

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Determinación del efecto del uso de un subproducto de broza de café deshidratada en el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chorizo crudo durante su almacenamiento en refrigeración

Natalia Cortés Zúñiga
B62196

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
2022

Tribunal Examinador

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Elaborado por:

Natalia Cortés Zúñiga

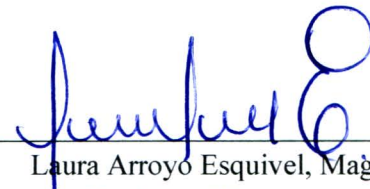
Aprobado por:



Elba Cubero Castillo, PhD.
Presidente del Tribunal



Manuel Montero Mora, M.Sc.
Profesor Designado



Laura Arroyo Esquivel, Mag.
Profesora Directora



Adriana Araya Morice, M. Sc.
Asesora del Proyecto



Yorleny Araya Quesada, MGA.
Asesora del Proyecto

Dedicatoria

A Dios, mi familia y amigos.

Agradecimientos

A Dios, por guiarme y acompañarme.

A mis padres Joaquín y Martha, mi hermana Susana, mi tía María y mis abuelos Nelsy, Manuel y Betty.

A mis amigos de carrera, Andrea, Emile, Gabriela, Irene, Marcelo, Monserrat, Natalia y Wen.

A mis amigas, Alexa, Daniela y Valeria.

A Sergio.

A Julia Caamaño y Grettel Villalobos.

A mis profesoras del proyecto, Adriana, Laura y Yorleny.

A Leidy, Luis David, Luis, Kendry y Josué.

A los profesores y funcionarios de la Escuela de Tecnología de Alimentos y el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

Índice General

1. Justificación	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. Marco teórico	4
3.1 Generalidades de la carne y los embutidos	4
3.2 Consumo de embutidos en Costa Rica	4
3.3 Definición e ingredientes del chorizo	5
3.4 Elaboración y producción del chorizo crudo	8
3.5 Factores que deterioran el chorizo crudo	9
3.5.1 Generalidades del deterioro microbiológico	9
3.5.2 Generalidades del deterioro oxidativo	9
3.5.2.1 Oxidación lipídica	9
3.5.2.2 Oxidación proteica.....	10
3.6 Antioxidantes	10
3.6.1 Compuestos fenólicos.....	10
3.7 El café en Costa Rica.....	11
3.7.1 Generalidades sobre el café	11
3.7.2 Beneficiado del café	11
3.7.3 Subproductos del procesamiento de café	11
3.7.4 Propiedades de la broza de café.....	12
3.8 Análisis físico-químicos	12
3.8.1 Oxidación lipídica	12
3.8.2 Oxidación proteica	13
3.8.3 pH.....	14
3.8.4 Color.....	14
3.9 Análisis sensorial.....	16
4. Materiales y métodos	17
4.1 Localización del estudio	17
4.2 Materiales.....	17
4.2.1 Materias primas	17
4.3 Descripción del tratamiento a la materia prima	17

4.3.1	Fórmula base del chorizo crudo	17
4.3.2	Proceso de elaboración de chorizo crudo	18
4.4	Diseño experimental	18
4.5	Análisis fisicoquímicos	19
4.5.1	Evaluación del pH	19
4.5.2	Evaluación de color	19
4.5.3	Análisis de oxidación	19
4.5.3.1	Oxidación lipídica (TBARS)	19
4.5.3.2	Oxidación proteica medida como carbonilos unidos a DNPH	20
4.6	Análisis sensorial.....	20
4.7	Análisis de datos.....	20
5.	Resultados y discusión	22
5.1	Parámetros fisicoquímicos del chorizo crudo durante su almacenamiento	22
5.1.1.	Oxidación lipídica	22
5.1.2	Oxidación proteica	24
5.1.3	pH.....	27
5.1.4	Color.....	30
5.2	Análisis sensorial del chorizo crudo	34
7.	Recomendaciones.....	38
8.	Referencias citadas	39
9.	Anexos	51
9.1	Resultados tabulados	51
9.2	Análisis estadísticos	52
9.3	Comparativa promedio entre tratamientos según el día de almacenamiento en refrigeración.....	61

Índice de Cuadros

Cuadro I. Escala aproximada para la interpretación de los valores TBARS obtenidos.....	13
Cuadro II. Formulación de chorizo crudo control, con base a 10 kg de producto final	17
Continuación cuadro II. Formulación de chorizo crudo control, con base a 10 kg de producto final	18
Cuadro III. Resultados promedio de los parámetros luminosidad (L*), saturación (C*) y matiz (h*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.....	30
Cuadro IV. Resultados promedio de los parámetros luminosidad (L*), saturación (C*) y matiz (h*) de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.....	32
Cuadro V. Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.	51
Cuadro VI. Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado	51
Cuadro VII. Resultados obtenidos del análisis sensorial de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.	51
Cuadro VIII. Resultados promedio del parámetro luminosidad (L*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.	62
Cuadro XI. Resultados promedio del parámetro saturación (C*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.	62
Cuadro X. Resultados promedio del parámetro matiz (h*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.	62

Índice de Figuras

Figura 1. Reacción entre el malonaldehído (MDA) y el ácido 2-tiobarbitúrico (TBA)	13
Figura 2. Reacción de un grupo carbonilo con carbonilos con 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) ...	14
Figura 3. Sistema tridimensional de Munsell	16
Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de chorizo crudo a partir de carne de cerdo y res, empleado un subproducto de broza de café en polvo como antioxidante natural	18
Figura 5. Oxidación lipídica (TBARS) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración	22
Figura 6. Oxidación lipídica (TBARS) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado	23
Figura 7. Oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración	24
Figura 8. Oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado	26
Figura 9. Valores de pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración	28
Figura 10. Valores de pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado	29
Figura 11. Muestras de los tratamientos de chorizo crudo al día 5 de almacenamiento en refrigeración	32
Figura 12. Valores de agrado general promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado para el Conglomerado 1	34
Figura 13. Valores de agrado general promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado para el Conglomerado 2	35
Figura 14. Valores de agrado general promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado para el Conglomerado 3	36
Figura 15. Análisis estadístico del comportamiento de la oxidación lipídica (TBARS) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.	52
Figura 16. Análisis estadístico del comportamiento de la oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.....	53
Figura 17. Análisis estadístico del comportamiento del pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado	54
Figura 18. Análisis estadístico del comportamiento del parámetro de color luminosidad (L*) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado	55

Figura 19. Análisis estadístico del comportamiento del parámetro de color saturación (C*) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado	56
Figura 20. Análisis estadístico del comportamiento del parámetro de color matiz (h*) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado	57
Figura 21. Análisis estadístico del comportamiento del análisis sensorial para el Conglomerado 1 de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado	58
Figura 22. Análisis estadístico del comportamiento del análisis sensorial para el Conglomerado 2 de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado	59
Figura 23. Análisis estadístico del comportamiento del análisis sensorial para el Conglomerado 3 de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado	60
Figura 24. Valores de oxidación lipídica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado en los respectivos días de almacenamiento en refrigeración.....	61
Figura 25. Valores de oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado en los respectivos días de almacenamiento en refrigeración.....	61
Figura 26. Valores de pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado en los respectivos días de almacenamiento en refrigeración.....	62

Resumen

Cortés Zúñiga, Natalia

Determinación del efecto del uso de un subproducto de broza de café deshidratada en el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chorizo crudo durante su almacenamiento en refrigeración.

Tesis de Licenciatura de Ingeniería de Alimentos. -San José, Costa Rica.

Cortes Zúñiga, N. 2022.

73 h.: 26 il. – 140 refs.

Se evaluó la aplicación de broza de café molida en chorizo crudo y su potencial efecto como sustituto de los antioxidantes sintéticos comúnmente utilizados (eritorbato de sodio y BHA/BHT), para ello se determinaron diversas propiedades fisicoquímicas y sensoriales por triplicado, las muestras se almacenaron en condiciones refrigeración (3 – 4) °C durante 12 días.

En los días de almacenamiento 1, 5, 8 y 12 se midieron las variables fisicoquímicas de pH, color con los parámetros L*, C* y h*, el número de TBARS para analizar la oxidación lipídica y el número de grupos carbonilo unidos a DNPH para evaluar la oxidación proteica. Dichas mediciones se realizaron por triplicado y se les aplicó un análisis de varianza para identificar diferencias significativas en los factores tratamiento y tiempo de almacenamiento, cabe destacar que, en ninguno de los parámetros hubo interacción entre los factores mencionados.

A su vez, se realizó una prueba sensorial del agrado general sobre muestras de chorizo crudo con o sin la presencia de la broza de café, con un día de preparación. A estos resultados se les aplicó un análisis de conglomerados y en cada grupo se aplicó un ANDEVA para determinar diferencias de agrado entre las muestras.

Con base en el análisis de varianza, la determinación del número de TBARS obtuvo diferencias significativas en ambos factores, dicho valor tiende a aumentar en el tiempo hasta el día 8 y disminuyó en el día 12; asimismo, la broza de café como antioxidante natural no tiene un efecto sobre la oxidación lipídica significativamente diferente de los antioxidantes sintéticos. En cuanto a la oxidación proteica, el método no fue selectivo, esto pudo causar errores en la estimación del número de carbonilos al contabilizar carbonilos derivados de origen no proteico y, por ende, provocó que no se determinara efecto significativo de los factores en cuestión.

El pH reportó diferencias significativas solamente en el tiempo de almacenamiento, el cual disminuyó hasta el día 8 en refrigeración; por su parte, el tipo de antioxidante aplicado no causó diferencias. En relación con las mediciones de color, se obtuvieron diferencias significativas en el tratamiento aplicado y en el tiempo de almacenamiento para los tres parámetros L*, C* y h*; los valores de luminosidad L* aumentaron significativamente con el paso del tiempo hasta el día 8 y luego disminuye en el día 12, la saturación del color C* disminuyó y el matiz h* aumentó.

El análisis sensorial agrupó los consumidores según las puntuaciones que asignaron, obteniendo tres conglomerados, únicamente el Conglomerado 2 (21 panelistas) no reportó diferencias significativas según el tratamiento. No obstante, cabe mencionar que ninguno de los tres conglomerados rechazó la adición de broza de café en las muestras de chorizo.

CHORIZO, BROZA DE CAFÉ, ANTIOXIDANTES, OXIDACIÓN LIPÍDICA, OXIDACIÓN PROTEICA, pH, COLOR INSTRUMENTAL, ANÁLISIS SENSORIAL.

Mag. Laura Arroyo Esquivel

Escuela de Tecnología de Alimentos

1. Justificación

En Costa Rica, el chorizo fresco forma parte de los productos dentro de la canasta básica (Reglamento N° 41615, 2020), y es uno de los alimentos cárnicos que más consumen los costarricenses de acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos (ENIGH), donde se registra que es el segundo embutido de mayor consumo en Costa Rica, precedido únicamente por el salchichón (Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica, 2018). Se trata de un producto de consumo masivo y de amplia distribución que destaca por ser adquirido en carnicerías locales y establecimientos que no cuentan con autoservicio, por lo que la falta de información sobre su calidad y seguridad toma importancia debido a su popularidad en el país (Araya-Quesada *et al.*, 2014).

La calidad del chorizo, al tratarse de un producto crudo a base de carne picada y otros subproductos cárnicos, está totalmente vinculada con la calidad de las materias primas empleadas y con las condiciones de procesamiento en las que se elabora el producto. Durante el almacenamiento puede verse afectada por el crecimiento microbiológico y reacciones de oxidación, lo que puede conducir a pérdidas nutricionales, deterioro en el color, el sabor y la textura, así como la posible generación de compuestos secundarios con efectos contraproducentes para el consumidor (Bolumar *et al.*, 2013; Cunha *et al.*, 2018).

Con el objetivo de reducir los efectos mencionados previamente, se incorporan ingredientes de origen no cárnico, tales como la sal de cura, fosfatos, agentes reductores y agentes antioxidantes. No obstante, el uso de estos aditivos sintéticos ha provocado que el chorizo y el resto de embutidos sean cuestionados, ya que son percibidos como dañinos para la salud; aunado a lo anterior, actualmente los consumidores buscan productos cuya lista de ingredientes sean naturales, lo que ha desarrollado una tendencia por las denominadas “etiquetas limpias” (Brewster, 2021). En el caso del chorizo crudo, tal y como se mencionó previamente, los aditivos sintéticos cumplen una función importante, por lo que la sustitución con ingredientes de origen natural no es sencilla, ya que las características sensoriales, calidad e inocuidad del producto se deben mantener.

La búsqueda de alimentos que sustituyan los aditivos sintéticos por ingredientes naturales también implica un aumento en los beneficios a la salud (Sedó, 2002). Tal y como es el caso del fruto del café, cuyos compuestos como el ácido cafeico, los ácidos clorogénicos y el ácido protocatecuico, han demostrado potencial antimicrobiano, haciendo posible la sustitución de aditivos por ingredientes naturales que, a su vez, aportan efectos beneficiosos para el ser humano como la actividad antiinflamatoria, antitumoral y antialérgica (Kim *et al.*, 2016; Quinto *et al.*, 2019). Se han encontrado cantidades importantes de ácidos clorogénicos en los granos de café, hasta un 10 % en granos de café verde y, en el café tostado hasta un 14 %; los cuales aportan a la calidad del café, su aroma y sabor (Chaves-Ulate & Esquivel-Rodríguez, 2019).

Con el paso de los años, se han buscado usos alternativos para los subproductos del café, por ejemplo, la pulpa y cáscara han funcionado como fertilizante y materia para compostaje. También, se ha estudiado la pulpa del café para sustituir hasta un 20 % de los concentrados para alimentar el ganado lechero, lo que se puede reflejar como un ahorro en el costo de alimentación. Por otra parte, se ha empleado como fuente de energía renovable la pulpa y el mucílago, para la producción de biogás y bioetanol y el pergamino como combustible. Asimismo, la pulpa ha funcionado como sustrato rico

en azúcares fermentables, para la producción de enzimas, ácidos orgánicos y champiñones (Fonseca-García *et al.*, 2014).

A su vez, dentro de las aplicaciones en alimentos un poco más estudiadas, se puede mencionar la utilización del ácido cafeico como antioxidante natural para inhibir la oxidación de lípidos presentes en el músculo de pescado, éste ha mostrado bastante actividad antioxidante en trozos de pescado almacenado a bajas temperaturas (Medina *et al.*, 2012). Más recientemente, extractos etanólicos y acuosos de desechos de café resultaron efectivos previniendo la oxidación de lípidos en carne cruda, no así en carne cocida (Kim *et al.*, 2016). Cabe destacar que la actividad antioxidante depende del estado físico de los lípidos y de la composición de la matriz en la que se encuentren (Medina *et al.*, 2012).

En la actualidad una empresa costarricense procesa broza de café bajo un licenciamiento con la Universidad de Costa Rica, su producto es exportado, para diversos usos. La posibilidad de aplicarlo como un sustituto de aditivos químicos en chorizo representa una oportunidad para ampliar el mercado.

Esto implica un impacto positivo a nivel ambiental, pues se aumentan la posibilidad de valorizar un residuo. Se estima que, en promedio se producen 400 000 toneladas de pulpa o broza de café que, por su naturaleza, presentan problemas de manejo y contaminación ambiental (Arguedas-Gamboa, 2014). Esta gran cantidad de desechos contribuyen a la contaminación del agua, aire y suelo; por ejemplo, las descargas de aguas residuales constituyen focos de vectores y la acumulación de estos productos secundarios altera la calidad del aire (Fernández-Cortés *et al.*, 2020). De esta manera, es posible agregar valor al subproducto, disminuyendo su impacto ambiental y los costos asignados al tratamiento de desechos, mientras que, al mismo tiempo, se favorece económicamente al beneficio de café (Buera & Román, 2016).

La aplicación de materias primas distintas a las convencionales implica la evaluación de su efecto sobre la calidad del chorizo. Entre los métodos fisicoquímicos para evaluar la calidad de productos cárnicos se encuentran las pruebas de pH, color, cuantificación de TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) para analizar la oxidación lipídica y la determinación de grupos carbonilo para evaluar la oxidación proteica; estos análisis logran determinar el estado de la calidad de la carne, tanto por signos de descomposición que sean fácilmente perceptibles y los que no lo son (Acevedo, 2004; Soto, 2016).

Además, resulta importante comparar con pruebas sensoriales para determinar la percepción de los consumidores ante el deterioro gradual del producto y poder estimar una vida útil adecuada (Hough & Garitta, 2012). En este caso en particular, se pretende establecer el agrado general de los consumidores y si detectan las diferencias entre las muestras de chorizo crudo con o sin la presencia de la broza de café.

Con base en la información previa se pretende para este trabajo final de graduación determinar el efecto del uso de un producto de broza de café sobre el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chorizo crudo durante su almacenamiento en refrigeración.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar el efecto del uso de dos concentraciones de un subproducto de broza de café deshidratada en el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del chorizo crudo durante su almacenamiento en refrigeración.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto antioxidante de dos concentraciones de un subproducto de broza de café deshidratada con respecto a antioxidantes comerciales sobre el comportamiento de las propiedades fisicoquímicas del chorizo crudo durante su almacenamiento en refrigeración.
- Evaluar el efecto antioxidante de dos concentraciones de un subproducto de broza de café deshidratada con respecto a antioxidantes comerciales sobre el agrado general del chorizo crudo.

3. Marco teórico

3.1 Generalidades de la carne y los embutidos

La carne corresponde a la parte muscular comestible de los animales destinados para consumo humano, incluye aves, bovinos, cerdos, cabras, conejos, équidos y ovejas. Contempla porciones de grasa, hueso, cartílago, piel, tendón, aponeurosis, nervios, vasos sanguíneos y linfáticos que acompañan al tejido muscular. Para poder ser comercializados, dichos animales de abasto deben ser sacrificados y procesados en mataderos aprobados, que cumplan con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (Reglamento N° 29588, 2018).

Debido a su aporte nutricional, la carne es parte de los alimentos necesarios para alcanzar una dieta balanceada, pues contiene importantes niveles de proteínas que son de alto valor biológico, las cuales destacan por su función estructural en las células y biocatalizadora como enzima; además, contiene vitaminas, minerales y micronutrientes esenciales para el organismo que, en algunos casos, esta matriz es la única fuente o es que la tiene una mayor biodisponibilidad, tales como hierro, selenio, vitamina A, vitamina B12 y ácido fólico (Kerry & Ledward, 2009).

Cuando se trata de carne procesada, se hace referencia a aquella sometida a procesos de salazón, ahumado, curado, entre otros, con el propósito de prolongar su vida útil, o bien, mejorar sus características sensoriales, éstas pueden incluir carnes rojas, carnes de aves, menudencias o subproductos como la sangre. Por otra parte, los embutidos como las salchichas, salchichón, chorizo y mortadela, al tratarse de productos donde hay varias etapas en el proceso de elaboración, adición de aditivos para prolongar la vida útil, mejorar o intensificar las características sensoriales, se categorizan como productos ultra procesados, donde se incluyen los productos a partir de carne diseñados para ser altamente rentables (ingredientes de bajo costo, larga vida útil, atractivos al consumidor) y los productos de conveniencia (listos para consumir) (Monteiro *et al.*, 2019).

De acuerdo con el Reglamento técnico RTCR 411:2008 Productos Cárnicos Embutidos (2008), un embutido cárnico es aquel que se elabora a partir de base de carne fresca o congelada, que proviene de animales autorizados, al cual se le agrega grasa comestible, y una vez que los ingredientes se encuentran triturados y mezclados, se introduce en tripas naturales o fundas artificiales. Además, puede ser un producto crudo, cocido o precocido que se le puede agregar carne cocida, y puede ser emulsionado o ahumado siempre y cuando se utilice ingredientes de uso permitido. Específicamente, los embutidos frescos son los productos cárnicos que se elaboran con carnes y subproductos crudos, incorporando sal, especias y aditivos de uso permitido, así como tripas o fundas y, que no han atravesado procesos térmicos o ahumado (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2011).

3.2 Consumo de embutidos en Costa Rica

Tradicionalmente, los embutidos forman parte de algunos platos típicos como los gallos de salchichón, los picadillos de verduras, acompañando el gallo pinto, entre otros. Además, en un estudio sobre los hábitos alimentarios de la población urbana costarricense que se aplicó a participantes entre los 15 y 65 años, se obtuvo que los embutidos son el tercer producto de consumo diario, precedidos únicamente por la carne de ave cocida y por la carne de res y cordero cocidas (Guevara-Villalobos *et al.*, 2019).

En la última década se ha registrado un aumento en el consumo de embutidos, según un informe de la Universidad Nacional (UNA), alrededor de un 80 % de la población los consume (Ortiz, 2021). Dentro de las principales razones por las que se ha visto influenciado este incremento se pueden destacar su bajo costo, la amplia variedad que actualmente se encuentra en el mercado, la preferencia por productos fáciles de preparar, entre otras (Santamaría-Ulloa & Bekelman, 2021; Vindas-Quirós, 2014).

3.3 Definición e ingredientes del chorizo

El chorizo es un producto crudo que puede ser elaborado con base en carne picada o curada, vísceras y subproductos cárnicos, mezclado con grasa comestible animal o vegetal. La base cárnica puede ser de diversas especies y debe provenir de animales de abasto sanos, sacrificados en mataderos autorizados y con inspección médico veterinario oficial (RTCR 411:2008, 2008). Se debe seleccionar la carne cuidando la calidad y su composición, ya que se debe contar con un contenido importante de proteínas miofibrilares, las cuales son responsables de la capacidad de retención de agua de la carne, lo que ayuda en la emulsión y cohesión del embutido (Cori *et al.*, 2014); en consecuencia, se prefiere el músculo esquelético de res y cerdo, en lugar de otros tejidos con baja capacidad de retención de agua tales como vísceras o tripas (Araya, 2018).

La grasa por su parte, es de suma importancia en el proceso, pues forma parte de emulsiones junto con las proteínas de la carne y otros ingredientes; además, aporta sabor y palatabilidad, y contribuye nutricionalmente pues sirve al organismo fuente de energía, fuente de ácidos grasos esenciales, componente de las membranas celulares, transportador de vitaminas liposolubles al cuerpo y precursor de varias hormonas y otras sustancias (Totosaus, 2007). Con respecto a la formulación, en un embutido el valor máximo permitido es 25 % de grasa del peso final, excepto en el caso del chorizo, donde se permite utilizar hasta un 40 % de grasa para su elaboración, la cual puede provenir de origen animal o vegetal y apta para el consumo humano, por lo general, se emplea tocino (Ministerio de Economía, Industria y Comercio, 2010).

Las propiedades y características de las grasas se ven determinadas por factores como la longitud de la cadena de carbonos respectiva, grupos funcionales adicionales y el grado de insaturación en su estructura. Este último, influye sobre el punto de fusión de las grasas y su capacidad o resistencia a la oxidación, la cual puede disminuir la calidad del embutido, provocando cambios indeseados a nivel sensorial y afecciones a la salud; de aquí la importancia de considerar estos factores en la fabricación y estabilización de dichos productos cárnicos (Soto, 2016).

Además, se tiene la opción de adicionar ingredientes no cárnicos como parte de la formulación de los chorizos, tales como sal, agua, aditivos permitidos, proteínas de origen vegetal, especias, condimentos, vegetales frescos o deshidratados, entre otros (RTCR 411:2008, 2008). Cada uno de los ingredientes mencionados anteriormente cumplen ciertas funciones dentro del proceso de elaboración que proporcionan las características del producto final.

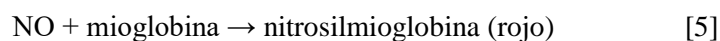
El cloruro de sodio (NaCl) es la sal que comúnmente se utiliza en embutidos, su principal función consta en extraer y solubilizar las proteínas miofibrilares de la carne, esto a causa de la fuerza iónica que genera la disociación de los iones al disolverse en agua, pues al incrementar la concentración de sal el catión cloruro recubre las numerosas cargas iónicas de la molécula proteica,

lo que incrementa la solubilidad de la proteína, consecuentemente, aumenta la capacidad de retención de agua, lo que permite obtener la emulsión de la carne con la grasa y el resto de ingredientes que proporciona la cohesión al producto (Totosaus, 2007; Voet & Voet, 2004). También, el cloruro de sodio aporta sabor y reduce la actividad de agua (a_w) lo que inhibe el crecimiento microbiano (Calvo, 2019).

Dentro de los aditivos permitidos se encuentra la sal de cura, la cual contiene sal (NaCl) y un porcentaje determinado de nitratos y nitritos como agentes de curado, su función principal es como preservante debido a que es capaz de inhibir el crecimiento de *Clostridium botulinum*, bacteria responsable de generar la toxina que produce botulismo; además, previene la oxidación y mejora el color, el olor, el sabor y la firmeza del producto final (Araya, 2018; Calvo, 2019). Para lograr dicha capacidad antioxidante es necesario que el nitrito (NO_2) se reduzca a óxido nítrico (NO), pues esta es la molécula que tiene la funcionalidad, reacción que se observa en las siguientes ecuaciones partiendo de nitrito de sodio como agente de curando en medio acuoso (Honikel, 2007):



Asimismo, para obtener el color rojo característico de los embutidos crudos, el óxido nitroso mencionado previamente debe reaccionar con la mioglobina hasta transformarse en nitrosilmioglobina [NO-mioglobina (Fe^{2+})], este último, al exponerse al calor durante la cocción se reduce a nitrosilhemocromo, el cual proporciona el color rosado de los productos curados cocidos; en las siguientes ecuaciones se muestran las reacciones respectivas partiendo de óxido nítrico (Calvo, 2019):



No obstante, el uso excesivo de estos agentes de curado, consumido en grandes cantidades, puede provocar que la hemoglobina se oxide produciendo metahemoglobina, molécula que no es capaz de fijar el oxígeno; por otra parte, en presencia de altas temperaturas, el nitrito residual puede reaccionar con aminas secundarias y producir nitrosaminas, las cuales son compuestos cancerígenos que pueden formar aductos al reaccionar con el ADN de distintos tejidos al entrar en contacto (De Andrade Júnior *et al.*, 2021; Ríos *et al.*, 2005; Soto, 2016).

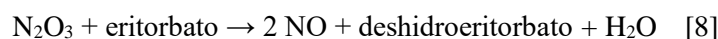
Los fosfatos corresponden a sales del ácido fosfórico y forman parte de los aditivos permitidos en la formulación de chorizo, los fosfatos alcalinos son los más comúnmente empleados en embutidos, ya que contribuyen a controlar el pH y mantener el medio alcalino actúan sinérgicamente con la sal; de esta manera, es posible aumentar la extracción proteica de la carne al estar por encima de su punto isoeléctrico, puesto que aumenta la carga negativa neta, lo que conlleva

a una mayor repulsión electrostática entre proteínas, así mejora la solubilidad de las proteínas y, por ende, incrementa la capacidad de retención de agua que permite aumentar el rendimiento del embutido durante su cocción (Calvo, 2019; Pinton *et al.*, 2021).

Además, los fosfatos disocian el complejo de acto-miosina que se forma durante el *rigor mortis* y rompen los puentes creados por el calcio entre la actina y la miosina durante la contracción de la carne, consecuentemente, mantiene su integridad (Petracci *et al.*, 2013). Asimismo, debido a su carga negativa, los fosfatos actúan como agentes quelantes, lo que le confiere también una actividad antioxidante (Weilmeier & Regenstein, 2004). En general, el tripolifosfato de sodio es el más utilizado y, en Costa Rica, se permite en una concentración máxima de 3000 mg/kg expresados en P₂O₅ (RTCR 411:2008, 2008).

A su vez, se añaden ingredientes sintéticos o naturales con capacidad antioxidante con el propósito de eliminar radicales libres, para así detener la cadena de reacciones oxidativas (Rodríguez, 2017). Tradicionalmente, se han empleado antioxidantes sintéticos como butilhidroxi-anisol (BHA) código E-320, butilhidroxi-tolueno (BHT) código E-321, galato de propilo (PG) código E-310, y terbutil-hidroquinona (TBHQ) código E-319 (CAC/GL 36-1989, 2015). Se emplean 100 mg del antioxidante/kg de grasa en uso individual y hasta un máximo de 200 mg/kg de grasa en mezclas, así como 30 mg/kg de grasa en productos frescos y productos deshidratados; el uso de estos está regulado debido a que se cuestiona su efecto tóxico evidenciado por estudios médicos, ya que, a niveles altos, pueden ser cancerígenos y teratogénicos, así como producir enfermedades como asma, dolor articular, dermatitis y problemas estomacales y oculares (Kumar *et al.*, 2019). En los últimos años, se han implementado antioxidantes naturales, provenientes de extractos de frutas, especias, vegetales y productos derivados de semillas oleaginosas (Sánchez-Escalante *et al.*, 2003a).

También, se agregan a la formulación agentes reductores como el eritorbato de sodio y el ácido ascórbico que tienen función antioxidante y pueden actuar de manera sinérgica con el BHA y el BHT mencionados con anterioridad (Amerling, 2001). A su vez, potencian la conversión de los nitritos y/o nitratos a óxido nítrico, lo que reduce sustancialmente el tiempo de curado y, consecuentemente, ayuda con la formación del color rosado característico de una manera más uniforme; en las siguientes ecuaciones se muestran las reacciones respectivas (Lugo, 2008).



Se incorporan también extensores cárnicos, los cuales son de origen proteico y permiten sustituir una parte de la carne, cumpliendo su misma funcionalidad y reduciendo los costos de producción (Albarracín *et al.*, 2010). Las harinas, concentrados y aislados de cereales y legumbres son ejemplos de los más comunes; específicamente, el concentrado de soya se caracteriza por tener una alta capacidad para retener agua, formar geles y por tener un alto valor biológico (Feiner, 2006; Torres González *et al.*, 2016).

Asimismo, se le agregan distintos condimentos en pequeñas cantidades, ya que proporcionan los sabores característicos de cada embutido y, en algunos casos, también aportan color y textura. Dichos condimentos consisten en una mezcla de diversas especias de origen vegetal, ya sean enteras o

molidas; además, cabe destacar que algunas de estas especias tienen beneficios adicionales como propiedades antioxidantes y/o antimicrobianas (Márquez Sereno, 2014; Suárez Mahecha *et al.*, 2011).

El agua por su parte permite la solubilización de las proteínas y actúa como disolvente de los ingredientes no cárnicos que se añaden. El agua al ser de bajo costo, permite aumentar rendimientos durante la producción y mejorar las características sensoriales del chorizo. Es por ello que se debe cuidar la calidad del agua que se agrega al embutido, de lo contrario puede contener contaminantes o impurezas que afecten las características del producto final (Araya, 2018; Calvo, 2019),

Por último, existen dos tipos de fundas: las de origen natural y las de origen sintético. Las fundas de origen natural por lo general son de intestino delgado, intestino grueso, estómago y/o colon terminal; son digeribles y tienen la característica de permeabilizar la humedad y el ahumado. Las fundas de origen sintético pueden estar compuestas por colágeno, celulosa, entre otros materiales, de los cuales depende que puedan o no ser digeribles (Amerling, 2001). Entre las características que debe tener el chorizo, se debe mencionar que es necesario que cuente con un perímetro máximo de 160 mm una vez introducidos en tripas o fundas autorizadas (RTCR 411:2008, 2008).

3.4 Elaboración y producción del chorizo crudo

Primeramente, se lleva a cabo el deshuese de la carne y selección de la misma, de manera que cumpla con los requisitos de calidad e inocuidad, seguido se realiza la molienda de la carne seleccionada, en el caso del chorizo, el grosor de partícula debe ser mayor a 3 mm, para esto se utiliza un molino en el que se puedan intercambiar las mallas y así ajustar el tamaño de los orificios (RTCR 411:2008, 2008). Luego, se procede a realizar el mezclado y amasado de todos los ingredientes, éste no debe ser excesivo para evitar que se forme una emulsión cárnica, ya que el chorizo se caracteriza por tener un particulado grueso, con esta etapa se logra integrar y distribuir de manera uniforme los componentes del producto. Posteriormente, se lleva a cabo el embutido de la masa cárnica en tripas o fundas con ayuda de una embudidora, este equipo permite ejercer presión suficiente para que el producto fluya dentro de las fundas; además, es importante evitar que se generen burbujas de aire dentro de la funda, pues el aire puede tener efectos negativos sobre la estabilidad del color y puede aumentar el deterioro del producto. En el caso del chorizo, luego de embutirlo se realiza una etapa de reposo en refrigeración durante 24 horas para favorecer que todos los componentes se integren e hidraten, y así adquirir un producto compacto y firme, a la vez que se desarrollan los aromas y sabores característicos. Por último, al tratarse de un producto que destaca por venderse en las carnicerías locales, no se empaca y únicamente se almacena en las vitrinas de refrigeración (J. Acevedo, 2019; Márquez Sereno, 2014; Universidad Córdoba, s/f).

En Costa Rica, las empresas Cargill, Sigma Alimentos, Walmart y Laska son las cuatro principales que destacan en la producción de embutidos, sin embargo, los chorizos que comercializan son curados y cocidos, por lo que su vida útil es más prolongada que el chorizo crudo (Vindas-Quirós, 2014). Este último, tal y como se mencionó anteriormente, es elaborado en cada carnicería local diariamente, por lo general, al estar crudo, se produce contra demanda debido a su corta vida útil y los carniceros lo descartan cuando se comienzan a notar cambios de color u olor (A. Poveda, comunicación personal, 17 de febrero de 2022).

3.5 Factores que deterioran el chorizo crudo

Dentro de las principales causas de deterioro en embutidos destacan el crecimiento microbiano y las reacciones de oxidación, estos fenómenos generan cambios indeseados en el producto, tales como variaciones en el color y la textura, olores desagradables, pérdida de su valor nutricional, formación de compuestos secundarios que pueden llegar a ser perjudiciales para el consumidor, entre otros (Bolumar *et al.*, 2013; Cunha *et al.*, 2018). Para evitar estos efectos y postergar la vida útil, específicamente, en el caso del chorizo crudo, debido a la naturaleza de la matriz, es necesario implementar medidas para preservar el producto en óptimas condiciones, las cuales implican desde la selección y manejo de la materia prima, hasta las prácticas de manufactura y posterior almacenamiento.

3.5.1 Generalidades del deterioro microbiológico

Existen una serie de características que condicionan el crecimiento microbiológico en los embutidos, dentro de las que se puede mencionar el efecto inhibitorio de los nitritos y sal añadidos, el pH, el a_w , y el efecto bacteriostático de la temperatura a la que se almacena; además, se debe considerar la carga microbiana de la materia prima y las condiciones en las que sea procesado y almacenado el producto final (Menéndez *et al.*, 2018). En este tipo de productos refrigerados predomina las bacterias de deterioro psicrótrofas, pues pueden desarrollarse a bajas temperaturas, destacan *Pseudomonas* sp., *Leuconostoc* sp. y *Lactobacillus* sp., las cuales pueden generar mucílago superficial, acidificación o cambios en el color o pigmentaciones (Juárez, 2005).

3.5.2 Generalidades del deterioro oxidativo

Los procesos oxidativos son reconocidos como los principales factores no microbiológicos que deterioran la calidad del chorizo y de los embutidos en general. Esto se debe a que, en presencia de especies de oxígeno reactivo, las grasas y proteínas pueden oxidarse debido a la cadena de reacciones a partir de radicales libres que suceden en tres etapas, las cuales incluyen iniciación, propagación y terminación. La estabilidad oxidativa depende de varios factores intrínsecos y extrínsecos, como la concentración de prooxidantes, la actividad enzimática, el pH y la temperatura, así como la composición de la fracción proteica y lipídica, que varían entre las diferentes especies animales y en los distintos cortes de carne (Ganhão *et al.*, 2010).

3.5.2.1 Oxidación lipídica

Las moléculas de grasa están conformadas por ácidos grasos que, por lo general, se encuentran en forma de triacilgliceroles, los cuales están compuestos de una molécula de glicerina unida a tres ácidos grasos. Consecuentemente, las propiedades y características de las grasas se ven determinadas por factores como la longitud de la cadena de carbonos respectiva, grupos funcionales adicionales y el grado de insaturación. Este último, influye sobre el punto de fusión de las grasas y su capacidad o resistencia a la oxidación, la cual puede disminuir la calidad del embutido, provocando cambios indeseados a nivel sensorial y afecciones a la salud; de aquí la importancia de considerar estos factores en la fabricación y estabilización de dichos productos cárnicos (Soto, 2016). Además, la dieta del animal, el tipo y el pH del músculo, el modo de almacenamiento y su cocción, también son elementos que determinan la susceptibilidad a la oxidación lipídica (Vargas, 2015).

En los chorizos destacan este tipo de reacciones por su alto contenido de ácido grasos poliinsaturados, presencia de oxígeno, fosfolípidos, iones metálicos, pigmentos hemo, adición de sal,

procesos mecánicos de corte, exposición al oxígeno, luz y calor. Esto propicia aparición de olores y sabores no deseados, además de alterar el color de la carne, reduciendo calidad sensorial, disminuyendo valor nutricional y generando compuestos que pueden impactar negativamente la salud (Bou *et al.*, 2009; Rodríguez, 2017).

3.5.2.2 Oxidación proteica

La oxidación proteica se ve afectada por factores intrínsecos de la materia prima, las condiciones de almacenamiento del producto y su posterior cocción. Los radicales libres actúan sobre los residuos de aminoácidos en las cadenas laterales de las proteínas y promueven la formación de uniones cruzadas proteína-proteína por mecanismos de carbonilación, lo que conduce a la oxidación proteica, además, puede provocar la fragmentación de proteínas debido a que se oxida el esqueleto polipeptídico de la proteína (Terevinto Herrera, 2010). También, se debe considerar que aminoácidos como la cisteína y la metionina, debido a su centro de azufre, son particularmente más susceptibles a las reacciones oxidativas, por lo que la posición en la que estos se encuentren afecta la exposición a promotores de la oxidación (Fernández, 2016).

Dentro de los efectos de la oxidación proteica se puede mencionar que la funcionalidad de las proteínas se ve afectada negativamente, pues se pierde la capacidad para formar geles y emulsiones, la cual es determinante en la calidad del chorizo, además de afecciones a las características sensoriales, como es el caso del aumento en su dureza. De igual manera, la pérdida de aminoácidos esenciales en los procesos oxidativos de las proteínas cárnicas, implica pérdida del valor nutricional del embutido, así como una mayor dificultad para el organismo al digerir proteínas oxidadas (Fernández, 2016; Terevinto Herrera, 2010).

3.6 Antioxidantes

Según el Reglamento Técnico Centroamericano: Alimentos y Bebidas Procesadas, RTCA 67.04.54:10 (2012), los aditivos alimentarios que prolongan la vida útil de los alimentos y los protegen del daño oxidativo, como las grasas rancias y los cambios de color, se denominan "antioxidantes". Estos reaccionan con los radicales libres para donar electrones y como resultado, los radicales libres se oxidan y se convierten en radicales débiles. Es decir, tiene poca o ninguna capacidad para producir efectos tóxicos. Por ende, la forma más común de controlar la oxidación de lípidos y proteínas es usar antioxidantes en el proceso de fabricación (Badui, 2006).

3.6.1 Compuestos fenólicos

Dentro de las sustancias con capacidad antioxidantes se encuentran los compuestos fenólicos, los cuales se clasifican en tres grandes grupos: flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles, su diferencia recae en que la estructura base de los flavonoides es C6-C3 (en anillo)-C6, mientras que, el resto poseen mayor heterogeneidad en su estructura base (Segura, 2018). Estos logran combatir la oxidación debido al sistema de dobles enlaces en el benceno de su estructura molecular y; se calcula que existen más de 8000 diferentes estructuras, que se clasifican de acuerdo con el número de anillos fenólicos y los grupos funcionales ligados a este (Belitz *et al.*, 2009).

Uno de los grupos de compuestos fenólicos más importantes son ácidos clorogénicos (ACG) que corresponden a la conjugación por esterificación entre el ácido cafeico y el ácido quínico. Se encuentran en todas las plantas y frutas en forma de ésteres de ácidos orgánicos, glucósidos o unidos

a proteínas y otras moléculas de la pared celular como celulosa, lignina y xilanos (Peña-Torres *et al.*, 2019).

3.7 El café en Costa Rica

3.7.1 Generalidades sobre el café

Es un arbusto de la familia *Rubiaceae*, del género *Coffea* de hojas verde brillante y perennes, flores de color blanco y frutos son drupas de color rojo con un diámetro promedio de 1,5 cm. Existen más de 100 especies en el mundo, pero tres de ellas tienen importancia comercial: *Coffea liberica*, *Coffea canephora* y *Coffea arabica*, esta última abarca el 75 % de la producción mundial (Vignola *et al.*, 2018). En Costa Rica, hay ocho grandes zonas de producción: Brunca, Orosí, Tarrazú, Tres Ríos, Turrialba, Valle Central, Valle Occidental y Guanacaste. Por decreto presidencial N°19302-MAG del 4 de diciembre de 1989, solamente las variedades de *Coffea arabica* pueden ser sembradas, de esta manera se asegura que los estándares de calidad se mantengan debido a que es uno de los productos principales destinados a la exportación (Cerdas, 2021; Instituto del Café de Costa Rica, 2015; Vignola *et al.*, 2018). El café se siembra en suelos fértiles y de poca acidez, idealmente a una altura entre los 600 – 1200 msnm, con poca humedad y una temperatura entre 15 – 25 °C.

3.7.2 Beneficiado del café

En el país se utiliza el método de recolección manual y selectivo para cosecharlo, donde solo se escoge el grano en óptimas condiciones de maduración, pues esto condiciona la calidad del café que se vaya a obtener (Instituto del Café de Costa Rica, 2015). El mismo día de la recolección se transporta el fruto maduro al beneficio, lugar donde será procesado (Nationally Appropriate Mitigation Actions, s/f).

El sector cafetalero costarricense solo utiliza beneficiado húmedo, en este procedimiento primero se lleva a cabo una etapa de lavado para quitar la suciedad y tierra, a su vez, se elimina el café verde por flotación y el café terroso que es de mala calidad. Luego, los frutos maduros y lavados se someten a una operación de despulpado en la que se descarta la cáscara y la pulpa, quedando los granos con mucílago, los cuales luego son fermentados durante 12 – 48 h en tinajas de cemento, ya sea con microbiota natural del fruto o empleando inóculos de microorganismo, así es posible eliminar dicho mucílago. Posteriormente, se realiza una segunda etapa de lavado para eliminar el mucílago y luego se secan para eliminar la cascarilla que queda remanente sobre el grano y, así se reduce la humedad hasta un 10 % aproximadamente para evitar la proliferación de microorganismos. El secado se realiza en grandes patios donde los granos son expuestos al sol y se remueven de manera constante para promover un secado homogéneo, al grano seco se le denomina café pergamino. Seguido, se quita el pergamino (cascarilla) utilizando la fricción que genera un equipo pelador, esta operación también permite abrillantar la superficie del grano. El grano verde obtenido se somete a la etapa de tostado, para finalmente clasificar los granos según las especificaciones de tamaño, color, densidad, entre otras (Nationally Appropriate Mitigation Actions, s/f; Puerta, 2012).

3.7.3 Subproductos del procesamiento de café

En el beneficiado de café se genera una cantidad de residuos que supera en un 60 % el peso del grano (Arguedas-Gamboa, 2014). Con base en lo anterior, es que surge la necesidad de valorizar dichos subproductos, pues se estima que solo el 5 % de la biomasa generada se utiliza en la

elaboración de la bebida; el porcentaje restante son subproductos tales como hojas, ramas, tallos, frutos verdes y pulpa, los cuales representan el 44 % del fruto fresco (Fonseca-García *et al.*, 2014).

La broza está conformada por la cáscara y la pulpa, las cuales corresponden al 12 y 29 % en base seca del total del fruto respectivamente y ambos destacan por los compuestos bioactivos que contienen. La cáscara está compuesta entre 58 – 85 % de carbohidratos, 8 – 11 % de proteínas, 0,5 – 3 % de lípidos y 3 – 7 % de minerales. Mientras que la pulpa contiene entre 21 – 32 % de carbohidratos, 5 – 15 % de proteína, 2 – 7 % de lípidos y 9 % de minerales (Blinová *et al.*, 2017).

3.7.4 Propiedades de la broza de café

Como parte de las ventajas del subproducto de broza de café, Ramirez-Coronel *et al.* (2004) ha reportado la extracción de compuestos fenólicos como flavanoles, ácidos hidroxicinámicos y antocianidinas en la pulpa; donde los flavanoles destacan como los compuestos predominantes pues corresponden a un 58,3 % de los polifenoles identificados. Con base en Murthy & Madhava Naidu (2012), los subproductos de café muestran un contenido total de polifenoles entre 1,00 % – 1,50 %; donde la pulpa contiene 1,48 %, la cáscara un 1,22 % y un 1,32 % en la película plateada.

En el caso de los polifenoles totales se declaró un 1,48 % m/m de ácido gálico (Murthy & Madhava Naidu, 2012), también; se reporta la presencia del ácido 5-cafeoilquinico (C5Q) que alcanza el 42,2 % del total de compuestos fenólicos identificados en dicha matriz, así como el ácido 5-feruolquinico, los taninos condensados (proantocianidinas) y diferentes tipos de antocianinas (Chaves-Ulate & Esquivel-Rodríguez, 2019). Además, mediante cromatografía líquida HPLC, se han encontrado ácidos clorogénicos en la pulpa tales como epicatequina, ácido 3,5-dicafeoilquinico, ácido 3,4-dicafeoilquinico, ácido 4,5-dicafeoilquinico, catequina, rutina, ácido protocatecuico, ácido ferúlico (Esquivel & Jiménez, 2012). Debido a las propiedades funcionales y la capacidad antioxidante de estos compuestos, se les atribuyen efectos sobre el cáncer, arterioesclerosis y la prevención de diabetes (Arias, 2016).

3.8 Análisis físico-químicos

3.8.1 Oxidación lipídica

Uno de los productos de oxidación lipídica más importantes es el malonaldehído (MDA), ya que se considera carcinógeno y agente mutagénico; por ende, este compuesto se usa comúnmente como marcador de daño oxidativo. El método más común para determinarlo es mediante espectrofotometría del compuesto fluorescente rosado producido después de la reacción con ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) que se genera en un medio a bajo pH y alta temperatura, la cual se representa en la Figura 1. La cinética de la reacción depende de la concentración de la solución de TBA, temperatura y pH del medio. Consecuentemente, la intensidad del color obtenido es una medida de la concentración de MDA y se correlaciona con la rancidez (Mendes *et al.*, 2009).

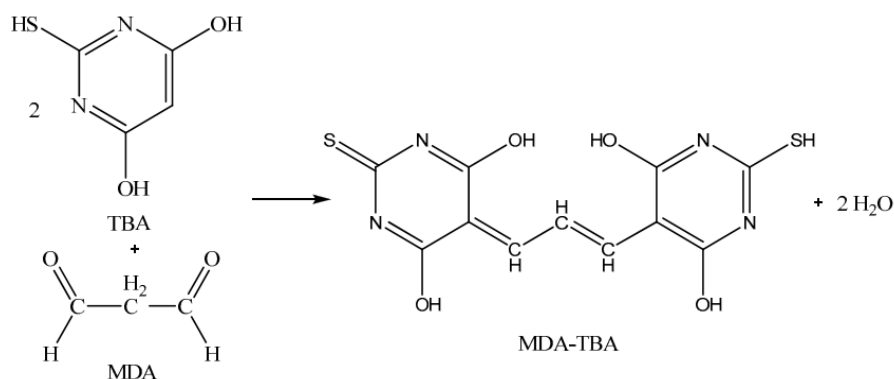


Figura 1. Reacción entre el malonaldehído (MDA) y el ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) Fuente: Reitznerová *et al.* (2017).

El valor obtenido se reporta en mg MDA/kg chorizo, el cual es posible interpretar para identificar el grado aproximado de oxidación de la muestra, a continuación, se presenta la escala respectiva con base en lo reportado por Dey *et al.* (2020):

Cuadro I. Escala aproximada para la interpretación de los valores TBARS obtenidos.

TBARS (mg MDA/kg chorizo)	Interpretación
≤ 0,2	Buena calidad
0,2 – 0,5	Límite tolerable
0,5 – 1,5	Algo oxidado
1,5 – 5	Oxidado
> 5	Rancio

No obstante, se debe considerar que, en ocasiones, la prueba es inexacta y poco sensible, ya que el TBA reacciona no sólo con el MDA sino también con muchos otros compuestos (por ejemplo, carbohidratos, aminoácidos, piridinas, pigmentos, entre otros), lo que puede conducir a una sobreestimación, o bien incrementar la variabilidad de los resultados. Por otra parte, altas temperaturas entre 95- 100 °C, largos tiempos de incubación (hasta 150 min) y las condiciones de alta acidez (pH 1,5 - 3,5) que se requieren habitualmente para la reacción pueden causar una peroxidación artificial de los componentes de la muestra incluso en presencia de antioxidantes añadidos (Mendes *et al.*, 2009).

3.8.2 Oxidación proteica

En el caso de las proteínas, los radicales libres actúan sobre las cadenas laterales de los aminoácidos y, si hay metales de transición presentes, actúan como catalizadores, eliminando los grupos amino y dando lugar a la formación de grupos amino carbonilo. Esto induce a la formación de semialdehídos a partir de los aminoácidos residuales de las cadenas laterales de las proteínas (lisina, treonina, arginina y prolina); catalizados por la oxidación de proteínas, estos semialdehídos se consideran los principales compuestos carbonílicos, lo que representa para el 50 – 70 % del total de compuestos carbonílicos formados en la carne y los productos cárnicos (Benavent, 2016).

Con base en lo anterior, la cantidad total de carbonilos funciona como indicador de la oxidación proteica, por lo que se utiliza la reacción de dichos grupos carbonilos con 2,4-

dinitrofenilhidrazina (DNPH) para formar 2,4-dinitrofenilhidrazonas, tal y como se muestra en la Figura 2. De esta manera se obtienen los nmol de carbonilos/mg de proteína mediante espectrofotometría, usando el coeficiente de extinción molar de las hidrazonas (Benavent, 2016).

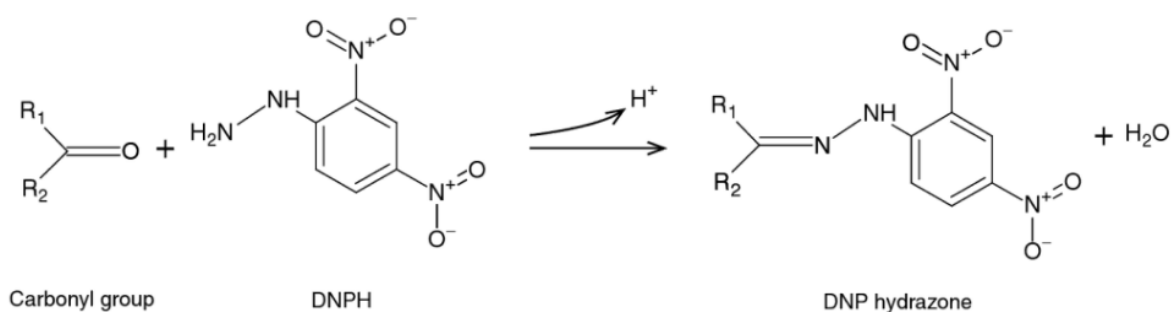


Figura 2. Reacción de un grupo carbonilo con carbonilos con 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH)
Fuente: “Handbook of muscle foods analysis” (2009).

3.8.3 pH

El pH corresponde a un parámetro de suma importancia ya que impacta la calidad de las carnes y productos cárnicos, tales como su textura, color, capacidad de retención de agua y crecimiento microbiano (Belitz et al., 2009). Es la medida de la concentración protones presentes en una disolución y se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno. Se utiliza un pHmetro para realizar las mediciones con una escala de 1 a 14, siendo 1 el valor más ácido, 7 neutro y 14 el valor más alcalino (Peña Díaz *et al.*, 2004).

En el caso de los embutidos, valores de pH superiores a 6,0 proporciona las condiciones para que se desarrollen microorganismos; mientras que pH inferiores a 4,5 pueden provocar sabores ácidos y/o desagradables (González-Tenorio *et al.*, 2013). Además, el pH se puede ver afectado con el paso del tiempo en almacenamiento, tal y como es el caso del crecimiento gradual de bacterias lácticas, donde su consecuente producción de ácido láctico a partir de azúcares, puede conducir a una disminución gradual del pH de la muestra; por otra parte, otro tipo de microorganismos pueden aumentar el pH del embutido con el tiempo, como es el caso de algunas cepas de *Pseudomonas*, *Enterobacter* y *Micobacterium thermosphactum*, ya que su pH óptimo es entre 5,5 y 7,0 (Chaparro Acuña *et al.*, 2015; Juárez, 2005; Viuda-Martos *et al.*, 2010).

3.8.4 Color

El color es una sensación óptica que se produce mediante la incidencia de un rayo de luz blanca sobre una superficie en la que se refleja, donde posteriormente un detector percibe e interpreta. La apariencia de los productos cárnicos es la primera característica que define la preferencia de los consumidores, pues lo asocian con el sabor, la textura, la frescura del producto, entre otros; por ende, las variaciones en el color son de suma importancia (Chamorro, 2020; Pérez & Andújar, 2008).

La mioglobina es la molécula responsable del color debido a su presencia en carne y a los cambios que se muestra cuando se expone al oxígeno, la refracción de la luz cambia su estructura y, por lo tanto, produce cambios en el color de la carne. Los principales factores que influyen en el color son el contenido de mioglobina de la carne, indicado por la saturación roja, y el estado químico de la misma, que se ve afectado por el potencial redox. Aunado a lo anterior, en el caso de los embutidos,

la nitrosamina que proporciona el color de la carne curada es sensible a la oxidación, por lo que el color se ve afectado por la exposición a la luz, la temperatura, el empaque, el desarrollo microbiano, entre otros (Chamorro, 2020; Pérez & Andújar, 2008).

Instrumentalmente se emplea un colorímetro que, a través de filtros que semejan la visión humana, midiendo la entrada de luz con base en parámetros estandarizados por la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). Para ello, se utilizan tres parámetros principales que conforman el color: el tono, la saturación y la luminosidad. El tono "Hue" determina la longitud de onda de la radiación emitida, lo que hace a un color diferente de otro. La saturación "Chroma" define la intensidad del color, el grado de color desde incoloro, brillante o pálido. La luminosidad es proporcionada por el contenido total de energía y da lugar a los colores claros y oscuros. El ojo humano puede distinguir aproximadamente 200 tonalidades diferentes, 20-25 grados de saturación y alrededor de 500 grados de luminosidad (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014; Oliag Talens, 2017).

Para evaluar dichos atributos se utiliza el espacio de color CIEL*a*b*, con el cual es posible correlacionar los valores obtenidos con las evaluaciones visuales. Dicho sistema consta de tres ejes, un eje vertical L* que representa la medida de luminosidad de un color variando desde 0 para un negro hasta 100 para un blanco. El eje horizontal a* representa la tendencia de rojo a verde de un color, si un color tiene rojo, a* será positiva, mientras que, si un color tiene verde, a* será negativa. El eje horizontal b*, refleja la tendencia de amarillo a azul de un color, donde valores positivos de b* indican contenido de amarillo, mientras valores negativos de b* indican contenido de azul. Los parámetros Hue (h*) y Chroma (C*) corresponden a las coordenadas polares, donde h* es el ángulo del tono o matiz y se expresa en grados que van de 0 – 360 ° y 0 ° representa rojo, 90 ° representa amarillo, 180 ° representa verde y 270° azul, mientras que C* varía de 0 a 100 según la pureza, intensidad o saturación del color, los cuales se pueden representar tridimensionalmente en el Sistema Munsell (ver Figura 3); se determinan matemáticamente, tal y como se observa en las ecuaciones siguientes (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014; Oliag Talens, 2017).

$$H^* = \arctan (b^*/a^*) \quad [9]$$

$$c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad [10]$$

Con los resultados obtenidos se puede evaluar la concentración de mioglobina utilizando el valor a* y H*, es posible estimar el estado químico de la mioglobina con el valor b* y c*. El valor de L* se relaciona con el estado físico de la carne, la estructura de las fibras musculares y la cantidad de luz que reflejan (Braña *et al.*, 2011; Triviño *et al.*, 2017).

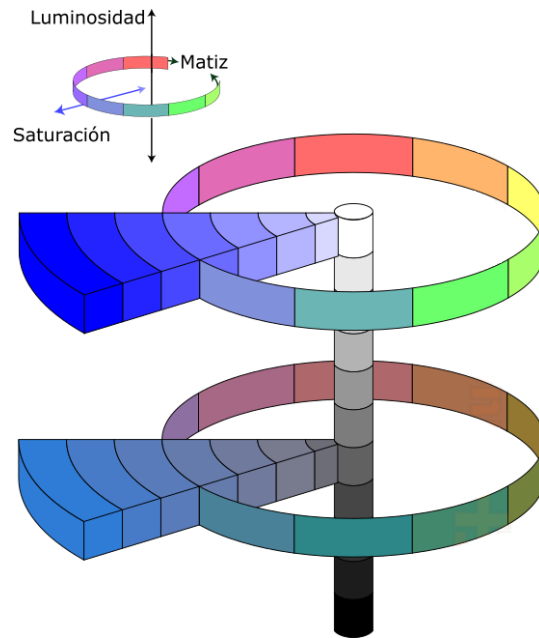


Figura 3. Sistema tridimensional de Munsell. Fuente: PikPng (s/f).

3.9 Análisis sensorial

Ningún instrumento puede imitar la interpretación sensorial del ser humano, debido a la sensibilidad que pueden tener, ya que, la percepción es el resultado de procesos sensoriales y de interpretación complejos, de aquí la importancia de realizar un análisis sensorial. De esta manera, es posible clasificar o estandarizar muestras, mejorar la calidad y conocer con anterioridad el nivel de aceptación que tiene determinado producto antes de ser lanzado al mercado (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica, 2017; Meilgaard *et al.*, 2007).

Para determinar si un consumidor gusta o no de un producto, se aplica una prueba de tipo afectiva de aceptación, en la cual los consumidores de la prueba deben ser usuarios habituales del producto en cuestión. En el panel, por lo general debe contar con 100 consumidores, sin embargo, el número exacto de panelistas requeridos va a depender también del experimento a realizar; por ejemplo, Hough *et al.* (2006) recomienda que se utilice un panel con 100 o más participantes para el caso de algún producto en pruebas de ubicación central y de 50 a 100 familias para realizadas vía remota en el hogar.

Con el propósito de medir el agrado de los panelistas, se les presentan las muestras debidamente codificadas y se utiliza una escala hedónica de tipo híbrida estructurada, la cual permite a través de intervalos establecidos, representar diferencias entre las magnitudes, ya que el panelista evalúa su percepción asignada al atributo en cuestión con una determinada intensidad en la escala. Dicha intensidad se indica en la escala horizontal marcando una línea vertical, para que su asignación numérica sea más exacta (Lim, 2011; Ruiz-Capillas *et al.*, 2021).

Lo anterior proporciona la oportunidad de buscar segmentos de personas a las que les puedan gustar diferentes estilos del mismo producto, es decir, analizar conglomerados para una mejor comprensión de las diferencias individuales. (Cárdenas *et al.*, 2018; Lawless & Heymann, 1998).

4. Materiales y métodos

4.1 Localización del estudio

Las actividades necesarias para la ejecución de este proyecto se realizaron en las instalaciones de la Escuela de Tecnología de Alimento en la Universidad de Costa Rica, sede Rodrigo Facio. La elaboración del chorizo crudo se llevó a cabo en el Laboratorio de Formulaciones. Los análisis fisicoquímicos requeridos para la ejecución del proyecto se desarrollaron en el Laboratorio de Química. Y las evaluaciones sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial.

4.2 Materiales

4.2.1 Materias primas

Como materia prima para este proyecto se utilizaron recortes de carne de cerdo y res, tocino de cerdo, soya texturizada, almidón de papa, sal común, sal de cura 6,5 % nitrito de sodio, tripolifosfato de sodio (TPS), condimentos para embutidos, eritorbato de sodio y broza de café. La carne se compró en una carnicería local y las fundas de colágeno NDC32 (Stick 15,24 mts) en una empresa comercial Navisa, Costa Rica.

Como fuente de antioxidantes naturales, se empleó un subproducto en polvo de la broza de café deshidratada en concentraciones de 1 % y 2 %, proveniente de la finca Las Canelas ubicada en Zarcero de Alajuela. La cual fue analizada por Fernández (2019) en composición, inocuidad y capacidad antioxidante, donde además se comprobó la calidad de la broza de café es producida bajo el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura.

4.3 Descripción del tratamiento a la materia prima

4.3.1 Fórmula base del chorizo crudo

Se utilizó la formulación base para el chorizo crudo propuesta por Mora (s/f) como tratamiento control y, los tratamientos que se encuentran en el Cuadro I de acuerdo con la adición de sustancias, desde el control (tratamiento C), hasta la incorporación de sal de cura (tratamiento T2) eritorbato de sodio BHA/BHT empleados como antioxidantes (tratamiento T3) y broza de café empleada como fibra antioxidante al 1 y 2 % (tratamientos T4 y T5 respectivamente) (CAC/GL 36-1989, 2015). Se realizarán tres lotes de producción o repeticiones de cada tratamiento.

Cuadro II. Formulación de chorizo crudo control, con base a 10 kg de producto final.

Materia prima (% m/m)	Control	T2	T3	T4	T5
Recorte de res	25	25	25	25	25
Recorte de cerdo	49,9	49,6	49,2	48,6	47,6
Tocino	14	14	14	14	14
Soya texturizada	3	3	3	3	3
Agua	7	7	7	7	7
Tripolifosfato de sodio (TPS)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Condimento para chorizo	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sal de cura 6,5 % nitrito de sodio	-	0,28	0,28	0,28	0,28

Continuación cuadro II. Formulación de chorizo crudo control, con base a 10 kg de producto final.

Materia prima (% m/m)	Control	T2	T3	T4	T5
Eritorbato de sodio	-	-	0,2	-	-
Butilhidroxianisol (BHA)	-	-	0,0015	-	-
Butilhidroxitolueno (BHT)	-	-	0,0015	-	-
Broza de café deshidratada	-	-	-	1	2

4.3.2 Proceso de elaboración de chorizo crudo

Para elaborar el chorizo crudo como tratamiento control, tal y como se muestra en la Figura 4, a la carne y el tocino molidos se les añadió el agua, la soya texturizada, la sal de cura, el TPS, el condimento, el BHA/BHT y el eritorbato de sodio, los cuales se mezclaron homogéneamente en forma manual, realizando movimientos envolventes y no muy vigorosos. La mezcla fue embutida en fundas de colágeno comestible. Los chorizos se almacenaron bajo condiciones de refrigeración (2 – 4 °C) hasta ser evaluados.

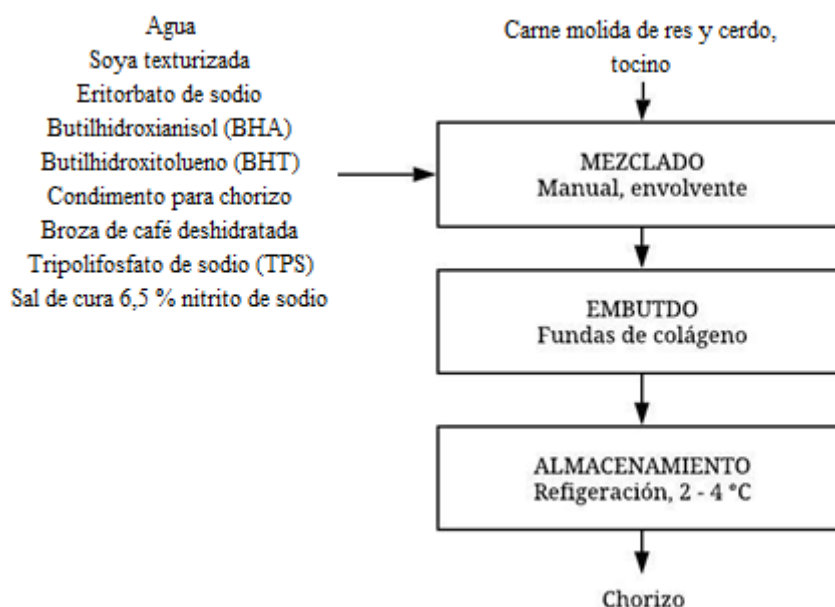


Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de chorizo crudo a partir de carne de cerdo y res, empleado un subproducto de broza de café en polvo como antioxidante natural.

4.4 Diseño experimental

Para evaluar los parámetros fisicoquímicos del chorizo de cerdo y res con subproducto de broza de café deshidratada como antioxidante natural, se ejecutaron los análisis durante diferentes tiempos de almacenamiento. A través de un diseño de bloques completos aleatorios con un arreglo factorial de dos factores: el factor tratamiento con 5 niveles (control, eritorbato, BHA/BHT, broza 1% y broza 2%) y el tiempo como factor discontinuo con 4 niveles (1, 4, 7 y 10 días). Se realizaron tres lotes distintos de producción de chorizo como bloques.

Las determinaciones de las variables respuesta correspondientes a los análisis fisicoquímicos de pH y color instrumental a través de los parámetros L*, a* y b* se realizaron por triplicado, mientras

que las variables fisicoquímicas de concentración de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) y la concentración de carbonilos unidos a DNP se realizaron por duplicado; para posteriormente evaluar la significancia de los efectos simples de las variables anteriores y su interacción.

Por su parte, el diseño para la prueba de análisis sensorial fue un diseño irrestricto aleatorio unifactorial con 5 niveles (control, eritorbato, BHA/BHT, broza 1% y broza 2%) con la variable respuesta del agrado general.

4.5 Análisis fisicoquímicos

4.5.1 Evaluación del pH

Se midió el pH a las muestras de chorizo crudo en los cuatro tiempos de almacenamiento (1, 4, 7 y 10 días). Se siguió el método 981.12 descrito por la AOAC (2019), se licuó la muestra hasta formar una pasta homogénea agregando de 100 mL de agua destilada y se determinó el pH con un electrodo para muestras grasas. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.5.2 Evaluación de color

El color se evaluó a las muestras de chorizo crudo en sus tiempos de almacenamiento (1, 4, 7 y 10 días). Para la utilización del colorímetro Color Flex EZ se siguió el procedimiento descrito por (HunterLab, 2018), para la determinación de los parámetros de luminosidad visual, coordenadas cromáticas de rojo, verde, amarillo y azul (L^* , a^* , y b^* , respectivamente) del producto. Se trabajó con un ángulo de apertura de 10° , tipo de luz D65, utilizando una placa verde estándar para la calibración de equipo ($CIE L^* = 53,11$, $a^* = -26,13$, $b^* = 12,28$). Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.5.3 Análisis de oxidación

4.5.3.1 Oxidación lipídica (TBARS)

La oxidación lipídica TBARS se llevó a cabo siguiendo el método descrito por O'Keefe & Wang (2006). Se prepararon inicialmente estándares de concentraciones en un rango entre 0,00 y 10,06 μM de 6-tetraetoxipropano (TEP). Posteriormente se prepararon muestras de 10,00 g de chorizo por duplicado, se diluyeron con 20 mL de agua destilada y se mezcla con 0,2 mL 10 % dodecil sulfato de sodio (SDS), 20 mL de una solución 0,01 % propilgalato y 0,02% ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Se utilizó un Ultraturrax Tissue Tearor modelo 985370-395 de la marca BIOSPEC PRODUCTS, INC para homogenizar las muestras durante 3 minutos, se aforó la mezcla hasta los 100 mL con agua destilada y se almacenaron en un baño de hielo durante 1 hora. Se tomó 1 mL del homogenizado y se trasladó a un vial de 15 mL; también se transfirió 1 mL de cada estándar a un vial. A cada vial se le agregaron 8 mL de una solución 0,375 % m/m TBA, 0,506 % m/m SDS y 11,7 % v/v de 80 % ácido acético, pH final 3,4. Los tubos se agitaron en un vórtex durante 30 s y se calentaron por 1 hora en un baño de agua a 95°C con agitación manual cada 15 minutos. Estos se enfriaron a temperatura ambiente, y se les agregó 5 mL de una solución 1:15 de piridina y butanol, se agitaron durante 10 segundos en el vórtex y se centrifugaron a 3500 rpm por 15 minutos. Finalmente, se midió la absorbancia del sobrenadante con un espectrofotómetro a una longitud de onda de 532 nm, y se interpoló en la curva de calibración para calcular la concentración de TEP y convertirlo a mg de MDA por kg de muestra.

4.5.3.2 Oxidación proteica medida como carbonilos unidos a DNPH

El chorizo se secó por medio del método de la estufa a 90 – 100 °C al vacío, colocando 35 g durante 8 horas por triplicado en cápsulas de cerámica. Posteriormente, se homogenizaron las muestras en una licuadora y se tomaron por duplicado 8 g que fueron colocados en tubos de centrifuga, donde se realizaron dos extracciones con 20 mL cada una, con una solución 1:1 de éter de petróleo y éter etílico, para luego centrifugar a 10000 g durante 2 min. Seguido, se evaporó el remanente de la solución al secar las muestras en una estufa a 45 °C durante 5 min (Herrera *et al.*, 2008).

Siguiendo el método descrito por Fernández, (2016), se tomaron 2 g de la muestra y se disolvieron con 20 mL de NaCl 0,6 M utilizando Ultraturrax durante 1 min. Posteriormente, se tomaron dos alícuotas de 0,1 mL en tubos de centrifuga a los que se les agregó 1 mL de una solución de ácido tricloroacético (TCA) al 10 % y se agitaron durante 30 segundos en vórtex, se centrifugaron los tubos a 10000 g durante 5 min y se eliminó el sobrenadante para obtener dos pellets. A uno de ellos (pellet P) se le agregó 1 mL de HCl 2 M para determinar las proteínas y al otro (pellet C) se le agregó 1 mL de una solución de 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH) al 0,2 % en HCl 2 M para determinar los carbonilos. Ambos fueron incubados en la oscuridad durante 1 hora a temperatura ambiente con agitación manual cada 15 min. Luego, se agregó a cada tubo 0,08 mL de la solución de TCA al 10 % y se agitaron 30 segundos en el vórtex, éstos se dejaron reposar en un baño de agua con hielo (0 – 4 °C) durante 15 min. Los tubos fueron nuevamente agitados en el vórtex por 30 segundos y se centrifugaron a 10000 g durante 5 min para luego descartar el sobrenadante. Se realizaron lavados por duplicado a cada pellet con 0,5 mL de una solución 1:1 de etanol y acetato de etilo, los pellets se secaron con N₂ gaseoso para eliminar el remanente de la disolución. los pellets se disolvieron con 1,5 mL de una solución de 20 mM fosfato sódico 6 M en buffer de hidrocloreuro de guanidina, se agitaron en el vórtex y se centrifugaron a 10000 g durante 5 min para precipitar los componentes insolubles. Por último, se midió la absorbancia del pellet P con un espectrofotómetro a una longitud de onda de 280 nm, y se interpoló en la curva de calibración realizada con albúmina de suero bovino como estándar con 20 mM fosfato sódico 6 M en buffer de hidrocloreuro de guanidina en un rango de concentraciones 0,0033 – 1,077 mg/mL; por su parte, al pellet C se le midió la absorbancia a una longitud de onda de 370 nm, donde luego se determinó el contenido en nmol de carbonilos por miligramo de proteína, utilizando un coeficiente de extinción de 21,0 mM⁻¹ cm⁻¹.

4.6 Análisis sensorial

Se llevó a cabo un panel de agrado general en el que participaron un total de 100 panelistas. Las muestras de 20 g cada una se sirvieron calientes, luego de ser cocinadas de forma estandarizada, y codificadas con códigos al azar de tres dígitos. Los panelistas realizaron la evaluación en cabinas individuales provistas de luz blanca y, se les proporcionó una escala hedónica de tipo híbrida estructurada, donde indicaron cuánto les agradó cada una de las muestras.

4.7 Análisis de datos

Empleando un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia del 5 %, se evaluaron los resultados obtenidos para determinar si hubo significancia entre los factores simples y su interacción. En los casos donde hubo diferencia significativa en los análisis fisicoquímicos se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey utilizando un $\alpha = 0,05$ y, en los casos donde no se encontraron diferencias significativas se determinó la potencia de la prueba. En el análisis de

datos de la prueba sensorial, cuando se encontraron diferencias significativas se le aplicó una comparación de medias LSD utilizando un $\alpha = 0,05$.

5. Resultados y discusión

5.1 Parámetros fisicoquímicos del chorizo crudo durante su almacenamiento

5.1.1. Oxidación lipídica

Los parámetros fisicoquímicos analizados responden a la calidad del chorizo evaluado durante su almacenamiento en refrigeración. Cabe destacar que no hubo interacción entre los dos factores en cuestión: tiempo y tratamiento, de modo que no influyen uno sobre el otro en ninguno de los resultados obtenidos; por lo tanto, únicamente se reportan los valores para cada factor de manera independiente. Asimismo, en el Anexo 9.3 se detallan los resultados de cada tratamiento en el tiempo, de modo que se evidencia el comportamiento promedio obtenido y es posible detallar los valores.

En las Figuras 5 y 6, se observan los resultados de la determinación de la oxidación lipídica, El análisis de varianza mostró que hubo un efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre el número de TBARS ($p = 0,0343$) y, también se obtuvo una diferencia significativa del tratamiento aplicado sobre la oxidación lipídica de la muestra ($p = 0,0009$).

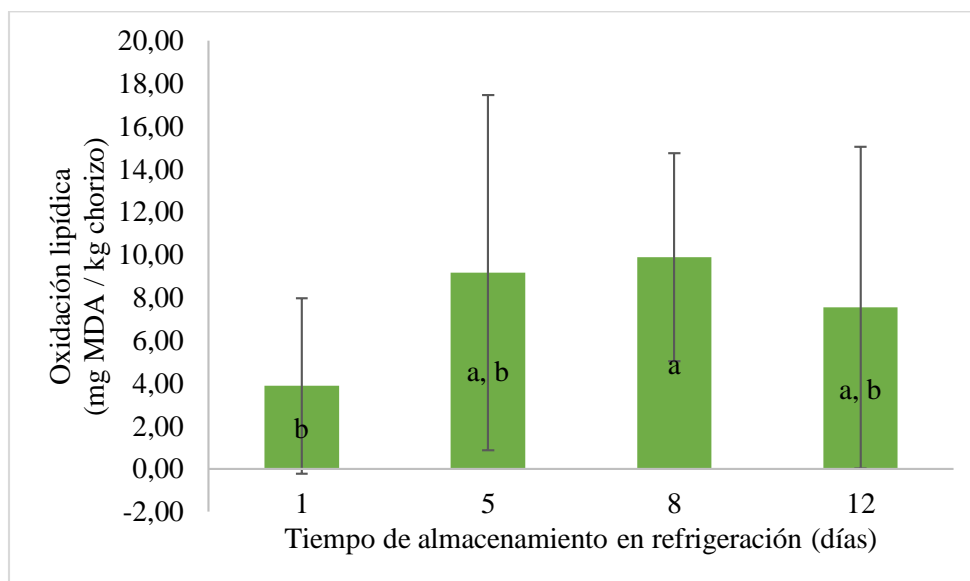


Figura 5. Oxidación lipídica (TBARS) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Considerando la escala aproximada para la interpretación de los números TBARS que se mostró en el Cuadro I, en la Figura 5 es evidente que desde el día 1 las muestras de chorizo ya se encuentran oxidadas y, a partir del día 5 se consideran rancias. En total, el factor tiempo de almacenamiento se dividió en dos grupos diferentes (medias con superíndices “a” y “b”). Los valores reportados en los días 5, 8 y 12, no son diferentes entre sí. Por otra parte, se observa una diferencia significativa en el número de TBARS entre el día 1 y 8.

El hecho de que las muestras ya presentaran cierto nivel de oxidación desde el día 1 se debe principalmente a la calidad de la materia prima empleada en la elaboración del chorizo, ya que esta se ve influenciada por el condimento utilizado, la composición de la grasa del tocino, el tipo de músculo de las carnes empleadas y las condiciones en que éstas hayan sido procesadas. Además, se

debe considerar que al utilizar carnes molidas se cuenta con una mayor área superficial expuesta y mayor contacto con líquidos celulares que pueden incrementar los procesos oxidativos.

Con el paso del tiempo, es evidente el incremento en el número de TBARS ya que aumenta la presencia de sustancias reactivas de TBARS debido a una cantidad mayor de reacciones de oxidación de los ácidos grasos y, además, la deshidratación de la muestra propicia la interacción de dichos ácidos con los agentes oxidantes (Wenjiao *et al.*, 2014). De acuerdo con Mendes *et al.* (2008), un factor a considerar es que la producción de MDA no solo se debe a la presencia de oxígeno, sino que también se ve influenciada por la microbiota presente en la matriz. Este fenómeno podría atribuirse a la descomposición de MDA por parte de bacterias capaces de utilizar estos compuestos de carbonilo, tales como *Pseudomonas* sp. o *Enterobacteriaceae* sp.; o bien, es posible que el MDA se esté oxidando a otros productos orgánicos tales como alcoholes y ácidos que no se determinan con el método empleado, siendo así la tasa de descomposición mayor a la tasa de formación (Georgantelis *et al.*, 2007; Schilling *et al.*, 2018).

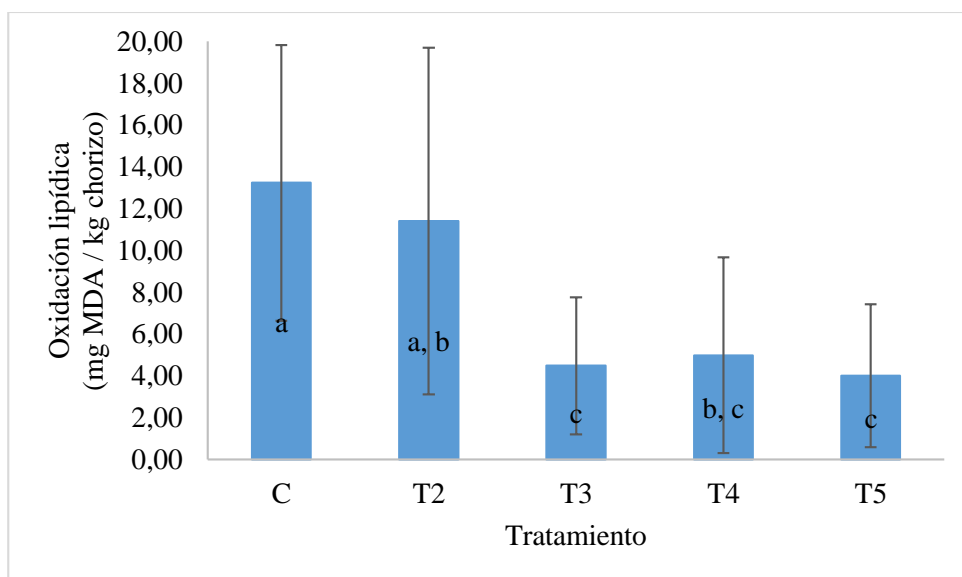


Figura 6. Oxidación lipídica (TBARS) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.

Por otra parte, al observar el efecto del tratamiento en la Figura 6, este factor se dividió en tres grupos diferentes (medias con superíndices “a”, “b” y “c”). El control C tuvo el número de TBARS más alto, no obstante, en comparación con el T2 no resultaron significativamente diferentes entre sí, es decir, la adición de sal de cura, no tuvo un efecto significativo sobre la oxidación lipídica que reportó la muestra control, de acuerdo con la escala del Cuadro I, estos dos tratamientos, al reportar valores superiores a 5 mg MDA/ kg chorizo, se interpretan como muestras rancias.

El análisis de varianza también determinó que, no hay diferencia significativa sobre la oxidación lipídica entre T2 y T4. Por otro lado, con base en la escala del Cuadro II, los tratamientos T3, T4 y T5, al no superar los 5 mg MDA/ kg chorizo se consideran muestras oxidadas, dichos tratamientos no resultaron diferentes entre sí, lo que sugiere que el uso de la broza de café como antioxidante natural en T4 y T5, no tiene un efecto sobre la oxidación lipídica significativamente diferente de los antioxidantes sintéticos (eritorbato de sodio y BHA/BHT) empleados en T3.

Consecuentemente, emplear alguno de estos tres tratamientos reduce significativamente la oxidación lipídica en comparación con el chorizo control.

De modo que es conveniente aplicar los tratamientos T3 o T5, ya que entre estos dos últimos, tampoco hay diferencia significativa y fueron los que reportaron los valores más bajos para el número de TBARS. Por lo que, en este sentido, resultó efectivo tanto el T4 como el como sustituto del antioxidante sintético que se aplicó al T3 (eritorbato de sodio y BHA/BHT); comportamiento que, se puede evidenciar en la Figura 24 que se encuentra en el Anexo 9.3, donde se observan cambios importantes en los valores de oxidación lipídica del T3, T4 y T5 en comparación con el C y T2.

5.1.2 Oxidación proteica

La oxidación de las proteínas da paso a la formación de grupos amino carbonilo, los cuales actúan como indicadores al reaccionar con el compuesto DNPH, de esta manera, es posible reportar los nmol de carbonilos/mg de proteína (Benavent, 2016). A continuación, en las Figuras 7 y 8, se presentan los resultados obtenidos al evaluar la oxidación proteica. En el análisis de varianza se obtuvo que, ni el tiempo de almacenamiento ($p = 0,0610$) ni el tratamiento aplicado ($p = 0,6752$), tuvieron un efecto significativo sobre la oxidación proteica, se reporta una potencia de prueba del 59,80 % y 66,18 % respectivamente.

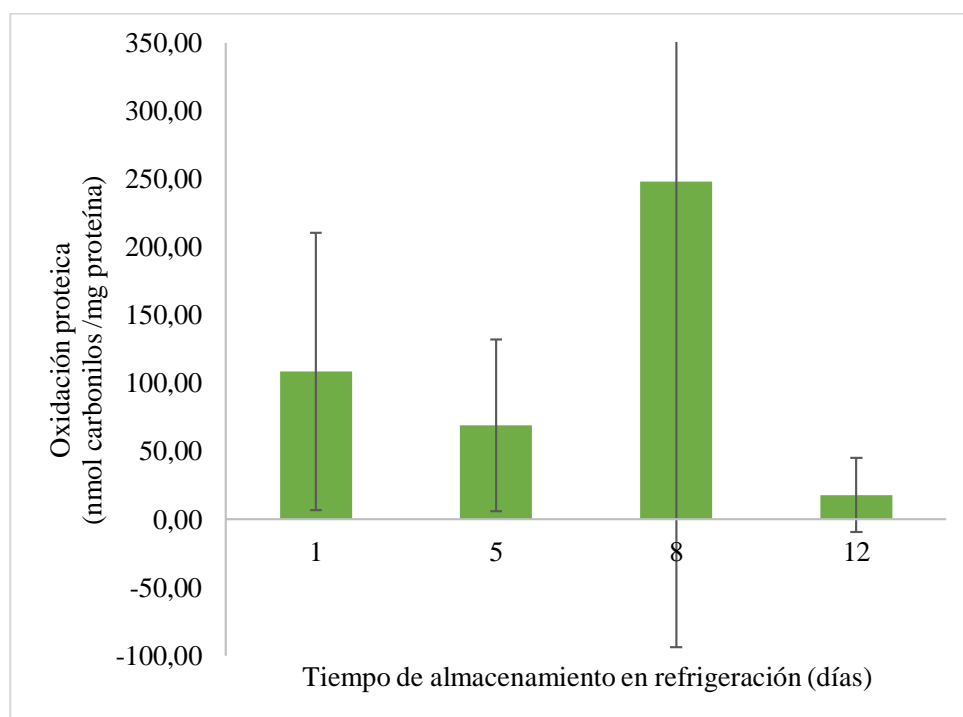


Figura 7. Oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

En los resultados registrados en la Figura 7, no se observa ninguna tendencia clara con el paso del tiempo, ya que el valor obtenido en el día 5 fue de 69,03 nmol carbonilos/ mg proteína, el cual es 63,58 % menor en comparación con el resultado reportado para el día 1 (108,57 nmol carbonilos/ mg proteína) de almacenamiento en refrigeración, mientras que el valor del día 8 (248,31 nmol carbonilos/ mg proteína) aumentó en un 359,71 % con respecto al valor del día 5, y finalmente el valor reportado para el día 12 de 17,89 nmol carbonilos/ mg proteína corresponde a un 7,20 % del

valor del día 8. Se observa también que, debido a la alta variabilidad, no se encontraron diferencias significativas.

A pesar de que, de acuerdo con Estévez *et al.* (2008) y Gómez & Lorenzo (2012), se espera un incremento de las reacciones de oxidación en las proteínas que se refleje con una tendencia ascendente del número de carbonilos con el paso del tiempo, Fernández, (2016) realizó pruebas en carne de potro, donde encontró una tendencia similar a la del presente estudio, ya que en el día 0 obtuvo 2,59 nmol carbonilos/ mg proteína, luego disminuyó a 2,19 nmol carbonilos/ mg proteína en el día 8, seguido por un incremento importante en el día 15 alcanzando un valor de 3,25 nmol carbonilos/ mg proteína y, finalmente reportó una disminución en el día 18 de 2,98 nmol carbonilos/ mg proteína.

Dicho comportamiento, según Fernández, (2016), puede ser causado en periodos prolongados de almacenamiento, ya que afectan factores como el agente oxidante, el tipo de músculo y la solubilidad de las proteínas. También, pueden ocurrir uniones covalentes de las proteínas a compuestos carbonílicos no proteicos, tal y como es el caso del MDA producto de la oxidación lipídica (Wang *et al.*, 2017), esto puede conducir a una sobreestimación, ya que el método no discrimina entre los carbonilos provenientes de MDA unidos a proteínas y los carbonilos producto de la oxidación proteica (Estévez, 2011; Z. Wang *et al.*, 2019).

Además, los carbonilos proteicos se pueden ver involucrados en otras reacciones que provoquen variaciones en el número bruto de carbonilos detectados, lo que afecta negativamente la sensibilidad del método; entre ellas se puede mencionar: que el extremo aldehído se degrade oxidativamente a un ácido carboxílico, que reaccione con el extremo aldehído de otro carbonilo unido a una proteína y obtener un producto de condensación aldólica, que reaccione con el grupo amino de un aminoácido vecino unido a una proteína (lisina principalmente) generando un enlace covalente al formarse una base de Schiff, o bien, que reaccione con un grupo α -amino de un aminoácido libre y ocurra una degradación de tipo Strecker o para formar un aldehído de este tipo (Estévez *et al.*, 2011).

Aunado a lo anterior, Rowe *et al.* (2004) destacan que, en un tejido muscular no oxidado, el contenido normal de carbonilos es de 1 nmol carbonilos/ mg proteína, mientras que si está oxidado, este valor aumenta entre 2 – 14 nmol carbonilos/ mg proteína. Al analizar estudios que utilizaron la misma metodología, Lorenzo & Gómez (2012) evaluaron la oxidación proteica en el tiempo en muestras de carne fresca de potro empacadas en presencia de oxígeno, donde reportaron una tendencia ascendente que va desde los 2,27 nmol carbonilos/ mg proteína en el día 0, hasta alcanzar un valor de 4,15 nmol carbonilos/ mg proteína en el día 15.

Los resultados del presente estudio no coinciden con los valores reportados por los autores mencionados anteriormente, ya que oscilan entre 17,89 – 248,31 nmol carbonilos/ mg proteína, es decir, son valores que superan el rango establecido por Rowe *et al.* (2004), esto evidencia, tal y como se detalló previamente, la poca sensibilidad que tuvo el método en las mediciones realizadas (Estévez, 2011).

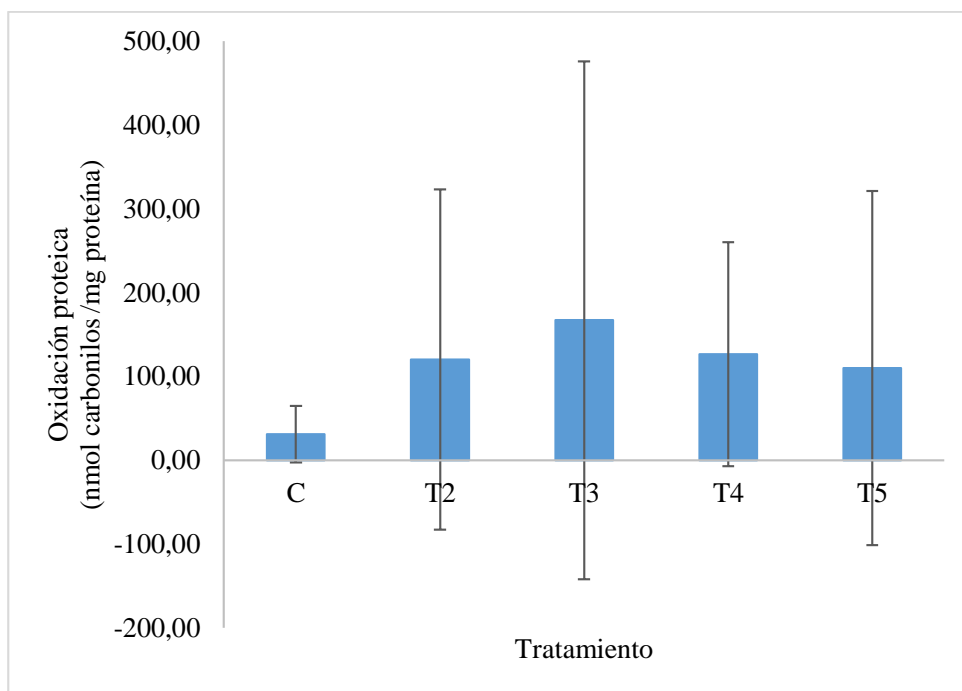


Figura 8. Oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.

Se observa en la Figura 8 que, los aditivos empleados en cada tratamiento, no presentaron diferencias sobre el efecto en la oxidación proteica, es decir, los antioxidantes utilizados, ya fuesen sintéticos o naturales, no cambiaron significativamente los resultados del número de carbonilos en comparación con el tratamiento control; es posible detallar este comportamiento en la Figura 25 que se muestra en el Anexo 9.3, en la cual, no hay un comportamiento distintivo entre los tratamientos.

Los resultados del presente estudio no coinciden con la tendencia esperada, ya que, el control reporta 31,16 nmol carbonilos/ mg proteína. Según la literatura consultada, en un estudio sobre la efectividad del aceite esencial de romero sobre salchichas estilo frankfurters, se obtuvo que el control mostraba el valor más alto de carbonilos, ya que no tenía ningún antioxidante incorporado (Estévez & Cava, 2006), este mismo comportamiento fue reportado por Jongberg *et al.* (2012) en un estudio acerca del efecto del extracto de té verde o romero sobre la oxidación de proteínas en salchichas tipo Bolonia, y por Zhang *et al.* (2013) en un estudio del efecto de la salvia sobre la estabilidad oxidativa de la salchicha estilo china durante el almacenamiento refrigerado.

Además, los autores mencionados anteriormente, obtuvieron un comportamiento en donde la oxidación proteica se reduce conforme aumenta la concentración del antioxidante incorporado, esta tendencia no coincide con los resultados obtenidos. Por otra parte, también reportaron que, en general, el número de carbonilos de los productos analizados, no supera los 5 nmol carbonilos/ mg proteína, mientras que en la Figura 8 que se alcanzan valores de hasta 167,18 nmol carbonilos/mg proteína.

Dicho comportamiento, puede deberse a que el método carece de especificidad y sensibilidad, pues tal y como se mencionó en los resultados analizados del tiempo de almacenamiento, no es posible identificar la naturaleza de los carbonilos ni los mecanismos de oxidación de los que provienen. Consecuentemente, esto puede conducir a una subestimación de la oxidación de las

proteínas o a una sobreestimación del número de carbonilos de proteínas al contabilizar carbonilos derivados de lípidos u otra naturaleza (Estévez, 2011).

Los efectos también pueden verse influenciados por la complejidad de la matriz utilizada, particularmente el chorizo al tener un alto contenido de grasa, se torna en un sistema con alta inestabilidad oxidativa, en el cual los compuestos fenólicos pueden oxidarse y, sus productos de oxidación, podrían actuar como prooxidantes promoviendo las reacciones oxidativas (Estévez & Cava, 2006). Es decir, no siempre se va a lograr inhibir la formación de carbonilos, pues de acuerdo con Jongberg *et al.* (2012), la función de los antioxidantes naturales puede tener un efecto más notorio en la carne con estrés oxidativo en comparación con la carne de calidad, en esta última, los efectos pueden verse comprometidos debido a una resistencia natural a la oxidación.

Asimismo, cabe destacar que, en un estudio elaborado por Cao & Xiong (2015) sobre ácido clorogénico en proteína miofibrilar sometida a estrés oxidativo, se obtuvo que, las muestras con alta concentración de ácido clorogénico reportaron valores altos en el número de carbonilos. Esto indica que la eficacia del ácido cafeico como antioxidante contra el daño oxidativo de las proteínas depende de la matriz en la que se encuentre, lo que puede atribuirse a diferentes valores de "longitud de cadena crítica", ya que los cafeatos de cadena alquílica de longitud media (butilo, octilo y dodecilo) reportan mejores resultados en comparación con los cafés con cadenas de alquilo más cortas (butilo, octilo y dodecilo) o cadenas de alquilo más largas (octadecilo); además, el efecto prooxidante de los ácidos cafeicos está relacionado con su estructura química, por ejemplo, aquellos que contienen un catecol, acelerarían la oxidación de proteínas para formar quinonas (Cheng *et al.*, 2021).

5.1.3 pH

El pH por lo general tiene relación con la actividad microbiana y/o con la generación de subproductos provenientes de las reacciones de oxidación, lo que puede conllevar a variaciones en el pH. (Benavent, 2016). Las Figuras 9 y 10 presentan los resultados obtenidos al evaluar este parámetro, mientras que en el análisis de varianza se obtuvo que, hubo un efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre el pH ($p = 0,0010$), sin embargo, el tratamiento aplicado no mostró diferencias significativas ($p = 0,3372$) por lo que se reporta con una potencia de prueba del 79,08 %.

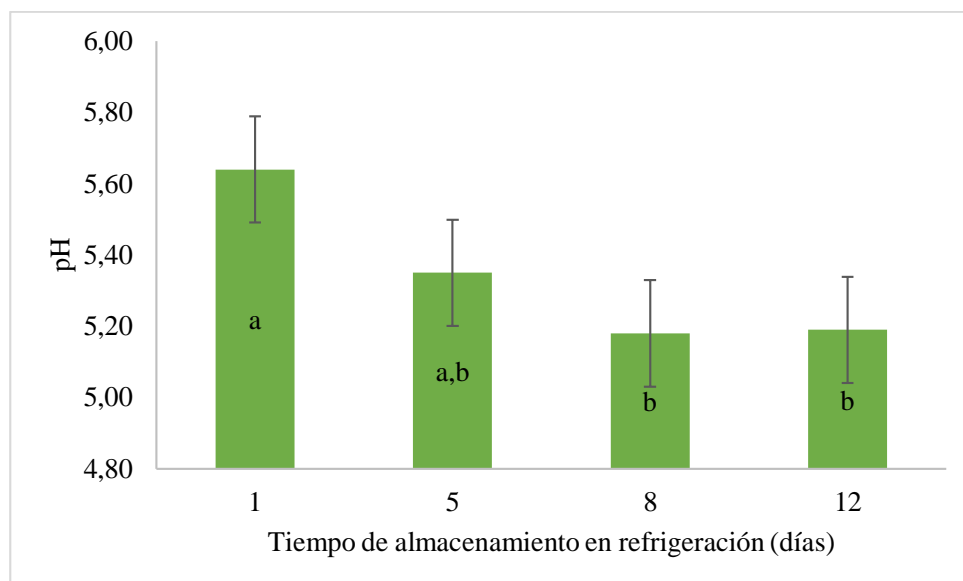


Figura 9. Valores de pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Al observar la Figura 9, el factor tiempo se dividió en dos grupos diferentes (medias con superíndices “a” y “b”). Los valores reportados en los días 1 y 5, no son diferentes entre sí; por otra parte, en los días 5, 8 y 12 no se encontraron diferencias en el pH, esto indica que la disminución del pH luego del día 5 no fue significativamente diferente. En el día 8 el pH disminuyó significativamente respecto al día 1.

Dicha disminución del valor del pH con el paso del tiempo en las muestras de chorizo, concuerda con los resultados obtenidos por Ryu *et al.* (2014) en su estudio sobre el efecto de la adición de polvo de orujo de uva en salchichas de cerdo. Esto se puede deber a la formación de ácidos orgánicos provenientes del metabolismo de carbohidratos por bacterias ácido lácticas, las cuales son Gram positivas (Šojić *et al.*, 2015); además, se debe tener contemplado que, si el pH baja demasiado, esto puede provocar sabores ácidos y desagradables al consumidor (González-Tenorio *et al.*, 2013).

Asimismo, se debe considerar que, esta disminución en el pH con el tiempo, tiene influencia en otros factores, por ejemplo, la oxidación proteica. Tal y como se observó en la Figura 7, los resultados del número de carbonilos no presentaron ninguna tendencia, por lo que es importante tomar en cuenta que altas concentraciones de iones hidronio favorecen la oxidación de la mioglobina a metamioglobina y esto la convierte en un potencial prooxidante; además, el bajo pH puede provocar que las proteínas sean más susceptibles a la oxidación, ya que atraviesan procesos de agregación, desnaturalización y su solubilidad disminuye (Estévez, 2011; Fernández, 2016).

Aunado a lo anterior, dicho descenso del pH también influye en la oxidación lipídica. Al comparar los resultados de pH de la Figura 9 con el número de TBARS en el tiempo que se encuentran en la Figura 5, se puede observar una relación inversamente proporcional entre estos dos parámetros hasta el día 8; es decir, al disminuir el pH del chorizo, mayor es el número de TBARS. Esto coincide con los resultados encontrados por Lei *et al.* (2022) y por Maqsood & Benjakul (2011), quienes reportaron que este comportamiento se debe a que a un pH bajo aumenta la afinidad por el oxígeno y acelera la autooxidación de la hemoglobina, lo que provoca la formación de un anión radical

superóxido, el cual es precursor del peróxido de hidrógeno que activa la metahemoglobina como iniciador de la peroxidación lipídica (Balagopalakrishna *et al.*, 1996).

Por otro lado, en el día 12, se observa un leve aumento en el valor de pH, pues se reporta 5,18 para el día 8 y 5,19 para el día 12; lo que concuerda con Lorenzo & Gómez (2012), quienes reportaron un comportamiento similar. Esto puede ser a causa de un aumento de microorganismos psicrótrofos productores de proteasas que conlleva a la utilización de aminoácidos como sustrato y, esto genera amoníaco y aminas que conducen al aumento del pH (Scapin *et al.*, 2015).

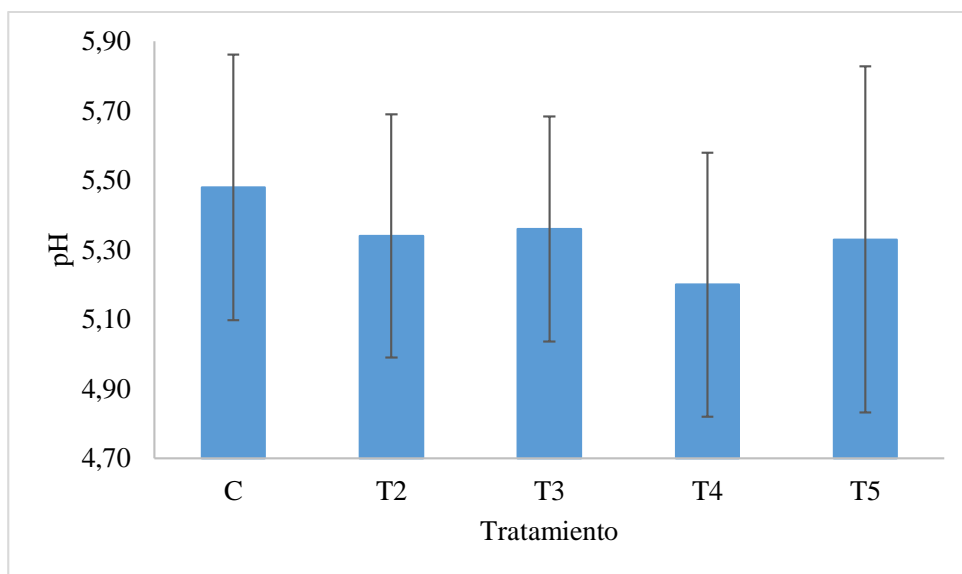


Figura 10. Valores de pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.

En la Figura 10, los valores de pH según el tratamiento empleado oscilan en un rango entre 5,20 - 5,48 y en el análisis de varianza no se reportaron diferencias significativas. Tal y como se mencionó anteriormente, un pH bajo es causado principalmente por las bacterias ácido lácticas y, se debe tener en cuenta que las muestras de chorizos evaluados en el presente estudio, no contienen ningún aditivo cuyo fin sea controlar el crecimiento microbiológico de este grupo de bacterias (Cuadro II).

Por su parte, los ácidos clorogénicos, al encontrarse en gran cantidad en la broza de café, han demostrado tener actividad antimicrobiana contra bacterias Gram positivas, por ejemplo, se ha evidenciado que inhiben el crecimiento de *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* (Martínez-Tomé *et al.*, 2011; Suárez-Quiroz *et al.*, 2013). Estos compuestos actúan sobre las membranas celulares despolarizándolas, de acuerdo con Lou *et al.*, (2011), esto con el tiempo provoca que la membrana se rompa, generando cambios irreversibles en la permeabilidad de dicha membrana y, por ende, hay fugas del contenido citoplasmático celular que, con el tiempo causa la muerte de la célula; de aquí que las bacterias Gram negativas no son tan susceptibles, pues al tener una membrana externa, estos compuestos fenólicos hidrofóbicos (como fenoles y taninos) no logran atravesarla (Duangjai *et al.*, 2016).

No obstante, se puede observar que, dentro de los cinco tratamientos analizados, los dos que tienen broza incorporada, T4 y T5 respectivamente, no reportaron diferencias significativas. Esto se

debe a que las bacterias ácido lácticas, a pesar de ser bacterias Gram positivas, muestran capacidad adaptativa a ciertos compuestos fenólicos, por ejemplo, algunos *Lactobacillus* sp., son mucho más resistentes a los ácidos clorogénicos en comparación con *Escherichia coli* o con *Bacillus subtilis* que se mencionaron anteriormente (Santamaría Rubio, 2017). Por lo que, los ácidos clorogénicos incorporados de la broza de café en T4 y T5, pueden haber funcionado como sustratos para el metabolismo de dichas bacterias ácido lácticas, lo que promovió la disminución del pH en estas muestras; fenómeno que se puede observar en la Figura 26 del Anexo 9.3, en la cual, cabe destacar que predomina una tendencia decreciente en el tiempo.

5.1.4 Color

En general, el color de la carne influye de manera importante en las preferencias y la capacidad de un consumidor para comprar un producto; los cambios en el color se han visto influenciados por reacciones de oxidación, las características y cantidad de grasa que contenga el producto, así como la presencia de antioxidantes y el método de empaque (Estévez & Cava, 2004). Por lo que, en el presente estudio, se analizaron tres parámetros distintos que conforman el color, los resultados respectivos se registran en los Cuadro III y IV a continuación.

Cuadro III. Resultados promedio de los parámetros luminosidad (L*), saturación (C*) y matiz (h*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tiempo	L*	C*	h*
1	47,47 ± 3,32 ^c	27,96 ± 4,52 ^a	58,33 ± 0,15 ^b
5	48,87 ± 2,82 ^{b,c}	27,19 ± 3,10 ^{a,b}	58,34 ± 0,06 ^b
8	51,17 ± 2,53 ^a	25,28 ± 1,57 ^b	58,38 ± 0,07 ^{a,b}
12	50,56 ± 2,44 ^{a,b}	25,04 ± 2,11 ^b	58,40 ± 0,09 ^a

Al observar los datos del cuadro anterior y, mediante el análisis de varianza, se obtuvo que, hubo un efecto significativo del tiempo de almacenamiento sobre los tres parámetros: L* (p < 0,0001), C* (p = 0,0044) y h* (p = 0,0076). En el caso de la luminosidad (L*), fue dividido en tres grupos distintos (medias con superíndices “a”, “b” y “c”). Los días 1 y 5 no muestran diferencias entre sí, tampoco se observó diferencias entre los valores obtenidos en los días 5 y 12 y, los resultados de los días 8 y 12 y no reportan diferencia significativa entre sí.

El parámetro L* se puede correlacionar con la calidad del producto cárnico porque el brillo de la superficie de la carne muestra menos signos de deterioro y el producto se ve más apetecible (Ramírez García *et al.*, 2015). Por su parte, González-Tenorio *et al.* (2013) reportan que los datos de L* para muestras de chorizo español oscilan entre 30 y 50, por lo que los resultados del chorizo del presente estudio tienden al extremo superior de dicho rango.

Los valores de L* aumentan ligeramente con el paso del tiempo hasta el día 8, estos resultados concuerdan con los encontrados por otros autores, quienes reportaron un aumento en la luminosidad durante el tiempo y una disminución al final del almacenamiento (Bingol & Ergun, 2011; Lorenzo & Gómez, 2012). Dicho comportamiento depende del contenido de pigmentos hemo y de la cantidad de agua en la superficie del producto cárnico, ya que influye en el grado en que se refleja la luz y,

consecuentemente, en la luminosidad que percibe el consumidor (Faustman & Suman, 2017; Ryu *et al.*, 2014).

Además, se ha reportado una importante relación entre la oxidación lipídica y los valores de luminosidad L^* (Soldatou *et al.*, 2009). Ya que los pigmentos hemo (mioglobina y hemoglobina) también se oxidan en una reacción acoplada de lípido-pigmento, lo que conduce a cambios de color. De acuerdo con Hernández-Hernández *et al.* (2009), la tendencia esperada es que a medida que aumenta el número de TBARS, disminuya la luminosidad, es decir, las muestras se oscurecen; no obstante, en el presente estudio no se encontró dicha tendencia, lo que sugiere que la luminosidad del chorizo no depende exclusivamente de la oxidación de los lípidos en la matriz, sino que también se puede ver afectada por la interacción con los nitritos de la sal de cura incorporada y diversos compuestos de la broza de café, este resultado coincide con lo reportado por Coutinho de Oliveira *et al.* (2012).

Por otra parte, al aplicar el análisis de varianza sobre los resultados de saturación (C^*) que se observan en el Cuadro II, éstos fueron divididos en dos grupos distintos (medias con superíndices “a” y “b”). En los valores de saturación de los días 1 y 5 no hay diferencias significativas, mientras que, los valores reportados en los días 5, 8 y 12 tampoco reportan diferencias entre sí.

De acuerdo con Scapin *et al.* (2015), los valores de C^* cercanos a cero representan colores neutros o grisáceos, y los valores cercanos a 60 expresan colores vivos. Los resultados obtenidos en el presente estudio se encuentran próximos a la mitad de dicho rango, es decir, los chorizos no fueron ni muy opacos ni muy intensos. Asimismo, los resultados obtenidos muestran una tendencia decreciente, lo cual coincide con lo reportado por Bingol & Ergun (2012), en consecuencia, esto indica una disminución en la intensidad del color, debido a la oxidación de la mioglobina y la oximioglobina a metamioglobina (Sánchez-Escalante *et al.*, 2003b).

Con respecto a los resultados del matiz (h^*), mediante el análisis de varianza se obtuvieron dos grupos diferentes (medias con superíndices “a” y “b”). No hubo diferencia significativa entre los resultados de los días 1, 5 y 8, mientras que los valores de matiz de los días 8 y 12, entre los cuales tampoco se reportan diferencias significativas.

Se obtuvo una tendencia en la que el matiz (h^*) aumentó con el paso del tiempo, es decir, una decoloración (desvanecimiento) del rojo, ya que otro factor con efecto sobre el color es la adición o no de nitritos, que forman nitrosomioglobina (González-Tenorio *et al.*, 2013). Dicho comportamiento coincide con lo reportado por Coutinho de Oliveira *et al.* (2012) y por Sánchez-Escalante *et al.* (2003b) quien detalla que este parámetro también se ve impactado por la formación de metamioglobina.

En relación con los resultados obtenidos para el factor del tratamiento evaluado, éstos se registran en el Cuadro IV a continuación, en el cual, mediante el análisis de varianza, se obtuvo un efecto significativo del tratamiento evaluado sobre los tres parámetros analizados: L^* ($p < 0,0001$), C^* ($p < 0,0001$) y h^* ($p < 0,0001$). Seguido, en la Figura 11, se ejemplifican las distintas muestras de chorizo.

Cuadro IV. Resultados promedio de los parámetros luminosidad (L*), saturación (C*) y matiz (h*) de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.

Aditivo	L*	C*	h*
C	51,74 ± 1,45 ^a	22,41 ± 3,51 ^b	58,58 ± 0,11 ^a
T2	50,09 ± 2,14 ^{a,b}	27,95 ± 3,23 ^a	58,27 ± 0,05 ^c
T3	50,85 ± 2,06 ^a	27,91 ± 2,39 ^a	58,30 ± 0,08 ^{b,c}
T4	48,51 ± 3,05 ^{b,c}	27,29 ± 1,73 ^a	58,29 ± 0,06 ^{b,c}
T5	46,38 ± 3,41 ^c	26,27 ± 2,30 ^a	58,37 ± 0,09 ^b



Figura 11. Muestras de los tratamientos de chorizo crudo al día 5 de almacenamiento en refrigeración.

La luminosidad (L*) se dividió en tres grupos distintos (medias con superíndices “a”, “b” y “c”) según el análisis de varianza aplicado. Los tratamientos C, T2 y T3 no presentan diferencias significativas entre ellos, T2 y T4 no tienen diferencias entre sí; finalmente, entre T4 y T5 tampoco hay diferencias significativas.

Con base en lo anterior, el tratamiento control fue la muestra más clara, debido a la ausencia de nitritos y broza, mientras que los tratamientos con broza de café dieron los valores de L* más bajos, es decir, son los chorizos más oscuros. Este comportamiento concuerda con lo esperado, pues la broza molida es color café, por lo que es T5 el que contiene una mayor cantidad y corresponde al chorizo con el menor valor de L*, seguido por el T4, lo cual se puede evidenciar al observar la Figura 11 y coincide con los resultados obtenidos por Hernández-Hernández *et al.* (2009). No obstante, cabe destacar que, en el T4 la aplicación de broza de café al 1 % no oscureció la muestra la suficiente como para que fuese significativamente diferente del T2.

En relación con los resultados de saturación (C^*) del Cuadro III, en el análisis de varianza se obtuvieron dos grupos (medias con superíndices “a” y “b”), en donde únicamente el tratamiento control es significativamente diferente en comparación con T2, T3, T4 y T5.

Esto indica que el tratamiento control fue la muestra más pálida al obtener el valor más bajo de saturación, lo que puede ser provocado por la falta de antioxidantes, ya que de acuerdo con Coutinho de Oliveira *et al.* (2012), la formación de metamioglobina por medio de reacciones oxidativas está relacionada con valores bajos de C^* ; además, como el chorizo no contiene nitritos, carece del característico color curado, lo que provoca que sea una muestra con menor saturación.

En el caso de los tratamientos T2, T3, T4 y T5, la saturación varió dentro de un rango muy estrecho, por lo que no se encontraron diferencias significativas entre dichas muestras. Sin embargo, cabe destacar que T4 y T5 que contienen broza de café, presentaron menores valores C^* con respecto a T2 y T3, lo cual puede deberse a la concentración de polifenoles que aporta la broza de café, ya que se ha demostrado que son antioxidantes eficaces y evitan que los pigmentos hemo rojos se oxiden a metamioglobina (Hernández-Hernández *et al.*, 2009).

En cuanto a los resultados del matiz (h^*) y, luego de aplicar el análisis de varianza, se obtuvieron tres grupos distintos (medias con superíndices “a”, “b” y “c”). El control resultó significativamente diferente del resto de tratamientos; además, esta muestra reportó el valor más alto de matiz, es decir, es la muestra con menor tonalidad rojiza y una mayor tendencia a matices amarillos (Hernández-Hernández *et al.*, 2009).

Los valores de T3, T4 y T5 indican que el uso de antioxidantes naturales no mostró diferencias significativas en el matiz de los chorizos en comparación con la muestra que tenía los antioxidantes artificiales. Y los tratamientos T2, T3 y T4 indican que el uso exclusivo de sal de cura, antioxidantes artificiales o broza de café al 1 % no tuvo diferencias significativas sobre el valor h^* encontrado; no obstante, estas muestras corresponden al grupo donde los valores de matiz son los más bajos, por ende, son las muestras con mayor tonalidad rojiza.

En el Anexo 9.3 se pueden encontrar los Cuadros VIII, IX y X, para los parámetros de luminosidad (L^*), saturación (C^*) y matiz (h^*) respectivamente; donde es posible detallar la tendencia mencionada anteriormente a través de los resultados de cada tratamiento en el tiempo.

5.2 Análisis sensorial del chorizo crudo

Una prueba de agrado general permite relacionar el nivel de atracción por un producto solamente por sus características sensoriales, con un grado de atracción posterior, luego de conocer información básica del producto, como la marca y la información nutricional; además, permiten estimar la intención de compra si así se desea (Ramírez-Navas, 2014).

En el panel realizado participaron 100 panelistas no entrenados. A los resultados se les aplicó un análisis de conglomerados, con el cual se conforman grupos de panelistas según agrado así, se obtuvieron grupos de consumidores con tendencias homogéneas de agrado hacia las muestras de chorizo (De Paula *et al.*, 2014; Gutiérrez & Barrera, 2015). En el presente estudio se dividieron en tres conglomerados: el Conglomerado 1 conformado por 53 panelistas, el Conglomerado 2 incluye 21 panelistas y, el Conglomerado 3 abarca los 26 panelistas restantes.

Los tres conglomerados seleccionados permiten observar que cada una de estas agrupaciones tienden a usar una única parte de la escala, por lo que estas agrupaciones fueron necesarias para poder analizar las diferencias de los cinco tratamientos sobre el agrado general de los panelistas evaluados. El Conglomerado 1 no eligió puntuaciones por debajo de la mitad, el Conglomerado 2 seleccionó solo la parte central de la escala y, el Conglomerado 3 prefirió a valores altos.

En las Figuras 12, 13 y 14 se presentan los resultados obtenidos al evaluar este parámetro en cada uno de los conglomerados mencionados previamente; en el análisis de varianza se obtuvo que, hubo un efecto significativo de los tratamientos sobre el agrado general del Conglomerado 1 ($p = 0,0208$) y del Conglomerado 3 ($p < 0,0001$), sin embargo, el tratamiento aplicado no mostró diferencias significativas sobre el agrado general del Conglomerado 2 ($p = 0,0994$).

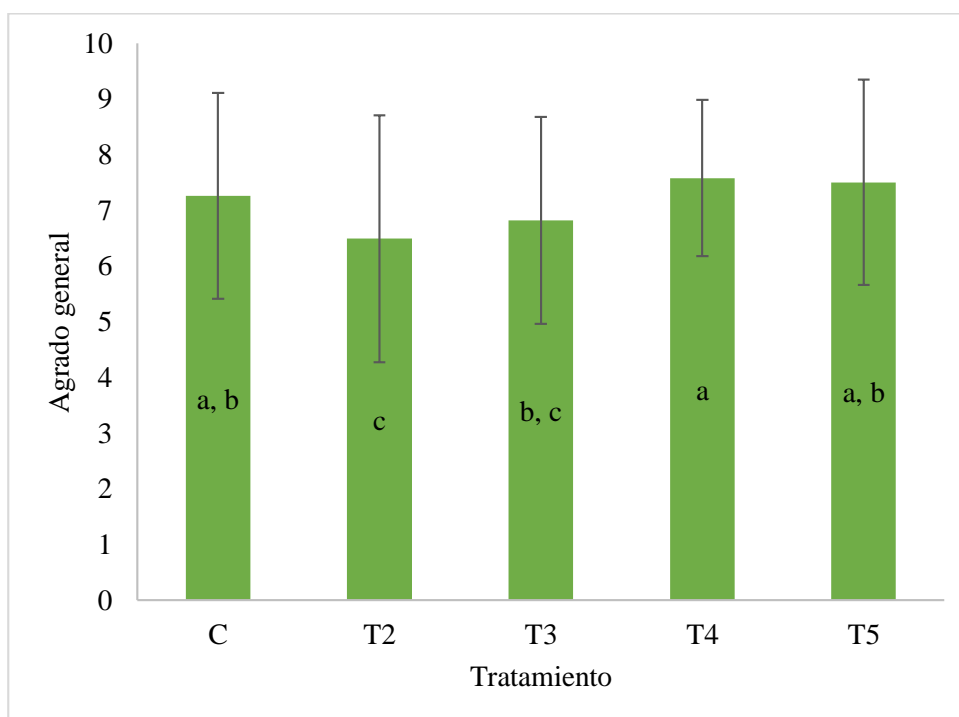


Figura 12. Valores de agrado general promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado para el Conglomerado 1.

El Conglomerado 1 está compuesto por un poco más de la mitad de los panelistas evaluados, al aplicar el análisis de varianza se obtuvieron tres grupos distintos (medias con superíndices “a”, “b” y “c”). Tal y como se observa en la Figura 12, entre C, T4 y T5 no se encontraron diferencias significativas; es importante mencionar que este grupo es el que reporta las calificaciones de agrado más altas, siendo los dos tratamientos con broza de café y el control los de mayor agrado. Este comportamiento puede mostrar, en general, una tendencia de este conglomerado por chorizos menos curados y un mayor agrado por los antioxidantes naturales en lugar de los antioxidantes de origen sintético.

Aunado a lo anterior, en un estudio realizado por Tamkutė *et al.* (2021), señalaron que la concentración de antioxidantes naturales deben evaluarse cuidadosamente, ya que ciertos compuestos fenólicos pueden impartir sabores indeseados, a partir de determinadas concentraciones. No obstante, en este conglomerado se puede observar que no hubo diferencias significativas entre los tratamiento T4 y T5, es decir, los panelistas no descartaron las concentraciones de 1 % y 2 % de broza de café.

A su vez, en los resultados de los tratamientos C, T2 y T5, el agrado general del chorizo con broza de café al 2 % no difiere significativamente del chorizo con sal de cura o del control. Además, los tratamientos T2 y T3 tampoco presentaron diferencias entre sí, esto indica que los antioxidantes sintéticos no tuvieron un efecto sobre el agrado general en comparación con el chorizo que tenía sal de cura únicamente.

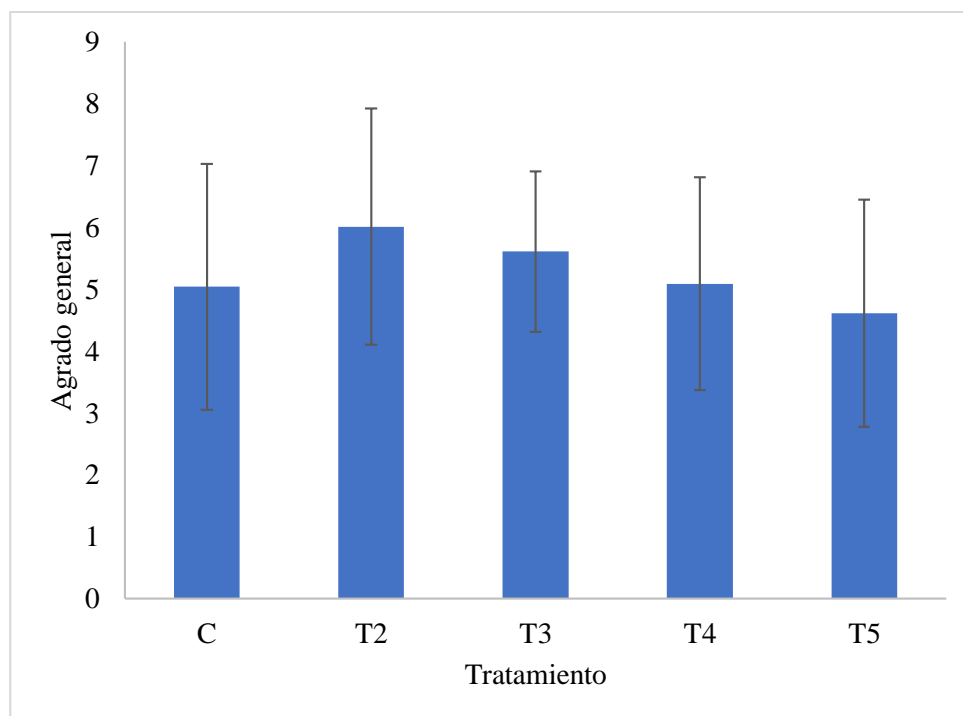


Figura 13. Valores de agrado general promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado para el Conglomerado 2.

Con respecto al Conglomerado 2, el análisis de varianza indicó que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos sobre el agrado general. En comparación con el Conglomerado 1, indica que a estos panelistas no tuvieron preferencia por algún chorizo. Este comportamiento no

coincide con los resultados encontrados por Scapin *et al.* (2015), quienes además señalan que la adición de sustancias naturales puede cambiar el sabor característico de estos productos cárnicos, ya que muchos compuestos fenólicos de origen vegetal aportan amargor y astringencia, los cuales en altas concentraciones pueden provocar una reacción negativa por parte del consumidor (Soares *et al.*, 2013).

Este fue el grupo de consumidores que mostraron menos agrado por los chorizos, no hay diferencia en el agrado entre tratamientos, es decir ningún tratamiento hizo la diferencia a nivel de agrado.

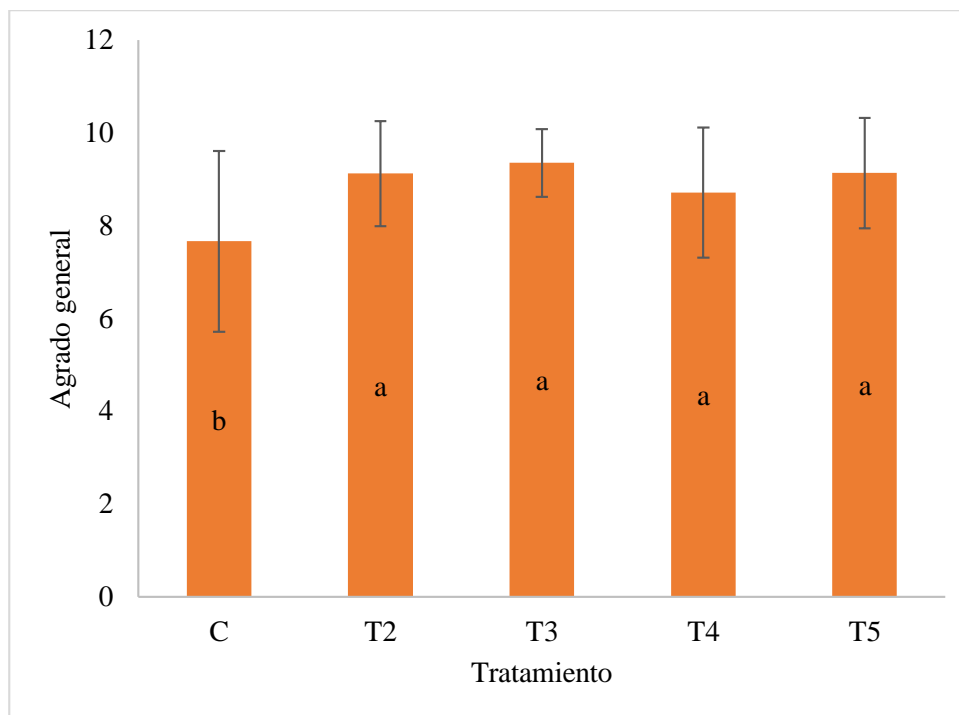


Figura 14. Valores de agrado general promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado para el Conglomerado 3.

En la Figura 14 se pueden observar los resultados del Conglomerado 3, a través del análisis de varianza se dividieron en dos grupos (medias con superíndices “a” y “b”). El chorizo control es la única muestra que reportó el menor agrado general entre las cinco muestras, con una puntuación de 7,66. Por lo que, a este conglomerado, les agrada más el sabor curado que aportan los nitritos.

Por su parte, los cuatro tratamientos restantes no mostraron diferencias significativas entre sí sobre el agrado general de los panelistas. Además, cabe recalcar que, el Conglomerado 3 en general, asignó mayores valores de agrado a las muestras, se puede deducir que gustan de los chorizos. El uso de la broza no afectó el agrado con respecto a la muestra curada y a la muestra curada con antioxidantes sintéticos, a pesar de que cuando se probaron las muestras antes de preparar el panel se detectó que había sabor asociado a la broza de café que era distinto.

6. Conclusiones

- Con base al número de TBARS, el promedio las muestras de chorizo se catalogan desde el día 1 como oxidadas y, a partir del día 5 se consideran rancias pues reportan un nivel de oxidación lipídica significativamente mayor.
- Los chorizos tratados con broza de café no mostraron diferencia significativa en la oxidación lipídica respecto al uso de eritorbato de sodio y BHA/BHT, lo que supone que el uso de 1 % y 2 % de este antioxidante natural es tan efectivo como los antioxidantes sintéticos comúnmente usados en la industria cárnica.
- Los antioxidantes utilizados, ya fuesen sintéticos o naturales, no influyeron en la oxidación proteica, cuyos valores fueron muy variables posiblemente debido a poca sensibilidad y selectividad del método usado.
- El pH de los chorizos crudos no se ve afectado por los tratamientos aplicados, mientras que sí se ve una disminución del pH hasta el día 8 de almacenamiento en refrigeración.
- La disminución de pH influyó en la oxidación lipídica, pues aumentó la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno, favoreciendo la peroxidación lipídica.
- La luminosidad (L^*) se ve influenciada según el tipo de antioxidante adicionado. La adición de broza de café disminuye el valor L^* , haciendo que los chorizos se observaran más oscuros.
- El tratamiento control fue la muestra más clara, debido a la ausencia de nitritos y broza, mientras que los tratamientos con broza de café dieron los valores de L^* más bajos.
- La saturación del color C^* disminuyó y el matiz h^* aumentó con el paso del tiempo. La adición de broza de café no mostró efectos significativamente diferentes en comparación al que contenía los antioxidantes sintéticos eritorbato de sodio y BHA/BHT.
- La adición de antioxidantes y nitrito influye en la saturación C^* del color de los chorizos crudos, y el matiz h^* . La muestra control resultó significativamente más pálida en comparación con el resto de tratamientos.
- Los antioxidantes sintéticos y naturales son igualmente efectivos sobre la saturación y el matiz del color.
- Ninguno de los tres conglomerados rechazó la adición de broza de café en las muestras de chorizo.

7. Recomendaciones

- Hacer un estudio de la oxidación lipídica y proteica de los productos cárnicos y materias primas que se comercializan en Costa Rica, ya que se observó que las muestras ya presentaban niveles de oxidación considerables desde el día 1 de almacenamiento en refrigeración.
- Dado que se observaron cambios importantes entre el día 1 y 8, y considerando que este es un producto de corta vida útil, se sugiere realizar un estudio similar al presente de menor duración y con tiempos de muestreo más cortos, incluyendo un estudio microbiológico para poder explicar a mayor profundidad los cambios relativos al deterioro del producto.
- Evaluar el efecto de la broza de café sobre la oxidación proteica con otra metodología, por ejemplo, la cuantificación de las bases volátiles nitrogenadas totales o nitrógeno volátil total (NVT), que sea más sensible, de manera que puedan obtenerse resultados concluyentes sobre este parámetro.
- Optimizar la cantidad máxima de broza de café que se puede adicionar en el chorizo, de modo que se encuentre el balance entre la eficiencia del antioxidante sobre la calidad del chorizo y la aceptabilidad sensorial del mismo.
- Estudiar el uso de la broza de café en el chorizo como fibra añadida o como extensor cárnico, ya que estas muestras se percibieron sensorialmente más secas. Esto con el fin de determinar si efectivamente es una característica que se le podría atribuir al ingrediente.
- Evaluar la incorporación de la broza de café sobre otro tipo de productos cárnicos, por ejemplo, aquellos con menor contenido de grasa, para así determinar su efectividad en otro tipo de matrices.
- Realizar un estudio sensorial que permita evaluar diferentes grados de oxidación en el producto y su influencia sobre su aceptabilidad.

8. Referencias citadas

- Acevedo, J. (2019). *Diseño de un prototipo de sistema de automatización de flujo hídrico para el proceso de rociado en una embutidora en San Antonio del Tejar* [Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10792/Diseño_prototipo_del_sistema_de_automatización_de_flujo_hídrico.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Acevedo, M. (2004). *Evaluación de los Atributos Principales de Calidad de la Carne de Res de Origen Local e Importada, Según se Ofrece al Consumidor* [Tesis de maestría, Universidad de Puerto Rico]. http://www.ipcva.com.ar/files/carne_centroamerica.pdf
- Albarracín, W. H., Acosta A, L. F., Sánchez B, I. C., & La Facultad De Química Farmacéutica, R. DE. (2010). *Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de frijol común (Phaseolus spp.)*.
- Amerling, C. (2001). *Antología Tecnología de la Carne* (1a ed.). UNED. https://books.google.co.cr/books?id=9NweMkWe9VEC&pg=PA34&dq=Función+del+eritorbato+de+sodio+en+embutidos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiK_5WMme_1AhWeQjABHeTPCxQQ6AF6BAGFEAI#v=onepage&q=Función+del+eritorbato+de+sodio+en+embutidos&f=false
- Araya, S. (2018). *Reducción de tripolifosfato de sodio y lactato de sodio en un salchichón, con y sin reducción de cloruro de sodio: Efecto sobre la estabilidad, el pH de la emulsión el sabor salado y la textura* [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5984/1/43334.pdf>
- Arguedas-Gamboa, P. (2014). Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza). *Revista Tecnología en Marcha*, 38. <https://doi.org/10.18845/tm.v0i0.1654>
- Arias, J. (2016). *Valorización de la pulpa de café (Coffea arabica mediante la extracción de ácidos hidroxicinámicos y clorogénicos* [Tesis de grado, Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3436>
- Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). (2019). *Método Oficial de Análisis 981.12: pH de Alimentos Acidificados*.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (4a ed.). Pearson Educación.
- Balagopalakrishna, C., Manoharan, P. T., Abugo, O. O., & Rifkind, J. M. (1996). Production of superoxide from hemoglobin-bound oxygen under hypoxic conditions. *Biochemistry*, 35(20), 6393–6398. <https://doi.org/10.1021/bi952875+>
- Belitz, H., Grosch, W., & Schieberle. (2009). *Food Chemistry* (4a ed.). Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9783540699330>
- Benavent, M. (2016). *Efecto del tiempo de conservación y de la temperatura en los parámetros oxidativos de la carne de potro* [Tesis de maestría, Universidad Pública de Navarra]. <https://hdl.handle.net/2454/22449>
- Bingol, E. B., & Ergun, O. (2011). Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on the

- microbiological quality and shelf life of ostrich meat. *Meat Science*, 88(4), 774–785. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2011.03.013>
- Bingol, E. B., & Ergun, O. (2012). Corrigendum to “Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on the microbiological quality and shelf life of ostrich meat” [*Meat Science* 87 (2010) 95–100]. *Meat Science*, 90(1), 276–277. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2011.06.005>
- Blinová, L., Sirotiak, M., Bartošová, A., & Soldán, M. (2017). Review: Utilization of Waste From Coffee Production. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, 25(40), 91–101. <https://doi.org/10.1515/RPUT-2017-0011>
- Bolumar, T., Toepfl, S., Andersen, M., Skibsted, L., Orlien, V., & Volker, H. (2013). *Radical Formation , Oxidative Deterioration and Its Prevention By Antioxidant Active Packaging: a Case Study of Meat Processed by High Pressure*. http://ccm.ytally.com/fileadmin/user_upload/downloads/publications_5th_workshop/Bolumar_paper.pdf
- Bou, R., Codony, R., Tres, A., Decker, E. A., & Guardiola, F. (2009). Dietary strategies to improve nutritional value, oxidative stability, and sensory properties of poultry products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(9), 800–822. <https://doi.org/10.1080/10408390902911108>
- Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sánchez, A., Torrescano, G., Partida, J., Ponce, E., & Ríos, F. (2011). Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. En M.d.C.y.T. (Ed.), *Metodología para el estudio de la calidad de la canak y de la carne en ruminants*. <https://docplayer.es/7102044-Manual-de-analisis-de-calidad-en-muestras-de-carne.html>
- Brewster, E. (2021). The Changing Face of Clean Label. *Food Technology Magazine*, 75(8). <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2021/september/columns/ingredients-clean-label>
- Buera, M., & Román, P. (2016). *Aprovechamiento de subproductos y valorización de recursos autóctonos: interrelación investigación-producción-desarrollo y sociedad Red Temática 415RT0495 LACFUN*. <http://www.iesjorgemanrique.com/?p=2806>
- CAC/GL 36-1989. (2015). *Codex Alimentarios: Nombres Genéricos y Sistema Internacional de Numeración de Aditivos Alimentarios*.
- Calvo, V. (2019). *Efecto de la concentración de sal y distintas proporciones de carne de res y cerdo sobre la percepción del sabor salado, textura, color y estabilidad de la emulsión en salchichón* [Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/11005/1/44689.pdf>
- Cao, Y., & Xiong, Y. L. (2015). Chlorogenic acid-mediated gel formation of oxidatively stressed myofibrillar protein. *Food Chemistry*, 180, 235–243. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.02.036>
- Cárdenas, N., Cevallos, C., Salazar, J., Romero, E., Gallegos, P., & Cáceres, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 253–263. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6560198>

- Cerdas, M. (2021, octubre 22). Valor de las exportaciones de productos de Costa Rica creció 27% en los primeros nueve meses de 2021. *El Financiero*. <https://www.elfinancierocr.com/economia-y-politica/valor-de-las-exportaciones-de-productos-de-costa/WXCKB2BVMNF3HC55CM4QSWYWJQ/story/>
- Chamorro, H. (2020, agosto 11). *Mioglobina, factor principal del cual depende el color de la carne - BM Editores*. <https://bmeditores.mx/entorno-pecuario/mioglobina-factor-principal-del-cual-depende-el-color-de-la-carne/>
- Chaparro Acuña, S. P., Lara Sandoval, A. E., Sandoval Amador, A., Sosa Suarique, S. J., Martínez Zambrano, J. J., & Gil González, J. H. (2015). Functional Characterization of Mango Seeds Kernel (Mangifera indica L.). *Ciencia en Desarrollo*, 6(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-74882015000100009
- Chaves-Ulate, E. C., & Esquivel-Rodríguez, P. (2019). Chlorogenic acids present in coffee: Antioxidant and antimicrobial capacity. *Agronomy Mesoamerican*, 30(1), 299–311. <https://doi.org/10.15517/am.v30i1.32974>
- Cheng, J., Xiang, R., Tang, D., Zhu, M., & Liu, X. (2021). Regulation of protein oxidation in Cantonese sausages by rutin, quercetin and caffeic acid. *Meat Science*, 175, 108422. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2020.108422>
- Cori, M. E., Michelangeli, C., De Basilio, V., Figueroa, R., & Rivas, N. (2014). Solubilidad proteica, contenido de mioglobina, color y pH de la carne de pollo, gallina y codorniz. *Archivos de Zootecnia*, 63(241), 25–34. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49530516005.pdf>
- Coutinho de Oliveira, T. L., Malfitano de Carvalho, S., de Araújo Soares, R., Andrade, M. A., Cardoso, M. das G., Ramos, E. M., & Piccoli, R. H. (2012). Antioxidant effects of Satureja montana L. essential oil on TBARS and color of mortadella-type sausages formulated with different levels of sodium nitrite. *LWT - Food Science and Technology*, 45(2), 204–212. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2011.09.006>
- Cunha, L. C. M., Monteiro, M. L. G., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Muchenje, V., de Carvalho, F. A. L., & Conte-Junior, C. A. (2018). Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products. *Food Research International*, 111, 379–390. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.05.041>
- De Andrade Júnior, P., Sobreira De Cabral, A. L., Míllia, J., De Araújo, D., Cordeiro, L. V., De Barros Cândido, M., Pontes Da Silva, A., Tamires De Medeiros Lima, B., & Dantas, B. B. (2021). Food nitrates and nitrites as possible causes of cancer: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*, 50(1), 269–291. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v50n1.95460>
- De Paula, C., García, C., & Durango, A. (2014). Valor de la Marca en la Aceptación Sensorial de Consumidores en Cuatro Tipos de Pan Tajado Blanco. *Información Tecnológica*, 25(1), 127–132. <https://web-s-ebsohost.com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=2fd4aa86-1304-450b-a798-7fedba53f11a%40redis>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2011). *Los Embutidos y la Inocuidad de los Alimentos ¿Qué información podemos encontrar en la etiqueta?*

<https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/en-espanol/hojasinformativas/preparacion->

- Dey, J. C., Jahan, I., Ghosh, S., Halder, B. C., Ahmad, M. H., & Hossain, M. A. (2020). Assessment of broiler chicken meat quality collected from different markets of Chittagong. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 49(1), 29–36. <https://doi.org/10.3329/BJAS.V49I1.49375>
- Duangjai, A., Suphrom, N., Wungrath, J., Ontawong, A., Nuengchamnong, N., & Yosboonruang, A. (2016). Comparison of antioxidant, antimicrobial activities and chemical profiles of three coffee (*Coffea arabica* L.) pulp aqueous extracts. *Integrative Medicine Research*, 5(4), 324–331. <https://doi.org/10.1016/J.IMR.2016.09.001>
- Esquivel, P., & Jiménez, V. M. (2012). *Functional properties of coffee and coffee by-products* ☆. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89(3), 259–279. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2011.04.025>
- Estévez, M., & Cava, R. (2004). Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. *Meat Science*, 68(4), 551–558. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2004.05.007>
- Estévez, M., & Cava, R. (2006). Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. *Meat Science*, 72(2), 348–355. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2005.08.005>
- Estévez, M., Kylli, P., Puolanne, E., Kivikari, R., & Heinonen, M. (2008). Oxidation of Skeletal Muscle Myofibrillar Proteins in Oil-in-Water Emulsions: Interaction with Lipids and Effect of Selected Phenolic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10933–10940. <https://doi.org/10.1021/JF801784H>
- Estévez, M., Ventanas, S., & Heinonen, M. (2011). Formation of Strecker aldehydes between protein carbonyls – α -Aminoadipic and γ -glutamic semialdehydes – and leucine and isoleucine. *Food Chemistry*, 128(4), 1051–1057. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2011.04.012>
- Faustman, C., & Suman, S. (2017). Lawrie's Meat Science: The Eating Quality of Meat: I-Color. En F. Toldrá (Ed.), *Lawrie's Meat Science: Eighth Edition* (8a ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00021-2>
- Feiner, G. (2006). *Meat Products Handbook: Practical Science and Technology*. Woodhead Publishing Limited. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/lib/sibdilibro-ebooks/reader.action?docID=1604743>
- Fernández-Cortés, Y., Sotto-Rodríguez, K. D., Vargas-Marín, L. A., Fernández-Cortés, Y., Sotto-Rodríguez, K. D., & Vargas-Marín, L. A. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción + Limpia*, 15(1), 93–110. <https://doi.org/10.22507/PML.V15N1A7>
- Fernández, A. (2016). *Efecto del tiempo de conservación en la oxidación proteica de la carne de poto* [Tesis de grado, Universidad Pública de Navarra]. <https://hdl.handle.net/2454/22363>

- Fonseca-García, L., Calderón-Jaimes, L., & Rivera, M. (2014). Capacidad Antioxidante y Contenido de Fenoles Totales en Café y Subproductos del Café Producido y Comercializado en Norte de Santander (Colombia). *VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 21(3), 228–236.
- Ganhão, R., Morcuende, D., & Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*, 85(3), 402–409. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.008>
- Georgantelis, D., Ambrosiadis, I., Katikou, P., Blekas, G., & Georgakis, S. A. (2007). Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 °C. *Meat Science*, 76(1), 172–181. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2006.10.026>
- Gómez, M., & Lorenzo, J. M. (2012). Effect of packaging conditions on shelf-life of fresh foal meat. *Meat Science*, 91(4), 513–520. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2012.03.007>
- González-Tenorio, R., Totosaus, A., Caro, I., & Mateo, J. (2013). Caracterización de Propiedades Químicas y Físicoquímicas de Chorizos Comercializados en la Zona Centro de México. *Información tecnológica*, 24(2), 3–14. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200002>
- Guevara-Villalobos, D., Céspedes-Vindas, C., Flores-Soto, N., Úbeda-Carrasquilla, L., Chinnock, A., Gómez, G., & ELANS, G. (2019). Hábitos alimentarios de la población urbana costarricense. *Acta Médica Costarricense*, 61(4), 152–159. <https://doi.org/10.51481/amc.v61i4.1045>
- Gutiérrez, N., & Barrera, O. (2015). Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(2), 77–87. <https://doi.org/10.22267/rcia.153202.15>
- Handbook of muscle foods analysis. (2009). En L. Nollet & F. Toldra (Eds.), *SciTech Book News* (1a ed., Vol. 33, Número 1). CRC Press Taylor & Francis Group. https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=dUz11CIdywQC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Handbook+of+Muscle+Foods+Analysis&ots=-e-roA0QVs&sig=-i7_gIzEbl7FhxZaQQKruJHc2YQ#v=onepage&q&f=false
- Hernández-Hernández, E., Ponce-Alquicira, E., Jaramillo-Flores, M. E., & Guerrero Legarreta, I. (2009). Antioxidant effect rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and oregano (*Origanum vulgare* L.) extracts on TBARS and colour of model raw pork batters. *Meat Science*, 81(2), 410–417. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2008.09.004>
- Herrera, C., Bolaños, N., & Lutz, G. (2008). *Química de Alimentos. Manual de Laboratorio. Productos cárnicos*. Editorial UCR.
- Honikel, K.-O. (2007). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030>
- Hough, G., Wakeling, I., Mucci, A., Chambers IV, E., Gallardo, I. M., & Alves, L. R. (2006). Number of consumers necessary for sensory acceptability tests. *Food Quality and Preference*, 17(6), 522–526. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2005.07.002>

- Hough, G., & Garitta, L. (2012). Methodology for sensory shelf-life estimation: A review. *Journal of Sensory Studies*, 27(3), 137–147. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2012.00383.x>
- HunterLab. (2018). *Especificaciones de uso de espectrofotómetro ColorFlex EZ*. <https://www.hunterlab.com/es/solutions/color-measurement/colorflex-ez/>
- Instituto del Café de Costa Rica. (2015). *El Mejor Café del Mundo*. <http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/el-mejor-cafe-del-mundo/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica. (2018). *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos (ENIGH) Gastos de los hogares*. <https://www.inec.cr/ingresos-y-gastos-de-hogares/gastos-de-los-hogares>
- Jongberg, S., Tørngren, M. A., Gunvig, A., Skibsted, L. H., & Lund, M. N. (2012). *Effect of green tea or rosemary extract on protein oxidation in Bologna type sausages prepared from oxidatively stressed pork*. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.005>
- Juárez, B. (2005). *Estudio de las comunidades microbianas de embutidos fermentados ligeramente acidificados mediante técnicas moleculares. Estandarización, seguridad y mejora tecnológica*. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7790/Tbmj.pdf>
- Kerry, J., & Ledward, D. (2009). *Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*. Woodhead Publishing Limited. https://app-knovel-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/kn/resources/kpISNQFM03/toc?issue_id=kpISNQFM03
- Kim, J. H., Ahn, D. U., Eun, J. B., & Moon, S. H. (2016). Antioxidant effect of extracts from the coffee residue in raw and cooked meat. *Antioxidants*, 5(3). <https://doi.org/10.3390/antiox5030021>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (1998). *Sensory evaluation of food : principles and practices* (2a ed.). Springer.
- Lei, X., Qin, Z., Ye, B., Wu, Y., & Liu, L. (2022). Effect of pH on lipid oxidation mediated by hemoglobin in washed chicken muscle. *Food Chemistry*, 372, 131253. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131253>
- Lim, J. (2011). Hedonic scaling: A review of methods and theory. *Food Quality and Preference*, 22(8), 733–747. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2011.05.008>
- Lorenzo, J. M., & Gómez, M. (2012). Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Science*, 92(4), 610–618. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2012.06.008>
- Lou, Z., Wang, H., Zhu, S., Ma, C., & Wang, Z. (2011). Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Chlorogenic Acid. *Journal of Food Science*, 76(6), M398–M403. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2011.02213.X>
- Lugo, E. (2008). Nitritos y Nitratos: Su uso, control y alternativas en embutidos cárnicos. *Nacameh*, 2(2), 160–187. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3664829.pdf>
- Maqsood, S., & Benjakul, S. (2011). Comparative studies on molecular changes and pro-oxidative activity of haemoglobin from different fish species as influenced by pH. *Food Chemistry*,

- Márquez Sereno, C. (2014). *UF0354 - Elaboración de curados y salazones cárnicos - Carmen Márquez Sereno - Google Libros* (5a ed.). E-Learning S.L. <https://books.google.co.cr/books?id=mNNWDwAAQBAJ&pg=PA112&dq=condimentos+carnicos&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjX0pGr64D2AhWnQTABHVlkdDMAQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q=condimentos+carnicos&f=true>
- Martínez-Tomé, M., Jiménez-Monreal, A. M., García-Jiménez, L., Almela, L., García-Diz, L., Mariscal-Arcas, M., & Murcia, M. A. (2011). Assessment of antimicrobial activity of coffee brewed in three different ways from different origins. *European Food Research and Technology*, 233(3), 497–505. <https://doi.org/10.1007/S00217-011-1539-0>
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v42n2/art07.pdf>
- Medina, I., Undeland, I., Larsson, K., Storrø, I., Rustad, T., Jacobsen, C., Kristinová, V., & Gallardo, J. M. (2012). Activity of caffeic acid in different fish lipid matrices: A review. *Food Chemistry*, 131(2012), 730–740. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.032>
- Meilgaard, M., Civille, G., & Carr, B. (2007). *Sensory evaluation techniques* (4a. ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Mendes, R., Cardoso, C., & Pestana, C. (2009). Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test. *Food Chemistry*, 112(4), 1038–1045. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.06.052>
- Mendes, R., Pestana, C., & Gonçalves, A. (2008). The effects of soluble gas stabilisation on the quality of packed sardine fillets (*Sardina pilchardus*) stored in air, VP and MAP. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(11), 2000–2009. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2008.01809.X>
- Menéndez, R. A., Rendueles, E., Sanz, J. J., Santos, J. A., & García-Fernández, M. C. (2018). Physicochemical and microbiological characteristics of diverse Spanish cured meat products. *CYTA - Journal of Food*, 16(1), 199–204. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1379560>
- Ministerio de Economía Industria y Comercio. (2010). *Guía para el etiquetado de embutidos*.
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Lawrence, M., Laura Da Costa Louzada, M., & Machado, P. P. (2019). Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system Prepared by. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/3/ca5644en/ca5644en.pdf>
- Mora, E. (s/f). *Práctica: Elaboración de embutidos emulsificados y chorizo. Laboratorio de Procesos Alimentarios I TA-0312*.
- Murthy, P. S., & Madhava Naidu, M. (2012). Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products. *Food Bioprocess Technology*, 2012(5), 897–903. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0363-z>
- Nationally Appropriate Mitigation Actions. (s/f). *Producción de café*. Recuperado el 25 de febrero de 2022, de <http://www.namacafe.org/es/produccion-de-cafe>

- O'Keefe, S. F., & Wang, H. (2006). Effects of peanut skin extract on quality and storage stability of beef products. *Meat Science*, 73(2), 278–286. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.12.001>
- Oliag Talens, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. *Tecnología de alimentos*, 1–7. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens - Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB.pdf?sequence=1>
- Ortiz, L. (2021). *UNA Comunica - Consumo de embutidos es seguro en el país*. <https://www.unacomunica.una.ac.cr/index.php/julio-2021/3552-consumo-de-embutidos-es-seguro-en-el-pais>
- Peña-Torres, E. F., González-Ríos, H., Avendaño-Reyes, L., Valenzuela-Grijalva, N., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazán, A., & Peña-Ramos, E. (2019). Ácidos hidroxicinámicos en producción animal: farmacocinética, farmacodinamia y sus efectos como promotor de crecimiento. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 391–415. <https://doi.org/https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4526>
- Peña Díaz, A., Arroyo Begovich, Á., Gómez Puyou, A., & Tapi Ibarquengoyria, R. (2004). *Bioquímica* (C. Gómez Eichelman (ed.); 2a ed.). Editorial Limusa S.A. https://books.google.co.cr/books?id=EFUP472dyEMC&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Pérez, D., & Andújar, G. (2008). Cambios de coloración de los productos cárnicos. *Mundo Lácteo y Cárnico*. <http://bibliotecavirtual.corpmontana.com/bitstream/123456789/2260/5/M000415.pdf>
- Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., & Cavani, C. (2013). Functional ingredients for poultry meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 33(1), 27–39. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2013.06.004>
- PikPng. (s/f). *El Color Es Una Sensación Compleja, Resultante De Una - Munsell Color System Clipart*. Recuperado el 11 de abril de 2022, de <https://www.pikpng.com/transpng/hiTihTo/>
- Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Lorenzo, J. M., Cichoski, A. J., Boeira, C. P., & Campagnol, P. C. B. (2021). Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview. En *Current Opinion in Food Science* (Vol. 40, pp. 1–5). <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.011>
- Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica. (2017, agosto 22). *Utilización de técnicas de análisis sensorial en la industria de alimentos*. https://www.procomer.com/alertas_comerciales/utilizacion-de-tecnicas-de-analisis-sensorial-en-la-industria-de-alimentos/
- Puerta, G. (2012). Factores, Procesos y Controles en la Fermentación del Café. *Ciencia, tecnología e innovación para la caficultura colombiana*. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/327/1/avt0422.pdf>
- Quinto, E. J., Caro, I., Villalobos-Delgado, L. H., Mateo, J., De-Mateo-silleras, B., & Redondo-Del-río, M. P. (2019). Food safety through natural antimicrobials. En *Antibiotics* (Vol. 8, Número 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8040208>
- Ramirez-Coronel, M., Marnet, N., Kumar Kolli, V. S., Roussos, S., Guyot, S., & Augur, C. (2004).

Characterization and Estimation of Proanthocyanidins and Other Phenolics in Coffee Pulp (Coffea arabica) by Thiolysis–High-Performance Liquid Chromatography.
<https://doi.org/10.1021/jf035208t>

Ramírez-Navas, J. (2014). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *ReCiTeLA*.
https://www.researchgate.net/profile/Juan-Ramirez-Navas/publication/257890512_Analisis_sensorial_pruebas_orientadas_al_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/Analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf

Ramírez García, A., Torres Bustillos, L., Cervantes Torre, G., & Corzo Rios, L. J. (2015). *Caracterización química de la semilla de mango (Mangifera indica L.) y la valorización de algunos de sus componentes.* May, 12.

Reglamento N° 29588. (2018). *Reglamento Sanitario y de Inspección Veterinaria de Mataderos, Producción y Procesamiento de Carnes. Decreto N° 29588-MAG-S.*
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=46546&nValor3=49201&strTipM=TC

Reglamento N° 41615. (2020). *Reglamento de canasta básica Tributaria No. 41615. MEIC-H. Sistema Costarricense de Información Jurídica.*
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=88404

Reitznerová, A., Uleková, M., Nagy, J., Marcinčák, S., Semjon, B., Čertík, M., & Klempová, T. (2017). Lipid Peroxidation Process in Meat and Meat Products: A Comparison Study of Malondialdehyde Determination between Modified 2-Thiobarbituric Acid Spectrophotometric Method and Reverse-Phase High-Performance Liquid Chromatography. *Molecules : A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry*, 22(11).
<https://doi.org/10.3390/MOLECULES22111988>

Ríos, R., Aráuz, M., Llanga, C., & Flores, S. (2005). Intoxicación por nitratos y nitritos en pediatría: presentación de un caso y revisión Nitrate and nitrite poisoning in children: case report and review. *Revista Medicina*, 10(4). <https://rmedicina.ucsg.edu.ec/archivo/10.4/RM.10.4.12.pdf>

Rodríguez, M. (2017). *Evaluación del efecto antimicrobiano y antioxidante de las especias: culantro de coyote (Eryngium foetidum), jengibre (Zingiber officinale) y orégano (Origanum vulgare L.) para ser usados como una alternativa natural en la elaboración del chorizo cocido* [Universidad de Costa Rica].
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4343/1/41859.pdf>

Rowe, L. J., Maddock, K. R., Lonergan, S. M., & Huff-Lonergan, E. (2004). Influence of early postmortem protein oxidation on beef quality. *Journal of Animal Science*, 82(3), 785–793.
<https://doi.org/10.1093/ANSCI/82.3.785>

Reglamento técnico RTCR 411:2008 Productos Cárnicos Embutidos: Salchicha, Salchichón, Mortadela y Chorizo, (2008).
http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=64990&nValor3=75733&strTipM=TC

Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M., Pintado, T., & Delgado-Pando, G. (2021). Sensory Analysis and Consumer Research in New Meat Products Development. *Foods*, 10(2), 1–15.

<https://doi.org/10.3390/FOODS10020429>

- Ryu, K. S., Shim, K. S., & Shin, D. (2014). Effect of Grape Pomace Powder Addition on TBARS and Color of Cooked Pork Sausages during Storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(2), 200. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2014.34.2.200>
- Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J. A., & Roncales, P. (2003a). Antioxidant Action of Borage, Rosemary, Oregano, and Ascorbic Acid in Beef Patties Packaged in Modified Atmosphere. *Journal of Food Science*, 68(1), 339–344. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2003.TB14162.X>
- Sánchez-Escalante, Armida, Torrescano, G., Djenane, D., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2003b). Stabilisation of colour and odour of beef patties by using lycopene-rich tomato and peppers as a source of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(3), 187–194. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1298>
- Santamaría-Ulloa, C., & Bekelman, T. A. (2021). Consumo de embutidos en mujeres costarricenses: efecto del nivel socioeconómico. *Revista de Biología Tropical*, 69(2), 665–677. <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i2.45428>
- Santamaría Rubio, L. (2017). *Identificación de reductasas de ácidos hidroxicinámicos y sus derivados en "Lactobacillus plantarum" WCFS1* [Universidad Complutense de Madrid]. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/172479/1/idenlactoWCF.pdf>
- Scapin, G., Schimdt, M. M., Ferreira, R. C., Silva, S., & Rosa, D. (2015). Effect of extract of chia seed (*Salvia hispanica*) as an antioxidant in fresh pork sausage. *International Food Research Journal*, 22(3), 1195–1202.
- Schilling, M. W., Pham, A. J., Williams, J. B., Xiong, Y. L., Dhowlaghar, N., Tolentino, A. C., & Kin, S. (2018). Changes in the physiochemical, microbial, and sensory characteristics of fresh pork sausage containing rosemary and green tea extracts during retail display. *Meat Science*, 143, 199–209. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2018.05.009>
- Sedó, P. (2002). El mercado de los alimentos funcionales y los nuevos retos para la educación alimentaria - nutricional. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 11(20). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-14292002000100004
- Soares, S., Kohl, S., Thalmann, S., Mateus, N., Meyerhof, W., & De Freitas, V. (2013). Different phenolic compounds activate distinct human bitter taste receptors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(7), 1525–1533. https://doi.org/10.1021/JF304198K/SUPPL_FILE/JF304198K_SI_001.PDF
- Šojić, B., Tomović, V., Kocić-Tanackov, S., Škaljac, S., Ikonić, P., Džinić, N., Živković, N., Jakanović, M., Tasić, T., & Kravić, S. (2015). Effect of nutmeg (*Myristica fragrans*) essential oil on the oxidative and microbial stability of cooked sausage during refrigerated storage. *Food Control*, 54, 282–286. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2015.02.007>
- Soldatou, N., Nerantzaki, A., Kontominas, M. G., & Savvaidis, I. N. (2009). Physicochemical and microbiological changes of “Souvlaki” – A Greek delicacy lamb meat product: Evaluation of shelf-life using microbial, colour and lipid oxidation parameters. *Food Chemistry*, 113(1), 36–42. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2008.07.006>

- Soto, M. (2016). *Evaluación del efecto de la sustitución del nitrito de sodio, eritorbato de sodio y lactato de sodio, por un producto comercial a base de extractos naturales, sobre las características físico-químicas, microbiológicas y sensoriales de chorizo cocido* [Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3886/1/40158.pdf>
- Suárez-Quiroz, M. L., Taillefer, W., López Méndez, E. M., González-Ríos, O., Villeneuve, P., & Figueroa-Espinoza, M. C. (2013). Antibacterial Activity and Antifungal and Anti-Mycotoxigenic Activities Against *Aspergillus flavus* and *A. ochraceus* of Green Coffee Chlorogenic Acids and Dodecyl Chlorogenates. *Journal of Food Safety*, 33(3), 360–368. <https://doi.org/10.1111/JFS.12060>
- Suárez Mahecha, H., Alonso, D., Molina, R., Adriana, L., & Galeano, C. (2011). Influencia de Especies Naturales en la Vida Útil y Aceptación Sensorial de Salchicha. *Nal.Agr.Medellín*, 64(1), 6007–6013.
- Tamkutè, L., Vaicekauskaitè, R., Melero, B., Jaime, I., Rovira, J., & Venskutonis, P. R. (2021). Effects of chokeberry extract isolated with pressurized ethanol from defatted pomace on oxidative stability, quality and sensory characteristics of pork meat products. *LWT*, 150, 111943. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111943>
- Terevinto Herrera, M. A. (2010). *Oxidación Lipídica Y Proteica, Capacidad Antioxidativa Y Actividad De Las Enzimas Catalasa, Superóxido Dismutasa Y Glutación Peroxidasa En La Carne Fresca Y Madurada*. Universidad de lRepública de Uruguay.
- Torres González, J. D., González Morelo, K. J., Acevedo Correa, D., & Jaimes Morales, J. del C. (2016). Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha. *Tecnura*, 20(49), 15–28. <https://doi.org/10.14483/UDISTRITAL.JOUR.TECNURA.2016.3.A01>
- Totosaus, A. (2007). Productos cárnicos emulsionados bajos en grasa y sodio. *Nacameh*, 1(1), 53–66. <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/v1n1/v1n1p053.html>
- Triviño, J., Rodríguez, J., & Díaz, M. (2017). *Correlación de características de calidad de carne entre bife ancho y el asado* [Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires]. [https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1464/Triviño%2C Jorge Luis.PDF?sequence=1&isAllowed=y](https://www.ridaa.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/1464/Triviño%2C%20Jorge%20Luis.PDF?sequence=1&isAllowed=y)
- Universidad Córdoba. (s/f). *Chorizo*. Recuperado el 17 de febrero de 2022, de <https://www.uco.es/dptos/prod-animal/economia/dehesa/chorizo.htm>
- Vargas, A. (2015). *Determinación del efecto antimicrobiano in vitro del perejil (Petroselinum crispum) y culantro de castilla (Coriandrum sativum) en polvo y en olerresina y la determinación del efecto antioxidante sobre un modelo cárnico, durante su almacenamiento en refri* [Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3860/1/39138.pdf>
- Vignola, R., Watler, W., Poveda Coto, K., & Vargas Céspedes, A. (2018). *Ficha Técnica: Cultivo de Café*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8206.pdf>
- Vindas-Quirós, L. (2014, marzo 9). *Embutidos generan fuerte competencia a otras carnes | El*

Financiero. <https://www.elfinancierocr.com/negocios/embutidos-generan-fuerte-competencia-a-otras-carnes/2PYQIL5AUNGONKRYT7BRA75W4A/story/>

- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella. *Meat Science*, 85(3), 568–576. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2010.03.007>
- Voet, D., & Voet, J. (2004). *Bioquímica* (3a ed.). Editorial Médica Panamericana S.A. https://books.google.co.cr/books?id=r5bedH_aST0C&pg=PA139&lpg=PA139&dq=fuerza+ionica+y+solubilidad+proteina&source=bl&ots=RohMeQB8V5&sig=ACfU3U258I79XIYG0wzpunyi2WsEPpmD4A&hl=es&sa=X&ved=2ahUKewi3juCf7dL1AhUaSjABHes2C704ChDoAXoECCcQAw#v=onepage&q=fuerza+ionica+y+solubilidad+proteina&f=true
- Wang, L., Zhang, M., Fang, Z., & Bhandari, B. (2017). Gelation properties of myofibrillar protein under malondialdehyde-induced oxidative stress. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(1), 50–57. <https://doi.org/10.1002/JSFA.7680>
- Wang, Z., He, Z., Emara, A. M., Gan, X., & Li, H. (2019). Effects of malondialdehyde as a byproduct of lipid oxidation on protein oxidation in rabbit meat. *Food Chemistry*, 288, 405–412. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2019.02.126>
- Weilmeier, D. M., & Regenstein, J. M. (2004). Antioxidant properties of phosphates and other additives during the storage of raw mackerel and lake trout. *Journal of Food Science*, 69(2), fct102–fct108. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2004.TB15498.X>
- Wenjiao, F., Yongkui, Z., Yunchuan, C., Junxiu, S., & Yuwen, Y. (2014). TBARS predictive models of pork sausages stored at different temperatures. *Meat Science*, 96(1), 1–4. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2013.06.025>
- Zhang, L., Lin, Y. H., Leng, X. J., Huang, M., & Zhou, G. H. (2013). Effect of sage (*Salvia officinalis*) on the oxidative stability of Chinese-style sausage during refrigerated storage. *Meat Science*, 95(2), 145–150. <https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2013.05.005>

9. Anexos

9.1 Resultados tabulados

Cuadro V. Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tiempo (días)	Oxidación lipídica (mg MDA/ kg chorizo)	Oxidación proteica (nmol carbonilo/ mg proteína)	pH
1	3,88 ± 4,11 ^b	108,57 ± 101,86	5,64 ± 0,50 ^a
5	9,17 ± 8,30 ^{a,b}	69,03 ± 62,97	5,35 ± 0,36 ^{a,b}
8	9,89 ± 4,85 ^a	248,31 ± 342,02	5,18 ± 0,29 ^b
12	7,54 ± 7,50 ^{a,b}	17,89 ± 27,29	5,19 ± 0,17 ^b
Probabilidad	0,0343	0,0610	0,0010
Potencia (%)	-	59,80	-

Cuadro VI. Resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.

Tratamiento	Oxidación lipídica (mg MDA/ kg chorizo)	Oxidación proteica (nmol carbonilo/ mg proteína)	pH
C	13,23 ± 6,61 ^a	31,16 ± 33,81	5,48 ± 0,38
T2	11,41 ± 8,30 ^{a,b}	119,96 ± 203,02	5,34 ± 0,35
T3	4,48 ± 3,29 ^c	167,18 ± 308,05	5,36 ± 0,32
T4	4,98 ± 4,69 ^{b,c}	126,59 ± 133,51	5,20 ± 0,38
T5	3,99 ± 3,42 ^c	109,84 ± 211,38	5,33 ± 0,50
Probabilidad	0,0009	0,6752	0,3372
Potencia (%)	-	66,18	79,08

Cuadro VII. Resultados obtenidos del análisis sensorial de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado.

Tratamiento	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
C	7,26 ± 1,85 ^{a,b}	5,04 ± 1,99	7,66 ± 1,95 ^b
T2	6,49 ± 2,22 ^c	6,01 ± 1,91	9,12 ± 1,13 ^a
T3	6,82 ± 1,86 ^{b,c}	5,61 ± 1,30	9,35 ± 0,73 ^a
T4	7,58 ± 1,40 ^a	5,09 ± 1,72	8,71 ± 1,40 ^a
T5	7,50 ± 1,84 ^{a,b}	4,61 ± 1,84	9,13 ± 1,19 ^a
Probabilidad	0,0208	0,0994	< 0,0001

9.2 Análisis estadísticos

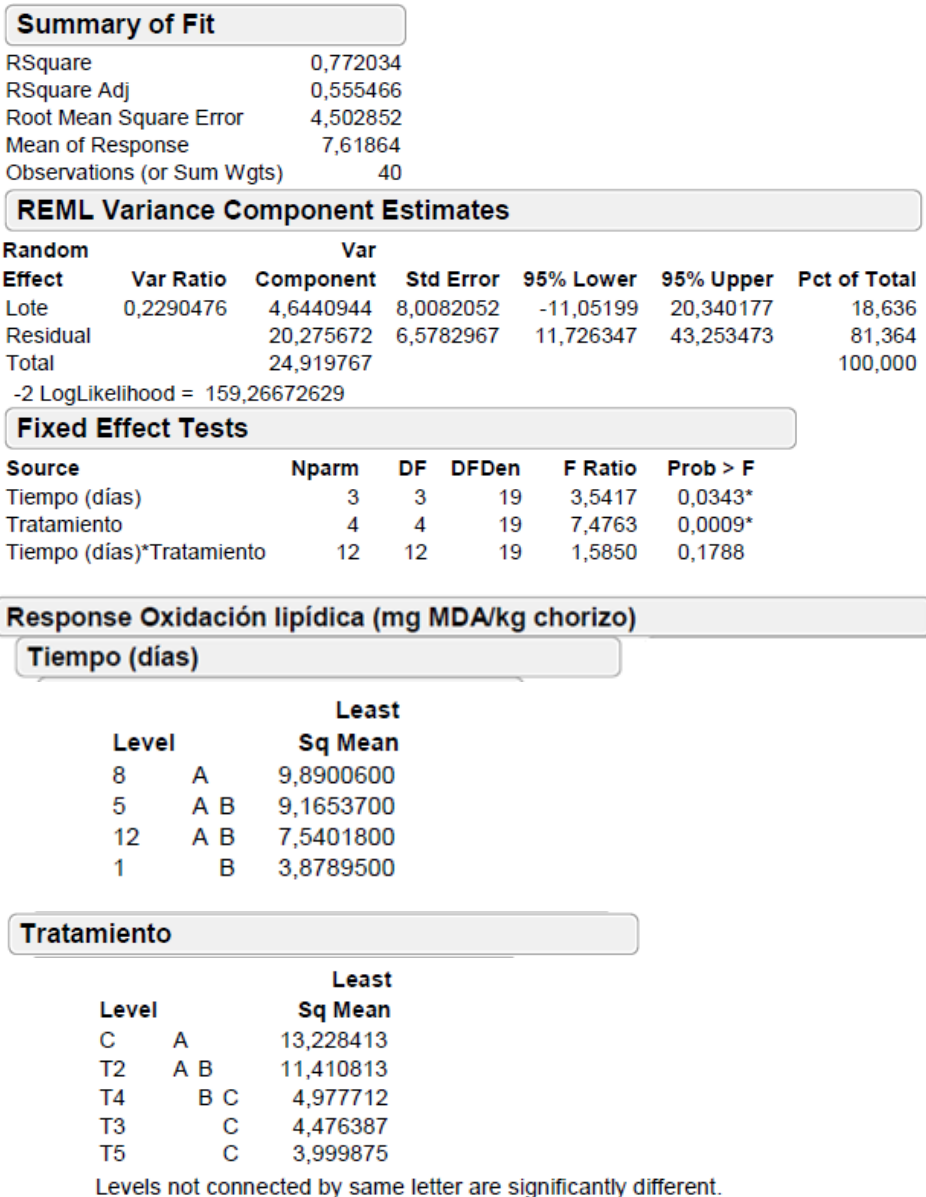


Figura 15. Análisis estadístico del comportamiento de la oxidación lipídica (TBARS) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

Summary of Fit

RSquare	0,567444
RSquare Adj	0,156516
Root Mean Square Error	183,068
Mean of Response	110,949
Observations (or Sum Wgts)	40

REML Variance Component Estimates

Random Effect	Var Ratio	Component	Var	Std Error	95% Lower	95% Upper	Pct of Total
Lote	0,3620258	12132,897	19535,864	19535,864	-26157,4	50423,19	26,580
Residual		33513,898	10873,344	10873,344	19382,617	71494,177	73,420
Total		45646,795					100,000

-2 LogLikelihood = 307,86230499

Fixed Effect Tests

Source	Nparm	DF	DFDen	F Ratio	Prob > F
Tiempo (días)	3	3	19	2,9134	0,0610
Tratamiento	4	4	19	0,5881	0,6752
Tiempo (días)*Tratamiento	12	12	19	0,4894	0,8965

Response Oxidación proteica (nmol carbonilos/mg proteína)**Tiempo (días)**

Level	Sq Mean	Std Error
1	108,56862	97,045547
5	69,02694	97,045547
8	248,31059	97,045547
12	17,88966	97,045547

Tratamiento

Level	Sq Mean	Std Error
C	31,16386	101,27036
T2	119,96379	101,27036
T3	167,18399	101,27036
T4	126,59536	101,27036
T5	109,83776	101,27036

Figura 16. Análisis estadístico del comportamiento de la oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

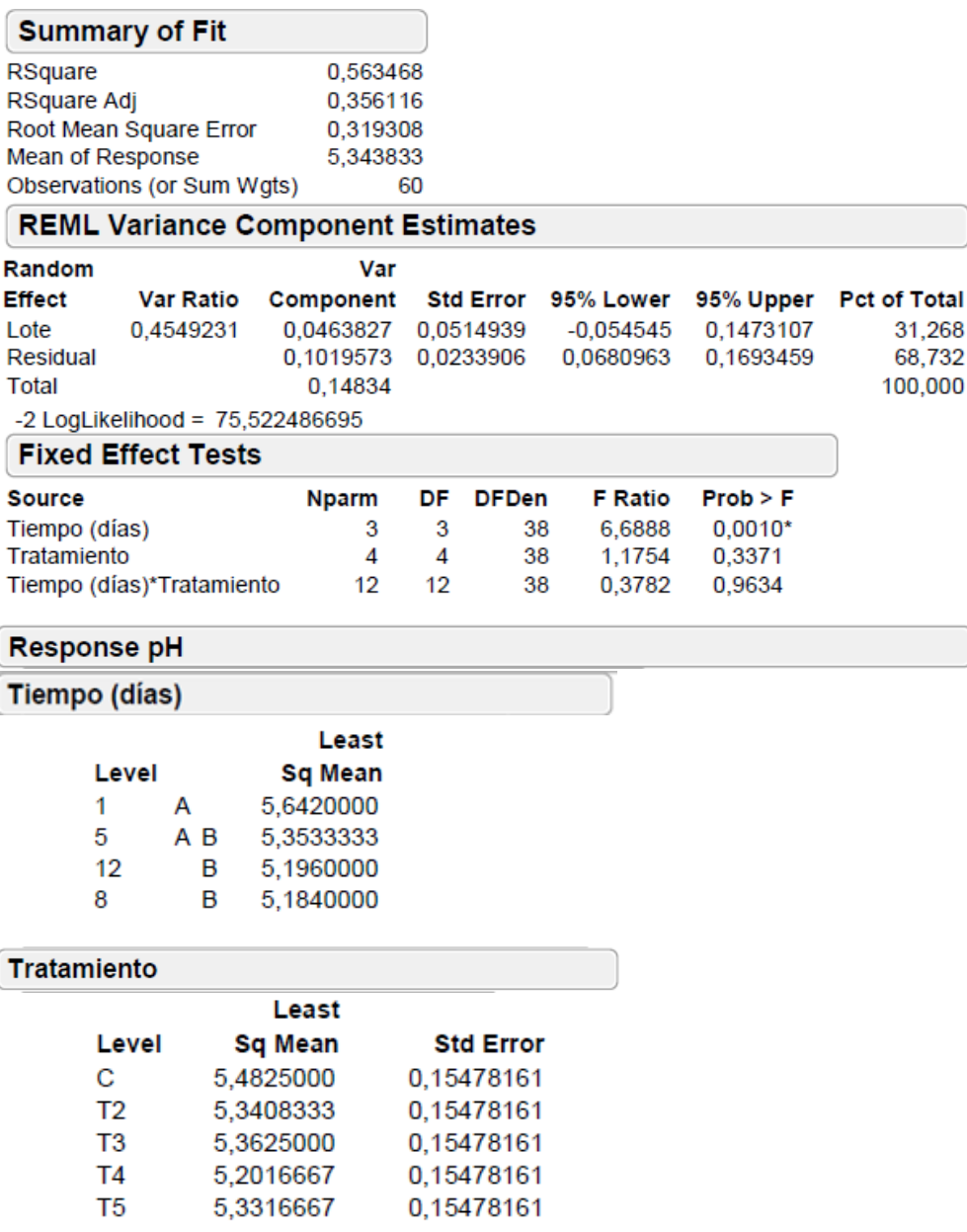


Figura 17. Análisis estadístico del comportamiento del pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

Summary of Fit

RSquare	0,7698
RSquare Adj	0,660456
Root Mean Square Error	1,872239
Mean of Response	49,56914
Observations (or Sum Wgts)	60

REML Variance Component Estimates

Random Effect	Var Ratio	Component	Std Error	95% Lower	95% Upper	Pct of Total
Lote	0,4570885	1,6022236	1,7779424	-1,882543	5,0869906	31,370
Residual		3,5052806	0,8041665	2,341145	5,8220935	68,630
Total		5,1075042				100,000

-2 LogLikelihood = 217,02992354

Fixed Effect Tests

Source	Nparm	DF	DFDen	F Ratio	Prob > F
Tratamiento	4	4	38	14,8924	<,0001*
Día	3	3	38	13,1022	<,0001*
Tratamiento*Día	12	12	38	0,7309	0,7128

Response L*

Tiempo (días)

Level		Least Sq Mean
8	A	51,384222
12	A B	50,558389
5	B C	48,867000
1	C	47,466944

Tratamiento

Level		Least Sq Mean
C	A	51,741181
T3	A B	50,850556
T2	A B	50,091458
T4	B	48,778056
T5	C	46,384444

Figura 18. Análisis estadístico del comportamiento del parámetro de color luminosidad (L*) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

Summary of Fit

RSquare	0,634437
RSquare Adj	0,460794
Root Mean Square Error	2,445794
Mean of Response	26,36567
Observations (or Sum Wgts)	60

REML Variance Component Estimates

Random Effect	Var Ratio	Var Component	Std Error	95% Lower	95% Upper	Pct of Total
Lote	0,0505793	0,3025608	0,6055564	-0,88433	1,4894514	4,814
Residual		5,9819101	1,3723443	3,9952633	9,9356496	95,186
Total		6,2844708				100,000

-2 LogLikelihood = 235,17321918

Fixed Effect Tests

Source	Nparm	DF	DFDen	F Ratio	Prob > F
Tratamiento	4	4	38	10,7451	<,0001*
Día	3	3	38	5,1491	0,0044*
Tratamiento*Día	12	12	38	0,5182	0,8896

Response C°

Tiempo (días)

Level		Least Sq Mean
1	A	27,959500
5	A B	27,186833
8	B	25,279722
12	B	25,036611

Tratamiento

Level		Least Sq Mean
T2	A	27,952500
T3	A	27,909375
T4	A	27,291528
T5	A	26,266181
C	B	22,408750

Figura 19. Análisis estadístico del comportamiento del parámetro de color saturación (C*) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

Summary of Fit

RSquare	0,838424
RSquare Adj	0,761675
Root Mean Square Error	0,067127
Mean of Response	58,36094
Observations (or Sum Wgts)	60

REML Variance Component Estimates

Random Effect	Var Ratio	Component	Std Error	95% Lower	95% Upper	Pct of Total
Lote	0,1032915	0,0004654	0,0006927	-0,000892	0,0018231	9,362
Residual		0,004506	0,0010337	0,0030095	0,0074843	90,638
Total		0,0049714				100,000

-2 LogLikelihood = -51,62730204

Fixed Effect Tests

Source	Nparm	DF	DFDen	F Ratio	Prob > F
Tratamiento	4	4	38	42,1070	<,0001*
Día	3	3	38	4,6008	0,0076*
Tratamiento*Día	12	12	38	1,0716	0,4096

Response h°

Tiempo (días)

Level		Least Sq Mean
12	A	58,401423
8	A B	58,383528
1	B	58,331299
5	B	58,327495

Tratamiento

Level		Least Sq Mean
C	A	58,576012
T5	B	58,368130
T4	B C	58,297745
T3	B C	58,293436
T2	C	58,269360

Figura 20. Análisis estadístico del comportamiento del parámetro de color matiz (h*) promedio de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración y el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

Summary of Fit

RSquare	0,048947
RSquare Adj	0,034316
Root Mean Square Error	1,852118
Mean of Response	7,129434
Observations (or Sum Wgts)	265

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	4	45,90211	11,4755	3,3453
Error	260	891,88830	3,4303	Prob > F
C. Total	264	937,79042		0,0108*

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
muestra	4	4	45,902113	3,3453	0,0108*

Response agrado

muestra

Level		Least Sq Mean
T4	A	7,5792453
T5	A B	7,5037736
C	A B	7,2584906
T3	B C	6,8150943
T2	C	6,4905660

Figura 21. Análisis estadístico del comportamiento del análisis sensorial para el Conglomerado 1 de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

Summary of Fit

RSquare	0,07428
RSquare Adj	0,037251
Root Mean Square Error	1,767137
Mean of Response	5,271429
Observations (or Sum Wgts)	105

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	4	25,05714	6,26429	2,0060
Error	100	312,27714	3,12277	Prob > F
C. Total	104	337,33429		0,0994

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
muestra	4	4	25,057143	2,0060	0,0994

Response agrado

muestra

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
C	5,0380952	0,38562080	5,03810
T2	6,0142857	0,38562080	6,01429
T3	5,6095238	0,38562080	5,60952
T4	5,0857143	0,38562080	5,08571
T5	4,6095238	0,38562080	4,60952

Figura 22. Análisis estadístico del comportamiento del análisis sensorial para el Conglomerado 2 de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

Summary of Fit				
RSquare				0,174925
RSquare Adj				0,148523
Root Mean Square Error				1,340188
Mean of Response				8,792308
Observations (or Sum Wgts)				130

Analysis of Variance				
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	4	47,59923	11,8998	6,6253
Error	125	224,51308	1,7961	Prob > F
C. Total	129	272,11231		<,0001*

Effect Tests					
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
muestra	4	4	47,599231	6,6253	<,0001*

Response agrado		
muestra		
Level		Least Sq Mean
T3	A	9,3461538
T5	A	9,1269231
T2	A	9,1230769
T4	A	8,7115385
C	B	7,6538462

Figura 23. Análisis estadístico del comportamiento del análisis sensorial para el Conglomerado 3 de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado. Extraído de: Software JMP.

9.3 Comparativa promedio entre tratamientos según el día de almacenamiento en refrigeración.

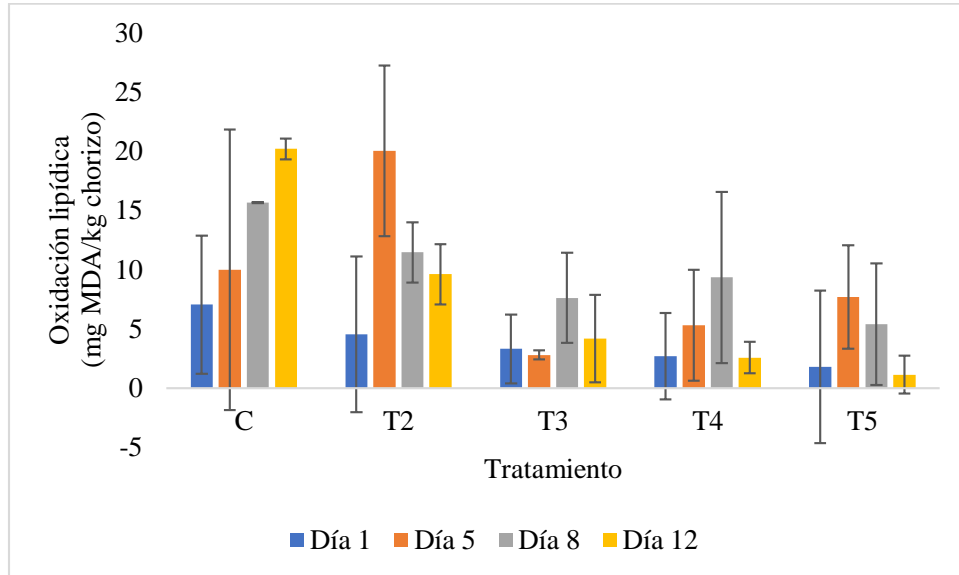


Figura 24. Valores de oxidación lipídica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado en los respectivos días de almacenamiento en refrigeración.

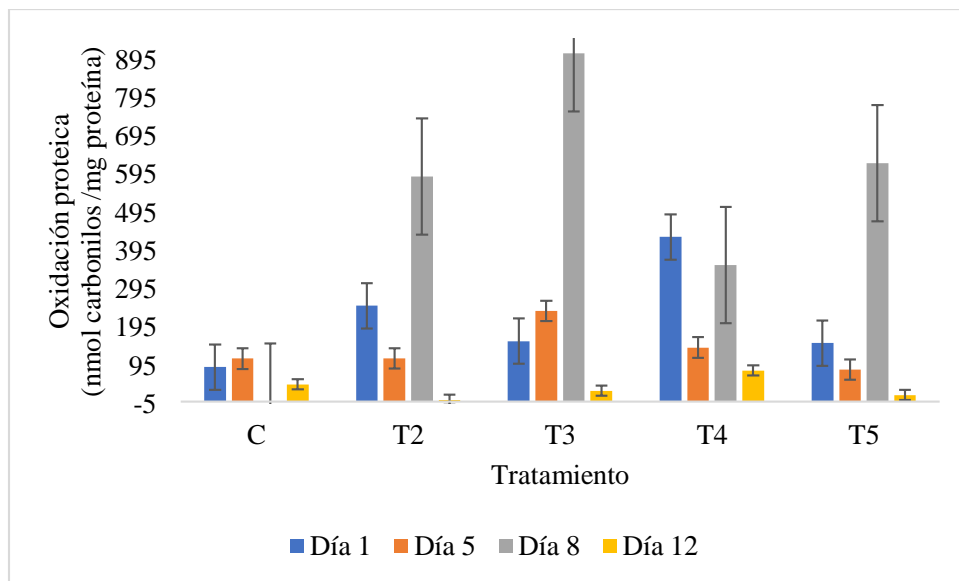


Figura 25. Valores de oxidación proteica promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado en los respectivos días de almacenamiento en refrigeración.

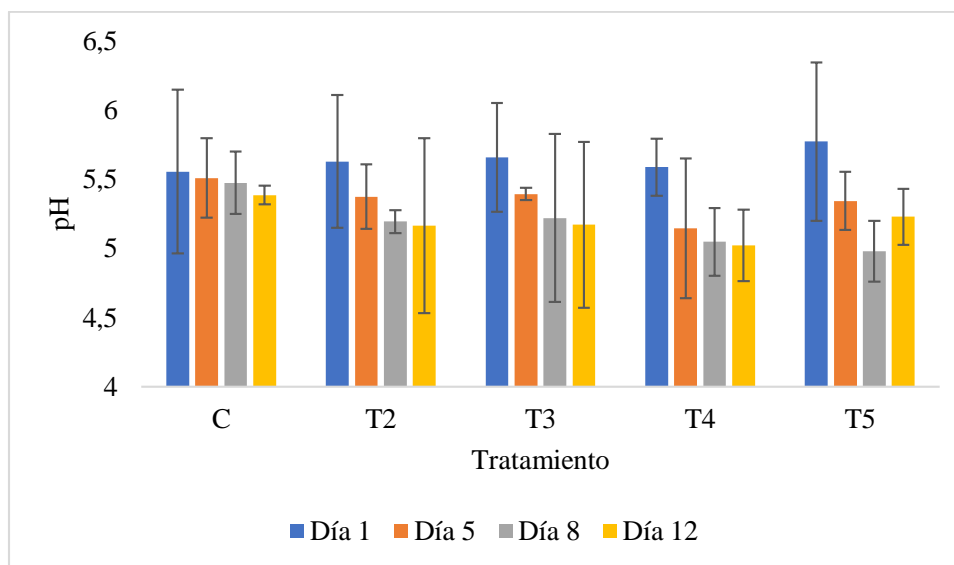


Figura 26. Valores de pH promedio de las muestras de chorizo crudo según el tratamiento evaluado en los respectivos días de almacenamiento en refrigeración.

Cuadro VIII. Resultados promedio del parámetro luminosidad (L^*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tratamiento	Día 1	Día 5	Día 8	Día 12
C	50,32 ± 0,31	51,83 ± 1,71	53,32 ± 0,23	51,49 ± 0,24
T2	48,60 ± 0,65	49,00 ± 1,41	51,97 ± 2,54	50,78 ± 0,68
T3	49,43 ± 1,86	50,04 ± 0,54	51,63 ± 2,33	52,29 ± 1,01
T4	44,91 ± 3,02	47,91 ± 1,16	50,38 ± 0,67	50,82 ± 0,95
T5	44,06 ± 2,62	45,54 ± 2,89	48,52 ± 2,10	47,40 ± 3,34

Cuadro XI. Resultados promedio del parámetro saturación (C^*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tratamiento	Día 1	Día 5	Día 8	Día 12
C	25,11 ± 2,28	23,48 ± 5,11	21,14 ± 1,09	20,06 ± 1,30
T2	30,41 ± 2,20	29,35 ± 4,31	25,39 ± 1,84	27,08 ± 0,45
T3	30,44 ± 2,38	28,13 ± 2,74	26,80 ± 0,78	26,51 ± 0,14
T4	27,51 ± 1,06	28,56 ± 2,02	26,32 ± 1,80	26,47 ± 0,73
T5	26,64 ± 3,05	26,39 ± 1,44	26,62 ± 2,18	24,67 ± 1,98

Cuadro X. Resultados promedio del parámetro matiz (h^*) de las muestras de chorizo crudo según el tiempo de almacenamiento en refrigeración.

Tratamiento	Día 1	Día 5	Día 8	Día 12
C	1,17 ± 0,04	1,23 ± 0,07	1,31 ± 0,04	1,40 ± 0,10
T2	0,97 ± 0,02	0,94 ± 0,06	1,00 ± 0,06	0,95 ± 0,04
T3	0,94 ± 0,04	0,96 ± 0,04	1,01 ± 0,07	1,06 ± 0,07
T4	1,01 ± 0,07	0,94 ± 0,04	1,01 ± 0,02	1,03 ± 0,05
T5	1,07 ± 0,07	1,05 ± 0,10	1,08 ± 0,08	1,08 ± 0,10