

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Validación de Plan HACCP para la elaboración del Chorizo Parrillero en  
la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

Estudiante

Luis Angel Salazar Guillen

Asesores

Mayra Márquez González, Ph.D.

Adela Acosta Marchetti, D.Sc.

Honduras, agosto 2022

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M. ACOSTA MARCHETTI**

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

## Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras .....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos .....	12
Localización del Estudio.....	12
Revisión Plan HACCP.....	12
Validación de Puntos Críticos de Control.....	12
PCC-1 (Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados).....	13
Validación de PCC-1 (Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados).....	13
Verificación de PCC-1 (Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados).....	14
PCC-2 (Cocción).....	14
Validación de PCC-2 (Cocción).....	14
Verificación de PCC-2 (Cocción).....	15
PCC-3 (Enfriamiento).....	15
Validación de PCC-3 (Enfriamiento).....	15
Verificación de PCC-3 (Enfriamiento).....	16
Diseño Experimental.....	16
Resultados y Discusión.....	17
Revisión Plan HACCP.....	17

Validación PCC- I (Pesado de Ingredientes No Cárnicos Controlados).....	18
Verificación PCC-I (Pesado de Ingredientes No Cárnicos Controlados).....	21
Validación PCC-II (Cocción).....	23
Verificación PCC-II (Cocción).....	24
Validación PCC-III (Enfriamiento).....	27
Verificación PCC-III (Enfriamiento).....	29
Conclusiones .....	32
Recomendaciones.....	33
Referencias.....	34
Anexos.....	38

### Índice de Cuadros

Cuadro 1 Verificación de balanza mediante el uso de pesas de validación.....	22
Cuadro 2 Verificación de balanza mediante prueba de múltiples puntos.....	22
Cuadro 3 Tiempo de temperatura interna $\geq 72^{\circ}\text{C}$ y temperatura máxima alcanzada. ....	23
Cuadro 4 Inactivación térmica de <i>Listeria monocytogenes</i> . ....	24
Cuadro 5 Aw y pH de la pasta de Chorizo Parrillero .....	25
Cuadro 6 Inactivación térmica de <i>Listeria monocytogenes</i> en proceso de cocción. ....	27
Cuadro 7 Inactivación térmica de <i>Salmonella spp.</i> en proceso de cocción. ....	27
Cuadro 8 Tiempo de enfriamiento de cinco lotes de Chorizo Parrillero.....	28
Cuadro 9 Desarrollo de <i>Clostridium perfringens</i> durante el proceso de cocción y enfriamiento. ....	30

### Índice de Figuras

Figura 1 Uso de FSSP para detectar crecimiento de <i>L. monocytogenes</i> .....	20
Figura 2 Introducción de datos en FSSP.....	21
Figura 3 Curva de inactivación térmica de <i>Listeria monocytogenes</i> en proceso de cocción.....	26
Figura 4 Gráfico de temperatura de cinco lotes de Chorizo Parrillero en producción .....	29
Figura 5 Curva de crecimiento de <i>Clostridium perfringens</i> en proceso de cocción y enfriamiento.....	30

## Índice de Anexos

Anexo A PCC-I Protocolo de Validación de Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados. ....	38
Anexo B PCC-II Protocolo de Validación de Cocción.....	40
Anexo C PCC-III Protocolo de Validación de Enfriamiento.....	42
Anexo D Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Cocción Tomadas en Intervalos de Cinco Minutos. ....	44
Anexo E Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Enfriamiento Tomadas en Intervalos de Cinco Minutos .....	45
Anexo F Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Cocción Obtenida en Intervalos de Dos Minutos.....	47
Anexo G Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Cocción Tomada en Intervalos de Treinta Segundos .....	48
Anexo H Termocupla Utilizada en Proceso de Enfriamiento.....	49
Anexo I Set de Pesas de Validación.....	50
Anexo J Balanza de Ingredientes No Cárnicos Controlados.....	51
Anexo K Contenedor de Lactato de Sodio Utilizado en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana .....	52
Anexo L Sal de Cura en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana.....	53
Anexo M Chorizo Parrillero en Cocción .....	54
Anexo N Display de Temperatura Interna del Producto en el Horno.....	55
Anexo O Programa de Inactivación Térmica de Combase (Verificación PCC-2) .....	56
Anexo P Perfringens Predictor de Combase (Verificación PCC-3) .....	57
Anexo Q Uso de FSSP en Escenarios de 10 y 12°C (PCC-1). ....	58
Anexo R Checklist HACCP.....	59

## Resumen

La implementación del sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, por sus siglas en inglés), ha nacido como respuesta a los múltiples problemas sanitarios del pasado en la industria cárnica. Se revisó el Plan HACCP de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana, se validaron y verificaron los tres PCCs (Puntos Críticos de Control) para la elaboración del Chorizo Parrillero. Los tres PCCs son los siguientes: adición de ingredientes no cárnicos controlados (PCC-1), cocción (PCC-2) y enfriamiento (PCC-3). Los datos se extrajeron de cinco lotes de Chorizo Parrillero variados. El Plan HACCP obtuvo un puntaje de 97.5%, basado en la lista de verificación realizada. Se obtuvieron concentraciones de *L. monocytogenes* menores a 2 log en almacenamiento para ambos escenarios, cuarto frío (3.5 °C/ 30 días) y puesto de ventas (4 °C/ 30 días) mediante el uso del programa FSSP. La balanza empleada en el PCC-1 demostró ser exacta mediante el uso de un grupo de pesas validadas (PCC-1). De igual manera, el producto se mantuvo arriba de 72 °C un total de  $1.99 \pm 0.29$  min. Se determinó una tasa de inactivación térmica de  $9.106 \pm 1.754$  log UFC/g de *L. monocytogenes* mediante el empleo de *ComBase* (PCC-2). Se estableció una temperatura de enfriamiento para la Etapa 1 (54 - 27 °C) de  $0.74 \pm 0.17$  h, y  $2.14 \pm 0.52$  h para la Etapa 2 (27-4 °C). Se fijó un crecimiento de  $0.000416 \pm 0.000120$  log (UFC/g) de *C. perfringens* mediante *ComBase* (PCC-3). En conclusión, el producto es inocuo y no representa ningún peligro para el consumidor.

*Palabras clave:* *Clostridium perfringens*, FSIS, *Listeria monocytogenes*, medida de control, PCC, USDA, verificación.

### Abstract

The implementation of the HACCP system (Hazard Analysis and Critical Control Points) was born as a response to the multiple health problems of the past in the meat industry. A review of the HACCP Plan of the Meat Plant of the Escuela Agrícola Panamericana was carried out and the three CCPs (Critical Control Points) to produce Grilled Chorizo were validated and verified. The three CCPs are as follows: addition of controlled non-meat ingredients (CCP-1), cooking (CCP-2) and cooling of the product (CCP-3). The data was extracted from five batches of varied Grilled Chorizo. The HACCP Plan obtained a score of 97.5%, based on the checklist carried out. Concentrations of *L. monocytogenes* less than 2 log in storage were obtained for both scenarios, the plant's cold room (3.5 °C/ 30 days) and store refrigerator (4 °C/ 30 days) using the *FSSP* program. The scale used in the CCP-1 proved to be accurate using a set of validated weights (CCP-1). Similarly, the product was kept above 72 °C for a total of  $1.99 \pm 0.29$  min. A thermal inactivation rate of  $9.106 \pm 1754$  log CFU/g of *L. monocytogenes* was determined using *ComBase* (CCP-2). A cooling temperature for Stage 1 (54-27 °C) of  $0.74 \pm 0.17$  h was calculated, and  $2.14 \pm 0.52$  h for Stage 2 (27 - 4 °C). Growth of  $0.000416 \pm 0.000120$  log (CFU /g) of *C. perfringens* was determined using *ComBase* (CCP-3). In conclusion, the product is safe and does not represent any potential hazard to the consumer.

*Keywords:* CCP, *Clostridium perfringens*, control measure FSIS, *Listeria monocytogenes*, SOPS, USDA, validation, verification

## Introducción

Las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) representan un gran peligro para la salud de los consumidores, las cuales varían desde complicaciones agudas hasta persistentes secuelas (Hoffmann y Scallan Walter 2020). Los patógenos relacionados a las ETAs pueden afectar una amplia gama de alimentos procesados o frescos, desde productos lácteos, hortofrutícolas, granos y cereales, entre otros. Por ende, los productos cárnicos no son la excepción, siendo una matriz propensa a sustentar el desarrollo de microorganismos patógenos (Omer et al. 2018). A consecuencia de esto, la industria cárnica se esfuerza para proceder con protocolos de inocuidad que prevengan brotes epidemiológicos que afecten la salud del consumidor final.

Un chorizo cocido se define como carne que fue previamente triturada, proveniente de una o más fuentes de carne de músculo esquelético, condimentado y curado (CFR 2012b). Igualmente, el consumo de productos cárnicos RTE (Listos para Consumir por sus siglas en inglés), se puede ver afectado por la presencia de microorganismos que se benefician de las condiciones que proporciona el medio cárnico. Actualmente, los microorganismos patógenos asociados con el consumo de carnes procesadas son en su mayoría: *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli spp.*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* y *Clostridium botulinum*.

La industria se ha visto en la necesidad de contrarrestar los riesgos de las ETAs, promoviendo la implementación de protocolos y planes basados en la inocuidad de los alimentos. De esta manera, en 1997, se puso en práctica el plan HACCP (Análisis de Peligro y Puntos Críticos de Control, por sus siglas en inglés), definido como una herramienta que se enfoca en la prevención de los posibles peligros referentes a los alimentos (FAO 1997). Por esta razón, esta medida regulatoria es de gran interés en la actualidad, siendo su implementación de gran ayuda para la industria cárnica en mercados locales y operaciones de exportación (Maldonado-Siman et al. 2014).

Por otro lado, su elaboración implica un sacrificio económico importante por parte del fabricante. Ciertamente, en algunos casos, el productor visualiza el empleo de esta regulación como una tarea de alto costo y bajo beneficio. También se percibe como una pérdida de tiempo y recursos,

la cual no llevará a ningún resultado positivo para la empresa. Por ende, la creación e implementación de esta regulación no es comúnmente realizada en empresas pequeñas con un enfoque artesanal (Toropilová y Bystrický 2015).

El monitoreo y documentación de registros es de vital importancia para asegurar la inocuidad en la industria del valor agregado de los alimentos (Wallace 2016). Por ejemplo, entre los registros oficiales se deben tomar en cuenta: monitoreos de ingredientes implicados en PCC (Puntos Críticos de Control), documentos referentes al procesamiento, almacenamiento y distribución del producto, medidas correctivas, evidencia de capacitación de personal y aprobación del plan HACCP realizada por un experto (FDA [updated 2020])

Definitivamente, no se pueden dejar atrás las tareas de revisión y actualización, las cuales deberán ser realizadas con frecuencia. Ciertamente, la validación de PCC's es de suma importancia en este proceso ya que son un método de comprobar la eficiencia del plan HACCP (Motarjemi 2013). Es un hecho que la validación exitosa del mismo brinda seguridad para los productores, se confirma la inocuidad de su producto y la certeza de que no ocasionará ningún daño a la salud del consumidor. Por otra parte, la revisión de los documentos mencionados anteriormente juega un papel igual de importante en el plan de validación del HACCP.

La Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana cuenta con un plan HACCP elaborado por Acosta (2021), creado en el 2004 y revisado por última vez en noviembre de 2021. Es de suma importancia agregar que este documento se ha actualizado anualmente. Puesto que, el Chorizo Parrillero es el producto cárnico de la marca Zamorano con mayor participación en el mercado, se deben mantener los estándares de inocuidad del proceso. Una revisión y validación del plan HACCP para la elaboración del Chorizo Parrillero brindará un diagnóstico objetivo referente al estado de este.

Los objetivos del estudio fueron: Realizar una revisión del plan HACCP actual para el procesamiento de Chorizo Parrillero en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana y realizar una validación de los Puntos Críticos de Control del proceso de Chorizo Parrillero.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización del Estudio**

El proceso de elaboración de Chorizo Parrillero se llevó a cabo en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. En esta planta se realizaron los procedimientos de revisión del Plan HACCP, así como los de verificación y validación para cada PCC. Al mismo tiempo, se tomaron las mediciones de temperatura y tiempo para las etapas de producción del Chorizo Parrillero, que fueron utilizadas para efectuar los procesos de verificación y validación. Los análisis de pH se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ), mientras que los análisis de  $A_w$  tomaron lugar en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ).

### **Revisión Plan HACCP**

Se creó una lista de verificación basada en lineamientos oficiales para la elaboración del Plan HACCP. Para enfatizar, dicha lista contiene puntos referentes al funcionamiento efectivo de un Plan HACCP, basado en los principios establecidos por FSIS (2018). A partir de esto, se realizaron observaciones y se brindó una calificación al estado del plan actual. Así mismo, se hizo uso de los registros de la planta para validar los puntos anteriores. Todo esto con el fin de elaborar recomendaciones para cumplir con los puntos que no se hayan alcanzado a lograr en esta revisión.

### **Validación de Puntos Críticos de Control**

La validación se define como obtener evidencia del efecto de la medida de control, o sus combinaciones, de ser empleadas correctamente, ejercen para reducir o limitar el peligro estipulado. Por lo tanto, existen cuatro enfoques diferentes para la validación de PCC: apoyo en publicaciones científicas y técnicas, obtención de datos durante condiciones normales de funcionamiento, modelos matemáticos y encuestas (FAO 2008). Cabe recalcar que cada enfoque no es específico para un PCC y se puede llegar a utilizar una combinación de estos para efectuar la validación. Así mismo, para realizar una validación exitosa se deberá decidir el enfoque, definir parámetros y criterios de decisión que

aseguren que la medida de control cumpla su función, reunir información válida y realizar los estudios necesarios, analizar los resultados, documentar y verificar la validación.

En este caso, se cuenta con tres diferentes PCC's en la producción de Chorizo Parrillero. En primer lugar, se cuenta con la adición de ingredientes no cárnicos controlados. En segunda instancia, el proceso de cocción del producto en el horno y finalmente, con el proceso de enfriamiento del chorizo en el cuarto frío.

#### **PCC-1 (Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados)**

El peligro que se debe controlar es la presencia de *Listeria monocytogenes* en el producto final, la cual puede llegar a causar daños a la salud del consumidor final. Como medida de control, el plan HACCP actual establece que se debe añadir la cantidad de lactato y nitrito de sodio especificada en la formulación para retrasar la presencia de *Listeria monocytogenes* en el producto final. Es importante mencionar que el uso de nitrito de sodio no es específico para *L. monocytogenes*, sino que también para *C. perfringens* y *C. botulinum*.

#### **Validación de PCC-1 (Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados)**

Los enfoques de validación utilizados fueron: el uso de publicaciones científicas validadas, obtención de datos en condiciones normales de funcionamiento y el uso de modelos matemáticos, referenciadas en el Anexo A. Se debe partir, con que la concentración de nitrito de sodio en la sal nitrificada utilizada en esta planta es de 6.5%, mientras que el porcentaje de lactato de sodio en la solución es de 60%. Por lo tanto, se determinaron las proporciones de estos ingredientes en el producto final, tomando en cuenta la formulación del Chorizo Parrillero. Igualmente, se tomaron dos escenarios de almacenamiento como referencia, cuarto frío de la planta ( $3.5 \pm 0.59$  °C / 30 días) y el puesto de venta ( $4 \pm 0.79$  °C / 30 días). Seguidamente se empleó el modelo predictivo, *Food Safety and Spoilage Protector (FSSP)*, en el cual se introdujeron: porcentajes de sal (NaCl), nivel de pH de la pasta de chorizo, porcentaje de materia seca, temperatura y tiempo de almacenamiento, así como porcentaje de nitrito y lactato de sodio puro para detectar la presencia de *Listeria monocytogenes* en

el producto final. Se debe añadir que se tomó el porcentaje de materia seca de 57.11 ( $\pm$ ) 9.49, basado en un estudio realizado por González y colaboradores (2013), en la caracterización fisicoquímica de chorizos mexicanos. Como punto final, se espera que el producto no sobrepase una concentración de 2 log de *L. monocytogenes* para ser considerado como inocuo y la medida de control validada (FSIS y USDA 2014).

#### **Verificación de PCC-1 (Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados)**

Como procedimiento de verificación, se hizo uso de un conjunto de pesas de validación, variando desde 1-100 g. Se colocaron individualmente en el centro de la balanza utilizada para el pesado de los ingredientes no cárnicos controlados en tres instancias. Posteriormente, se realizó el procedimiento colocando las pesas en cinco puntos diferentes de la balanza (centro y esquinas inferiores y superiores), igualmente en tres ocasiones. Para finalizar, se recolectaron los datos de las medias y desviaciones estándar para cada pesa en ambos ensayos.

#### **PCC-2 (Cocción)**

El peligro que se debe controlar en este caso es la eliminación de *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*. Consecuentemente, la medida de control empleada es el proceso de cocción, el cual debe llevar la temperatura interna de los chorizos a un mínimo de 72 °C. Se estableció como una recomendación, lograr una meta de 6.5 log (UFC/g) de inactivación de *Salmonella spp.* para productos cárnicos cocidos (FSIS 2021).

#### **Validación de PCC-2 (Cocción)**

Los enfoques empleados en esta validación fueron: revisión de publicaciones científicas validadas y la obtención de datos tomados en condiciones normales, ejemplificadas en el Anexo B. Para la obtención de estos datos, se hizo uso de las dos termocuplas del sistema del horno, colocadas en el centro geométrico de los chorizos ubicadas en las posiciones centrales del lote. De igual modo, dichas medidas se extrajeron en intervalos de 30 segundos durante el proceso de cocción, específicamente en el momento en el cual el producto sube y baja de 72 °C. Con ayuda de estos datos,

se obtuvo el tiempo en el cual cada lote de chorizo se mantuvo arriba de 72 °C. Es importante mencionar, que la medida de control será válida si el producto es capaz de mantenerse arriba de 72 °C mínimo por un minuto (FDA 2016).

### **Verificación de PCC-2 (Cocción)**

Se obtuvieron datos de pH y Aw de la pasta de chorizo para incluirlos en el modelo predictivo de crecimiento de microorganismos patógenos, Combase. Para este ensayo, se utilizaron los dos termómetros pertenecientes al sistema del horno. Enseguida, se tomaron medidas de temperatura y tiempo en intervalos de 30 segundos en la etapa de cocción del producto. Es necesario resaltar, que se utilizó el modelo de inactivación térmica dinámico de Combase, utilizando de referencia *L. monocytogenes* debido a su mayor termorresistencia (en el caso de Combase). Para concluir, se obtuvieron las concentraciones finales del patógeno, después de pasar por el tratamiento térmico para cada uno de los cinco lotes de Chorizo Parrillero.

### **PCC-3 (Enfriamiento)**

Existe un peligro latente de la reproducción de bacterias vegetativas de *C. botulinum* y *C. perfringens* provenientes de esporas de estos en el producto final. Como consecuencia, la medida de control empleada son procedimientos de enfriamiento apropiados.

### **Validación de PCC-3 (Enfriamiento)**

Los enfoques empleados en esta validación fueron los siguientes: revisión de publicaciones científicas y obtención de datos en condiciones normales de producción, vistas en el Anexo C. Consecuentemente, se hizo uso de un conjunto de 4 termocuplas manuales y las dos integradas al sistema del horno para extraer los datos de temperatura interna del producto en intervalos de 5 minutos. Seguidamente, se calculó el tiempo en cual el producto bajó de una temperatura de 54 - 27 °C y consiguientemente de 27 - 4 °C. En paralelo, la medida de control será validada sí se confirma que el producto se enfrió de 54 - 27 °C en menos de 5 horas y de 27 - 4 °C en menos de 10 horas para evitar la proliferación de *C. perfringens* (FSIS y USDA 2017).

### **Verificación de PCC-3 (Enfriamiento)**

Se colocó un conjunto de cuatro termocupas manuales de manera similar al PCC-2, llevando registro de temperatura y tiempo de los lotes de Chorizo Parrillero. Así mismo, dichos datos fueron obtenidos en intervalos de cinco minutos en toda la etapa de producción del producto. Igualmente, se tomaron los datos de pH y Aw de la mezcla para poder ser introducidos en el modelo matemático, *Combase*. En esta instancia, se utilizó la opción de *Perfringens Predictor* para obtener curvas de crecimiento del patógeno para cada lote de producción.

### **Diseño Experimental**

Todos los datos fueron obtenidos de cinco lotes de Chorizo Parrillero variados en peso final y elaborados en diferentes semanas en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana. Los lotes 1, 3 y 4 fueron de aproximadamente 180 kg de producto final, el lote 2 de 114 kg, mientras que el 5 se estima de 205 kg. Al mismo tiempo, se utilizó el método de estadística descriptiva con ayuda del programa SAS (*Statistical Analysis Software 9.4*). Igualmente, se hizo uso del programa Excel para generar las gráficas de temperatura y tiempo. También de la mano del uso de los modelos predictivos para detección de microorganismos patógenos, *ComBase* y *FSSP (DTU Foods 2014; ComBase Team 2019)*, en la etapa de establecer procesos de verificación y validación. El dato de Aw y pH promedio se obtuvo de la medición tomada a cada lote. De manera similar, los valores del uso del set de pesas de validación son el promedio de tres mediciones para cada pesa. Mientras tanto, las proporciones de los ingredientes no cárnicos controlados en el producto final se obtuvieron basándose en la formulación oficial del producto y el porcentaje de pureza de los ingredientes. Para finalizar, los datos referentes a las temperaturas fueron los promedios de los valores pertenecientes a las termocupas disponibles en la etapa del proceso.

## Resultados y Discusión

### Revisión Plan HACCP

La lista de verificación creada fue de 40 puntos en total, en los cuales, existía la posibilidad de encerrar la opción de *Sí*, *No* o *N/A*. En total, se seleccionó la opción *Sí*, 39 veces y la *No* una, obteniendo un porcentaje de cumplimiento de 97.5% de los ítems a evaluar.

El Plan HACCP de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana demostró ser un documento que comprendía en gran parte los lineamientos de esta lista de verificación. Este plan fue creado en el año 2004 y ha sido revisado múltiples veces a través de los años, siendo revisado por última vez en el año 2021. Entre los aspectos positivos se puede mencionar el hecho de que este plan se apega a los principios esenciales establecidos por FSIS (2018). El siguiente punto, es el registro frecuente de actividades de monitoreo (BPM y POES), así como el registro de producción HACCP y POE individual para cada lote de producto de la planta. Para ejemplificar, el registro de POES es llenado alrededor de tres veces al día, para cada una de las salas de la planta. De igual manera, el de BPM es llenado continuamente a través del día.

Como otro aspecto positivo, se puede mencionar la existencia de los programas de muestreo microbiológicos realizados por laboratorios externos de manera trimestral. Cabe recalcar, que estos son aplicados a la mayoría de los productos embutidos en la planta, los cuales, funcionan como procedimiento de verificación. Igualmente, se debe resaltar el programa de capacitación para los operarios de la planta en temas de inocuidad alimentaria. Dicho programa abarca las temáticas de BPM, HACCP y POES, el cual se basa en brindar de 3 a 4 charlas mensuales conducidas por expertos, haciendo uso de pruebas como estrategia de evaluación al terminar la sesión.

Entre los aspectos a mejorar, se debe incluir la necesidad de establecer un programa de calibración de la balanza utilizada en el pesado de ingredientes no cárnicos controlados, ya que su última calibración documentada se realizó en el año 2019. Cabe mencionar que, hasta después de este estudio, se realizó la calibración de la gran mayoría de las balanzas y se espera de la llegada del nuevo equipo de pesado para el área de ingredientes no cárnicos.

Las mayores problemáticas que enfrenta la aplicación del sistema HACCP son: la falta de tiempo, conocimiento técnico, entrenamiento, motivación, compromiso hacia la inocuidad y financiamiento, siendo estas causas aún más visibles en pequeños a medianos emprendimientos (Bertolini et al. 2007). Otra causa de la falla del sistema puede ser la carencia de personas que cuenten con la experiencia y la capacidad técnica para liderar el programa. La ausencia de este recurso humano puede llevar a la inhabilidad de priorizar los diferentes tipos de riesgos, falta de conocimiento de riesgos derivados de patógenos específicos en un alimento dado y la incapacidad de toma de decisiones críticas referentes a la inocuidad (Taylor 2001).

En conclusión, el Plan HACCP de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana se encuentra en un estado completamente funcional, cumpliendo con su propósito de manera eficaz. De igual manera, cuenta con aspectos positivos que se deben resaltar y seguir realizando en el futuro. Se recomienda la implementación de un programa de calibración para la nueva balanza utilizada para el pesado de ingredientes no cárnicos, una vez que se cuente con ella en la planta.

#### **Validación PCC- I (Pesado de Ingredientes No Cárnicos Controlados)**

Se tomó como punto de validación el hecho de que el producto final, en almacenamiento, no genere una concentración mayor a 2 log de *Listeria monocytogenes* (FSIS y USDA 2014). Debido a esto, se hizo uso del programa, *Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP)*, en el cual se introdujeron los datos mostrados en la Figura 2. Se puede señalar, un estudio realizado por Glass y colaboradores (2002), el cual recalca el efecto antimicrobiano del lactato de sodio para inhibir el crecimiento de *L. monocytogenes*, especialmente cuando es usado en productos RTE ahumados, tratados con nitrito de sodio y cadenas de frío estrictas.

Los porcentajes de estos ingredientes en el producto final se obtuvieron tomando como base la formulación original del producto, la cual estaba prevista para preparar 52.3 kg de Chorizo Parrillero. Por ende, el nivel de NaCl se obtuvo al establecer que en una tanda existen 0.68 kg de NaCl, resultando en 1.29% del producto final. Para el nitrito de sodio, se estipula que para 40.82 kg de carne se agregan 95.48 g de sal nitrificada al 6.5% de pureza. La sal de cura es fabricada por Molinos de Guadalupe S.A

en Costa Rica, la cual viene en una presentación de saco de 5 kg. Consecuentemente, 1 kg de carne contiene 2.33 g de sal nitrificada, el cual al obtener su pureza se transforma en 152 mg de nitrito de sodio puro/1 kg de producto o ppm. Seguidamente, para obtener el nivel de lactato se tomó en cuenta que, en una tanda de Chorizo Parrillero se añade 1.31 kg de lactato de sodio al 60% de concentración. El nombre comercial del producto es Sodium Lactate 60% Food Grade Concentrate de la marca Jindan fabricado en China y en una presentación líquida en recipiente de 25 kg. Se determinó que 1 kg de chorizo es conformado por 0.025 kg de lactato de sodio puro, dando como resultado una concentración final del 1.494%. En la Figura 1 se puede apreciar el crecimiento de *L. monocytogenes* en la condición de almacenamiento del cuarto frío de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana ( $3.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.59 / 30$  días) y Puesto de Venta ( $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.79 / 30$  días). Así mismo, se incluyeron escenarios en donde el producto se mantuvo este mismo tiempo a 10 y 12 °C, para hacerse una idea de la capacidad de este patógeno de crecer en estas temperaturas. Las cantidades de precisas de estos ingredientes se encuentran detallados en la Figura 2.

De acuerdo con el programa, *Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP)*, no existe crecimiento de *L. monocytogenes* en el producto en dichas condiciones de almacenamiento. Los resultados obtenidos están relacionados con la investigación realizada por Blanco - Lizarazo y colaboradores (2017), donde se evaluaron tres tratamientos diferentes como medida de control de *Listeria monocytogenes* en almacenamiento de salchichas en ambas temperaturas de 8 y 30 °C (200 ppm nitrito de sodio, 1.5% lactato de sodio y 100 ppm de aceite esencial de tomillo). En dicho estudio, la adición de 1.5% de lactato de sodio obtuvo el mayor valor de inhibición en ambas temperaturas estipuladas, sin expresar diferencia significativa con el tratamiento de 200 ppm de nitrito de sodio (Blanco-Lizarazo et al. 2017).

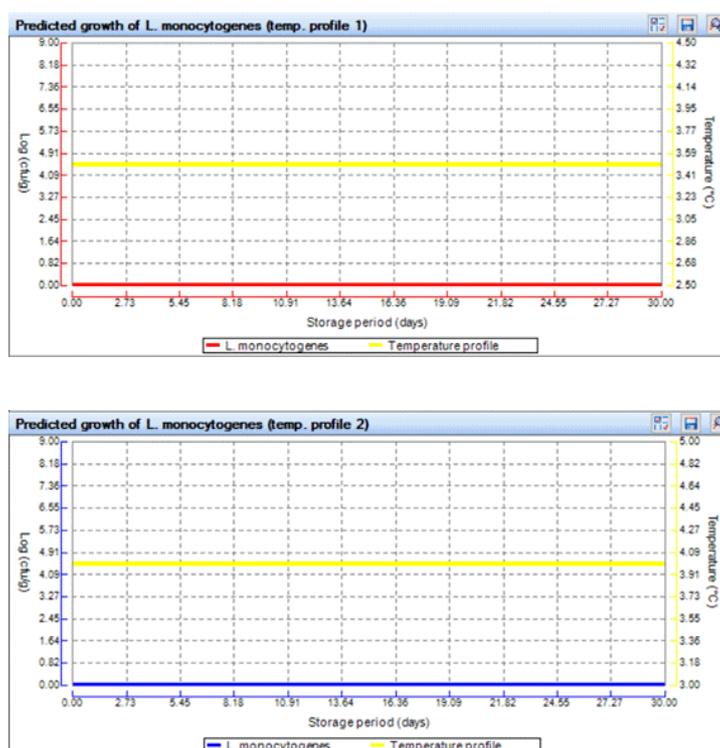
Dicha inhibición se debe a la interferencia del balance fermentativo de la bacteria causado por la presencia del lactato de sodio, causando una ineficiencia en su metabolismo. Para añadir, esto conlleva a múltiples respuestas de la célula; como el estrés causado por la limitación de nutrientes, cambios en la membrana celular y la posible inducción de agentes virulentos a la misma (Stasiewicz

et al. 2011). Cabe recalcar, que Stasiewicz y colaboradores (2011)., concluyeron que el lactato no afecta la respuesta de *L. monocytogenes* en condiciones de estrés, tales como temperaturas bajas.

Por otro lado, la presencia de nitrito de sodio puede jugar un papel importante para detener el desarrollo de *L. monocytogenes*. Esto se ve reflejado en una investigación realizada por Horsch y colaboradores (2014), en la cual se vio el efecto positivo de concentraciones de 100 y 200 ppm de diferentes fuentes de nitrito de sodio sobre *L. monocytogenes*.

### Figura 1

Uso de FSSP para detectar crecimiento de *L. monocytogenes*



Nota. a) Cuarto frío (3.5 °C/30 días). b) Puesto de ventas (4 °C/ 30 días).

Figura 2

## Introducción de datos en FSSP

The screenshot shows the FSSP software interface with the following data entered:

Product 1	Product 2
L. monocytogenes initial cell level (cfu/g): 1	1
Temperature (°C): 5.0	5.0
NaCl in water phase %: 2.92	4.0
pH: 6.2	6.2
Smoke components - phenol (ppm): 10	10
% CO2 in headspace gas at equilibrium: 0	0
Nitrite, mg/kg: 150	0
Storage period (d): 40	

Organic acids in water phase of product	Product 1	Product 2
Acetic acid (ppm)	0	0
Benzoic acid (ppm)	0	0
Citric acid (ppm)	0	0
Diacetate (ppm)	0	0
Lactic acid (ppm)	27100	0
Sorbic acid (ppm)	0	0

Additional settings: Temperature (°C): 4, Storage period (hours): 720, Active temperature profile: Temperature profile 2.

Calculator dialog box showing the following values:

- Dry matter, %: 57
- Lactic acid and lactate in product, %: 1.2
- OR
- Sodium lactate in product, %: 1.49
- Water phase lactic acid and lactate, %: 2.71
- Water phase sodiumlactate, %: 3.37
- Lactic acid in water phase of product, mg/l: 27100

Calculator dialog box showing the following values:

- Dry matter, %: 57
- NaCl in product, %: 1.29
- Water phase salt in product, %: 2.91

## Verificación PCC-I (Pesado de Ingredientes No Cárnicos Controlados)

El objetivo de esta práctica fue verificar la balanza utilizada en el proceso de pesado de ingredientes no cárnicos controlados; lactato de sodio y nitrito de sodio. Con respecto a esto, existe una necesidad de contar con balanzas que se encuentren debidamente calibradas en una planta de

cárnicos, especialmente a la hora de pesar los ingredientes no cárnicos controlados. Consecuentemente, múltiples estudios han recalcado la eficiencia de los agentes antimicrobianos usados en la industria cárnica para prevenir el crecimiento de bacterias patógenas vegetativas y esporulados en productos RTE (Cui et al. 2010; Lin et al. 2018). A continuación, los Cuadros 1 y 2 muestran las valoraciones obtenidas de la balanza al utilizar un juego de pesas de validación certificadas.

### Cuadro 1

*Verificación de balanza mediante el uso de pesas de validación.*

Pesa de validación (g)	Media ± D.E. Peso mostrado en balanza (g)
1	1.00 ± 0
2	2.00 ± 0
5	5.00 ± 0
10	10.0 ± 0
20	20.0 ± 0
50	50.0 ± 0
100	100.0 ± 0

*Nota.* D.E: Desviación Estándar. Media recaudada de tres medidas.

### Cuadro 2

*Verificación de balanza mediante prueba de múltiples puntos.*

Pesa de validación (g)	Peso mostrado en la balanza (g)				
	Media ± D. E. Superior izquierda	Media ± D.E. Superior derecha	Media ± D.E. Centro	Media ± D.E. Inferior izquierda	Media ± D.E. Inferior derecha
1	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0	1 ± 0
2	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0
5	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0	5 ± 0
10	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0	10 ± 0
20	20 ± 0	20 ± 0	20 ± 0	20 ± 0	20 ± 0
50	50 ± 0	50 ± 0	50 ± 0	50 ± 0	50 ± 0

*Nota.* D.E: Desviación Estándar. Media recaudada de tres medidas.

Con ayuda de los datos anteriores, se puede inferir que la balanza utilizada en el pesado de ingredientes no cárnicos controlados está debidamente ajustada y funcional. No obstante, las pesas utilizadas en el proceso de verificación están fuera del rango verdaderamente funcional para los procesos de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana.

### Validación PCC-II (Cocción)

El objetivo final de esta validación es asegurar que el producto llegue a una temperatura interna de 72 °C y que se mantenga al menos un minuto para asegurar la eliminación de bacterias vegetativas (FDA 2016). En el Cuadro 3 se muestra el tiempo en el cual cada lote se mantuvo en una temperatura arriba de 72 °C y la temperatura máxima alcanzada.

### Cuadro 3

*Tiempo de temperatura interna  $\geq 72$  °C y temperatura máxima alcanzada.*

Lote	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura máxima alcanzada (°C)
L1	$\geq 72$	1.75	75.0
L2	$\geq 72$	1.92	75.1
L3	$\geq 72$	1.91	75.2
L4	$\geq 72$	1.87	75.2
L5	$\geq 72$	2.50	75.4

*Nota.* min: minutos. Datos recaudados del sistema de termocuplas del horno.

El tiempo promedio el cual el producto estuvo arriba de 72 °C fue de  $1.99 \pm 0.29$  min, llegando a alcanzar una temperatura máxima de  $75.18 \pm 0.14$  °C. Se puede agregar, que dichas tomas de temperatura son apreciables en los Anexos D-G. Dichos tiempos van acorde al valor 6D a 72 °C propuesto por la FDA en el Anexo 3 de la Guía de análisis de peligros y controles preventivos basados en riesgos para alimentos de consumo humano, el cual es de 1 minuto (FDA 2016). De igual forma, dichos resultados están relacionados a un estudio realizado por Osaili y col. (2007), cuyo fin era medir el valor D de diferentes bacterias vegetativas en tortas de pollo fritas, para lo cual determinaron que el valor  $D_{70}$  de *L.monocytogenes* era de  $0.31 \pm 0.016$  min a 70 °C. Se puede asegurar que en todas las repeticiones se alcanzó una reducción total de la población bacteriana ya que, no solo se cumplió con el minuto de exposición a dicha temperatura, sino que se excedió la misma, reduciendo el tiempo del mismo valor 6D. A continuación, en el Cuadro 4 se muestran los valores 6D de *Listeria monocytogenes* estipulados por la FDA (2016).

**Cuadro 4***Inactivación térmica de Listeria monocytogenes.*

Inactivation of <i>Listeria monocytogenes</i> Internal Product Temperature (°F)	Internal Product Temperature (°C)	Lethal Rate	Time for 6D Process (minutes)
145	63	0.117	17.0
147	64	0.158	12.7
149	65	0.215	9.3
151	66	0.293	6.8
153	67	0.398	5.0
154	68	0.541	3.7
156	69	0.736	2.7
158	70	1.000	2.0
160	71	1.359	1.5
162	72	1.848	1.0
163	73	2.512	0.8
165	74	3.415	0.6
167	75	4.642	0.4
169	76	6.310	0.3
171	77	8.577	0.2
172	78	11.659	0.2
174	79	15.849	0.1
176	80	21.544	0.09
178	81	29.286	0.07
180	82	39.810	0.05
182	83	54.116	0.03
183	84	73.564	0.03
185	85	100.000	0.02

Nota. Tomado de FDA (2016).

**Verificación PCC-II (Cocción)**

La finalidad de este procedimiento de verificación es predecir la tasa de inactivación térmica de las bacterias vegetativas en el proceso de cocción del producto. Seguidamente, se hizo uso del programa Combase, en la opción de modelo de inactivación térmica, para predecir el efecto de la temperatura sobre los microorganismos. En este caso, se utilizó *Listeria monocytogenes* como microorganismo indicador, debido a poseer una termorresistencia mayor. Igualmente, el equipo e insumos empleados para todas las etapas del proyecto se encuentra en los Anexos H-L. Así mismo, las valoraciones de pH y Aw de la pasta de chorizo se ven reflejados en el Cuadro 5. Se obtuvo una media de pH de  $6.22 \pm 0.0251$ , mientras que Aw de  $0.9784 \pm 0.00251$ . Para ejemplificar, se introdujo un valor de 6.20 en la casilla de pH y de 0.978 en la de Aw, seguido de 1 en el apartado de estado

fisiológico de la célula. Esto se debe a que se asume una concentración inicial de 6.0 log, por ende, la célula presentará una respuesta más sensible al estrés que si la prueba fuera realizada en la fase de latencia (Wesche et al. 2009). En la Figura 3, se puede apreciar el efecto del tratamiento térmico sobre el microorganismo indicador.

### Cuadro 5

#### *Aw y pH de la pasta de Chorizo Parrillero*

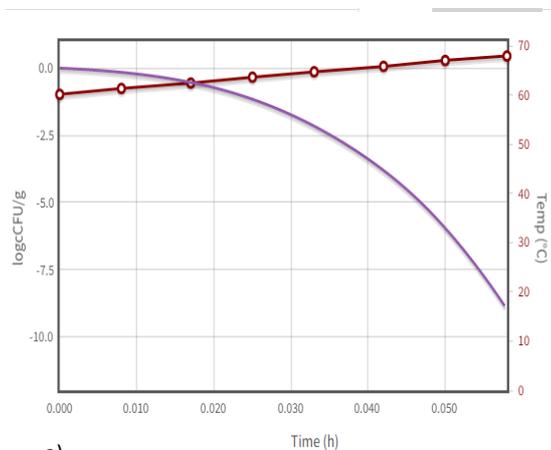
Lote	pH	Aw
L1	6.22	0.976
L2	6.24	0.979
L3	6.18	0.980
L4	6.20	0.983
L5	6.23	0.979
Media + D.E.	6.22 ± 0.03	0.9784 ± 0.003
C.V.	0.44	0.26

*Nota:* Resultado de una prueba independiente. D.E.: Deviación Estándar. C.V.: Coeficiente de variación.

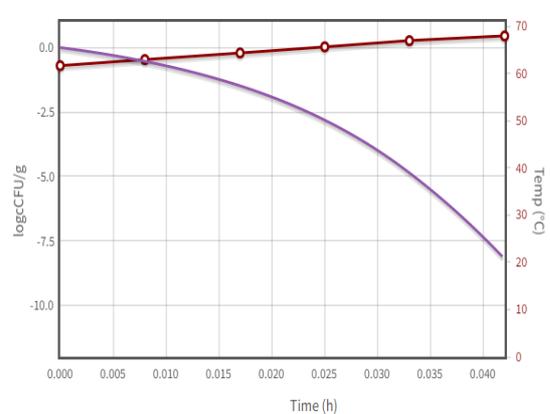
Como primer punto, se obtuvieron las tasas de inactivación térmica de *L.monocytogenes* y *Salmonella spp* mediante el uso del programa ComBase, reflejadas en el Cuadro 6 y 7. En el ensayo presente, se llegó a una concentración final de *L.monocytogenes* de  $-3.106 \pm 1.754$  log (UFC/g) debido a que se llegó a una temperatura de inactivación térmica propicia. Igualmente se obtuvo una población final de  $-5.194 \pm 0.891$  log (UFC/g) de *Salmonella spp*. Los implementos y herramientas utilizadas en esta etapa del proyecto se encuentran ejemplificadas en los Anexos M-R. Los resultados obtenidos se encuentran acorde a la literatura, tomando en cuenta el uso de modelos predictivos dinámicos para poder estimar el impacto de la temperatura sobre el patógeno

**Figura 3**

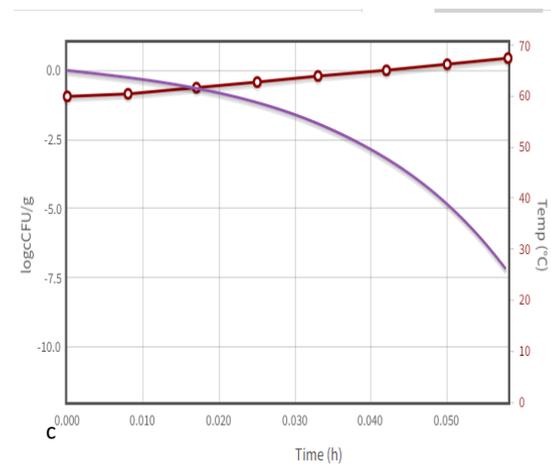
*Curva de inactivación térmica de Listeria monocytogenes en proceso de cocción.*



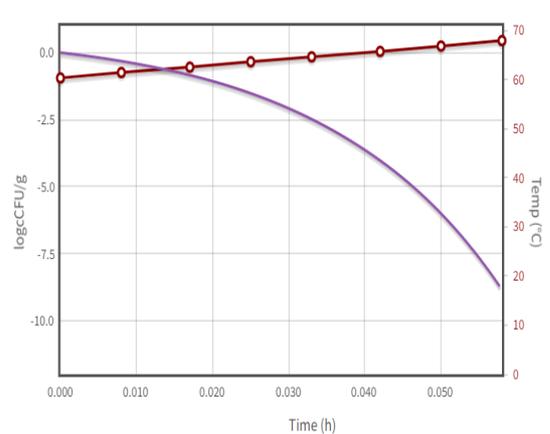
a)



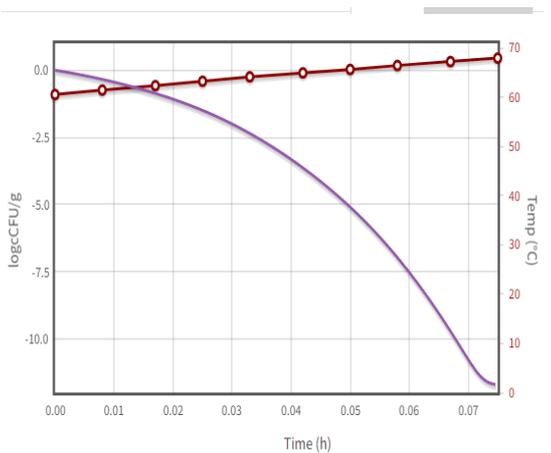
b)



c)



)



e)

Nota. Lote 1 (a), Lote 2 (b), Lote 3 (c), Lote 4 (d), Lote 5 (e). Gráficas obtenidas del programa Combase.

## Cuadro 6

*Inactivación térmica de Listeria monocytogenes en proceso de cocción.*

Lote	Concentración inicial <i>L.m.</i> (log UFC/g)	Concentración final <i>L.m.</i> (log UFC/g)
L1	6.0	-3.24
L2	6.0	-2.11
L3	6.0	-1.03
L4	6.0	-3.42
L5	6.0	-5.73

*Nota.* Concentración final obtenida de programa Combase. *L.m.*: *Listeria monocytogenes*.

## Cuadro 7

*Inactivación térmica de Salmonella spp. en proceso de cocción.*

Lote	Concentración inicial <i>Salmonella spp.</i> (log UFC/g)	Concentración final <i>Salmonella spp.</i> (log UFC/g)
L1	6.0	-3.69
L2	6.0	-5.76
L3	6.0	-5.73
L4	6.0	-5.06
L5	6.0	-5.73

*Nota.* Concentración final obtenida de programa Combase.

## Validación PCC-III (Enfriamiento)

La finalidad de este ensayo es asegurar que el producto se enfríe de 54 a 27 °C en menos de 5 horas y de 27 - 4 °C en menos de 10 horas para evitar la proliferación de *C. perfringens* (FSIS y USDA 2017). Como punto de partida, se sabe que la temperatura de crecimiento de *C. perfringens* es de 52 - 6 °C, siendo la óptima entre 43 - 45 °C, por lo cual la eficiencia del sistema de enfriamiento es crucial para evitar su contaminación. Se cuenta con el conocimiento, que *C. perfringens* tipo A y tipo C son capaces de producir esporas que juegan un papel fundamental en la sobrevivencia del microorganismo, llevando a la posible intoxicación en alimentos cuya temperatura de almacenamiento no ha sido regulada (Li et al. 2016). Cabe recalcar, que muchos productos RTE son cocinados a temperaturas suficientemente altas para inactivar dichas bacterias vegetativas, pero no así a las esporas de este microorganismo, las cuales con suficiente tiempo pueden llegar a germinar e infectar a los consumidores bajo las circunstancias propicias (Taormina y Dorsa 2004). Debido a esto, se calcularon los tiempos en los cinco lotes, los cuales se muestran en el Cuadro 8.

**Cuadro 8***Tiempo de enfriamiento de cinco lotes de Chorizo Parrillero*

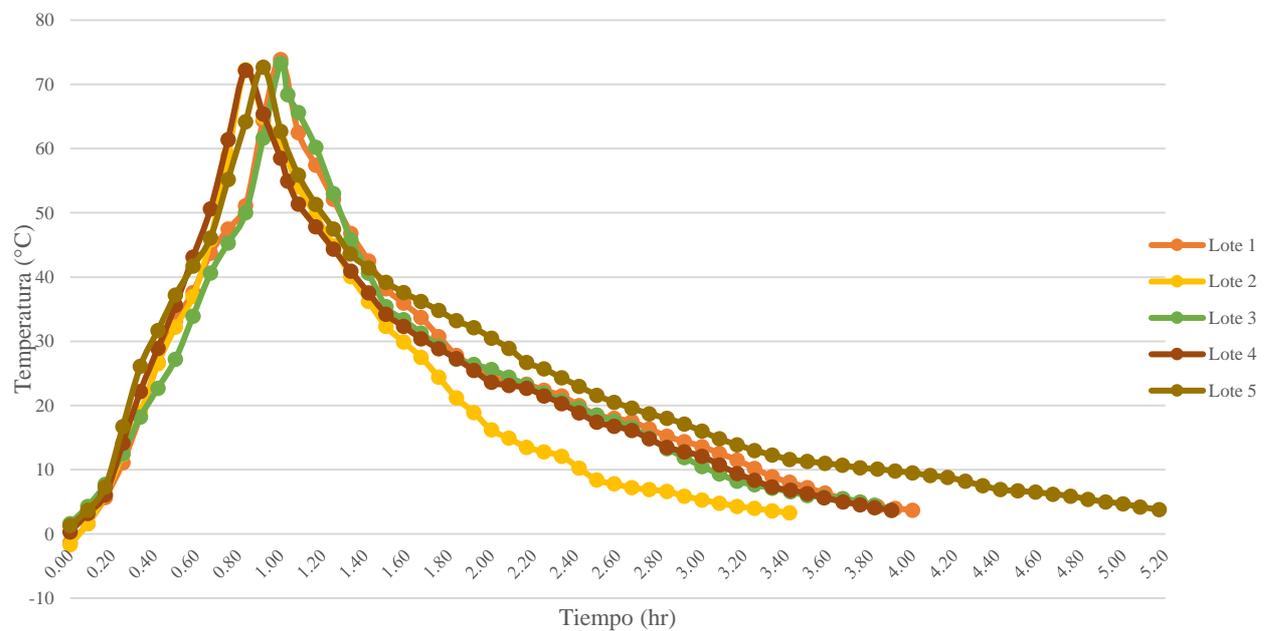
Lote	Etapa 1 (54 – 27 °C) (h).	Etapa 2 (27 – 4 °C) (h).
L1	0.7	2.1
L2	0.6	1.6
L3	0.6	2
L4	0.8	2
L5	1	3

Para cumplir la Etapa 1 de enfriamiento, se tomó una media de  $0.74 \pm 0.17$  h, mientras que para la Etapa 2 fue de  $2.14 \pm 0.52$  h. Se debe resaltar, que este es un tiempo de enfriamiento efectivo, tomando en cuenta la medida de control establecida para el PCC-3. Cabe decir que, esto se debe a la eficiencia del sistema de enfriamiento y despacho frecuente del producto en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana.

De igual manera, en una investigación realizada por un grupo liderado por Li et al (2016), se midió el comportamiento de *C. perfringens* bajo diferentes tiempos de enfriamiento en caldo de res. En dicho estudio, concluyeron que los dos tratamientos más eficaces para detener el crecimiento del patógeno fueron de 2 – 8 y 1 – 4 h para llevar el producto de 55 - 27 °C y finalmente a 4 °C. Cabe recalcar, que en estos tratamientos no se llegó a la fase estacionaria del microorganismo, sino que se estancaron debajo de ella debido a la baja temperatura y velocidad de enfriamiento (Li et al. 2019). En la Figura 4 se pueden apreciar los diferentes tiempos que cada lote se mantuvo desde la instancia en la que se introdujo al horno hasta que se enfrió a una temperatura mínima de 4 °C. Es importante mencionar, que los tiempos de cocción se mantienen similares, mientras que los de enfriamiento varían entre repetición. Se puede asumir, que dichas variaciones se deben a las diferencias de tamaño final de los lotes y volúmenes de producción.

**Figura 4**

Gráfico de temperatura de cinco lotes de Chorizo Parrillero en producción



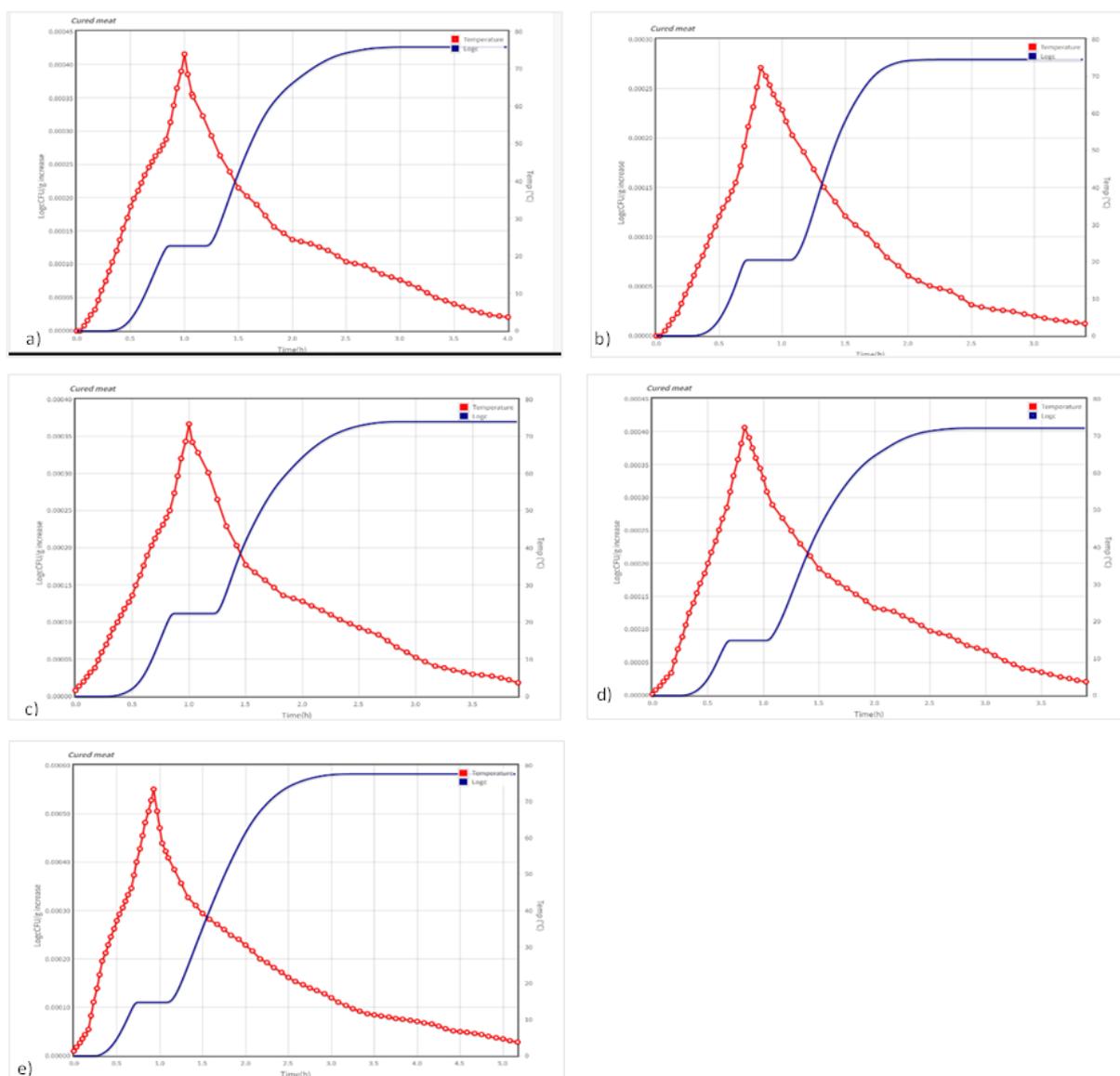
Nota. Lote 1: 180 kg. Lote 2: 114 kg. Lote 3: 180 kg. Lote 4: 180 kg. Lote 5: 205 kg

### Verificación PCC-III (Enfriamiento)

Se hizo uso del programa predictivo Combase para detectar el crecimiento de *C. perfringens* durante el período de enfriamiento. Así mismo, se introdujeron los datos pertinentes para cada lote en el programa y se obtuvieron las curvas de crecimiento y concentraciones finales del patógeno en el producto. Cabe recalcar, que se seleccionó la opción de carne curada, la cual debe ser seleccionada solo si el producto excede las 100 ppm de nitrito de sodio. Se asume que la concentración es entre 120 y 156 ppm, al ser el recomendado por FSIS (2021) En la Figura 5 se muestra la curva de crecimiento de *C. Perfringens* en el producto, mientras que en el Cuadro 9, el desarrollo del patógeno.

Figura 5

Curva de crecimiento de *Clostridium perfringens* en proceso de cocción y enfriamiento.



Nota. Lote 1 (a), Lote 2 (b), Lote 3 (c), Lote 4 (d), Lote 5 (e).

### Cuadro 9

Desarrollo de *Clostridium perfringens* durante el proceso de cocción y enfriamiento.

Lote	Concentración inicial <i>C.p.</i> log (UFC/g)	Concentración final log <i>C.p.</i> (UFC/g)
L1	0.00000	0.00043
L2	0.00000	0.00027
L3	0.00000	0.00037
L4	0.00000	0.00041
L5	0.00000	0.00060

Nota. Concentración final obtenida de Combase. *C.p.*: *Clostridium perfringens*

El crecimiento promedio de *C. perfringens* fue de  $0.000416 \log (\text{UFC/g}) \pm 0.000120$  en el producto final. Es importante mencionar, que el lote 5 fue el que desarrolló un mayor crecimiento del patógeno debido a su alargado proceso de enfriamiento. Esto se debe a que el cuarto frío se encontraba a una mayor capacidad en el momento de enfriamiento. Aun así, esta concentración no sobrepasa el límite de  $1.0 \log (\text{UFC/g})$  establecida en 9 CFR 318.17(a)(2), por ende, no representa ningún tipo de riesgo al consumidor (CFR 2012a). No obstante, se debe tener en consideración este ejemplo en escenarios extraordinarios, ya sea un apagón, sobreproducción, falla en el cuarto frío etc. Si bien es cierto que, el tiempo de enfriamiento del producto es propicio para evitar el desarrollo del microorganismo, se debe tomar en cuenta el papel que juega el nitrito de sodio. Al respecto, un estudio realizado por Redondo determinó que mayores concentraciones de nitrito de sodio resultan en una mayor inhibición del crecimiento de *C. perfringens* en tiempos de enfriamiento de 15 horas (Redondo-Solano et al. 2013).

### **Conclusiones**

El Plan HACCP de la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana se encuentra en un estado funcional y cumple con su propósito de manera eficaz.

Los tres Puntos Críticos de Control fueron validados de manera exitosa evidenciando la eficacia de las medidas de control ejecutadas.

El producto es considerado inocuo y no representa ningún tipo de riesgo para el consumidor final.

### **Recomendaciones**

Se recomienda la adquisición de un registrador de temperatura para registrar la temperatura interna del producto tanto en el horno, como en el cuarto frío. Así como, la implementación de programas de calibración para la balanza de pesado de ingredientes no cárnicos controlados.

Adicionalmente, se deberían de implementar procedimientos de verificación en plantas similares a los realizados en este estudio, especialmente en los módulos de Aprender Haciendo como competencias para los estudiantes. Igualmente, el Plan HACCP se debería de seguir revisando de manera anual, tomando en cuenta los nuevos hallazgos realizados en inocuidad alimentaria.

## Referencias

- Acosta A. 2021. Manual HACCP: Planta Cargill, Escuela Agrícola Panamericana. Escuela Agrícola Panamericana: Escuela Agrícola Panamericana; [actualizado 2021].
- Bertolini M, Rizzi A, Bevilacqua M. 2007. An Alternative Approach to HACCP System Implementation. *Journal of Food Engineering*. 79(4):1322–1328. doi:10.1016/j.jfoodeng.2006.04.038.
- Bingol EB, Bostan K. 2007. Effect of Sodium Lactate on the Microbiological Quality and Shelf Life of Sausages; [consultado el 11 de feb. de 2021]. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/132491>.
- Blanco-Lizarazo CM, Betancourt-Cortés R, Lombana A, Carrillo-Castro K, Sotelo-Díaz I. 2017. *Listeria monocytogenes* Behaviour and Quality Attributes During Sausage Storage Affected by Sodium Nitrite, Sodium Lactate and Thyme Essential Oil. *Food Science and Technology International*. 23(3):277–288. eng. doi:10.1177/1082013216686464.
- [CFR] Code of Federal Regulations. 2012a. CFR 2012 Title9 Vol2 Sec318-17: Requirements for the production of cooked beef, roas beef, and cooked corned beef products. United States of America: Office of Federal Register; [actualizado 2012; consultado el 5 de dic. de 2022]. 1 p. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2012-title9-vol2/pdf/CFR-2012-title9-vol2-sec318-17.pdf>.
- [CFR] Code of Federal Regulations. 2012b. Title9-Vol2-Sec 319-180: Subpart-G Cooked Sausages. United States of America: Office of Federal Register; [consultado el 11 de ene. de 2021]. 2 p. <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2012-title9-vol2/pdf/CFR-2012-title9-vol2-sec319-180.pdf>.
- Codex Alimentarius Comission. 2009. Guidelines on the Application of General Principles of Food Hygiene to the Control of *Listeria monocytogenes* in Foods.: CAC/GL 61. United States of America: FAO; [consultado el 11 de feb. de 2021]. 28 p. [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B61-2007%252FCXG\\_061e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B61-2007%252FCXG_061e.pdf).
- ComBase Team. 2019. ComBase: A Web Resource for Quantitative and Predictive Food Microbiology. Australia: University of Tasmania; USDA Agricultural Research Service. <https://www.combase.cc/index.php/en/>.
- Cui H, Gabriel AA, Nakano H. 2010. Antimicrobial Efficacies of Plant Extracts and Sodium Nitrite Against *Clostridium botulinum*. *Food Control*. 21(7):1030–1036. doi:10.1016/j.foodcont.2009.12.023.
- [DTU Foods] National Food Institute. 2014. Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP). Dinamarca: Technical University of Denmark (DTU); [consultado el 9 de may. de 2022]. <http://fssp.food.dtu.dk/>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1997. Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System and Guidelines for its Application. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 9 de feb. de 2021; consultado el 27 de oct. de 2021]. <https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/import/Compliance-Guideline-Stabilization-Appendix-B.pdf>.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2008. Proposed Draft Guidelines for the Validation of Food Safety Control Measures. United States of America: Food and Agriculture Organization; [consultado el 27 de oct. de 2021]. 10 p. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/>

?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B69-2008%252FCXG\_069e.pdf.

- [FDA] Food and Drug Administration. 2016. Draft Guidance for Industry: Hazard Analysis and Risk-Based Preventive Controls for Human Food - Appendix 3. United States of America: [sin editorial]; [consultado el 27 de oct. de 2021]. 23 p. <https://www.fda.gov/media/99598/download>.
- [FDA] Food and Drug Administration. [actualizado 2020]. HACCP Principles & Application Guidelines. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 27 de oct. de 2021]. <https://cutt.ly/3JnRwBn>.
- [FSIS] Food Safety and Inspection Service, [USDA] United States Department of Agriculture. 2014. FSIS Compliance Guideline: Controlling *Listeria monocytogenes* in Post-lethality Exposed Ready-to-Eat Meat and Poultry Products. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 11 de ago. de 2021]. 143 p. <https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/import/Controlling-Lm-RTE-Guideline.pdf>.
- [FSIS] Food Safety and Inspection Service, [USDA] United States Department of Agriculture. 2021. FSIS Stabilization Guideline for Meat and Poultry Products (Revised Appendix B). United States of America: United States Department of Agriculture; [consultado el 5 de oct. de 2022]. 95 p. [https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media\\_file/2021-12/Appendix-B.pdf](https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-12/Appendix-B.pdf).
- [FSIS] Food Safety Inspection Service. 2021. FSIS Cooking Guideline for Meat and Poultry Products (Revised Appendix A). United States of America: [sin editorial]; [consultado el 25 de may. de 2022]. 92 p. [https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media\\_file/2021-12/Appendix-A.pdf](https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/media_file/2021-12/Appendix-A.pdf).
- [FSIS] Food Safety Inspection Service, [USDA] United States Department of Agriculture. 2017. FSIS Compliance Guideline for Stabilization (Cooling and Hot-Holding) of Fully and Partially Heat-Treated RTE and NRTE Meat and Poultry Products Produced by Small and Very Small Establishments and Revised Appendix B. United States of America: [sin editorial]. 53 p. <https://www.fsis.usda.gov/sites/default/files/import/Compliance-Guideline-Stabilization-Appendix-B.pdf>.
- [FSIS] Food Safety Inspection Service, [USDA] United States Department of Agriculture. 2018. Guidebook for the Preparation of HACCP Plans. United States of America: USDA. 52 p.
- Glass KA, Granberg DA, Smith AL, Mcnamara AM, Hardin M, Mattias J, Ladwig K, Johnsoni EA. 2002. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by Sodium Diacetate and Sodium Lactate on Wieners and Cooked Bratwurst. *Journal of Food Protection*. 65(1):116–123. eng. doi:10.4315/0362-028x-65.1.116.
- González-Tenorio R, Totosaus A, Caro I, Mateo J. 2013. Caracterización de propiedades químicas y fisicoquímicas de chorizos comercializados en la zona centro de México. *Inf. tecnol*. 24(2):3–14. doi:10.4067/S0718-07642013000200002.
- Hoffmann S, Scallan Walter E. 2020. Acute Complications and Sequelae from Foodborne Infections: Informing Priorities for Cost of Foodborne Illness Estimates. *Foodborne Pathog Dis*. 17(3):172–177. eng. doi:10.1089/fpd.2019.2664.
- Horsch AM, Sebranek JG, Dickson JS, Niebuhr SE, Larson EM, Lavieri NA, Ruther BL, Wilson LA. 2014. The Effect of pH and Nitrite Concentration on the Antimicrobial Impact of Celery Juice Concentrate Compared with Conventional Sodium Nitrite on *Listeria monocytogenes*. *Meat Sci*. 96(1):400–407. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.07.036.
- Huang L. 2013. Determination of Thermal Inactivation Kinetics of *Listeria monocytogenes* in Chicken Meats by Isothermal and Dynamic Methods. *Food Control*. 33(2):484–488. doi:10.1016/j.foodcont.2013.03.049.

- Jong AEI de, Rombouts FM, Beumer RR. 2004. Behavior of *Clostridium perfringens* at Low Temperatures. *International Journal of Food Microbiology*. 97(1):71–80. eng. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.030.
- Kennedy J, Blair IS, McDowell DA, Bolton DJ. 2005. An Investigation of the Thermal Inactivation of *Staphylococcus aureus* and the Potential for Increased Thermotolerance as a Result of Chilled Storage. *J Appl Microbiol*. 99(5):1229–1235. eng. doi:10.1111/j.1365-2672.2005.02697.x.
- La Mora ZV, Macías-Rodríguez ME, Arratia-Quijada J, Gonzalez-Torres YS, Nuño K, Villarruel-López A. 2020. *Clostridium perfringens* as Foodborne Pathogen in Broiler Production: Pathophysiology and Potential Strategies for Controlling Necrotic Enteritis. *Animals (Basel)*. 10(9):1718. eng. doi:10.3390/ani10091718.
- Li J, Paredes-Sabja D, Sarker MR, McClane BA. 2016. *Clostridium perfringens* Sporulation and Sporulation-Associated Toxin Production. *Microbiol Spectr*. 4(3). eng. doi:10.1128/microbiolspec.TBS-0022-2015.
- Li M, Huang L, Zhu Y, Wei Q. 2019. Growth of *Clostridium perfringens* in Roasted Chicken and Braised Beef During Cooling - One-step Dynamic Analysis and Modeling. *Food Control*. 106:106739. doi:10.1016/j.foodcont.2019.106739.
- Lin L, Hu JY, Wu Y, Chen M, Ou J, Yan WL. 2018. Assessment of the Inhibitory Effects of Sodium Nitrite, Nisin, Potassium Sorbate, and Sodium Lactate on *Staphylococcus aureus* Growth and Staphylococcal Enterotoxin A Production in Cooked Pork Sausage Using a Predictive Growth Model. *Food Science and Human Wellness*. 7(1):83–90. doi:10.1016/j.fshw.2017.12.003.
- Maldonado-Siman E, Bai L, Ramírez-Valverde R, Gong S, Rodríguez-de Lara R. 2014. Comparison of Implementing HACCP Systems of Exporter Mexican and Chinese Meat Enterprises. *Food Control*. 38:109–115. doi:10.1016/j.foodcont.2013.10.017.
- Motarjemi Y. 2013. *Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry [Hazard Analysis and Critical Control Point System (HACCP)]*. Amsterdam, London: Academic Press (Food Science and Technology). ISBN: 9780123815040.
- Nyhan L, Begley M, Mutel A, Qu Y, Johnson N, Callanan M. 2018. Predicting the Combinatorial Effects of Water Activity, pH and Organic Acids on *Listeria* Growth in Media and Complex Food Matrices. *Food Microbiology*. 74:75–85. eng. doi:10.1016/j.fm.2018.03.002.
- Omer MK, Álvarez-Ordoñez A, Prieto M, Skjerve E, Asehun T, Alvseike OA. 2018. A Systematic Review of Bacterial Foodborne Outbreaks Related to Red Meat and Meat Products. *Foodborne Pathog Dis*. 15(10):598–611. eng. doi:10.1089/fpd.2017.2393.
- Osaili TM, Griffis CL, Martin EM, Beard BL, Keener AE, Marcy JA. 2007. Thermal Inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in Breaded Pork Patties. *J Food Science*. 72(2):M56-61. eng. doi:10.1111/j.1750-3841.2006.00264.x.
- Redondo-Solano M, Valenzuela-Martinez C, Cassada DA, Snow DD, Juneja VK, Burson DE, Thippareddi H. 2013. Effect of Meat Ingredients (Sodium Nitrite and Erythorbate) and Processing (Vacuum Storage and Packaging Atmosphere) on Germination and Outgrowth of *Clostridium perfringens* Spores in Ham During Abusive Cooling. *Food Microbiology*. 35(2):108–115. eng. doi:10.1016/j.fm.2013.02.008.
- Stasiewicz MJ, Wiedmann M, Bergholz TM. 2011. The Transcriptional Response of *Listeria monocytogenes* During Adaptation to Growth on Lactate and Diacetate Includes Synergistic

- Changes that Increase Fermentative Acetoin Production. *Appl Environ Microbiol.* 77(15):5294–5306. eng. doi:10.1128/AEM.02976-10.
- Taormina PJ, Dorsa WJ. 2004. Growth Potential of *Clostridium perfringens* During Cooling of Cooked Meats. *Journal of Food Protection.* 67(7):1537–1547. eng. doi:10.4315/0362-028X-67.7.1537.
- Taylor E. 2001. HACCP in Small Companies: Benefit or Burden? *Food Control.* 12(4):217–222. doi:10.1016/S0956-7135(00)00043-8.
- Toropilová J, Bystrický P. 2015. Why HACCP Might Sometimes Become Weak or Even Fail. *Procedia Food Science.* 5:296–299. <https://cutt.ly/3Jn17Bw>. doi:10.1016/j.profoo.2015.09.072.
- Wallace CA. 2016. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry: Chapter 3- HACCP. [sin lugar]: [sin editorial]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081001554000030>.
- Wesche AM, Gurtler JB, Marks BP, Ryser ET. 2009. Stress, Sublethal Injury, Resuscitation, and Virulence of Bacterial Foodborne Pathogens. *Journal of Food Protection.* 72(5):1121–1138. eng. doi:10.4315/0362-028x-72.5.1121.

## Anexos

### Anexo A

#### *PCC-I Protocolo de Validación de Adición de Ingredientes No Cárnicos Controlados.*

#### 1. Tareas Previas a Validación

a) Peligros: *Listeria monocytogenes* se ha identificado como un patógeno recurrente en los productos cárnicos. Este es un microorganismo presente en el ambiente y suficientemente peligroso para la salud del consumidor por lo cual existen medidas de control enfocadas en la prevención de contaminaciones en el producto final.

b) Resultado de inocuidad requerido: seguir formulación específica de ingredientes no cárnicos estipulada para el producto.

c) Medida de control a ser validada: adición de lactato de sodio a la mezcla como medida para prevenir el crecimiento de *Listeria monocytogenes*.

d) Uso de *Food Spoilage and Safety Predictor (FSSP)*.

Introducir los siguientes valores.

- |  |  |
|--|--|
| 1. <i>L. monocytogenes</i> initial cell level (cfu/g): | 5. Nitrite, mg/kg: 150                 |
| 1  | 6. Sodium lactate in product %: 1.49   |
| 2. NaCl in product, %: 1.29                            | 7. Temperature: 4 o 3.5 °C             |
| 3. Dry matter, %: 57                                   | 8. Storage period (hours): 720         |
| 4. pH: 6.2   | 9. Dale Click a <i>Graph Results</i> . |

2) **Enfoque:** revisión de publicaciones científicas validas, obtención de datos en condiciones normales y uso de modelo matemático (Food Spoilage and Safety Protector).

#### 3) Parámetros y criterios decisivos

a) Parámetros

i. La adición de lactato de sodio en concentraciones de 0.6-1.8% ayudan a extender de manera considerable la vida útil de los productos cárnicos. El lactato de sodio no ocasiona un cambio brusco de pH, evitando la purga del producto, y asegurando la calidad microbiológica del mismo (Bingol y Bostan 2007)

ii. *Listeria monocytogenes* puede crecer en rangos de temperatura de 1-46 °C, siendo 36 °C la óptima. También puede crecer en pH desde 4.47, teniendo un rango óptimo de crecimiento en un pH de 7.05. Así mismo necesita una Aw de mínimo 0.93 para poder desarrollarse (Nyhan et al. 2018).

iii. *Listeria monocytogenes* es un microorganismo que puede crecer en temperaturas de refrigeración, por lo cual la adición de un agente inhibidor es crucial (Codex Alimentarius Commission 2009)

b) Criterios decisivos

i) Una medida de control referente al pesado de ingredientes no cárnicos será validada si

(a) Se confirma que la presencia de lactato de sodio establecida para el producto final es suficiente para detener el crecimiento de *Listeria monocytogenes* en almacenamiento.

#### 4) Reunir información relevante y conducir el estudio donde sea necesario.

a) Obtener formulación para Chorizo Parrillero elaborado en la Planta de Cárnicos.

b) Obtener referencias científicas que indiquen que la presencia de lactato y nitrito de sodio inhiben el crecimiento de *L. monocytogenes*.

d) Obtener datos de formulación, pH, temperatura, niveles de sal y tiempo de almacenamiento.

e) Introducir datos en el modelo matemático, FSSP, y determinar presencia de *L. monocytogenes*.

#### 5) Analizar los resultados

Las curvas de crecimiento de *L. monocytogenes* obtenidas del modelo matemático deberán ser analizadas detenidamente para detectar la presencia de este.

#### 6) Documentar y verificar la medida

Se llevará registro diario de los formatos de monitoreo de producción y registro de actividades correctivas. Igualmente, se realizará chequeo de las balanzas con pesas de validación como medida de verificación.

#### 7) Conclusión

Si se determina mediante el uso del modelo matemático que el producto final en almacenamiento no genera una concentración mayor a 2 log de *L. monocytogenes* la medida de control será validada (FSIS y USDA 2014).

## Anexo B

### PCC-II Protocolo de Validación de Cocción.

#### 1. Tareas Previas a Validación

a. Peligros: Los altos niveles de bacterias patógenas vegetativas y esporuladas pueden presentar un riesgo a la salud de los consumidores.

b. Resultado de inocuidad requerido

Microorganismo	Temperatura (°C)	Valor D (min)
<i>Escherichia coli O157:H7</i>	70	0.04 ± 0.007
<i>Salmonella spp</i>	70	0.22 ± 0.026
<i>Listeria monocytogenes</i>	70	0.31 ± 0.016
<i>Staphylococcus aureus:</i>	60	4.8

Fuente: (Osaili et al. 2007) (Kennedy et al. 2005)

c. Medida de control a ser validada: proceso de cocción empleado para el control de patógenos vegetativos y esporulados

2. **Enfoque:** uso de referencias científicas validas y obtención de datos en condiciones normales.

#### 3. Parámetros y criterios decisivos

a. Parámetros

i. Se recomienda que el producto llegue a una temperatura interna de 72 °C para evitar problemas de inocuidad (FSIS y USDA 2017).

b. Criterios decisivos

i. Una medida de control referente a la cocción será validada si

a. El horno cumple con las medidas de temperatura por un tiempo mínimo específico.

#### 4. Reunir información relevante y conducir el estudio donde sea necesario.

a. Obtener publicaciones científicas que confirmen la eliminación de *L. monocytogenes* a 72 °C.

b. Obtener datos de temperatura y tiempo del horno en producción mediante el uso de termocuplas manuales.

c. Obtener datos de tiempo exacto que el producto se mantuvo arriba de 72 °C.

#### **5. Analizar los resultados**

Se deberá analizar el tiempo que cada lote de producto se mantuvo arriba de 72 °C y determinar si es suficiente para eliminar el microorganismo indicador (*Listeria monocytogenes*).

#### **6. Documentar y verificar la medida**

Igualmente se llevará registro del formato de monitoreo de la temperatura en el horno y el registro de actividades correctivas. Como medida de verificación se hará uso del modelo predictivo de Combase.

#### **7. Conclusión**

Si se determina que la temperatura interna de los chorizos alcanza 72 °C por un mínimo de 1 minuto se validará la cocción como una medida de control (FSIS y USDA 2017).

## Anexo C

### *PCC-III Protocolo de Validación de Enfriamiento.*

#### **1. Tareas Previas a Validación**

a) Peligros: la proliferación de *C. perfringens* representa un alto riesgo biológico para la salud de los consumidores.

b) Resultado de inocuidad requerido: la reproducción de *C. perfringens* se ve inhibida en temperaturas menores a 10 °C (Jong et al. 2004).

c) Medida de control a ser validada: sistema de enfriamiento para evitar la proliferación de *C.botulinum* y *C. perfringens*.

**2. Enfoque:** uso de referencias científicas validas y obtención de datos en condiciones normales.

#### **3. Parámetros y criterios decisivos**

d) Parámetros

i) *C. perfringens* es un bacilo Gram positivo, anaeróbico y formador de esporas sub terminales empleadas como método de supervivencia en condiciones adversas (La Mora et al. 2020)

ii) La temperatura óptima de crecimiento es de 43-45 °C

iii) La presencia de nitrito de sodio puede llegar a inhibir el crecimiento de esporas o en altas concentraciones eliminarlas.

e) Criterios decisivos

i) Una medida de control referente al enfriamiento será validada si:

(a) Los datos de temperatura y tiempo confirman que el producto se enfrió de 54- 27 °C en menos de 5 horas y de 27-4 °C en 10 horas (FSIS y USDA 2017)

#### **4) Reunir información relevante y conducir el estudio donde sea necesario.**

a) Obtener referencias científicas que detallen el proceso de enfriamiento requerido para detener la proliferación de *C. perfringens*.

b) Obtener datos de temperatura y tiempo del cuarto frio en producción mediante el uso de termocuplas y data logger.

#### **5) Analizar los resultados**

Los tiempos de enfriamiento deberán alcanzar la meta establecida por el FSIS para evitar la germinación de esporas de *C. perfringens*.

**6) Documentar y verificar la medida**

Igualmente se llevará registro del formato de monitoreo de la temperatura en el horno y el registro de actividades correctivas. De igual manera se hará uso de Combase como medida de verificación.

**7) Conclusión**

Si se determina que el producto se enfrió de 54-27 °C en menos de 5 horas y de 27-4 °C en menos de 10 horas, inhibiendo el desarrollo de *C. perfringens*, se validará la medida de control de enfriamiento.

## Anexo D

*Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Cocción Tomadas en Intervalos de Cinco Minutos.*

Tiempo (h)	Tempertura (°C)				
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5
0	-1.4	-1.2	1.6	0.3	1.3
0.08	1.6	1.6	4.3	3.2	3.7
0.17	5.7	6.1	7.7	6.1	7.3
0.25	11.1	12.4	12.5	14.2	16.7
0.33	18.4	18.9	18.2	22.2	26.1
0.42	26.7	26.5	22.7	28.9	31.7
0.5	33.2	32.2	27.2	35.6	37.2
0.58	37.6	37.0	33.9	43.1	41.7
0.67	43.7	45.8	40.6	50.6	46.1
0.75	47.5	58.9	45.3	61.4	55.2
0.83	51.1	72.3	50	72.2	64.2
0.92	64.4	64.9	61.7	65.4	72.7
1	73.9	60.9	73.3	58.5	62.7
1.08	62.5		68.4		

*Nota: \**: Datos tomados directamente del sistema de termocuplas del horno. Medidas tomadas en intervalos de cinco minutos.

## Anexo E

*Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Enfriamiento Tomadas en Intervalos de  
Cinco Minutos*

Tiempo (h)	Tempertura (°C)				
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5
1.08	62.5*	54.1 ±2.3	68.4*	54.9 ± 2.6	55.9 ±2.7
1.17	57.4 ± 2.3	49.6 ±1.7	65.6*	51.4 ±2.1	51.3 ±2.6
1.25	52.1 ± 2.4	44.9 ±1.9	60.2*	47.8 ±2.3	47.5 ±2.3
1.33	46.8 ±1.9	40.1 ±1.9	53.0 ±2.2	44.4 ±2.1	43.6 ±2.6
1.42	42.5 ±2.2	36.2 ±1.9	45.8 ±1.9	40.9 ±1.9	41.4 ±1.8
1.5	38.2 ±2.1	32.3 ±1.6	40.6 ±2.1	37.6 ±1.8	39.2 ±2.1
1.58	36.0 ±1.7	29.9 ±1.8	35.4 ±2.0	34.2 ±1.9	37.6 ±2.3
1.67	33.7 ±1.9	27.5 ±1.9	33.4 ±1.7	32.3 ±2.1	36.2 ±2.0
1.75	30.8 ±2.0	24.4 ±2.0	31.3 ±1.6	30.4 ±2.0	34.8 ±1.7
1.83	27.8 ±1.9	21.2 ±2.2	29.3 ±2.7	28.9 ±2.4	33.2 ±1.8
1.92	26.1 ±2.0	18.9 ±1.9	27.2 ±2.0	27.3 ± 1.9	32.1 ±2.2
2	24.4 ±1.7	16.2 ±2.1	26.4 ±1.6	25.5 ±2.1	30.5 ±1.5
2.08	23.9 ±1.9	14.9 ±1.8	25.6 ±1.7	23.6 ±2.0	28.9 ±1.1
2.17	23.3 ±1.8	13.5 ±1.7	24.4 ±1.8	23.2 ±2.1	26.7 ±1.2
2.25	22.4 ±1.6	12.8 ±1.3	23.2 ±2.2	22.7 ±2.1	25.7 ±1.3
2.33	21.5 ±1.9	12.1 ±1.3	22 ±1.9	21.5 ±2.3	24.3 ±1.6
2.42	20.0 ±1.5	10.3 ±1.1	20.7 ±2.0	20.3 ±1.9	23 ±1.4
2.5	18.5 ±1.5	8.4 ±1.0	19.6 ±2.2	18.9 ±1.1	21.6 ±1.2
2.58	18.0 ±1.5	7.8 ±1.2	18.5 ±1.7	17.4 ±1.8	20.5 ±0.9
2.67	17.5 ±1.9	7.2 ±0.9	17.6 ±1.8	16.8 ±1.8	19.6 ±1.0
2.75	16.4 ±1.8	6.9 ±0.9	16.6 ±2.0	16.1 ±1.8	18.7 ±1.3
2.83	15.2 ±1.5	6.6 ±0.7	15 ±1.4	14.8 ±2.1	18 ±0.9
2.92	14.4 ±1.0	5.9 ±1.3	13.3 ±0.9	13.5 ±1.8	17.1 ±1.2
3	13.6 ±1.1	5.3 ±0.8	11.9 ±1.6	12.8 ±1.5	16 ±0.9
3.08	12.6 ±1.3	4.8 ±1.0	10.5 ±0.9	12.1 ±1.2	14.8 ±1.0
3.17	11.5 ±1.1	4.3 ±1.2	9.4 ±1.3	10.8 ±0.9	13.9 ±1.3
3.25	10.2 ±0.9	4 ±1.1	8.2 ±1.0	9.4 ±0.8	13 ±0.8
3.33	8.9 ±1.1	3.6 ±0.7	7.7 ±0.8	8.4 ±0.8	12.3 ±1.2
3.42	8.1 ±0.8	3.3 ±1.0	7.1 ±0.9	7.3 ±0.9	11.6 ±0.9
3.5	7.2 ±1.0	-	6.6 ±1.1	6.8 ±1.0	11.3 ±1.0
3.58	6.4 ±0.9	-	6 ±0.9	6.3 ±0.9	11 ±0.9
3.67	5.5 ±0.8	-	5.8 ±1.0	5.7 ±1.0	10.7 ±0.8
3.75	4.9 ±0.9	-	5.5 ±0.9	5 ±1.0	10.3 ±0.9
3.83	4.3 ±0.7	-	4.5 ±0.7	4.6 ±1.0	10.1 ±0.8
3.92	4.0 ±0.8	-	3.7 ±0.9	3.7 ±1.1	9.8 ±0.8
4	3.7 ±0.7	-	-	-	9.5 ±0.7
4.08	-	-	-	-	9.1 ±0.8
4.17	-	-	-	-	8.8 ±1.0
4.25	-	-	-	-	8.2 ±1.0
4.33	-	-	-	-	7.5 ±0.9

Tiempo (h)	Tempertura (°C)				
4.42	-	-	-	-	6.9 ±0.8
4.5	-	-	-	-	6.7 ±0.9
4.58	-	-	-	-	6.5 ±0.8
4.67	-	-	-	-	6.2 ±0.8
4.75	-	-	-	-	5.9 ±0.7
4.83	-	-	-	-	5.4 ±0.8
4.92	-	-	-	-	5 ±0.9
5	-	-	-	-	4.7 ±0.9
5.08	-	-	-	-	4.2 ±0.8
5.17	-	-	-	-	3.8 ±0.9

Media obtenida de cuatro mediciones.

## Anexo F

*Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Cocción Obtenida en Intervalos de Dos Minutos.*

Tiempo (h)	Tempertura (°C)				
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5
0	0	0	1.6	0.3	1.3
0.03	0	0	2.8	1.5	2.4
0.07	1.4	1.4	4	2.6	3.6
0.1	2.8	2.9	5.3	3.8	4.7
0.13	4.3	4.5	6.5	4.9	5.9
0.17	5.7	6.1	7.7	6.1	7.3
0.2	8.2	8.7	9.8	9.3	11.1
0.23	10.8	11.2	11.9	12.5	14.8
0.27	13.3	13.8	14	15.8	18.6
0.3	15.9	16.3	16.1	19	22.3
0.33	18.4	18.9	18.2	22.2	26.1
0.37	21.4	21.6	20	24.9	28.3
0.4	24.3	24.2	21.8	27.6	30.5
0.43	27.3	26.9	23.6	30.2	32.8
0.47	30.2	29.5	25.4	32.9	35
0.5	33.2	32.2	27.2	35.6	37.2
0.53	35.3	34.5	29.9	38.6	39
0.57	37.4	36.8	32.6	41.6	40.8
0.6	39.5	39	35.2	44.6	42.5
0.63	41.6	41.3	37.9	47.6	44.3
0.67	43.7	45.8	40.6	50.6	46.1
0.7	45.2	51.1	42.5	54.9	49.7
0.73	46.7	56.4	44.4	59.2	53.3
0.77	48.1	61.7	46.2	63.6	57
0.8	49.6	67	48.1	67.9	60.6
0.83	51.1	72.3	50	72.2	64.2
0.87	55.7	70	54.7	69.5	67.3
0.9	60.2	67.6	59.3	-	70.3
0.93	64.8	-	64	-	73.4
0.97	69.3	-	68.6	-	67.3
1	73.9	-	73.3	-	-
1.03	68.5	-	68.4	-	-

*Nota:* Medidas tomadas en intervalos de dos minutos. Datos tomados directamente del sistema de termocuplas del horno.

### Anexo G

*Temperatura Interna del Producto Durante el Proceso de Cocción Tomada en Intervalos de Treinta*

*Segundos*

Tiempo (min)	Tempertura (°C)				
	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5
0	60.2	61.7	59.3	59.2	60.6
0.5	61.4	63	60.5	60.3	61.5
1	62.5	64.4	61.7	61.4	62.4
1.5	63.7	65.7	62.8	62.5	63.3
2	64.8	67	64	63.6	64.2
2.5	65.9	68.3	65.1	64.6	65
3	67.1	69.7	66.3	65.7	65.7
3.5	68.2	71	67.5	66.8	66.5
4	69.3	72.3	68.6	67.9	67.3
4.5	70.45	73.4	69.8	69	68
5	71.6	74.7	71	70	68.8
5.5	72.75	75.1	72.1	71.1	69.6
6	73.9	70	73.3	72.2	70.3
6.5	74.44	-	74	72.9	71.1
7	75	-	75.2	73.7	71.9
7.5	71.4	-	71.3	75.2	72.6
8	68.5	-	68.4	69.5	73.4
8.5	-	-	-	-	74.2
9	-	-	-	-	75.4
9.5	-	-	-	-	72.1
10	-	-	-	-	67.3

*Nota:* Medidas tomadas en intervalos de treinta segundos. Datos tomados directamente del sistema de termocuplas del horno.

## Anexo H

### *Termocupla Utilizada en Proceso de Enfriamiento*



### Anexo I

#### Set de Pesas de Validación

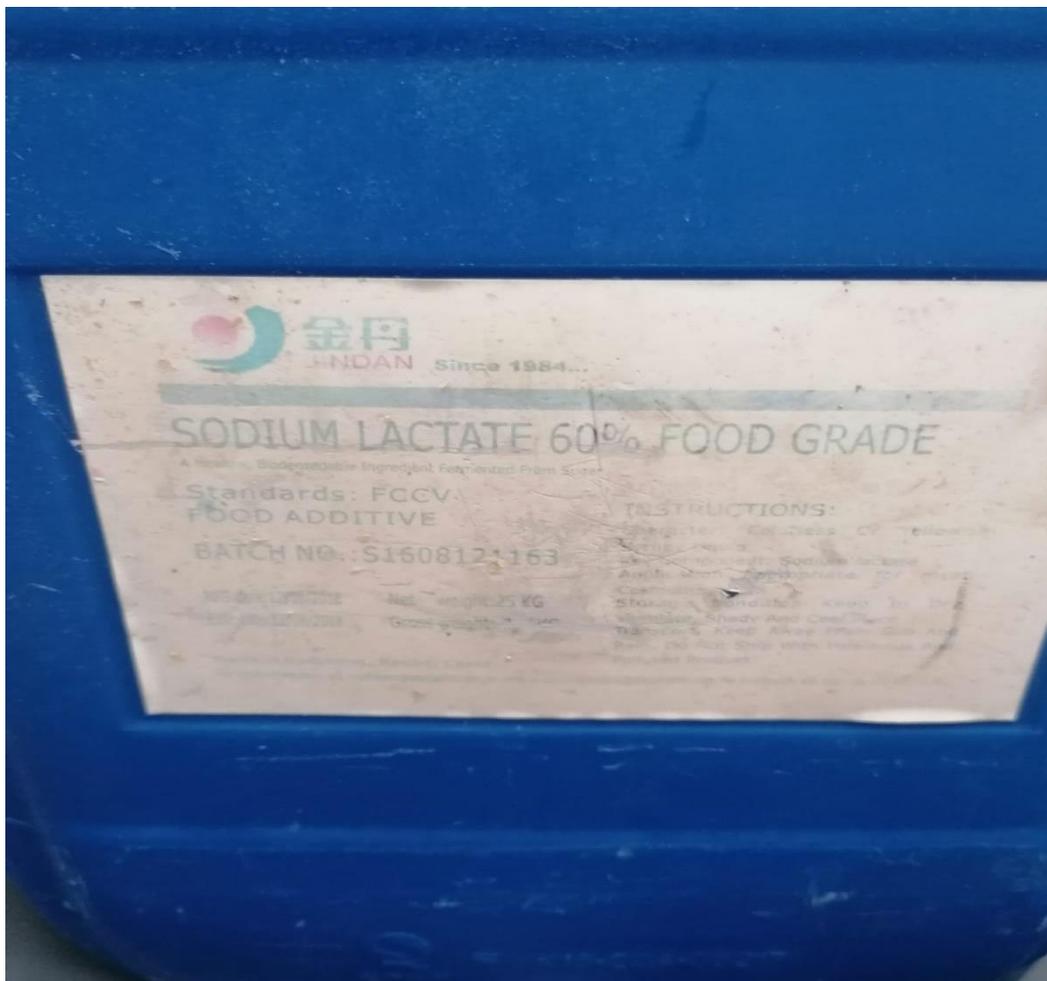


**Anexo J***Balanza de Ingredientes No Cárnicos Controlados*

Anexo K

Contenedor de Lactato de Sodio Utilizado en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola

Panamericana

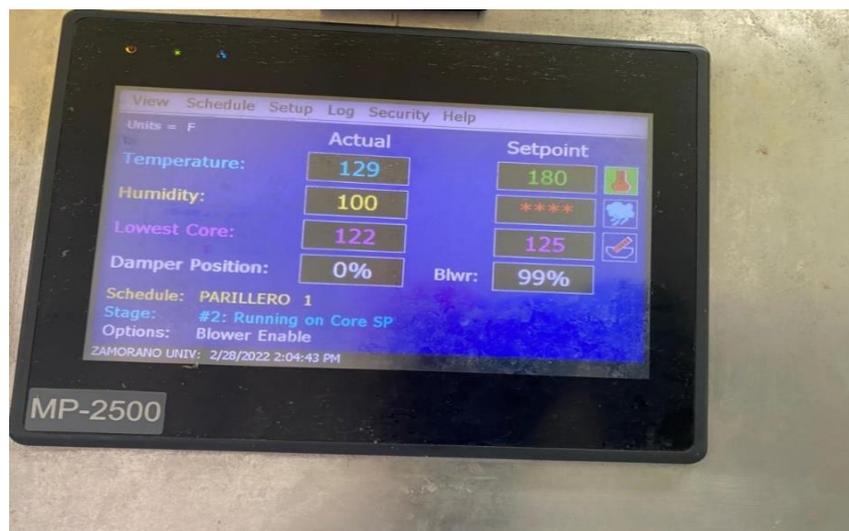


**Anexo L***Sal de Cura en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana*

**Anexo M***Chorizo Parrillero en Cocción*

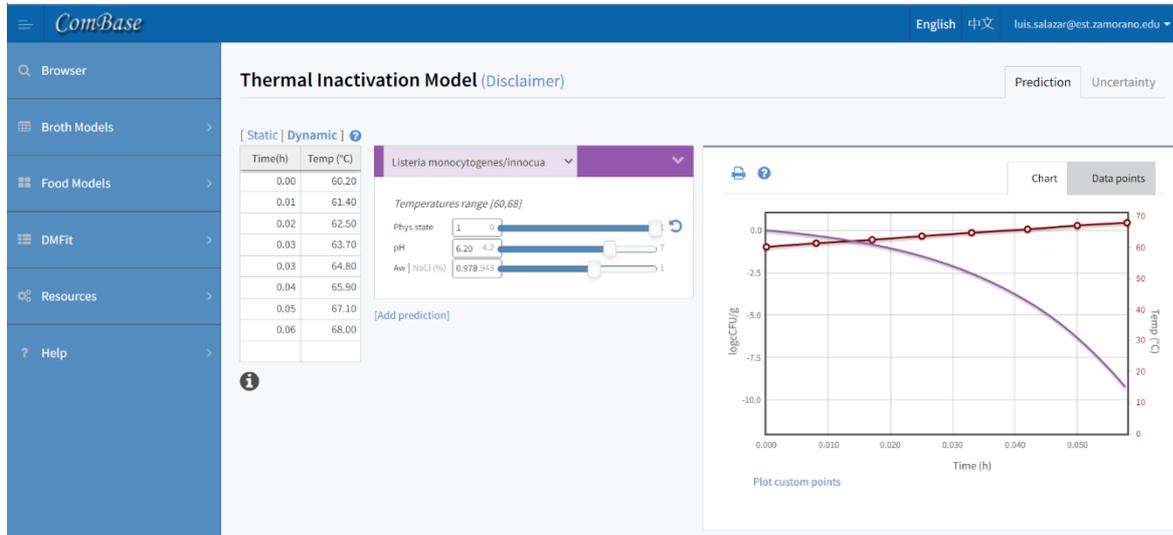
## Anexo N

*Display de Temperatura Interna del Producto en el Horno.*



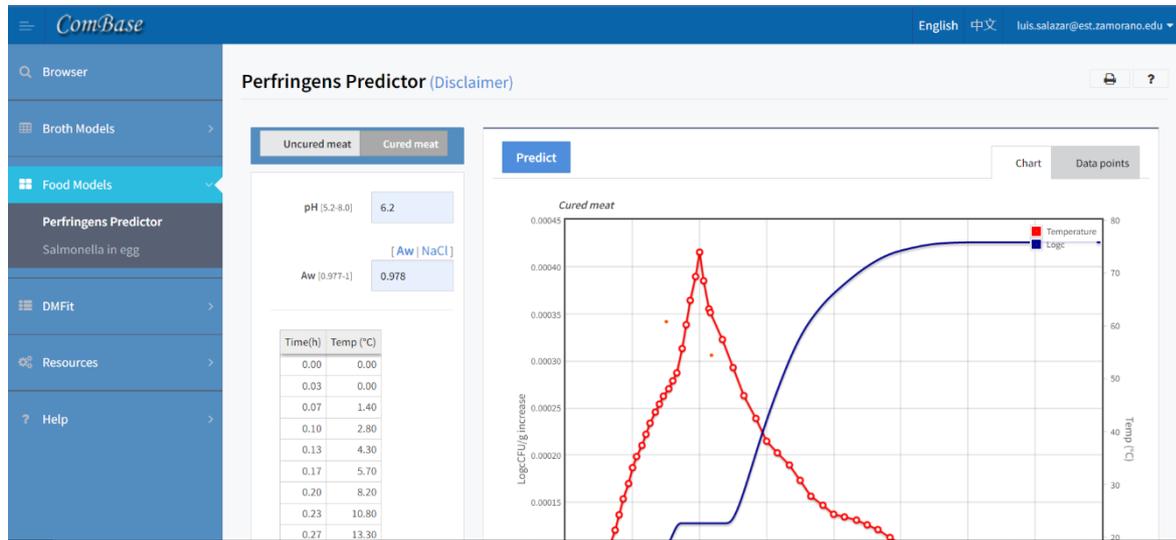
## Anexo O

### Programa de Inactivación Térmica de Combase (Verificación PCC-2)



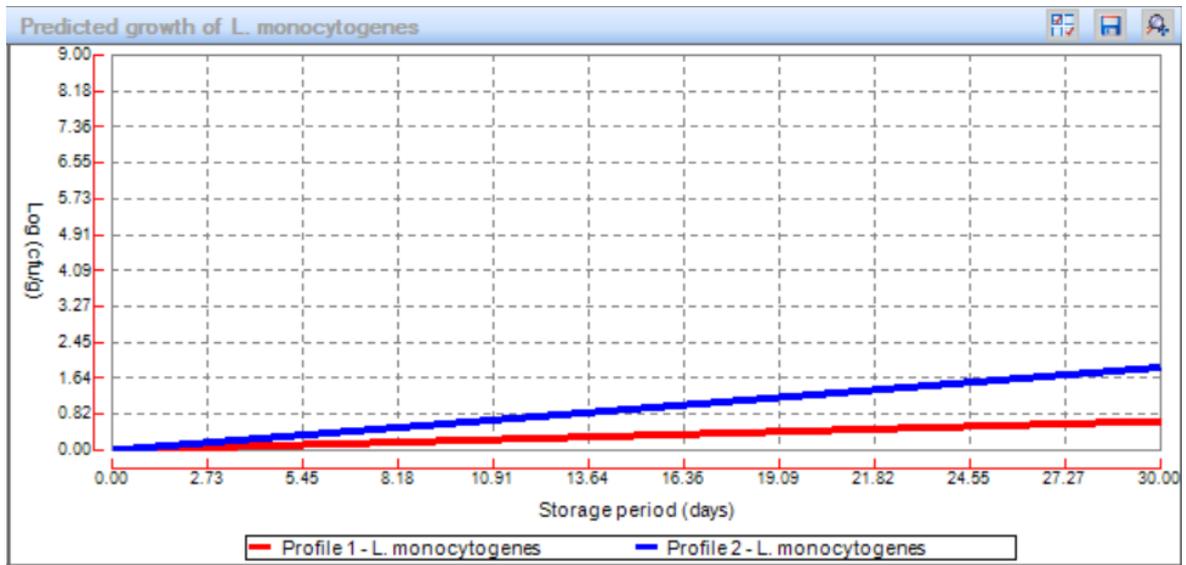
## Anexo P

## Perfringens Predictor de Combase (Verificación PCC-3)



## Anexo Q

Uso de FSSP en Escenarios de 10 y 12°C (PCC-1).



Nota: Profile 1: 10°C/ 30 días. Profile 2: 12°C/ 30 días.

## Anexo R

## Checklist HACCP

Checklist Plan HACCP Planta Cárnicos Zamorano				
Fecha _____				
Item/Actividad- Principio	Completado			Observaciones
	Sí	No	N/A	
<b>1. Tareas preliminares- enumeración y evaluación de operaciones actuales en contra de la inocuidad de alimentos</b>				
1.1. Se desarrolló un equipo HACCP de inocuidad de alimentos que contiene un individuo entrenado bajo las normativas HACCP (el individuo entrenado puede no ser un empleado de la misma empresa).	✓			Acosta 2021
1.2. Se describió el producto, uso destinado y/o consumidor destinado.	✓			Incluye lista de ingredientes, vida útil, envase y condiciones e instrucciones de uso.
1.3. Se cuenta con un diagrama de flujo actualizado, incluyendo, recibo de materia prima, pasos de elaboración, equipo de procesamiento, empaque, almacenamiento y transporte.	✓			Consta de 23 pasos en total, desde el recibo de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado.
1.4. Se cuenta con los programas pre-requisito fundamentales como: BPM's, POE, control de materia prima, POES, mantenimiento preventivo, higiene del personal, control y almacenamiento de químicos, control de alérgenos, control de plagas, rastreabilidad y retiro de alimentos, programas de Listeria monocytogenes.	✓			Se cuenta con registros diarios de POES y BPM. Se cuenta con planes de control de plagas
1.5. Se agrupó el producto basado en las categorías de proceso del artículo 9 CFR 417.2 (producto crudo, producto cocido, procesado térmicamente, etc.)	✓			Producto cocido
<b>2. Análisis de peligro- identificar y evaluar riesgos potenciales que puedan ocurrir durante el proceso e identificar medidas de control pertinentes.</b>				
2.1. Se condujo un análisis de riesgo en el cual se categorizaron los posibles riesgos en base a su origen (biológico, químico, físico).	✓			

2.2. <i>Se brindaron justificaciones basadas en documentos científicos relevantes que respaldaron las decisiones tomadas en el análisis de peligros.</i>	✓			
2.3. <i>Se determinaron medidas de control.</i>	✓			<i>Se determinó una medida de control para todos los peligros encontrados.</i>
<b>3. Puntos Críticos de Control (PCC)- identificar y evaluar puntos críticos de control (PCC)</b>				
3.1. <i>Se determinaron Puntos Críticos de Control</i>	✓			
3.2. <i>Se brindaron justificaciones basadas en documentos científicos relevantes que respaldaron las decisiones tomadas en la determinación de los Puntos Críticos de Control.</i>	✓			
3.3. <i>Se determinaron medidas de control</i>	✓			
<b>4. Establecer Límites Críticos- establecer parámetros críticos y límites para cada PCC</b>				
4.1. <i>Los límites críticos son basados en límites establecidos por entes regulatorios vigentes.</i>	✓			
4.2. <i>Los límites críticos se basan en datos medibles (tiempo, Aw, temperatura, pH, etc.)</i>	✓			<i>Se basan en temperatura, tiempo y peso.</i>
<b>5. Establecer procedimientos de monitoreo- establecer prácticas de monitoreo para cada PCC.</b>				
5.1. <i>Se Identificaron y asignaron actividades de monitoreo.</i>	✓			<i>Registro diario de POES (limpieza y presencia de insumos y monitoreo de limpieza y sanitización). Registro diario de BPM (temperaturas de cuartos y productos, vigilancia de cloro en agua de desinfección, limpieza general de la sala y personal). Registro de producción HACCP y POE individual para cada lote de producto.</i>

5.2. <i>Se asignó a un operario entrenado para llevar a cabo las actividades de monitoreo.</i>	✓			
5.3. <i>Se establecieron registros y documentos de monitoreo, los cuales deben llevar la fecha de entrega y firma del operario responsable.</i>	✓			<i>También contiene nombre y firma del monitor, así como espacio para observaciones.</i>
5.4. <i>Los registros son llenados de manera frecuente, para cada lote de producción.</i>	✓			<i>Registros de POES son llenados dos veces al día. Registros de BPM son llenados frecuentemente a través del día. El registro de monitoreo de producción es llenado para cada lote de producto (cantidad de ingredientes agregados, temperatura interna del producto en cocción y enfriamiento).</i>
<b>6. <i>Establecer acciones correctivas- establecer procedimientos de acciones correctivas que se llevarán a cabo cuando los PCC's no sean implementados, monitoreados, no sean conformes o sean inefectivos.</i></b>				
6.1. <i>Se determina y corrige la causa de la desviación.</i>	✓			<i>Existe un formato de acciones correctivas y reincidencias para la sala de producción y empaque como registro interno. Se detalla procedimiento de acciones correctivas para cualquier desviación específica.</i>
6.2. <i>Se determina la disposición del producto fuera de norma.</i>	✓			<i>Ningún producto que pueda ser dañino para los consumidores será comercializado.</i>
6.3. <i>Se asegura que el PCC se encuentre bajo control una vez se haya implementado la acción correctiva.</i>	✓			<i>Se deberá seguir la acción correctiva estipulada en el formato. Se deberán llenar formatos de POES y BPM.</i>
6.4. <i>Se documentan las acciones correctivas realizadas</i>	✓			<i>Se deberá llenar el apartado de frecuencia de la acción correctiva en el formato.</i>
6.5. <i>Se establece un plan de retiro de alimentos.</i>	✓			
<b>7. <i>Establecer procesos de verificación y validación- establecer procedimientos para verificar que las medidas de control preventivas sean efectivas y que el Plan HACCP funcione correctamente.</i></b>				

7.1. <i>Se establecen medidas de control en base científica implementadas para eliminar, reducir o prevenir niveles críticos que dañen la inocuidad del alimento</i>	✓			
7.2. <i>Se realiza una reanálisis del plan que asegure que sigue siendo relevante después que nuevos hallazgos en inocuidad de alimentos sean revelados que puedan poner en riesgo la validez del plan o una vez al año.</i>	✓			<i>La última revisión se llevó a cabo en noviembre del año 2021.</i>
7.3. <i>Se establecen programas de verificación.</i>	✓			<i>El último muestreo microbiológico de productos cárnicos fue en mayo del 2022.</i>
7.4. <i>Se establecen programas de validación</i>	✓			
<b>8. Registros- establecer procedimientos efectivos de toma de registros que documenten el Plan HACCP.</b>				
8.1. <i>Incluye análisis de peligro escrito.</i>	✓			
8.2. <i>Incluye lista de Equipo HACCP y responsabilidades.</i>	✓			<i>Adela Acosta- jefe Técnico de Planta de Cárnicos Mariela Murillo- Gestora de Planta de Cárnicos Cesar Barrientos- Empaque Elio Vásquez- Producción William Oseguera- Inspección de higiene y seguridad</i>
8.3. <i>Incluye descripción del alimento, distribución, uso y consumidor.</i>	✓			
8.4. <i>Incluye diagrama de flujo verificado.</i>	✓			<i>Diagrama de flujo actualizado.</i>
8.5. <i>Incluye documentos empleados en la determinación y selección de los PCC's y límites críticos.</i>	✓			

8.6. Incluye tabla resumen de Plan HACCP.	✓			Incluye el resumen de los tres PCC's.
8.7. Menciona el uso de registros de monitoreo y límites críticos de PCC's.	✓			Formato de monitoreo de producción, registro de actividades correctivas.
8.8. Menciona el uso de registros de calibración del equipo empleado en procesos de monitoreo.		✓		La balanza de pesado de ingredientes no cárnicos controlados no es calibrada desde marzo del 2019 (será reemplazada en mayo del 2022).
8.9. Menciona el uso de registros de acciones correctivas.	✓			
8.10. Incluye registros de acciones de verificación y resultados	✓			Los resultados de análisis microbiológicos se encuentran documentados.
8.11. Todos los registros tomados en cuenta bajo el Plan HACCP contienen: fecha, hora, inicial y firma del operario responsable.	✓			
<b>9. Entrenamiento- establecer programas efectivos de entrenamiento para operarios y equipo directivo.</b>				
9.1. Se proveyó entrenamiento al equipo que diseñó y supervisa el Plan HACCP	✓			
9.2. Se establecen programas de entrenamiento para los operarios que seguirán el Plan HACCP.	✓			Se cuenta con programas de capacitación bajo las temáticas de HACCP, BPM, POE y POES. Es un programa de charlas durante todo el año.
9.3. Se recibió el entrenamiento y se evaluó su efectividad.	✓			Los operarios son evaluados en base a una prueba al terminar el entrenamiento.