

**Efecto de la incubación de jugo de apio
(*Apium graveolens*) con bacterias ácido
lácticas en el desarrollo de color y sabor de
una formulación de chorizo**

Andrés Steven Donoso Badillo

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto de la incubación de jugo de apio
(*Apium graveolens*) con bacterias ácido
lácticas en el desarrollo de color y sabor de
una formulación de chorizo**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Andrés Steven Donoso Badillo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2019

Efecto de la incubación de jugo de apio (*Apium graveolens*) con bacterias ácido lácticas en el desarrollo de color y sabor de una formulación de chorizo

Andrés Steven Donoso Badillo

Resumen. Una tendencia creciente es la elaboración de productos cárnicos “no curados”, sustituyendo el nitrito por una fuente vegetal. La presente investigación se basó en resultados de una fase preliminar, cuantificando el nitrato (NO_3) de un jugo de apio cultivado (JAC) por 90 min/35 °C con bacterias ácido lácticas (BAL) *S. xylosum*; *P. pentosaceus* al 0.25%, evaluando el efecto de su adición sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de una formulación de chorizo. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cinco formulaciones, un tratamiento sin nitrito, una cantidad intermedia y nitrito cercano al máximo permitido (C-:0, C+:150, T1:75 ppm NaNO_2), así como dos tratamientos con nivel bajo y alto de JAC (T2:14%, T3:7%); tres repeticiones para un total de 15 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza con separación de medias Duncan y una prueba Chi Cuadrado para el análisis de preferencia ($P < 0.05$). Se observó un pH menor en las formulaciones con JAC, diferencias de color notorias cuando el chorizo no tenía nitrito y moderadamente notorias en las muestras con JAC, a comparación del control. Todos los tratamientos con nitrito sin importar la fuente tuvieron una aceptación general de sabor y color de “me gusta moderadamente” y “me gusta poco”, respectivamente, siendo las formulaciones con JAC las de mayor preferencia. Este estudio indica que la formación de color y la aceptación sensorial en chorizos de cerdo con JAC es aceptable. Se recomienda continuar con estudios microbiológicos en productos similares.

Palabras clave: Nitrosaminas, *Clostridium botulinum*, características sensoriales.

Abstract. A growing trend is the production of "uncured" meat products, replacing nitrite with a vegetable source. The present investigation was based on the results of a preliminary phase, quantifying the nitrate (NO_3) present in a cultured celery juice (CCJ) for 35 °C/90 min with lactic acid bacteria *S. xylosum* and *P. pentosaceus* added at 0.25%; evaluating the physicochemical and sensory effect of its incubation on a nitrite free sausage formulation. Randomized Complete Block design (RCB) was used with five formulations, nitrite-free treatment, an intermediate amount and a nitrite added treatment close to the maximum allowed (C-: 0, C +: 150, T1: 75 ppm NaNO_2), as well as two treatments with low and high amounts of CCJ (T2: 14%, T3: 7%); three replicates for a total of 15 experimental units. An analysis of variance was performed with Duncan mean separation and a Chi Square test for preference analysis ($P < 0.05$). The study indicated a lower pH among treatments with CCJ. Presenting notorious color differences on nitrite free chorizo and moderately notorious in CCJ samples, in comparison to the control. All nitrite treatments, regardless of the source, had a taste and color acceptance of "I like it moderately" and "I like it little," respectively. The formulations with CCJ were preferred. This study indicated appreciable color formation and sensory acceptance in pork sausages with CCJ. It is recommended to continue microbiological studies on similar products.

Key words: Nitrosamines, *Clostridium botulinum*, sensory characteristic

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4. CONCLUSIONES	25
5. RECOMENDACIONES	26
6. LITERATURA CITADA	27
7. ANEXOS	32

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Formulación de los tratamientos en la fase preliminar.....	4
2. Formulación de los tratamientos en Fase II.....	9
3. Descripción de los tratamientos en la segunda fase.....	13
4. Resultados de rendimiento de cocción y porcentaje de humedad de los chorizos...	14
5. Resultado de recuentos microbiológico de los tratamientos.....	15
6. Resultado de análisis sensorial de aceptación en chorizos parrilleros.....	16
7. Cantidad de nitrato de sodio entrante (NaNO_3 mg/Kg) en las formulaciones.....	18
8. Resultado de pH en formulación de chorizo de cerdo.....	18
9. Resultados del valor L^* presente en los tratamientos.....	19
10. Resultados del valor a^* presente en los tratamientos.....	20
11. Resultados del valor b^* presente en los tratamientos.....	21
12. Diferencia Delta E (ΔE^*) presente en los tratamientos.....	22
13. Resultados de aceptación sensorial de color en las formulaciones.....	23

Figuras	Página
1. Flujo de proceso para la elaboración del chorizo parrillero (Fase preliminar).....	5
2. Flujo de proceso para la elaboración de la formulación de chorizo (Fase II).....	10
3. Resultado del análisis de preferencia sensorial en chorizo parrillero.....	17
4. Resultados de preferencia sensorial entre las formulaciones.....	24

Anexos	Página
1. Boleta física de evaluación sensorial y preferencia de color en fase II.....	32
2. Boleta física de evaluación sensorial y preferencia de color en fase preliminar.....	33

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los consumidores se han inclinado hacia la adquisición de alimentos con “etiquetas limpias”, clamando tener mínimos ingredientes, conservantes y procesamiento limitado (Alahakoon *et al.* 2015). Lo anterior representa un desafío para los procesadores que intentan satisfacer estas demandas, debido a que deben reducir o eliminar algunos de los ingredientes ampliamente utilizados sin alterar las características sensoriales de los productos (Sebranek 2015).

Uno de los alimentos que más se ajustan a estas tendencias son los productos cárnicos procesados que poseen una amplia cantidad de ingredientes, entre los que se destacan los nitritos y nitratos de sodio o potasio, aplicados a una concentración de máxima de 156 ppm en embutidos (USDA 1995). Estos ingredientes incorporados en forma de sal de cura, mezcla de bajo porcentaje de nitritos con cloruro de sodio, ayudan a limitar la rancidez oxidativa, proporcionan sabor y color rosado característico de los productos curados y limitan el crecimiento microbiano, especialmente el patógeno *Clostridium botulinum* (Sindelar y Milkowski 2011).

La eliminación del agente de curado es de particular importancia para los consumidores ya que existe una estrecha relación entre el consumo de nitritos y nitratos con el desarrollo de cáncer colorectal, que representa la mayor causa de muerte entre consumidores de carne en países desarrollados (Santarelli *et al.* 2008). La Organización Mundial de la Salud otorga al consumo excesivo de productos cárnicos procesados como alimentos con alto potencial en el desarrollo de cáncer (Larsson *et al.* 2006; Santarelli *et al.* 2008; OMS 2015).

Según Tarver (2019), una tendencia reciente en la industria cárnica es elaboración de productos “no curados”, la cual es una estrategia de procesamiento que limita el uso de sal de cura sustituyéndola con polvos vegetales, que naturalmente contienen una alta concentración de nitrato. En la formulación de productos “no curados” la fuente alternativa más eficiente a usar son los polvos comerciales de apio por su alto contenido de nitratos (40,000 ppm) y nitritos (20,000 ppm) que a concentraciones mínimas resultan en un desarrollo de color adecuado, además de poseer poco pigmento vegetal y sabor suave, por lo cual, no aporta características indeseables al producto cárnico terminado (Sebranek *et al.* 2012).

Aun así, el método más convencional y simple implementado en pequeñas producciones es la incubación del jugo de apio con bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sakei*, *Staphylococcus carnosus* y *Staphylococcus xylosus*) en contacto con la materia prima cárnica antes del cocido (Morot *et al* 2007). Siendo importante esta conversión, ya que, el nitrato por sí solo no desempeña características directas en el proceso de curado teniendo a la conversión a nitrito como un paso necesario para la formación de un color deseado.

Una de las razones por las que no existe bibliografía actualizada de este tipo de metodología, radica en la efectividad de los procesadores a crear nuevas líneas de fuentes vegetales con nitrito disponible, reduciendo el proceso de incubación. Dado que, aunque se añadía una cantidad mínima que no causara toxicidad en los consumidores, era difícil cuantificar la cantidad de nitrito presente en la carne después de su conversión, generando controversia sobre la calidad microbiológica y de vida anaquel, convirtiéndose en un método ineficiente a nivel comercial.

El aumento de procesadores de productos cárnicos “no curados”, hace indispensable alinear las demandas de los consumidores por adquirir alimentos con una etiqueta más limpia (Eisinaite *et al.* 2016). Respondiendo al requerimiento y las necesidades de la Planta de Cárnicos Zamorano por ofrecer productos con la mínima cantidad de ingredientes a sus clientes, sin alterar su calidad sensorial y microbiológica, los objetivos del estudio fueron:

- Cuantificar la cantidad de nitrato entrante en el jugo de apio en las formulaciones no curadas.
- Evaluar diferencias de medidas físicas de color y químicas de pH en la formulación de chorizo con y sin nitrito de sodio.
- Determinar el nivel de aceptación y preferencia sensorial de la adición de jugo de apio cultivado, en la formulación y en el chorizo parrillero.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

El acondicionamiento de la materia prima (apio) se llevó a cabo en la Planta de Post-cosecha. El jugo de apio se extrajo en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA). La cocción del chorizo (fase preliminar) y la disponibilidad de materia prima (carne de cerdo y aditivos) en la fase II fueron adquiridas en la Planta de Cárnicos. Tanto la elaboración de las formulaciones como el análisis de color (fase II) se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ). La evaluación microbiológica (fase preliminar), la cocción, incubación y medición de pH (fase II) fueron ejecutados en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos (LMAZ). Todas estas unidades pertenecen al Departamento de Agroindustria Alimentaria de la Escuela Agrícola Panamericana (Zamorano). Los análisis sensoriales fueron llevados a cabo en salones del departamento. La determinación de cantidad de nitrato de la materia prima se ejecutó en el Laboratorio de Análisis de Agua del Departamento de Ambiente y Desarrollo de Zamorano. El estudio fue desarrollado en tres fases:

Fase Preliminar.

La fase preliminar consistió en la reformulación y elaboración de un chorizo parrillero con adición de jugo de apio y bacterias ácido lácticas para determinar su aceptación y preferencia sensorial.

Elaboración de la materia prima. Para la producción de jugo de apio (*Apium graveolens* var. cicla), se lavó la materia prima con abundante agua retirando las hojas y los tallos dañados, luego se desinfectó con ácido peracético a 100 ppm. Se procedió a escaldar con vapor a 100 °C por 2 min, esta técnica ayuda a reducir la carga microbiana (Madamba y Liboon 2001; Haiying *et al.* 2007; Khalilian Movahhed y Mohebbi 2016). Se trasladó la materia prima a la PIA, procesando únicamente el tallo a través de un extractor de jugos (Hamilton Beach, HeathSmart ® 67800h Juice Extractor, China), extrayendo el agua de la fibra sobrante previo a un proceso de filtrado para obtener un jugo con menos fibra.

Posteriormente, se colocó 40 ml de la muestra en tubos Falcon y congelaron a -50 °C en la liofilizadora (SP Scientific, AdVantage Pro freeze dryer with Intellitronics™, EE.UU). Al alcanzar la temperatura deseada, se liofilizó bajo las siguientes condiciones:

- Temperatura del condensador: -61 °C.
- Vacío: 0.30 mbar.
- Tiempo: 120 horas no continuas.

El resultado del material liofilizado se mantuvo en congelación -30 °C, protegido del contacto directo con la luz (Durigon *et al.* 2016; Eisinaite *et al.* 2016).

Formulación. La materia cárnica utilizada está clasificada según la relación carne magra: grasa presente en los cortes: cerdo 1 (80:20), cerdo 2 (50:50), cerdo 3 (5:95), res 1 (90:10) y res 2 (60:40). Los ingredientes no cárnicos utilizados dependiendo del tratamiento fueron: almidón de papa, sal yodada, sal de cura (6.5% de nitrito de sodio), jugo de apio, bacterias ácido lácticas, tripolifosfato de sodio, eritorbato de sodio y lactato de sodio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Formulación de los tratamientos en la fase preliminar.

Materia prima	Cantidad por tratamiento (gramos)			
	Control (+)	T1	T2	T3
Cerdo 1	22.000	22.000	22.000	22.000
Cerdo 2	13.000	13.000	13.000	13.000
Cerdo 3	9.000	9.000	9.000	9.000
Res 1	22.000	22.000	22.000	22.000
Res 2	13.000	13.000	13.000	13.000
Almidón de papa	3.500	3.500	3.500	3.500
Agua	16.000	16.000	0.000	8.000
Jugo de apio/ Bactoferm F1	0.000	0.000	16.250	8.250
Tripolifosfato de sodio	0.550	0.550	0.550	0.550
Eritorbato de sodio	0.050	0.050	0.050	0.050
Sal Nitrificada (6.5%)	0.184	0.092	0.000	0.000
Sal Yodada	1.500	1.500	1.500	1.500
Lactato de Sodio (60%)	2.500	2.500	2.500	2.500
Total	114.310	114.205	114.350	114.350

Control positivo: Formulación de chorizo con 150 ppm de nitrito de sodio (NaNO₂).

T1: Formulación de chorizo con 75 ppm de nitrito de sodio (NaNO₂).

T2: Formulación de chorizo con 14% jugo de apio.

T3: Formulación de chorizo con 7% jugo de apio.

La bacteria empleada en este estudio fue Bactoferm F1 (F1 Bactoferm™, Chr. Hansen Inc., Gainesville, FL), la cual, fue diluida con agua desionizada en una relación 1:3 y añadida a la matriz cárnica. Normalmente la marca F1 es usada para producir pH bajos rápidamente por la acción del *Pediococcus pentosaceus*. La presencia de *Staphylococcus xylosus* con capacidad nitrato reductora es viable para el desarrollo de un producto “no curado” (Gøtterup *et al.* 2008; Bactoferm™ 2009).

Procedimiento para la elaboración del chorizo parrillero en fase preliminar. La figura 1 presenta el flujo de proceso usado para la elaboración de los chorizos parrilleros, en la fase preliminar.

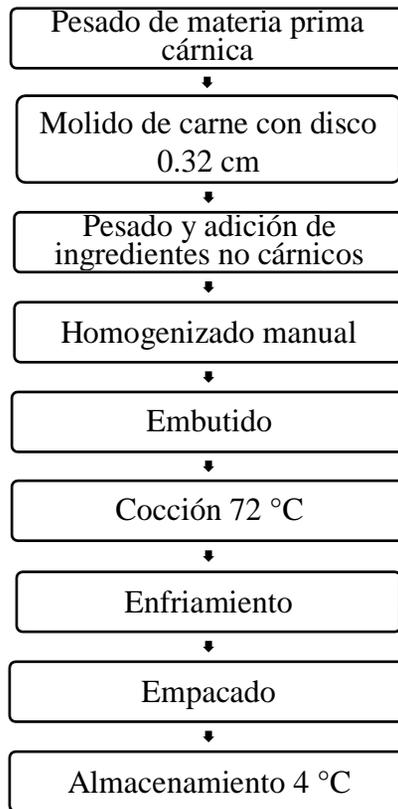


Figura 1. Flujo de proceso para la elaboración del chorizo parrillero (fase preliminar).

Pesado de materia prima cárnica. Se pesaron los recortes de carne de cerdo y res con la ayuda de una balanza (Oahus, LS2000, EE.UU).

Pesado de ingredientes no cárnicos. Los ingredientes no cárnicos fueron pesados en una balanza (Oahus, Defender 3000, EE. UU) previo a la elaboración del chorizo parrillero.

Molienda. Usando un molino (ThompsonTM 900, Series Mixer/ Grinder, EEUU) con disco con salida de 0.32 cm de diámetro, se procedió a moler los recortes de carnes, controlando que la temperatura no descendiera de 7 °C.

Adición de ingredientes. El primer paso fue agregar almidón de papa a la materia cárnica, para luego, dependiendo del tratamiento, adicionar la solución de agua con sal yodada, sal nitrificada o jugo de apio preconvertido, eritorbato de sodio, tripolifosfato de sodio, lactato de sodio e hielo, controlando que la temperatura no sea mayor a 4 °C.

Homogenización manual. Con la materia prima disponible se realizó un mezclado manual de la pasta cárnica formada, asegurando que los ingredientes se encontrasen dispersos de manera apropiada.

Embutido. Usando un pistón hidráulico (Frey Konti C120), se embutieron las mezclas en tripa natural de cerdo a un tamaño aproximado de 12 cm con un diámetro de 25 mm.

Cocción. Se aplicó un tratamiento térmico en el horno Enviro-Pak (modelo CVU-650E) hasta que el alimento alcanzó los 72 °C internamente, proceso controlado por un termómetro.

Enfriamiento. Finalizando la cocción, el producto fue rociado con agua fría hasta alcanzar los 27 °C y se dejó en reposo por 10 horas para que disminuyera a 10 °C, estando en condiciones para el empaclado.

Empacado. Con la ayuda de una maquina selladora al vacío “Ultravac® 2100 (marca Koch)” y bolsas plásticas CRYOVAC se procedió a empaclar los chorizos en una bolsa tanto de 300 g (análisis físico químico y microbiológico) y 600 g (sensorial).

Almacenamiento. El producto se almacenó en el cuarto frío a 4 °C en la Planta Cárnicos de Zamorano por un máximo de dos días hasta ser utilizado.

Análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales (fase preliminar).

Rendimiento de cocción. Se determinó el rendimiento de cocción, pesando el producto crudo y luego el producto cocido, como se explica la siguiente ecuación 1:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de producto cocido (g)}}{\text{Peso de producto crudo (g)}} \times 100 \quad [1]$$

Análisis de humedad. Las mediciones se realizaron usando el método AOAC 950.46 (2012). En un crisol previamente secado y pesado se agregó 3 ± 0.05 g de muestra, dejando secar en un horno de convección (Binder FD 543-UL, Alemania) a 105 °C por 18 h. Se calculó la humedad final, expresado en porcentaje, promediando la diferencia entre el peso inicial y final de las muestras (Ecuación 2).

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso inicial del crisol(g)} - \text{Peso final del crisol(g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100 \quad [2]$$

Análisis microbiológico. Para los análisis microbiológicos se pesaron 10 g de chorizo parrillero por tratamiento y se realizaron las diferentes diluciones decimales con buffer (3M BPW ISO, 3MCenter, EE. UU), utilizando Placas Petrifilm™ (Microbiology Products, 3MCenter, EE. UU) para conteo de coliformes totales, *E. coli* (AOAC 991.14) y bacterias aerobias (AOAC 990.12), las placas se incubaron a 35 ± 1 °C durante 24 ± 2 , según lo establecido por el productor (3M MDS).

Análisis sensorial. Se realizaron los análisis afectivos de aceptación y de preferencia. Se constó de un total de 103 panelistas consumidores de chorizo conformados por estudiantes de Zamorano. Los chorizos se calentaron en una plancha a 150 °C por 5 minutos.

La metodología de cocción utilizada se realizó tomando en cuenta la preparación doméstica de este tipo de productos, entre las cuales se destacan: asar a la parrilla, cocinar en microondas, profundo freír y cocinar en horno (Abdulhameed *et al.* 2016).

Los tratamientos una vez preparados se cortaron en rodajas con longitud aproximada de 1.5 cm y se mantuvieron en calor antes de ser entregadas a los panelistas. En la prueba de aceptación se evaluó la apariencia, color, sabor, textura y aceptación general, usando la escala hedónica de 9 puntos (0 = me disgusta extremadamente, 9 = me gusta extremadamente), así mismo, los panelistas eligieron el mejor tratamiento según su preferencia (Riel *et al.* 2017).

Diseño experimental (fase preliminar). Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). La adición de dos diferentes concentraciones de nitrito de sodio (ppm), dos concentraciones de jugo de apio (*Apium graveolens*) resultaron en cuatro tratamientos con tres repeticiones, obteniendo un total de 12 unidades experimentales. Los resultados de los análisis sensoriales de aceptación se analizaron por medio del programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS® 9.4), utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Duncan con una probabilidad del 95%. Los resultados del análisis de preferencia fueron analizados por una prueba de Chi Cuadrado ($P < 0.05$).

Fase I.

Según los datos obtenidos en la fase preliminar, se llevó a cabo la primera fase del estudio que consistió en elaborar nuevos lotes de jugo de apio, sin proceso de liofilizado, y cuantificar el nitrato (NO_3) presente en estos para estimar la cantidad añadida a la formulación como nitrato de sodio (NaNO_3).

Contenido de nitrato. Realizado el jugo de apio, se pesaron 10 gramos de muestra, y se procedió al paso de clarificación usando la metodología ISO 6635 (1984), separando la clorofila y proteína mediante filtrado, realizando diferentes diluciones para obtener una solución transparente. Cuantificando el contenido de nitrato mediante la metodología de reducción de Cadmio 4500- NO_3 E. (APHA 2017). Los resultados fueron entregados como $\text{NO}_3\text{-N}$ (Nitrógeno expresado como nitrato) y expresados como nitrato (NO_3), según la ecuación 3.

$$\text{NO}_3 = \text{NO}_3\text{-N} \times F \times D \quad [3]$$

Donde:

$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l): Nitrógeno expresado como Nitrato (valor dado)

F: Factor de conversión (4.428)

Peso atómico de N: 14 u.m.a

Peso atómico de O: 16 u.m.a

Peso molecular de NO_3 : $14 + (16 \times 3) = 62$ g/mol

Relación $\text{NO}_3\text{-N}$: $62/14 = 4.428$

D: Factor de dilución ($\frac{\text{Volumen de solución}}{\text{Volumen de soluto}}$): $250/10 = 25$

Así mismo, se estimó la Cantidad de Nitrato de Sodio (NaNO_3 mg/Kg) entrante a las formulaciones no curadas (Ecuación 4).

$$\text{NaNO}_3 = \frac{\text{NO}_3 \times F \times C}{M} \quad [4]$$

Donde:

NO_3 (mg/Kg): Nitrato estimado

F: Factor de conversión (1.37)

Peso atómico de Na: 23 u.m.a

Peso molecular de NO_3 : $14+(16 \times 3)= 62$ g/mol

Peso molecular NaNO_3 : $23+62= 85$ g/mol

Relación $\text{NaNO}_3/ \text{NO}_3$: $85/62= 1.37$

C: Gramos de jugo (T2: 16g)(T3: 8g)

M: Gramos de bloque cárnico (78.8g)

Fase II.

La segunda fase consistió en elaborar una formulación similar a la fase preliminar determinando sus características químicas de pH como físicas y sensoriales de color.

Formulación. Los ingredientes no cárnicos utilizados dependiendo del tratamiento fueron: almidón de papa, sal yodada, sal de cura (6.5% de nitrito de sodio), jugo de apio, bacterias ácido lácticas, tripolifosfato de sodio, eritorbato de sodio y lactato de sodio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Formulación de los tratamientos en Fase II.

Materia prima	Cantidad por tratamiento (gramos)				
	Control (+)	T1	T2	T3	Control (-)
Cerdo 1	53.000	53.000	53.000	53.000	53.000
Cerdo 2	27.000	27.000	27.000	27.000	27.000
Cerdo 3	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Almidón de papa	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Agua	16.000	16.000	0.000	8.000	16.000
Jugo de apio	0.000	0.000	16.250	8.250	0.000
Bactoferm F1	0.000	0.000	0.250	0.250	0.000
Tripolifosfato de sodio	0.550	0.550	0.550	0.550	0.550
Eritorbato de sodio	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
Sal Nitrificada (6.5%)	0.184	0.092	0.000	0.000	0.000
Sal Yodada	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Lactato de Sodio (60%)	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Total	114.310	114.205	114.350	114.350	114.100

Control positivo: Formulación de chorizo con 150 ppm de nitrito de sodio (NaNO₂).

T1: Formulación de chorizo con 75 ppm de nitrito de sodio (NaNO₂).

T2: Formulación de chorizo con 14% jugo de apio.

T3: Formulación de chorizo con 7% jugo de apio.

Control negativo: Formulación de chorizo sin adición de agente de curado.

Procedimiento para elaborar la formulación de chorizo de cerdo fase II.

Se pueden nombrar dos diferentes flujos de procesos empleados dependiendo del tratamiento, diferenciándose por los ingredientes añadidos y la metodología de incubación empleada a la carne. La figura 2 presenta el flujo de proceso para la elaboración de (control+; control-; T1) y tratamientos no curados (T2; T3) descritos en el cuadro 2.

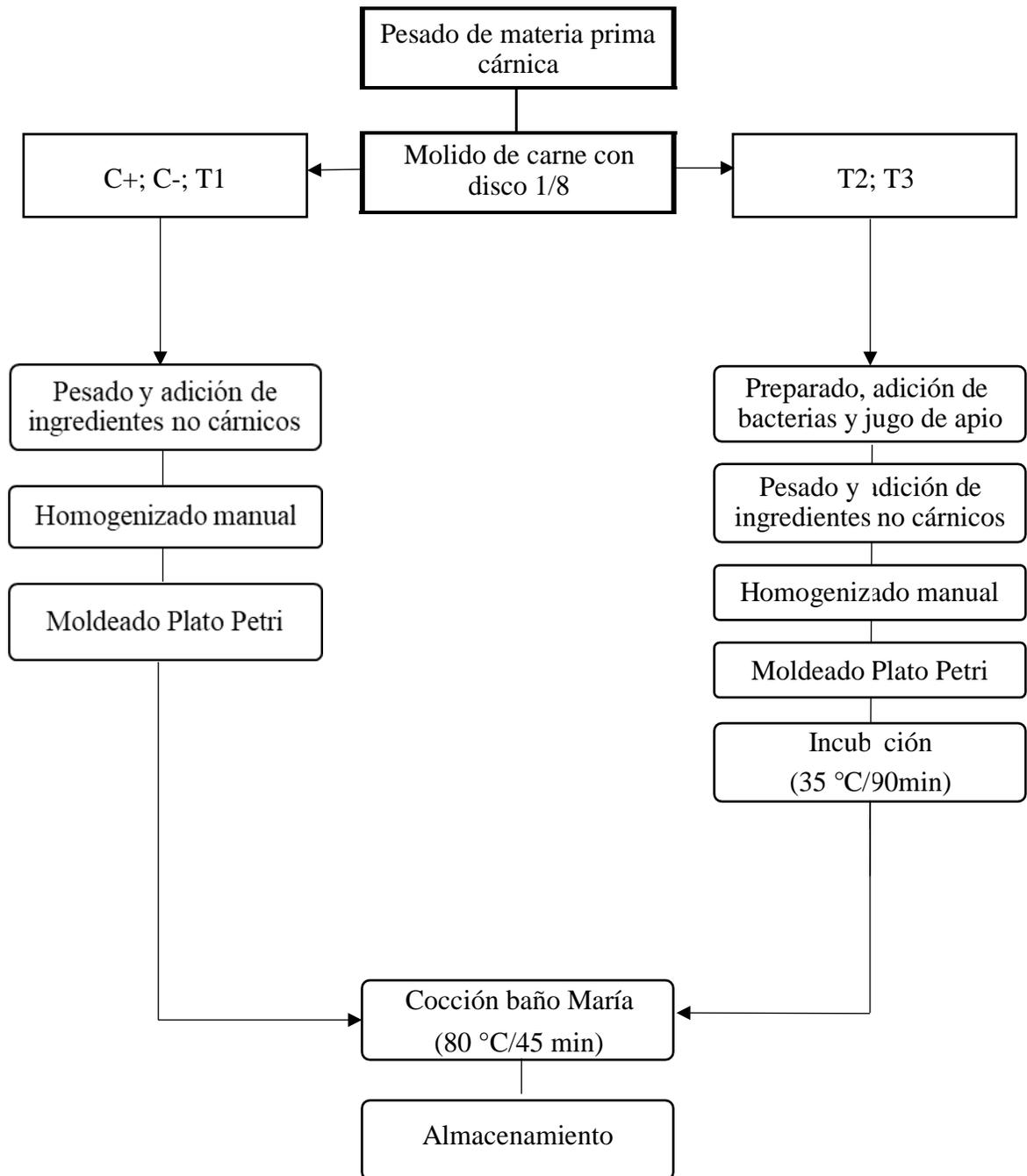


Figura 2. Flujo de proceso para la elaboración de las formulaciones de chorizo (Fase II)

- Control +: Formulación con 150 ppm (NaNO₂).
 T1: Formulación con 75 ppm (NaNO₂).
 T2: Formulación con 14% jugo de apio.
 T3: Formulación con 7% jugo de apio.
 Control -: Formulación sin adición de agente de curad

Pesado de materia prima cárnica. En la planta de cárnicos se pesaron los recortes de carne de cerdo con la ayuda de una balanza (Oahus, LS2000, EE.UU).

Molienda. Usando un molino (Thompson™ 900, Series Mixer/ Grinder, EEUU) con disco con salida de 0.48 cm de diámetro, se procedió a moler los recortes de carnes.

Tratamientos (C+; C-; T1).

Pesado de ingredientes no cárnicos. Los ingredientes no cárnicos serán pesados en una balanza (Oahus, Defender 3000, EE. UU) previo a la elaboración de la formulación.

Adición de ingredientes. El primer paso fue agregar almidón de papa a la materia cárnica, para luego, dependiendo del tratamiento, adicionar una solución de agua con sal yodada, sal nitrificada, eritorbato de sodio, tripolifosfato de sodio, lactato de sodio.

Homogenización manual. Con la materia prima disponible se realizó un mezclado manual de la pasta cárnica formada, asegurando que los ingredientes se encontrasen dispersos de manera apropiada.

Moldeado en plato Petri. Con presión manual se procedió a colocar las mezclas en platos Petri alcanzando un peso de 80 g, simulando un embutido en planta.

Cocción Baño Maria. Se aplicó un tratamiento térmico con inmersión de los platos Petri en baño Maria por 45 minutos a una temperatura de 80 °C, hasta que la temperatura interna alcance los 50 °C.

Tratamientos no curados (T2;T3).

Pesado y preparación de cultivos. Se procedió a pesar la cantidad de bacterias ácido-lácticas, diluyéndolas con agua destilada a relación 1:3.

Pesado de ingredientes no cárnicos. Los ingredientes no cárnicos fueron pesados en una balanza (Oahus, Defender 3000, EE. UU) previo a la elaboración de la formulación.

Adición de ingredientes. El primer paso fue agregar almidón de papa a la materia cárnica, para luego, dependiendo del tratamiento, adicionar una solución de agua con sal yodada, sal nitrificada, jugo de apio, eritorbato de sodio, tripolifosfato de sodio, lactato de sodio.

Homogenización manual. Con la materia prima disponible se realizó un mezclado manual de la pasta cárnica formada, asegurando que los ingredientes se encontrasen dispersos de manera apropiada.

Moldeado en plato Petri. Con presión manual se procedió a colocar las mezclas en platos Petri alcanzando un peso de 80 g.

Incubado. Aunque la marca indique 30 °C como óptimo. El aumento de la temperatura (35 °C, 70% HR) por 90 minutos hace más efectiva y rápida la conversión a nitrito, por lo que se incubó el organismo nitrato reductor junto a una fuente de nitrato vegetal (jugo de apio) al ser añadido directamente a la carne (Wang *et al.* 2016).

Formulaciones (C+; C-; T1; T2; T3)

Cocción en baño María. A todos los tratamientos se le aplicó un tratamiento térmico con inmersión de los platos Petri en baño María por 45 minutos hasta que la temperatura interna fuera superior a 50 °C.

Almacenamiento. El producto se almacenó en refrigeración (3 °C) hasta ser utilizados por sus diferentes análisis.

Análisis físicoquímico y sensorial (fase II).

Potencial de hidrógeno. Se utilizó el potenciómetro de contacto (Orion Star™, Thermo Scientific, USA). Las muestras se dejaban reposar a temperatura ambiente, luego el electrodo se lavaba con agua destilada y se colocaba directamente en el centro de las formulaciones.

Análisis de color. Se realizó la medición de color al producto terminado según el procedimiento aprobado por el LAAZ. Usando el colorímetro (Hunter L*a*b*, Color Flex, EE. UU) se determinaron las diferencias en los valores: L*, luminosidad, (0=negro; 100=blanco), a* (-60=verde; +60=rojo) y b* (-60=azul; +60=amarillo) de los tratamientos terminados (Sheard y Gordon 2012).

La diferencia de color sirve para establecer el color a partir del control, encontrando diferencias de manera subjetiva y comparándolas con los resultados de los panelistas (Kim T *et al.* 2017). Esto es medido dependiendo que tan alejado se encuentra el color al control, siguiendo la Ecuación 5.

$$\Delta E = [(L^* - L_{\text{control}(+)})^2 + (a^* - a_{\text{control}(+)})^2 + (b^* - b_{\text{control}(+)})^2]^{1/2} \quad [5]$$

Donde:

L* Luminosidad del tratamiento a evaluar.

L_{control(+)} Luminosidad del control positivo usado como referencia.

a* Valor del tratamiento a evaluar.

a*_{control(+)} Valor del control positivo usado como referencia.

b* Valor del tratamiento a evaluar.

b*_{control (+)} Valor del control positivo usado como referencia.

También los valores ayudan a predecir los resultados del análisis sensorial, ya que la diferencia de 1.0 unidad en L^* y a^* , y 2.6 unidades en b^* . El ΔE refiere a diferencias en color aproximado de 2-4 pueden ser percibibles, de 4-5 poseen una diferencia significativa para los panelistas y mayor de 5 es captado como un color totalmente diferente (DataColor 2008).

Análisis sensorial. Se realizaron los análisis visuales afectivos de aceptación y de preferencia. Se constó de un total de 100 panelistas consumidores de chorizo conformados por estudiantes de Zamorano. La matriz cárnica con formulación de chorizo fue colocada en platos petri frente a los panelistas, simulando su presentación o apariencia embutida a nivel comercial y evaluando el color usando la escala hedónica de 9 puntos (0 = me disgusta extremadamente, 9 = me gusta extremadamente) (Riel *et al.* 2017).

Diseño experimental (Fase I y II). Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA). La adición de dos diferentes concentraciones de nitrito de sodio (ppm), dos concentraciones de jugo de apio (*Apium graveolens*) para ser incubadas y un tratamiento sin adición de nitrito resultaron en cinco tratamientos con tres repeticiones (Cuadro 3), obteniendo un total de 15 unidades experimentales. Los resultados de los análisis físicoquímicos y la prueba sensorial de aceptación se analizaron por medio del programa Sistema de Análisis Estadístico (SAS® 9.4) utilizando un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias Duncan con una probabilidad del 95%. Los resultados del análisis de preferencia fueron analizados por una prueba de Chi Cuadrado ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos en la segunda fase.

Tratamiento	Nitrito de sodio (ppm)	Jugo de apio (%)
Control (+)	150.0	0.00
T1	75.0	0.00
T2	0.0	14.00
T3	0.0	7.00
Control (-)	0.0	0.00

Control positivo: Formulación con 150 ppm (NaNO_2).

T1: Formulación con 75 ppm (NaNO_2).

T2: Formulación con 14% jugo de apio.

T3: Formulación con 7% jugo de apio.

Control negativo: Formulación sin adición de agente de curado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase preliminar.

Rendimiento de cocción. La sustitución de sal de cura por jugo de apio no presentó diferencias significativas en el rendimiento de cocción ($P > 0.05$), teniendo una recuperación de peso similar entre los tratamientos (Cuadro 4). Hay que recalcar que el nitrito de sodio no tiene función ligante y sustituirlo no generaría cambios en este rubro, además todos los tratamientos fueron formulados con similar cantidad de sal y almidón de papa, que son las principales agentes retenedores de agua (Regan 2016; Ruiz *et al.* 2016; Pietrasik *et al.* 2017).

Análisis de humedad. Igualmente, en el (Cuadro 4) se reportan los valores del porcentaje de humedad. No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$), resultado otorgado a la similar formulación que se presentó en los tratamientos. Al igual que en el rendimiento de cocción, la cantidad de sal interactúa con las proteínas presentes en la carne, permitiendo que estas posean mayor retención de agua fuera y dentro de su estructura (Tarté 2009).

La cantidad de jugo de apio agregado no generó diferencias en el porcentaje de humedad entre tratamientos ($P < 0.05$). Eisinaite *et al.* (2016), demostraron que la alta cantidad de cenizas y carbohidratos que posee el jugo de apio tiende a aumentar la retención de agua en salchichas si hubiera sido añadida a mayores cantidades.

Cuadro 4. Resultados de rendimiento de cocción y porcentaje de humedad de los chorizos.

Tratamiento	Rendimiento de cocción (%)	Humedad(%)
	Media \pm D.E ^{NS}	Media \pm D.E ^{NS}
Control positivo (150 ppm NaNO ₂)	97.20 \pm 0.87	62.09 \pm 1.87
T1 (75 ppm NaNO ₂)	97.29 \pm 0.76	62.38 \pm 2.07
T2 (14% jugo de apio)	97.33 \pm 0.55	63.16 \pm 2.97
T3 (7% jugo de apio)	97.26 \pm 0.67	62.58 \pm 2.97
CV(%)	0.47	2.76

^{NS} No existen diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$)

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

Análisis microbiológico. Los análisis microbiológicos fueron realizados el día 1 después de la cocción en planta. Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los criterios microbiológicos permitidos según la Reglamentación Salvadoreña (NSO 67.02.13.98), que establece un máximo conteo de mesófilas aerobias (<5 Log UFC/g), Coliformes totales (<10 Log UFC/g) y *E. coli* (<1 Log UFC/g) para ser degustados en el análisis sensorial.

En el cuadro 5 se puede observar que la cantidad de coliformes totales y *E.coli* fueron menores a un log de unidades formadoras de colonias por gramo, encontrándose dentro de los límites establecidos en la norma utilizada. Se debe destacar que el nitrito no inhibe a las bacterias gram negativos como la *Escherichia coli*. Así mismo, es incierto si la importancia del nitrito para la función antimicrobiana está influenciada por la cantidad del nitrito agregado o residual, o si ambos tienen consideración importante en el impacto antimicrobiano de los productos cárnicos especialmente *Clostridium botulinum* (Sebranek 2015). Las cantidades de bacterias mesofilas se encontraron dentro del rango aceptado por la norma (< 5 Log UFC/g) atribuyendo los valores a las buenas prácticas de manufactura dentro de la planta.

En la Planta de Cárnicos de Zamorano no existe prevalencia de *Escherichia coli* en la canal de res por los diferentes puntos críticos de control existentes; basado en evidencia pasada se sugiere que el producto se elaboró con materia prima libre de este patógeno (Blandón 2018), es importante tener en cuenta a la sustitución de sal de cura como un área a la cual se debe prestar mucha atención cuando se consideran los cambios en las formulaciones e ingredientes del producto.

Aunque no fue parte del análisis del estudio, se ha evidenciado que cantidades tan mínimas como 50 a 100 ppm de nitrito otorgan características antimicrobianas necesarias en los productos cárnicos especialmente en el crecimiento de *Clostridium botulinum* los primeros días después del cocido. Las cantidades bajas de nitrito fueron implementadas con fines investigativos, siempre manteniéndose en refrigeración por una corta cantidad de tiempo. Los valores estudiados no son recomendados ser usados a niveles comerciales por la probabilidad de mal manejo y el abuso de la temperatura, siendo 156 ppm NaNO₂ una póliza de seguro efectiva hacia los consumidores después de la compra del producto.

Cuadro 5. Resultado de recuentos microbiológico de los tratamientos.

Análisis		Coliformes totales	Mésofilos aerobios
		Log (UFC/g)	Log (UFC/g)
		Media ± D.E ^{NS}	Media ± D.E ^{NS}
Control positivo	(150 ppm NaNO ₂)	<1	3.54 ± 0.95
T1	(75 ppm NaNO ₂)	<1	3.27 ± 0.72
T2	(14% jugo de apio)	<1	3.18 ± 0.32
T3	(7% jugo de apio)	<1	3.17 ± 0.31
CV (%)			17.40

^{NS} No existen diferencias significativas entre tratamientos (P > 0.05)

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

Análisis sensorial. No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos en la aceptación de los atributos apariencia, color, textura, sabor y aceptación de los chorizos parrilleros, los niveles de aceptación dentro de la escala hedónica fueron de “me gusta moderadamente”, exceptuando el color que fue considerado en los valores intermedios entre “me gusta poco” y “me gusta moderadamente” resultado atribuido principalmente al método de cocción antes de ser servidos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultado de análisis sensorial de aceptación en chorizos parrilleros.

Tratamiento	Apariencia	Color	Textura	Sabor	Aceptación General
	Media \pm D.E ^{NS}				
C+ (150 ppm NaNO ₂)	6.89 \pm 1.58	6.77 \pm 1.61	7.04 \pm 1.50	7.22 \pm 1.45	7.06 \pm 1.47
T1 (75 ppm NaNO ₂)	7.00 \pm 1.49	6.86 \pm 1.58	7.07 \pm 1.34	7.31 \pm 1.43	7.20 \pm 1.42
T2 (14% jugo de apio)	7.05 \pm 1.66	6.98 \pm 1.62	7.31 \pm 1.47	7.45 \pm 1.46	7.36 \pm 1.44
T3 (7% jugo de apio)	7.12 \pm 1.41	6.99 \pm 1.43	7.12 \pm 1.45	7.25 \pm 1.46	7.32 \pm 1.35
CV (%)	21.13	21.84	19.84	19.45	18.91

^{NS} No existen diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$)

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

La cantidad de jugo añadido (7-14%) a la formulación es aproximada a la adición de (0.55-0.27%) como polvo vegetal (datos no mostrados), el cual, está dentro de un nivel aceptable de tolerancia en el sabor, tomando como referencia autores que presenciaron diferencias en sus productos cárnicos con adición de nitrito vegetal a concentraciones de (0.35-1%). El bajo contenido de vegetal en productos cárnicos se debe al límite legal establecido menor a 3%, por esta razón se utilizan productos deshidratados o polvos en los diferentes estudios (Tahmouzi *et al.* 2012).

Investigaciones han determinado que los consumidores no generan un nivel de aceptabilidad cambiante dentro de rangos de nitritos cercanos (120–50 mg/kg), lo que aplicado a nuestro estudio, puede ser otorgado a similar sabor curado en los resultados obtenidos (Ruiz *et al.* 2016). No se acepta o niega la presencia de sabor residual, por no evaluarse, teniendo a todos los tratamientos dentro del rango “me gusta moderadamente” sobre el sabor, infiriendo que los panelistas no rechazan la presencia de apio en los chorizos.

Seguramente la formulación carente de especias y otros agentes que acentúan el sabor de la carne influyó en los valores de aceptación general del consumidor. Contradiendo el estudio de Sindelar *et al.* (2007) que estipula que a mayor cantidad de apio se reducen los niveles de aceptación en sabor, aunque esto no siempre es cumplido ya que depende tanto de la pureza del extracto, como el tipo de producto cárnico que se está evaluando (Redfield y Sullivan 2015; Choi *et al.* 2017; Riel *et al.* 2017).

Jin *et al.* (2018) en su estudio recomendaron que el uso de bajas cantidades de apio presenta características similares en la aceptabilidad del producto original. La falta de diferencias significativas en el análisis sensorial de esta fase es un área que requiere investigación, siendo una opción para la planta de cárnicos en la elaboración de chorizo no curado.

Análisis de preferencia. No se encontró diferencias significativas ($P > 0.5$) en el nivel de preferencia (Figura 3), sugiriendo que la cantidad y fuente de nitrito en los chorizos parrilleros no generó una inclinación de preferencia entre los 103 panelistas. Los resultados presentes van acorde a la prueba sensorial de aceptación, donde tampoco se presentaron diferencias entre tratamientos, al considerar que la preferencia está directamente influenciada a las características sensoriales, tiene sentido que ambas tuvieran la misma respuesta ante los consumidores (Hwang *et al.* 2017).

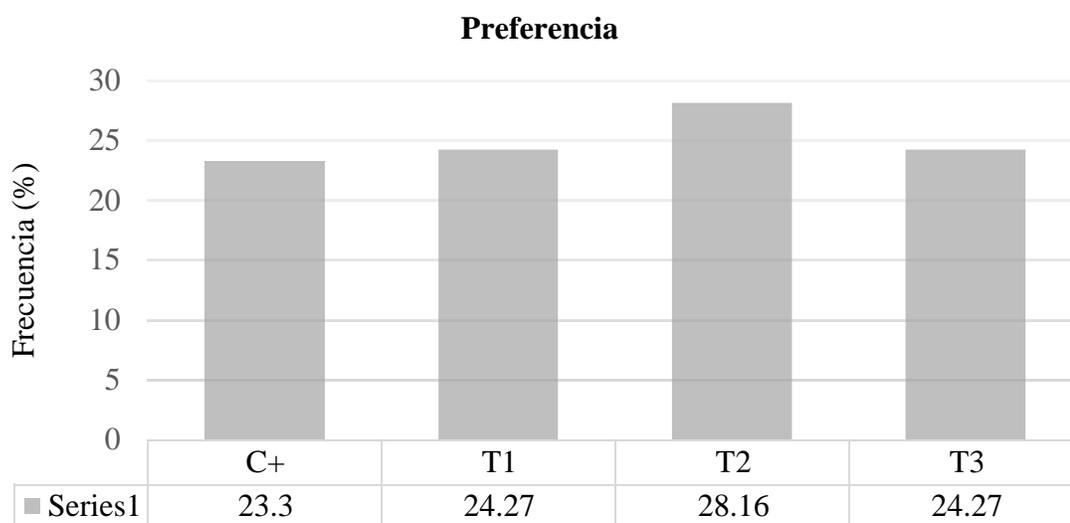


Figura 3. Resultado del análisis de preferencia sensorial en chorizo parrillero.

Control positivo (150 ppm NaNO₂)
 T1 (75 ppm NaNO₂)
 T2 (14% jugo de apio)
 T3 (7% jugo de apio)

Fase I.

Análisis de materia prima. En esta fase se estimó la cantidad de nitrato presente en el jugo de apio, resultando en 4004.24 ± 657.27 mg/kg NO₃, encontrado dentro del rango según el estudio de Nuñez *et al.* (2015) con valores que oscilan de 200 a 5000 ppm en apio. Así mismo, su cantidad puede ser considerada segura y no causaría toxicidad s al ser menor de 7000 ppm NO₃. El contenido de nitrato en el jugo vegetal es único del presente estudio, ya que las cantidades presentes en la materia prima podrían variar dependiendo del manejo en campo, entre los cuales se destacan: el pH del suelo, el clima, tipo de fertilizante, la cantidad

agua disponible y la etapa fenológica en la que se encuentra el apio al momento de la cosecha (Brkić *et al.* 2017; Colla *et al.* 2018).

La cantidad entrante estimada como nitrato de sodio (NaNO_3) a las formulaciones se muestra en el Cuadro 7. Los valores presentados son menores a 1714 ppm NaNO_3 , encontrándose dentro de las cantidades máximas permitidas como nitrato en salchichas. Esto sugiere que existe cantidad suficiente para ser convertida a nitrito dentro de niveles seguros (USDA 1995).

Cuadro 7. Cantidad de nitrato de sodio entrante (NaNO_3 mg/Kg) en las formulaciones.

Tratamiento	NaNO_3 mg/Kg
T2 (14% jugo de apio)	969.60 ± 157.58
T3 (7% jugo de apio)	484.79 ± 78.79
CV (%)	17.13

CV: Coeficiente de variación.

Fase II.

Análisis de pH. Es importante de evaluar el potencial de hidrógeno de un producto cárnico por su influencia en la textura, retención de agua, resistencia antimicrobiana y color del mismo (Horsh *et al.* 2014). Las medias y desviaciones estándares de los tratamientos se presentan en el cuadro 8. El control positivo obtuvo el mayor valor entre las diferentes formulaciones al día 0 después de su cocción ($P < 0.05$).

Cuadro 8. Resultado de pH en formulación de chorizo de cerdo.

Tratamiento	pH
	Media ± D.E
Control positivo (150 ppm NaNO_2)	6.58 ± 0.20 ^A
T1 (75 ppm NaNO_2)	6.51 ± 0.21 ^B
T2 (14% jugo de apio)	6.41 ± 0.23 ^C
T3 (8% jugo de apio)	6.37 ± 0.18 ^C
Control negativo (0 ppm NaNO_2)	6.53 ± 0.20 ^B
CV (%)	0.69

^{ABC} Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

El potencial de hidrógeno está influenciado por diferentes ingredientes presentes en la formulación que impactan el valor final del producto. Las muestras incubadas (T2 y T3) obtuvieron el menor valor, debido a la presencia de bacterias y su formación de ácido láctico que genera una disminución de pH en relación a las demás formulaciones. Lo anterior va

acorde al estudio de Sindelar *et al.* (2007), quienes usaron la incubación dentro de la materia cárnica y encontraron reducción de pH entre tratamientos no curados una vez ocurrida la acción bacteriana.

Análisis de color. El color interno de los tratamientos evaluados al día 0 después de la cocción en baño maría se presenta a continuación:

Las medias y desviaciones estándares de color L* de los tratamientos al día 0 después de cocción se presentan en el cuadro 9. Al comparar el valor de luminosidad de los diferentes productos cárnicos, se pudo presenciar diferencias significativas entre el tratamiento con mayor adición de jugo de apio T2 a comparación de los demás tratamientos (C+; C-; T1, T3) ($P < 0.05$), observando como la luminosidad se ve afectada por la adición de jugo de apio en las formulaciones, generando una tonalidad más oscura. Las muestras T2 (14% JAC) y T3 (7% JAC) presentaron diferencias significativas en la luminosidad ($P < 0.05$), dada la influencia de diferentes cantidades de jugo de apio añadidas.

Aunque las formulaciones disponían de diferentes cantidades y fuentes de nitrito, la similitud ($P > 0.05$) entre C+ (150 ppm NaNO_2), C- (0 ppm NaNO_2) y T3 es un comportamiento que se muestra en anteriores estudios, tomando como referencia la investigación de Djeri y Williams (2014), los cuales manifiestan que niveles bajos de apio en embutidos no curados suelen obtener valores L* similares o menores comparados a los curados convencionalmente.

Cuadro 9. Resultados del valor L* presente en los tratamientos.

Tratamiento	L*	
	Media \pm D.E	
Control positivo (150 ppm NaNO_2)	61.27 \pm 3.28 ^{AB}	
T1 (75 ppm NaNO_2)	61.95 \pm 2.23 ^A	
T2 (14% jugo de apio)	59.77 \pm 2.29 ^C	
T3 (7% jugo de apio)	60.13 \pm 1.68 ^B	
Control negativo (0 ppm NaNO_2)	61.24 \pm 1.26 ^{AB}	
CV (%)	1.75	

^{ABC} Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

L*: (0 =negro; 100 =blanco)

En productos cárnicos el color rosado se da gracias a la interacción del nitrito con la mioglobina, generando nitrosomioglobina (rojo), la cual en presencia de calor se convierte en nitrosilhemocromo (rosa), conversión importante para obtener aceptación por parte del consumidor.

Se manifiesta que el nivel de enrojecimiento en productos “curados naturalmente” no depende de la concentración vegetal, si no, de la eficiencia de incubación manejada y la cantidad de nitrato inicial, contrario a los curados donde a mayor cantidad de sal de cura mayor valor a* después de cocción (Sindelar *et al.* 2007b). Un estudio en jamones producidos con similar metodología, resultó en que todos los tratamientos con cantidades mayores o similares a 50 ppm independiente de la fuente fueron estadísticamente iguales (Sindelar y Milkowski 2011; Myers *et al.* 2013).

En el Cuadro 10 se aprecia los resultados obtenidos referentes al valor a*. La formulación C- (0 ppm) mostró el menor valor de todos los tratamientos ($P > 0.05$) influenciado por la acción enzimática de la carne, desnaturalización de las proteínas al contacto con calor y la formación de metamioglobina (café), al contrario de las formulaciones con disponibilidad de nitrito (C+, T1, T2, T3) que en contacto con el calor forman nitrosilhemocromo (rosa) (Hwang *et al.* 2017).

Cuadro 10. Resultados del valor a* presente en los tratamientos

Tratamiento	a*	
	Media \pm D.E	
Control positivo (150 ppm NaNO ₂)	9.95 \pm 1.10 ^A	
T1 (75 ppm NaNO ₂)	9.51 \pm 0.91 ^{AB}	
T2 (14% jugo de apio)	9.00 \pm 1.63 ^{AB}	
T3 (8% jugo de apio)	8.53 \pm 1.14 ^B	
Control negativo (0 ppm NaNO ₂)	5.73 \pm 1.14 ^C	
CV (%)	1.42	

^{ABC} Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

a*: (-60=verde; +60=rojo)

Los tratamientos C+, T1, T2 no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$). Esta similitud se hace más apreciable al considerar que se siguió un mismo proceso de cocido, hasta alcanzar una temperatura interna ideal (> 60 °C) para producir un color estable. Sumado a la referencia que demuestra como cantidades de nitrito entre (70 – 150 ppm NaNO₂) (Sindelar y Milkowski 2011), no genera diferencias en el color rojo los primeros días después de cocción. Lo anterior pudiera ser considerado como evidencia de una conversión efectiva y una cantidad de nitrito inicial cercano a estos valores (± 70 ppm NaNO₂) en T2.

Tanto la similitud con T1, T2 y diferencia estadística con C+ en el tratamiento T3, son útiles para afirmar la presencia de nitrito convertida. Referenciando al estudio de Sindelar y Milkowski (2011) que reportaron como cantidades de nitrito iniciales entre (35 -125 ppm NaNO₂) no generan diferencia en qué tan rojo se percibe objetivamente el color lo primeros días después de cocido. Aun así, los mismos autores dan a conocer que cantidades mínimas (10 ppm) podrían generar el color rojizo deseado.

Al analizar las referencias mencionadas y dado el color rojizo presente, se podría obtener evidencia que sustente que la cantidad de nitrato añadida como de jugo de apio haya sido convertida a nitrito por la eficiencia de la incubación en T2 y T3,. La similitud de a* en ambos tratamientos a comparación de T1 (70 ppm NaO₂), dan a conocer el desarrollo del color característico de un producto, asegurando que existió nitrito disponible para la formación de nitrosilhemocromo, aunque desconociendo la cantidad real existente.

En el Cuadro 11 se puede apreciar los valores b* obtenidos (-60=azul; +60=amarillo) de los tratamientos. La formulación C- (0 ppm NaNO₂) obtuvo la tonalidad más amarilla a comparación del resto (P < 0.05). Esta diferencia es otorgada a los cambios químicos que presenta la carne en contacto con el calor. Las muestras no curadas con adición de apio T2 y T3 fueron similares (P > 0.05), mostrando a T3 como superior y diferente (P < 0.05) en comparación a las formulaciones con adición de sal de cura C+ y T1. Estos resultados van acorde a varios autores, que observaron tonalidades más amarillas (+b*) en las formulaciones cárnicas con adición de fuentes vegetales, dada la presencia de pigmentos en el jugo de apio (Sindelar *et al.* 2010; Myers *et al.* 2013; Horsch *et al.* 2014; Redfield y Sullivan 2015; Pietrasik *et al.* 2017).

Las diferencias en b* son efecto tanto por la concentración como fuente de nitrito, teniendo evidencia de una relación inversa entre cantidad de nitrito (NO₂) y valor b*. Entre mayor cantidad añadida de NO₂ menor amarillez tiende a poseer el producto (Jin *et al.* 2018). Si se toma de manera literal las referencias, se esperaría que los valores de amarillez en carne cocida disminuyan a mayor adición de nitrito y aumentaran con el jugo apio.

Sin embargo, se reporta en la literatura que al aumentar el nivel de extracto o jugo vegetal se disminuye b*, siempre que estos presenten cantidades de nitrito disponibles. Evidenciado en el presente estudio ya que T2 (14% JA) es similar a T1 y posee una media mayor que T3 (7% JA) en una conversión nitrato reductora dado por parte de las bacterias ácido lácticas en el proceso incubación (Kim *et al.* 2017; Shin *et al.* 2017; Hwang K *et al.* 2018).

Cuadro 11. Resultados del valor b* presente en los tratamientos.

Tratamiento	b*
	Media ± D.E
Control positivo (150 ppm NaNO ₂)	11.12 ± 0.54 ^D
T1 (75 ppm NaNO ₂)	11.34 ± 0.59 ^{CD}
T2 (14% jugo de apio)	11.95 ± 0.72 ^{BC}
T3 (8% jugo de apio)	12.35 ± 1.20 ^B
Control negativo (0 ppm NaNO ₂)	15.43 ± 0.69 ^A
CV (%)	0.72

^{ABCD} Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (P < 0.05).

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

b*: (-60=azul; +60=amarillo).

Es necesario analizar el cambio de color $L^* a^* b^*$, ya que de este depende la percepción de los consumidores y las diferencias de color total percibida de manera objetiva. El resultado de los tratamientos es mostrado en el cuadro 12. Tomando al Control positivo (150 ppm) como referencia, por lo cual no posee ningún valor.

Los resultados presentes sugieren que el control negativo, es considerado un color diferente comparado al control y estadísticamente diferente a las demás formulaciones ($P < 0.05$), su valor de 6.53 toma significancia considerando que valores ΔE^* mayores a 5 son percibibles de manera inmediata por el ojo no entrenado (Sharma *et al.* 2005) .

Las diferencias de color de T1 a comparación de C+ son mínimas, ya que un valor de 1.30 puede ser notado solamente por un ojo entrenado. Mientras T2 y T3 no presentan diferencias significativas ($P > 0.05$). presentando una media con valor de 3.13 y 2.73 respectivamente, que según la escala ΔE^* significa que el ojo no entrenado puede percibir una moderada diferencia de color a comparación del control positivo (Sheard y Gordon 2012).

El color cambiante entre la formulación se debió a la sustitución, reducción y eliminación de sal de cura en los tratamientos. El cambio notorio de color en el control negativo es determinante para verificar la importancia del nitrito en los productos cárnicos, la fuente de nitrito es una variable importante, ya que el color final del producto depende del vegetal a usar. El tallo de apio, a comparación de otras hortalizas posee un color pálido, por eso se ha convertido en un ingrediente clave al momento de producir embutidos y carnes “no curadas” (DataColor 2008; AMSA 2012)

La influencia del tiempo al momento realizar el análisis (día 0) es desventajoso para discutir a más detalle sobre los resultados obtenidos, ya que los valores $L^* a^*$ y b^* descritos en el procedimiento al no considerar como la disminución del color de embutidos no curados, es más rápida a través de los días. Su implementación a nivel comercial aún faltaría ser evaluada.

Cuadro 12. Diferencia Delta E (ΔE^*) presente en los tratamientos.

Tratamiento	ΔE^*
	Media \pm D.E
Control positivo (150 ppm NaNO ₂).	REF
T1 (75 ppm NaNO ₂)	1.30 \pm 0.56 ^A
T2 (14% jugo de apio)	3.13 \pm 1.22 ^B
T3 (8% jugo de apio)	2.73 \pm 1.18 ^B
Control negativo (0 ppm NaNO ₂)	6.53 \pm 1.65 ^C
CV (%)	38.52

^{ABC} Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

^{REF} Valor referencia.

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

ΔE^* : Cambio de color $L^* a^* b^*$.

Análisis sensorial. En el cuadro 13 se presentan los resultados de la preferencia sensorial de color. No se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos y el control positivo sobre la aceptación del color, su nivel dentro de la escala hedónica fue reconocido cercano a 6 “ni me gusta/ni me disgusta”, atribuido al color desarrollado el primer día después de la cocción. Este resultado es de gran importancia ya que según los resultados objetivos de diferencias de color (ΔE^*) $L^* a^* b^*$, aunque sí existe diferencias moderadas de color en comparación al control, los consumidores no presentaron una inclinación sobre la aceptación de los tratamientos, a excepción del control negativo que tuvo un valor de 3, “me disgusta moderadamente”.

Cuadro 13. Resultados de aceptación sensorial de color en las formulaciones.

Tratamiento	Color
	Media \pm D.E
Control positivo (150 ppm NaNO ₂).	6.02 \pm 1.86 ^A
T1 (75 ppm NaNO ₂)	5.82 \pm 1.70 ^A
T2 (14% jugo de apio)	6.31 \pm 1.85 ^A
T3 (8% jugo de apio)	5.74 \pm 2.11 ^A
Control negativo (0 ppm NaNO ₂)	3.43 \pm 1.92 ^B
CV (%)	33.71

^{NS} No existen diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$)

D.E: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

Análisis de Preferencia. Se encontraron diferencias de preferencia ($P < 0.05$) entre las formulaciones (C+, T1, T2, T3, C-). Teniendo a (T2; T3) como los tratamientos con mayor nivel de preferencia ($P = 0.5287$). Esto pudo estar asociado a la tonalidad más oscura, reflejada en una ligüera diferencia objetiva de color. Aparentando, lo que se denomina coloquialmente un color “dorado”, dado en embutidos sometidos una cocción domestica siendo asimilado como mejor sabor (Mohamed *et al.* 2016).

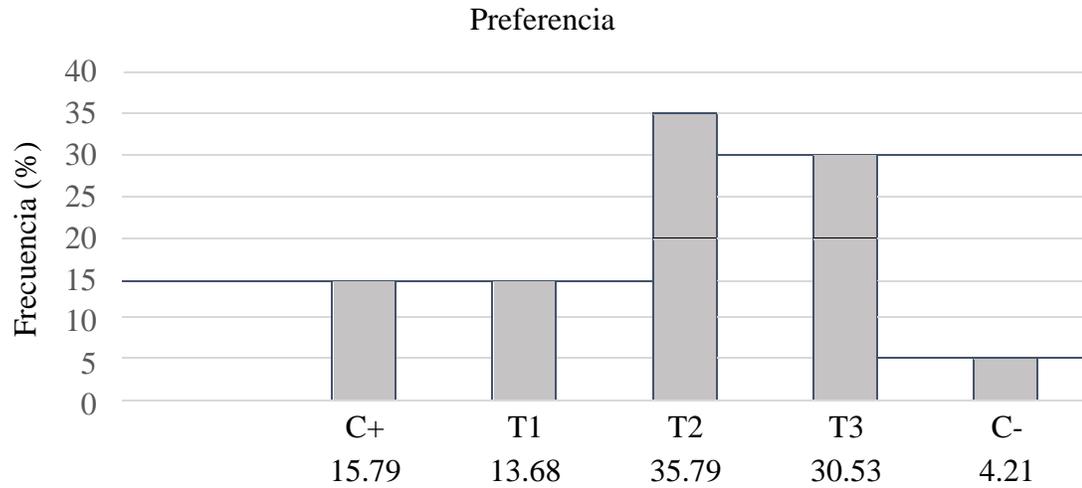


Figura 4. Resultados de preferencia sensorial entre las formulaciones.

- C+ Formulación con 150 ppm NaNO₂.
- T1 Formulación con 75 ppm NaNO₂.
- T2 Formulación con 16% jugo de apio.
- T3 Formulación con 8% jugo de apio.
- C- Formulación con 0 ppm NaNO₂.

Pr > ChiSq (< 0.05)

T2 T3: Pr > ChiSq = 0.528

4. CONCLUSIONES

- La cantidad estimada de nitrato entrante en el jugo de apio se encontró dentro de los límites permitidos en productos curados, aunque su uso comercial es limitado al no conocerse la cantidad de nitrito convertida al final de la incubación.
- La adición de jugo de apio e incubación aplicada generan cambios significativos en la luminosidad de las formulaciones, presentando un ligero cambio de color en comparación del control, con 150 ppm de nitrito de sodio.
- La adición de jugo de apio e incubación con BAL en chorizos parrilleros cocinados no afecta la aceptación y preferencia, aunque en formulaciones “curadas naturalmente” obtiene similar aceptación y mayor preferencia sensorial en el color presentado.

5. RECOMENDACIONES

- Implementar una metodología de pre conversión de apio, sumado al proceso de incubación (35 °C/95% HR/2 h) dentro de la materia prima cárnica para aumentar la cantidad de nitrito añadido según las diferentes reglamentaciones.
- Estudiar la metodología descrita, en productos de la planta de cárnicos que contengan baja aw y altos niveles de NaCl evaluando su estabilidad sensorial a través del tiempo.
- Realizar investigaciones de la sustitución de sal de cura con polvos vegetales comerciales disponibles en productos de la planta de cárnicos.

6. LITERATURA CITADA

- 3M Food Safety. 2011. Sistema 3M™ de detección molecular de patógenos. Puro y simple. Minnesota, MN.
- Abdulhameed A, Yang T, Abdulkarim A. 2016. Kinetic of Texture and Colour Changes in Chicken Sausage During Superheated Steam Cooking. Polonia. Pol. J. Food Nutr. Sci. Polonia. 66 (3):199-2019. eng. doi: 10.1515/pjfn-2015-0044
- Alahakoon A, Jayasena D, Ramachandra S, Jo C. 2015. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. J Trends Food Sci & Tech. 45(1):37–49. eng doi:10.1016/j.tifs.2015.05.008.
- AMSA, American Meat Science Association 2012. Meat Color Measurement Guidelines. USA:. 136 p. [Consultado el 15 de oct. De 2019] <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemist. 2012. AOAC Official Method 950.46 Loss on Drying (Moisture) in Meat.
- APHA- AWWA- WEF. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23;1543-1546. [Consultado 10 de jul. de 2019]. eng 10.2105/SMWW.2882.089
- Bactoferm™. 2009. Meat Manual: Fermented sausages with Chr. Hansen starter cultures. USA: Bactoferm™. vol. 1. 22 p. [Consultado 10 de ago. 2019]. https://hjemmeriet.com/da/ChrHansen/Brochures/Meat%20manual_UK.pdf
- Blandón D. 2018. Prevalencia de *Escherichia coli* O157 y *Salmonella* en canales de res en la planta de cárnicos. [Tesis] Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 37 p. [Consultado 7 de sep. de 2019]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6223/1/AGI-2018-T010.pdf>.
- Brkić D, Bošnjir J, Bevardi M, Bošković AG, Miloš S, Lasić D, Krivohlavek A, Racz A, Čuić AM, Trstenjak NU. 2017. Nitrate in leafy green vegetables and estimated intake. Afr J Tradit Complement Altern Med. 14(3):31–41. eng. doi:10.21010/ajtcam.v14i3.4.
- Choi Y, Kim T, Jeon K, Park J, Kim H, Hwang K, Kim Y. 2017. Effects of Pre-Converted Nitrite from Red Beet and Ascorbic Acid on Quality Characteristics in Meat Emulsions. Korean J Food Sci Anim Resour. 37(2):288–296. eng. doi:10.5851/kosfa.2017.37.2.288.

- Colla G., Kim H. J., Kyriacou M. C., Rouphael Y. 2018. Nitrate in fruits and vegetables. *Sci. Hortic.* 237; 221–238. eng. doi:10.1016/j.scienta.2018.04.016
- DataColor. 2008. Colour Differences and tolerance: Commercial Color Acceptability. USA. [Consultado 13 de ago. de 2019]. https://knowledgebase.datacolor.com/admin/attachments/color_differencestolerances.pdf.
- Djeri N. 2010. Evaluation of Veg Stable™ 504 celery juice powder for use in processed meat and poultry as a nitrite replacer. [Tesis] USA: University of Florida. 129 p.
- Djeri N, Williams S. 2014. Celery Juice Powder Used as Nitrite Substitute in Sliced Vacuum-Packaged Turkey Bologna Stored at 4C for 10 Weeks Under Retail Display Light. *J Food Qual.* 37(5):361–370. eng. doi:10.1111/jfq.12102.
- Durigon A, Souza P, Carciofi B, Laurindo J. 2016. Cast-tape drying of tomato juice for the production of powdered tomato. *Food and Bioproducts Process.* 100:145–155. eng. doi:10.1016/j.fbp.2016.06.019.
- Eisinaite V, Vinauskiene R, Pranas V, Leskauskaite D. 2016. Effects of Freeze-Dried Vegetable Products on the Technological Process and the Quality of Dry Fermented Sausages. *J Food Sci.* 81(9):C2175-82. eng. doi:10.1111/1750-3841.13413.
- Gøtterup J, Olsen K, Knøchel S, Tjener K, Stahnke L, Møller J. 2008. Colour formation in fermented sausages by meat-associated staphylococci with different nitrite- and nitrate-reductase activities. *Meat Sci.* 78(4):492–501. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2007.07.023.
- Haiying W, Shaozhi Z, Guangming C. 2007. Experimental study on the freezing characteristics of four kinds of vegetables. *LWT.* 40(6):1112–1116. eng. doi:10.1016/j.lwt.2006.06.001.
- Horsch A, Sebranek J, Dickson J, Niebuhr S, Larson E, Lavieri N, Ruther B, Wilson L. 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.
- Hwang K, Kim T, Kim H, Oh N, Kim Y, Jeon K, Choi Y. 2017. Effect of fermented red beet extracts on the shelf stability of low-salt frankfurters. *Food Sci Biotechnol.* 26(4):929–936. eng. doi:10.1007/s10068-017-0113-3.
- Hwang K, Kim T, Kim H, Seo D, Kim Y, Jeon K, Choi Y. 2018. Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage. *Asian-australas J Anim Sci.* 31(8):1358–1365. eng. doi:10.5713/ajas.17.0767.
- ISO, International Standardization Organization. 1984. Fruits, vegetables and derived products: Determination of nitrite and nitrate content. USA. 5 p. [actualizado 1984]. <https://www.iso.org/standard/13052.html>
- Jin S, Choi J, Yang H, Park T, Yim D. 2018. Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Sci.* 146:34–40. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2018.07.032.

- Khalilian Movahhed M, Mohebbi M. 2016. Spray Drying and Process Optimization of Carrot-Celery Juice. *Journal of Food Processing and Preservation*. 40(2):212–225. eng. doi:10.1111/jfpp.12598.
- Kim T, Kim Y, Jeon K, Park J, Sung J, Choi H, Hwang K, Choi Y. 2017. Effect of Fermented Spinach as Sources of Pre-Converted Nitrite on Color Development of Cured Pork Loin. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 37(1):105–113. eng. doi:10.5851/kosfa.2017.37.1.105.
- Larsson S, Orsini N, Wolk A. 2006. Processed Meat Consumption and Stomach Cancer Risk: A Meta-Analysis. *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*. 98(15):1078–1087. eng. doi:10.1093/jnci/djj301.
- Madamba P, Liboon F. 2001. Optimization of the vacuum dehydration of celery (*apium graveolens*) using the response surface methodology. *Drying Technology*. 19(3-4):611–626. eng. doi:10.1081/DRT-100103938.
- Mohamed H, Emara M, Nouman T. 2016. Effect of cooking temperatures on characteristics and microstructure of camel meat emulsion sausages. *J Sci Food Agric*. 96(9):2990–2997. eng. doi:10.1002/jsfa.7468.
- Morot S, Leroy S, Talon R. 2007. Monitoring of staphylococcal starters in two French processing plants manufacturing dry fermented sausages. *J Appl Microbiol*. 102(1):238–244. eng. doi:10.1111/j.1365-2672.2006.03041.x.
- Myers K, Cannon J, Montoya D, Dickson J, Lonergan S, Sebranek J. 2013. Effects of high hydrostatic pressure and varying concentrations of sodium nitrite from traditional and vegetable-based sources on the growth of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat (RTE) sliced ham. *Meat Sci*. 94(1):69–76. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2012.12.019.
- NSO 67.02.13.98, Norma Salvadoreña: Carne y productos Cárnicos. Embutidos crudos y cocidos. 2013. [Consultado el 1 de sep. de 2019]. https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/EMBUTIDOS/ns_o67.02.13.98%20EMBUTIDOS.pdf
- Nuñez M, Osburn W, Hardin M, Longnecker M, Garg H, Keeton J. 2015. A survey of nitrate and nitrite concentrations in conventional and organic-labeled raw vegetables at retail. *J food Sci*. 80(5):942–9. eng. doi:10.1111/1750-3841.12858.
- OMS, Organización Mundial de la Salud. 2015. Carcinogenicidad del consumo de carne roja y de la carne procesada. USA; [Consultado el 30 de sept. de 2019]. <https://www.who.int/features/qa/cancer-red-meat/es/>.
- Pietrasik Z, Gaudette NJ, Johnston SP. 2017. The impact of high hydrostatic pressure on the functionality and consumer acceptability of reduced sodium naturally cured wieners. *Meat Sci*. 129:127–134. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2017.02.020.
- Regan S. 2016. Effects of salt and nitrite concentration on the shelf life of deli-style ham. . 126 p. [Tesis]. USA; University of Nebraska. [Consultado el 30 de sep. de 2019]. <http://digitalcommons.unl.edu/animalscidiss/119>

- Redfield AL, Sullivan GA. 2015. Effects of conventional and alternative curing methods on processed turkey quality traits. *Poult Sci.* 94(12):3005–3014. eng. doi:10.3382/ps/pev299.
- Riel G, Boulaaa A, Popp J, Klein G. 2017. Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages - Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. *Meat Sci.* 131:166–175. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2017.05.007.
- Ruiz C, Herrero A, Tahmouzi S, Razavi H, Triki M, Rodríguez L, Samcová K, Jiménez F. 2016. Properties of reformulated hot dog sausage without added nitrites during chilled storage. *Food Sci Technol Int.* 22(1):21–30. eng. doi:10.1177/1082013214562919.
- Santarelli R, Pierre F, Corpet D. 2008. Processed meat and colorectal cancer: a review of epidemiologic and experimental evidence. *Nutr Cancer.* 60(2):131–144. eng. doi:10.1080/01635580701684872.
- Sebranek J. 2015. An Overview of Functional Non-Meat Ingredients in Meat Processing: The Current Toolbox. USA: American Meat Science Association. 6 p. [Consultado el 28 de jul. de 2019] http://lib.dr.iastate.edu/ans_conf/4.
- Sebranek J, Jackson A, Myers K, Lavieri N. 2012. Beyond celery and starter culture: advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Sci.* 92(3):267–273. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2012.03.002.
- Sharma G, Wu W, Dalal EN. 2005. The CIEDE2000 color difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Res. Appl.* 30(1):21–30. eng. doi:10.1002/col.20070.
- Sheard K, Gordon L, inventores; HunterLab, cesionario. EasyMatch QC 4.70 and Above User's Manual. 949 p. [Consultado 14 de agt. de 2019]. <https://colourmeasure.com/perch/resources/easymatch-qc-manual-for-colorquest-xe.pdf>
- Shin D, Hwang K, Lee C, Kim T, Park Y, Han S. 2017. Effect of Swiss Chard (*Beta vulgaris* var. *cicla*) as Nitrite Replacement on Color Stability and Shelf-Life of Cooked Pork Patties during Refrigerated Storage. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 37(3):418–428. eng. doi:10.5851/kosfa.2017.37.3.418.
- Sindelar J, Cordray J, Sebranek J, Love J, Ahn D. 2007a. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *J Food Sci.* 72(6):S388-95. eng. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00404.x.
- Sindelar J, Cordray J, Sebranek J, Love J, Ahn D. 2007b. Effects of vegetable juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked sausages. *J Food Sci.* 72(5):S324-32. eng. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00369.x.

- Sindelar J, Milkowski A. 2011. Sodium Nitrite in Processed Meat and Poultry Meats: A Review of Curing and Examining the Risk/Benefit of Its Use. USA: American Meat Science Association. [Consultado el 4 de jun. de 2019] <http://www.meatscience.org/SodiumNitriteReview.aspx>
- Sindelar J, Terns M, Meyn E, Boles J. 2010. Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky. *Meat Sci.* 86(2):298–303. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.028.
- Tahmouzi S, Razavi S, Safari M, Emam-Djomeh Z. 2012. Influence of beet sugar, calcium lactate, and *Staphylococcus xylosus* (with nitrate reductase activity) on the chemical, microbiological, and sensorial properties of Persian uncured frankfurters. *J Food Sci.* 77(10):565-71. eng. doi:10.1111/j.1750-3841.2012.02754.x.
- Tarté R. 2009. *Ingredients in Meat Products*. New York, USA: Springer. [Consultado el 3 de jul. de 2019]. eng. doi: 10.1007/978-0-387-71327-4.
- Tarver T. 2019. Are Nitrates and Nitrites Misunderstood. USA. IFT. 4 p; [actualizado 2019]. [Consultado el 5 de sep. de 2019]. <https://www6.ift.org/EcomPlus/SSO/SignIn.aspx?redirect=http%3a%2f%2fwww.ift.org%2ffoodtechnology%2fpastissues%2f2019%2fjanuary%2ffeatures%2fare-nitrates-and-nitritesmisunderstood.aspx>. USDA. United States Department of Agriculture.1995. *Processing Inspectors' Calculations Handbook*. 138 p. [actualizado 1995]. [Consultado el 21 de jul. de 2019]. <https://www.aamp.com/foodsafety/documents/Directive7620-3.pdf>.
- Wang X, Ren H, Wang W, Xie Z. 2016. Effects of a Starter Culture on Histamine Reduction, Nitrite Depletion and Oxidative Stability of Fermented Sausages. *J Food Saf.* 36(2):195–202. eng. doi:10.1111/jfs.12227.

7. ANEXOS

Anexo 1. Boleta física de evaluación sensorial y preferencia de color en fase II.

COLOR DE CARNE

Indicaciones: A continuación, se le presentarán cinco muestras de carne dentro de un plato petri, obsérvelas atentamente evaluándolas de izquierda a derecha, marque con una “X” de acuerdo a su evaluación. Al final ordene de mayor a menor según su preferencia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
me disgusta extremadamente	me disgusta mucho	me disgusta moderadamente	me disgusta poco	ni me disgusta/ni me gusta	me gusta poco	me gusta moderadamente	me gusta mucho	me gusta extremadamente

Código	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Elija su preferida.

1 _____

Anexo 2. Boleta física de evaluación sensorial y preferencia de color en fase preliminar

CHORIZO PARILLERO

Indicaciones: A continuación, se le presentarán cuatro muestras de chorizo parrillero, galleta de soda y un vaso con agua. Limpie su paladar con la galleta y el agua antes y después de cada muestra. Por favor evalúe las muestras de izquierda a derecha y marque con una “X” de acuerdo a su evaluación. Al final ordene de mayor a menor según su preferencia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
me disgusta extremadamente	me disgusta mucho	me disgusta moderadamente	me disgusta poco	ni me disgusta/ni me gusta	me gusta poco	me gusta moderadamente	me gusta mucho	me gusta extremadamente

Código de la muestra: _____

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Apariencia									
Textura									
Sabor									
Aceptación general									

Código de la muestra: _____

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Apariencia									
Textura									
Sabor									
Aceptación general									

Código de la muestra: _____

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Apariencia									
Textura									
Sabor									
Aceptación general									

Código de la muestra: _____

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Apariencia									
Textura									
Sabor									
Aceptación general									

Elija la muestra de mayor preferencia: _____