característico y textura ligeramente seca; al final del almacenamiento tiene un color moderadamente brillante, olor bastante desagradable, sabor bastante diferente y textura moderadamente seca.

- Realizado el estadístico de Friedman en el almacenamiento del chorizo parrillero los atributos sensoriales: color, olor, textura y sabor cambian a medida que pasa el tiempo para un límite de confianza del 95%.
- Realizado el estadístico de Friedman a 18 días del almacenamiento las muestras de chorizo parrillero son diferentes en el atributo olor, textura y sabor, no existiendo diferencia en el atributo color para un límite de confianza del 95%.
- Realizado el estadístico de  $X^2$  (Chi- cuadrado) a 18 días del almacenamiento no existe diferencia entre las características de los atributos sensoriales: oscuro y brillante; agradable y desagradable; característico y diferente y existe diferencia entre las características del atributo textura humectante y seca, para un límite de confianza del 95%.
- El parámetro de referencia del tiempo de vida útil del chorizo parrillero (pH), corresponde a una reacción de orden uno, velocidad de reacción 0,07335 mol/día y una valor  $Q_{10} = 2,22$ .
- El deterioro en el chorizo parrillero empieza aproximadamente a los 12 días en condiciones (1°C y 88% HR), determinado a través de la cinética de reacción y modelo matemático de Arrhenius en función del pH.
- En base al modelo matemático:

$$\frac{dpH}{dt} = (0,0008T + 0,0094) * pH^n$$

Se puede predecir el tiempo en el que ocurre el deterioro del chorizo parrillero, en función al parámetro de referencia pH.

## 5.2. RECOMENDACIONES:

- El análisis microbiológico constituye una herramienta fundamental para el estudio de vida en anaquel de productos perecederos, por lo que se sugiere efectuar un seguimiento microbiológico más profundo del chorizo parrillero al igual que las curvas de acidez y pH.
- Se sugiere realizar estudios de vida en anaquel de alimentos bajo condiciones de temperatura y humedad relativa controlada y constante, aplicando nuevos métodos de control rápidos y confiables.
- Para la realización de futuros estudios de durabilidad en el Laboratorio Taller de Alimentos, se recomienda la implementación de un espacio de control de calidad de sus productos, a modo de realizar un mejor control de los análisis.
- Debido a la importancia que tiene el control de la fecha de vencimiento en los productos alimenticios, se recomienda que los laboratorios de control de calidad del departamento puedan implementar este parámetro como un análisis más.